

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ENERGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



“DISEÑO DE EMBRAGUE DE VEHÍCULO HYUNDAI ACCENT 2013 PARA AUMENTAR SU VIDA ÚTIL EN 100000 KM”

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

AUTOR:

JULIO CESAR VELA CHAGA CARPIO


Julio Cesar Velachaga Carpio
Bachiller

ASESOR:

YASSER HIPOLITO YARIN ACHACHAGUA


Dr. Yasser Hipólito Yarin Achachagua
Asesor

LINEA DE INVESTIGACIÓN:
DISEÑO DE EMBRAGUE

CALLAO, 2022
PERU

ACTA N° 002-2022 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO

LIBRO 001, FOLIO N° 302, ACTA N° 002-2022 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO

A los 28 días del mes enero del año 2022, siendo la 10:00 horas, se reunieron, en la sala <https://meet.google.com/ajm-dckz-tiw>, el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS** para la obtención del título profesional de Ingeniero Mecánico de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

- | | | |
|--|---|------------|
| ▪ Dr. JOSÉ HUGO TEZEN CAMPOS | : | Presidente |
| ▪ Dr. JUAN MANUEL LARA MÁRQUEZ | : | Secretario |
| ▪ Mg. JUAN GUILLERMO MANCCO PÉREZ | : | Vocal |
| ▪ Dr. YASSER HIPOLITO YARIN ACHACHAGUA | : | Asesor |

Se dio inicio al acto de sustentación de la Tesis del Bachiller, **VELAOCHAGA CARPIO, Julio Cesar**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico, expone la Tesis titulada “**DISEÑO DE EMBRAGUE DE VEHÍCULO HYUNDAI ACCENT 2013 PARA AUMENTAR SU VIDA ÚTIL EN 100000 KM**”, cumpliendo con el acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N° 044 2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior Universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la exposición de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **Aprobado** con la escala de calificación cualitativa de **Muy Bueno** y calificación cuantitativa **16 (dieciséis)** la presente sustentación, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021- CU del 30 de junio del 2021.

Se dio por cerrada la Sesión a las 11:26 horas del 28 del mes de enero y año en curso.

Dr. José Hugo Tezen Campos
Presidente

Dr. Juan Manuel Lara Márquez
Secretario

Mg. Juan Guillermo Mancco Pérez
Vocal

Dr. Yasser Hipólito Yarin Achachagua
Asesor

Document Information

Analyzed document	TESIS ANTIPLAGIO (1) (1).docx (D174717603)
Submitted	2023-09-27 16:31:00
Submitted by	
Submitter email	investigacion.fime@unac.pe
Similarity	21%
Analysis address	investigacion.fime.unac@analysis.arkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://www.slideshare.net/san94facunda/pfc-francisco-camarenalillo Fetched: 2021-07-05 12:00:28	 67
W	URL: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/529/HUAMAN_RIVAS_FRANCISCO_... Fetched: 2023-09-27 16:32:00	 3
SA	Mp01 uf01 ra02 Actividad 4.pdf Document Mp01 uf01 ra02 Actividad 4.pdf (D150435679)	 1
SA	CAPÍTULO I.docx Document CAPÍTULO I.docx (D10518500)	 1
SA	ACTUALIZACION GUIA DE ESTUDIO TREN DE RODAJE A5.pdf Document ACTUALIZACION GUIA DE ESTUDIO TREN DE RODAJE A5.pdf (D163190990)	 3

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

“DISEÑO DE EMBRAGUE DE VEHÍCULO HYUNDAI ACCENT 2013 PARA AUMENTAR SU VIDA ÚTIL EN 100000KM”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

JULIO CESAR VELAUCHAGA CARPIO

Callao, 2019

PERÚ

DEDICATORIA El presente trabajo está dedicado a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento al Mg Ingeniería Mecánica Roy Oropeza por los conocimientos brindados en SENATI. A mi asesor Ingeniero Yarin. Al técnico en mecánica automotriz Joel Janampa que trabaja en kia por su experiencia en el rubro. Un agradecimiento al representante de ventas de productos industriales FRENOSA José Choque, por la información entregada. Al profesor ingeniero Alejo por la constancia en este trabajo. Y a mi gran buen amigo bachiller en ingeniería mecánica Guido Villafuerte por su completo apoyo.

INFORMACION BASICA

FACULTAD	FACULTAD INGENIERIA MECANICA Y ENERGIA	
UNIDAD DE INVESTIGACION	UNIDAD DE INVESTIGACION DE LA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ENERGIA	
TITULO	DISEÑO DE EMBRAGUE DE VEHICULO HYUNDAI ACCENT 2013 PARA AUMENTAR SU VIDA UTIL EN 100000 KM	
AUTOR	CODIGO	DNI
JULIO CESAR VELAOCHAGA CARPIO	082822K	43039384
ASESOR		
YASSER YARIN ACHACHAGUA		41903002
TIPO DE INVESTIGACION	INVESTIGACION TECNOLOGICA	
ENFOQUE DE INVESTIGACION	CUANTITATIVO	
DISEÑO DE INVESTIGACION	NO EXPERIMENTAL	

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento al Mg Ingeniería Mecánica Roy Oropeza por los conocimientos brindados en SENATI. A mi asesor Ingeniero Yarín. Al técnico en mecánica automotriz Joel Janampa que trabaja en kia por su experiencia en el rubro. Un agradecimiento al representante de ventas de productos industriales FRENOSA José Choque, por la información entregada. Al profesor ingeniero Alejo por la constancia en este trabajo. Y a mi gran buen amigo bachiller en ingeniería mecánica Guido Villafuerte por su completo apoyo.

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.1 Descripción de la realidad problemática	4
1.2 Formulación del problema	7
1.2.1 Problema general.....	7
1.2.2 Problemas específicos.....	7
1.3 Objetivos.....	7
1.3.1 Objetivo general	7
1.3.2 Objetivos específicos	7
1.4 Limitantes de la investigación	8
1.4.1 Limitaciones teóricas	8
1.4.2 Limitaciones temporales.....	8
1.4.3 Limitaciones espaciales.....	8
II MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Antecedentes del estudio	9
2.1.1 Antecedentes Internacionales	9
2.1.2 Antecedentes Nacionales	10
2.2 Bases teóricas:.....	12
2.2.1 Automóvil.....	12
2.2.2 Embrague Mecánico	15
2.2.3 Disposición en el vehículo.....	20
2.2.4 Funcionamiento	21
2.2.5 ELEMENTOS DEL EMBRAGUE DE FRICCIÓN.....	27
2.3 Definición de términos básicos	74
III HIPÓTESIS Y VARIABLES	75
3.1 Hipótesis	75
3.2 Hipótesis general	75
3.2.1 Hipótesis específicas.....	75
3.3 Definición conceptual de variables.	75
3.4 Operacionalización de variable	76

IV	DISEÑO METODOLÓGICO.....	77
4.1	Tipo y diseño investigación.....	77
4.2	Método de Investigación.....	77
4.3	Población y Muestreo.....	78
4.4	Lugar de estudio y periodo desarrollado.....	78
4.5	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información de datos.	78
4.5.1	Técnica de la observación directa.....	78
4.5.2	Técnica de análisis documental.....	78
4.6	Análisis y procesamiento de datos.....	79
V	RESULTADOS.....	81
5.1	Vida útil del embrague.....	82
5.2	Análisis de la energía que disipa el embrague.....	82
5.3	Análisis del tiempo de sincronización (t_s).....	84
5.4	Análisis del par resistente.....	85
5.5	Análisis de la inercia del primario.....	85
5.6	Datos para el cálculo:.....	86
5.7	Cálculo de la energía en el arranque:.....	87
5.8	Calculo de la energía de re embrague:.....	87
5.9	Calculo de la energía que puede liberarse en cada forro (original y modificado) hasta desgastado por completo:.....	87
5.10	Calculo de la energía disipada en el embrague por cada kilómetro de recorrido en el vehículo:.....	88
5.11	Calculo del número de kilómetros de vida útil del embrague:.....	89
5.12	Cuadro comparativo entre original y modificado.....	89
VI	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	93
6.1	Contrastación y demostración de la hipótesis.....	93
6.2	Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	93
6.3	Responsabilidad ética.....	96
	CONCLUSIONES.....	97
	RECOMENDACIONES.....	98
VII	BIBLIOGRAFÍA.....	99
VIII	ANEXOS:.....	101
	ANEXO 1: Matriz de Consistencia.....	101

ANEXO 2: Hoja de información del material Frenosa	102
ANEXO 3: Proforma del trabajo del forro del disco de fricción FRENOSA.....	103
ANEXO 4: Proforma del trabajo del conjunto plato presión de embrague	104
ANEXO 5: Planos diseño conjunto plato presión.....	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 - OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE DEPEN. E INDEP. .	76
Tabla 4.1 – TECNICA E INSTRUMENTO PARA RECOLEC. DE DATOS.....	79
Tabla 5.1 – FRECUENCIA DE UTILIZACION.....	88
Tabla 5.2 – COMPARACION ENTRE FORRO ORIGINAL CON MODIFIC. ...	89
Tabla 5.3 – COMPARATIVO DE LOS TIPOS DE FORROS EN KILOMET. ...	90

ÍNDICE DE GRAFICO

Grafico 5.1 – GRAFICO COMPARATIVO COEFICIENTE DE ABRASION.	89
---	----

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 CANTIDAD DE VEHICULOS PARA SERVICIO DE TAXI	5
FIGURA 1.2 MARCAS QUE SE UTILIZAN EN EL SERVICIO DE TAXI.....	6
FIGURA 2.1 SISTEMA DE TRANSMISION	14
FIGURA 2.2 ESQUEMA DE EMBRAGUE HIDRAULICO	16
FIGURA 2.3 EMBRAGUE ELECTROMECHANICO	18
FIGURA 2.4 DIAGRAMA EN CORTE	19
FIGURA 2.5 DISPOSICION DEL EMBRAGUE I.....	20
FIGURA 2.6 DISPOSICION DEL EMBRAGUE II.....	21
FIGURA 2.7 EMBRAGUE (CONEXIÓN).....	22
FIGURA 2.8 DESEMBRAGUE (DESCONEXIÓN).....	23
FIGURA 2.9 DIAFRAGMA	24
FIGURA 2.10 POSICION DE DESEMBRAGUE	25
FIGURA 2.11 POSICION DE EMBRAGADO	26
FIGURA 2.12 FILTRACION DE VIBRACIONES	26
FIGURA 2.13 ELEMENTOS DE EMBRAGUE DE FRICCION.....	28
FIGURA 2.14 COMPONENTES DEL CONJUNTO PRESION.....	29
FIGURA 2.15 ESQUEMA CONJUNTO DE PRESION.....	30
FIGURA 2.16 VISTA CARCASA	31
FIGURA 2.17 FULCRO	31
FIGURA 2.18 SUPERFICIE DE FRICCION	33
FIGURA 2.19 PLATO DE PRESION.....	33
FIGURA 2.20 DIAFRAGMA	34
FIGURA 2.21 CURVA DE CARGA DE UN DIAFRAGMA	35
FIGURA 2.22 UNION PLATO - CARCASA	36
FIGURA 2.23 ROTACION DE LOS TIRANTES	36
FIGURA 2.24 TIRANTE	37
FIGURA 2.25 POSICION DE DESEMBRAGUE	38
FIGURA 2.26 POSICION DE EMBRAGUE.....	39
FIGURA 2.27 CURVA DE CARGA DE PLATO.....	40

FIGURA 2.28 CURVA DE CARGA EN COJINETE Y DE LEVANTAMIENTO ..	41
FIGURA 2.29 DISCO DE EMBRAGUE	43
FIGURA 2.30 MATERIAL DE FRICCION	44
FIGURA 2.31 SISTEMA DE PROGRESIVIDAD	45
FIGURA 2.32 PROGRESIVIDAD BIDIRECCIONAL–UNIDIRECCIONAL	46
FIGURA 2.33 CHAPA DE CONDUCCION.....	47
FIGURA 2.34 UNION CHAPA DE CONDUCCION – FORRO	47
FIGURA 2.35 PARTE CONDUCTORA	49
FIGURA 2.36 SUBCOBJUNTO ALA-CUBO	50
FIGURA 2.37 SISTEMA DE HISTERESIS.....	50
FIGURA 2.38 DISCO PREAMORTIGUADO	51
FIGURA 2.39 CURVA DE PROGRESIVIDAD	52
FIGURA 2.40 CURVA DE AMORTIGUACION (INCLUIDO PREAMORTIGUADOR).....	53
FIGURA 2.41 COJINETE PARA HORQUILLA DE GRAN ANCHO	55
FIGURA 2.42 COJINETE PARA HORQUILLA DE ANCHO PEQUEÑO	55
FIGURA 2.43 PARTES DE UN COJINETE DE EMBRAGUE	56
FIGURA 2.44 RODAMIENTO	57
FIGURA 2.45 CAMISA.....	58
FIGURA 2.46 ARANDELA DE PATAS.....	58
FIGURA 2.47 LA PLACA DE APOYO	59
FIGURA 2.48 REPRESENTACION PUNTO DE SINCRO. DEL EMBRAGUE..	60
FIGURA 2.49 TRANSFORMACION DE ENERGIA DEL MOTOR	61
FIGURA 2.50 EVOLUCION DEL PAR HASTA EL PUNTO DE SINCRO.	63
FIGURA 2.51 RESISTENCIA AL AVANCE DE UN VEHICULO	65
FIGURA 2.52 DESGASTE ABRASIVO	71
FIGURA 2.53 TABLA ENSAYOS ABRASIÓN.....	72
FIGURA 2.54 CURVA DE SUPERVIVENCIA	73

RESUMEN

El embrague es una pieza de suma importancia en el automóvil ya que es la que conecta y desconecta el motor de la caja, transmite el par motor, amortigua las vibraciones del motor, entre otras propiedades más que se explican más adelante.

El presente informe de tesis tiene como objetivo principal diseñar un embrague mecánico que tenga una durabilidad mayor a la que nos ofrece el fabricante.

El tipo de investigación es tecnológica ya que se aplica conocimientos de dinámica y resistencia de materiales, con un diseño no experimental debido a que las variables no fueron manipuladas y la técnica de recolección de datos fue documental.

Para el diseño del embrague Hyundai Accent se llevó a cabo cálculo comparativo del tiempo de vida del embrague en contraste con el modificado, por lo que se mantuvo el material del fabricante, pero vario la geometría de la pieza del conjunto plato presión.

Se logró aumentar la vida útil en un total de 280% con un mínimo de 250000km con el nuevo embrague.

Palabras Claves: embrague, vida útil, coeficiente de abrasión, palanca de retracción, energía disipada.

ABSTRACT

The clutch is a very important part in the car since it is the one that connects and disconnects the engine from the box, transmits the torque, dampens the vibrations of the engine, among other properties that are explained later.

The main objective of this thesis report is to design a mechanical clutch that has a greater durability than what the manufacturer offers us.

The type of research is technological since knowledge of dynamics and resistance of materials is applied, with a non-experimental design because the variables were not manipulated and the data collection technique was documentary.

For the design of the Hyundai Accent clutch, a comparative calculation of the life of the clutch was performed in contrast to the modified one, so the manufacturer's material was maintained, but the geometry of the part of the pressure plate assembly varied.

It was possible to increase the useful life in a total of 280% with a minimum of 250000km with the new clutch.

Keywords: clutch, service life, abrasion coefficient, retraction lever, dissipated energy.

INTRODUCCIÓN

En Lima existen poco más 180000 taxis de los cuales el 44% es de la marca Hyundai y modelo accent.

Un taxista trabaja entre 10 a 12 horas por día y recorre 250km aproximadamente, esto hace que el mantenimiento del vehículo se realice como manda el fabricante cada 5000 km, lo haga cada 30 días en comparación con un vehículo particular que recorre de 30 a 50 km por día y su mantenimiento se hace cada 6 meses. Este tiempo en el cambio de aceite se demora entre 30 minutos a una hora. La garantía que manda el fabricante para el vehículo es de 100000km, solo abarca al motor, pero un motor a gasolina dura un promedio de 500000km, el automóvil tiene otros sistemas como suspensión, dirección, frenos, transmisión, etc. que la vida útil es de en promedio de 150000km y el tiempo que se demora en la reparación de las piezas varías entre 2 a 10 días.

Por lo que mi informe final de tesis titulado ***“Diseño de embrague Hyundai accent para aumentar la vida útil en 100000km”*** propone diseñar un embrague que su durabilidad obtenga un aproximado de 250000km.

El tipo de investigación es tecnológica, con un nivel aplicada y con un enfoque cuantitativo. Desarrollándose un método sistémico inductivo.

El diseño del embrague comprende el análisis mecánico del plato el cual se desglosa en analizar y calcular las fuerzas de compresión y de liberación del disco en la palanca de retracción, de igual manera de analizar la compresión del plato, el coeficiente de elasticidad y longitud del resorte, así como evaluar la energía disipada, el desgaste por acoplamiento, el par resistente, el forro del disco de embrague y su coeficiente de abrasión.

El beneficio de este diseño es que el vehículo tenga un mayor tiempo de trabajo sin que tenga un paro prolongado.

I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Un estudio en el año 2018 por el MTC hay 182,376 taxis solo en lima (Ver figura 1.1), de los cuales el 44% de estos es de la marca Hyundai (Ver figura 1.2).

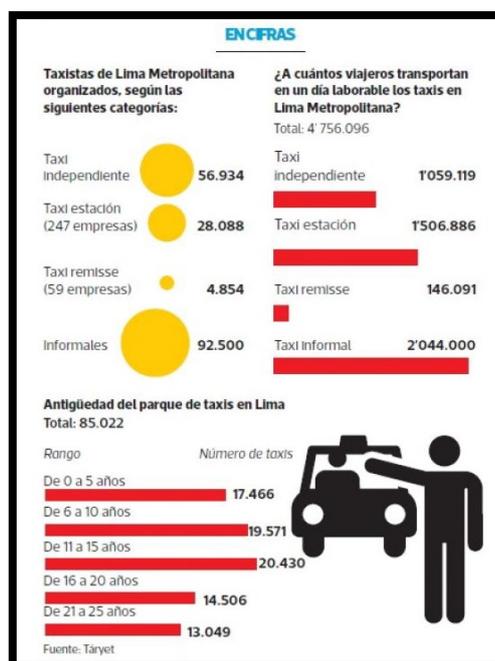
Percy Bravo jefe técnico de Total Perú dice (BRAVO, 2017)“Un taxista en promedio recorre entre 8 a 10 horas al día, lo que representa un total de 250 km, mientras que un vehículo particular alcanza cuatro veces menos de recorrido. Cada año el vehículo de un taxista se deprecia, siendo así la inversión de mantenimiento es mayor, esto depende del tipo de vehículo (marca, modelo y año) y la calidad de repuestos.

En el caso del mantenimiento preventivo–básico (aceite + filtro de aceite) este puede llegar a costar aproximadamente S/ 150, 000 y en el caso del mantenimiento completo (Aceite + filtro de aceite + filtro de gasolina + filtro de aire + 4 bujías) S/ 300,000. Se calcula que la mitad del ingreso de las carreras de un taxista se destina al mantenimiento del vehículo.

Percy Bravo, jefe técnico de Total Perú, comenta que por ejemplo un taxista realiza el cambio de lubricante cada 20 días, ya que en este tiempo llegan a los 5000 Km de recorrido, mientras que un vehículo particular es cada seis meses. Asimismo, el suministro de combustible es otra fuente de inversión. Por ejemplo, si el vehículo es a gasolina, al día se debe "tanquear" una sola vez, lo cual representa aproximadamente S/ 200 nuevos soles y en el caso de GNV; cuyo suministro es de una vez al día, representa aproximadamente 15 nuevos soles.”

Lo que una persona desea cuando se dedica al negocio del taxi con un vehículo nuevo, es que su auto tenga un largo periodo de trabajo sin que este se detenga, y si lo hace solo sea por periodo cortos, solo horas.

FIGURA 1.1
CANTIDAD DE VEHICULOS PARA SERVICIO DE TAXI



FUENTE: (COMERCIO).

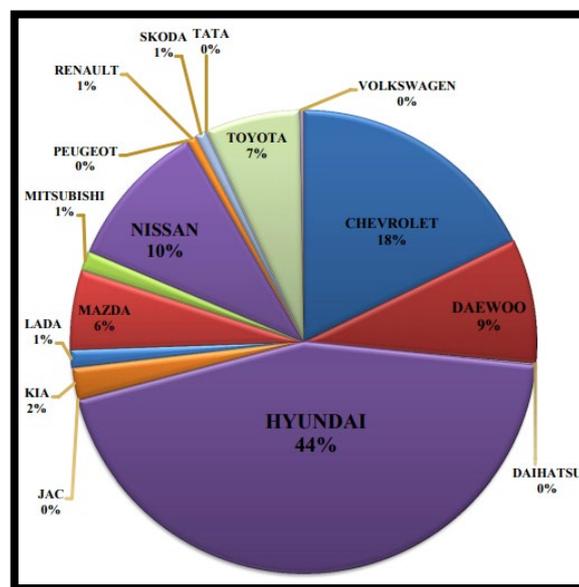
Lo que se estudia en este trabajo es la pieza que se fatiga en el menor tiempo y su reparación requiere varios días en el taller para que el vehículo vuelva a trabajar. En este caso es el embrague.

El embrague mecánico tiene la finalidad de transmitir el par del motor, conectar y desconectar el motor de la caja, amortiguar y filtrar las vibraciones del motor, suavizar y estabilizar el arranque, disipar la energía y calor generado.

Según un estudio realizado por la empresa privada AAMCO (AAMCO, 2010) “ofrece estimaciones diferentes para la vida útil promedio de un embrague en un automóvil promedio como un Nissan Sentra, Toyota Yaris o Hyundai Accent, y algunos lo estiman tan bajo como 20000 a 50000 millas (32187 a 80467 kilómetros) y otros que lo estiman en más de 100000 millas (160934 kilómetros), pero esto depende de cuan cuidadosamente use su embrague”

Considerando que un taxista realiza un recorrido diario de promedio de 250km (BRAVO, 2017), entonces el tiempo de duración de un embrague aproximadamente es de 20 meses, considerando un vehículo nuevo. Y este mecanismo, el embrague, es el que toma más tiempo en reparación según GILDEMEISTER, porque se necesita bajar la caja de cambios del vehículo, desmontar el embrague, comprar repuesto con la pieza desgastada, y para eso se toma entre un día, montar el embrague nuevo y finalmente montar la caja de cambios. Este trabajo en algunos talleres toma de 3 a 4 días (concesionario Gildemaister), y eso para un taxista que invirtió en un vehículo nuevo, pagando mensual, porque un vehículo a crédito para este tipo de negocio es de 4 años y el embrague tiene una duración aproximada de 1 año, 8 meses, la duración es de poco tiempo. La pérdida es por los días no trabajados y la compra del repuesto del embrague.

FIGURA 1.2
MARCAS QUE SE UTILIZAN EN EL SERVICIO DE TAXI



Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo el diseño del embrague de un vehículo Hyundai Accent 2013 permitirá aumentar su vida útil del en 100000km?

1.2.2 Problemas específicos

P1: ¿Cómo determinar las fuerzas y el torque requerido por el motor a fin de diseñar el plato de embrague de un vehículo Hyundai Accent 2013?

P2: ¿Cómo determinar la energía disipada y el desgaste del forro por acoplamiento a fin de diseñar el disco de embrague?

P3: ¿Cómo seleccionar el forro del disco de embrague en función del coeficiente de abrasión a fin de aumentar la vida útil del embrague de un vehículo Hyundai Accent 2013?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar el embrague de un vehículo Hyundai Accent 2013 para aumentar su vida útil en 100000 km.

1.3.2 Objetivos específicos

O1: Determinar las fuerzas y el torque requerido por el motor a fin de diseñar el plato de embrague de un vehículo Hyundai Accent 2013.

O2: Determinar la energía disipada y el desgaste del forro por acoplamiento a fin de diseñar el disco de embrague.

O3: Seleccionar el forro del disco de embrague en función del coeficiente de abrasión a fin de aumentar la vida útil del embrague de un vehículo Hyundai Accent 2013.

1.4 Limitantes de la investigación

1.4.1 Limitaciones teóricas

La presente tesis se limita teóricamente debido a que tiene como análisis de estudio la dinámica de una partícula, el tema movimiento angular, trabajo y energía cinética. Estática, el tema estático en un punto y el curso de resistencia de materiales el tema flexión y corte.

1.4.2 Limitaciones temporales

El presente estudio está limitado temporalmente a la proyección de la vida útil del forro del embrague, para lo cual se tomaron datos y características del desgaste y resistencia del embrague de un vehículo Hyundai Accent 2013.

1.4.3 Limitaciones espaciales

La presente investigación está limitada espacialmente a las características técnicas del vehículo Hyundai Accent 2013.

II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio

2.1.1 Antecedentes Internacionales

- En la biblioteca Central de la Universidad Carlos III de Madrid se encuentra al autor Francisco Camarena quien presento para obtener el grado de Ingeniero del departamento de ingeniería mecánica la tesis **“DISEÑO DE EMBRAGUE DE UN VEHICULO”** el cual el presente proyecto se ha descrito el embrague mecánico de un automóvil, su modo de funcionamiento, sus componentes y los distintos métodos de diseño.

Se ha detallado el proceso que actualmente se sigue en la industria para el diseño de nuevos embragues, partiendo de la amplísima gama de embragues existentes se escoge la que más se adapte a la aplicación que se debe desarrollar, y posteriormente para este embrague, se recalculan los elementos principales: diafragma, tirantes, arandelas para la histéresis y muelles de amortiguación. (CAMARENA Lillo, 2011).

- En la biblioteca de Universidad autónoma de Nuevo León de México se encuentra como autor a José Luis Castillo Orañas quien presento para obtener el grado de Maestría en ciencia en ingeniería mecánica la tesis **“ANALISIS DE EMBRAGUES”** el cual habla sobre un análisis exhaustivo sobre el cálculo y diseño del embrague, tipos y material de uso.

Los embragues secos, particularmente aquellos que usan forro inorgánico no son tan susceptibles a la escala de calor de degeneración; desde que ellos pueden tolerar altas temperaturas e incorporar grandes calores sumergidos en la masa de su lamina de presión y la rueda de volante motor. Los embragues húmedos son generalmente más limitados al monto total de calor generado, desde que todo el calor puede ser transferido al aire alrededor del embrague. (OROÑAS, 1984).

- En la biblioteca central de Universidad politécnica Salesiana de Ecuador se encuentra como autores Ricardo Padron Correa y Juan Avilas Heras quienes presentaron para obtener el título de Ingeniero Mecánico Automotriz la tesis **“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EMBRAGUES DE DISCO A FRICCION CON VISUALIZACION DE DATOS DE SU FUNCIONAMIENTO PARA EL LABORATORIO DE TREN DE FUERZA MOTRIZ Y REHABILITACION DE MAQUETAS EXISTENTES”** el cual se constituye el fundamento teórico del funcionamiento de los diversos sistemas y elementos del embrague a fricción y el desarrollo de innovaciones de los mismos, tanto en diseño como en la aplicación de nuevos materiales. Se hizo una reconstrucción de cinco maquetas existentes en el laboratorio de tren fuerza motriz de la UPS, adecuándolas a un diseño estructural de soporte estandarizado para brindar comodidad en la manipulación de las mismas, a más de esto se implementó una maqueta del embrague de doble disco hidroneumático de un tracto camión. También se procedió a realizar el diseño y construcción del banco de pruebas, realizando un análisis estructural detallado, también se realizó una base de datos de los diferentes conjuntos de embrague que poseen los vehículos livianos de mayor circulación en nuestro medio. Finalmente se elaboraron el manual de funcionamiento del banco de pruebas y las guías de práctica que sirven como material didáctico para los estudiantes que realicen prácticas en esta herramienta de pruebas. (HERAS, 2010).

2.1.2 Antecedentes Nacionales

- En la biblioteca de la universidad Nacional de Ingeniería se encuentra el autor Raúl de Andrea quien presento para obtener el grado de ingeniero industrial la tesis **“ESTUDIO DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ EN EL PERÚ”** que dice la industria automotriz de ensamblaje de vehículos se creó en el Perú sin criterio planificador,

obedeciendo a razones de mayor ocupación y tecnificación de mano de obra, fomento de industrias complementarias y a factores de crédito político, sin tener en cuenta prioridad industriales ni las mejores posibilidades para el conjunto de la economía del país. Inclusive las razones aducidas no han respondido a las expectativas porque los resultados señalan un índice relativamente pequeño de nuevos puestos de trabajo y muy poca participación de manufactura local en el proceso de ensamblaje. Sin embargo, la industria automotriz es una realidad, con todos sus defectos y limitaciones; y, en estos momentos, se halla en una situación nada fácil. (ANDREA, 1971).

- En la biblioteca de la Universidad Tecnológica del Perú se encuentra el autor Ricardo Tanta quien presentó para obtener el grado de ingeniero automotriz la tesis de **“IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTION DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO APLICADO A LOS VEHICULOS HYUNDAI ACCENT, EN LA EMPRESA AUTOTAN INGENIERIA E.I.R.L., DISTRITO DE ATE-VITARTE, CIUDAD METROPOLITANA DE LIMA,2016”** que dice el servicio de mantenimiento preventivo será de calidad y confiabilidad, con lo que se lograría fidelizar a los clientes. Según los análisis realizados, se logra incrementar los valores para la disponibilidad de 96.6% a 99.8% y para la confiabilidad de 96.8% a 99.8% después de la implementación del sistema de gestión de mantenimiento preventivo para los vehículos Hyundai Accent. (TANTA, 2017).
- En la biblioteca de la Pontificia Universidad Católica del Perú se encuentra el autor Francisco Javier Huamán Rivas quien presentó para obtener el grado de ingeniero industrial la tesis de **“ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD PARA INDUSTRIALIZAR Y COMERCIALIZAR AUTOMÓVILES MEDIANTE UNA PLANTA DE ENSAMBLAJE AUTOMOTRIZ EN EL PERÚ”** que dice de acuerdo a toda la información recopilada para el desarrollo y evaluación del presente proyecto, podemos concluir lo siguiente: El mercado de autos nuevos está creciendo rápidamente en el país, ya que en los últimos años ha

logrado ventas record de 94,000 unidades vendidas y un crecimiento promedio anual de 65%, lo cual deja ver que definitivamente es una inversión acertada el abrir una planta de ensamblaje de autos en el país, porque permitirá dinamizar aún más el mercado y poder ofrecer automóviles y camionetas a precios más bajos. (RIVAS, 2010).

2.2 Bases teóricas:

2.2.1 Automóvil

Un automóvil, o vehículo que se mueve por sí mismo, esencialmente está constituido por dos grandes conjuntos que son el chasis o conjunto mecánico del vehículo, y la carrocería, destinada a transportar los pasajeros o la carga, que va anclada al chasis. (LUQUE Pablo, 2004)

El automóvil es una maquina compleja y las propiedades que se exigen de ellas son tan variadas que, para satisfacerlas, necesitan disponer de una serie de cualidades de explotación. Estas cualidades en su conjunto deben caracterizar la eficacia de trabajo del automóvil en unas u otras condiciones. A raíz del rápido incremento del nivel de mecanización en la producción agropecuaria y la ampliación de la esfera de uso de transporte automotriz, las propiedades que se exigen de las cualidades de explotación de tractores y automóviles se desarrollan permanentemente y se diversifican, dependiendo de la destinación de la máquina y las condiciones de su empleo (CHUDAKOV, 1977).

El automóvil tiene los siguientes sistemas:

- **Sistema de dirección:** La dirección es el conjunto de mecanismos, mediante los cuales pueden orientarse las ruedas directrices de un vehículo a voluntad del conductor.
- **Sistema de frenado:** Su principal función es descender la velocidad del vehículo o mantenerlo detenido cuando este estacionado.
- **Sistema de suspensión:** Su función es la de reducir los efectos de las irregularidades del camino, evitando que las oscilaciones se transmitan a los pasajeros o la carga.

- **Sistema eléctrico-electrónico:** Se encarga de los componentes eléctricos y electrónicos del vehículo, comandado por una o varias ECU.
- **Sistema de inyección:** Es el encargado de dosificar y dar presión al combustible para que llegue a los cilindros.
- **Sistema de refrigeración:** Cumple la función de eliminar el calor generado en el motor y por otro lado mantenerlo a la temperatura ideal para que los lubricantes no pierdan sus características.
- **Sistema de lubricación:** Su función principal es evitar el desgaste de los elementos del motor debido a su continuo rozamiento.
- **Motor:** es un mecanismo que transforma la energía química en energía mecánica cambiando el movimiento horizontal o vertical a movimiento circular.
- **Sistema de transmisión:** es el sistema que transmite el par del motor a las ruedas, pasando del motor al embrague, siguiendo la caja de cambios, palieres y finalmente ruedas.

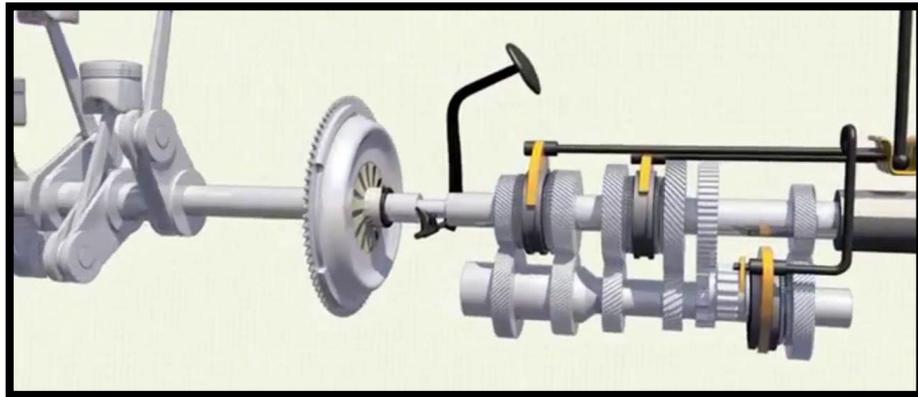
Sistema de transmisión

Según el libro Ingeniería del Automóvil (LUQUE Pablo, 2004) en vehículos de sistema de dos ejes, los diferentes sistemas de tracción se pueden clasificar, en función del eje al que se transmite el par motor, en:

- Tracción trasera: donde pueden aparecer diseños con motor trasero o con motor delantero, siendo el eje trasero el motriz.
- Tracción delantera: con disposiciones de motor delantero (longitudinal o transversal) que accionan el eje delantero.
- Tracción a todas las ruedas: el motor suele ir delante (pocas veces detrás) transmitiendo el par de forma permanente o no a las cuatro ruedas.

Las distintas configuraciones van a determinar el comportamiento dinámico del vehículo, que será diferente en cada caso (figura 2.1).

FIGURA 2.1
SISTEMA DE TRANSMISION



FUENTE: Elaboración Propia

Componentes del sistema de tracción

Los siguientes elementos son:

- **Convertidor de par:** es un elemento colocado al principio de la cadena de transmisión, justo a continuación del cigüeñal. Su forma constructiva y principio de funcionamiento se asemejan al de un embrague hidrodinámico, actuando como tal cuando el vehículo ha de iniciar el movimiento partiendo de reposo. La diferencia con respecto al embrague estriba en la propiedad del convertidor de incrementar el par motor.
- **Caja de cambios:** es el elemento encargado de obtener en las ruedas el par motor, suficiente para poner en movimiento el vehículo desde velocidad inicial cero, y una vez en marcha obtener un par suficiente en ellas para vencer las resistencias al avance, fundamentalmente las derivadas del perfil aerodinámico, de rozamiento con la rodadura y de pendiente en ascenso.
- **Acoplamientos:** Son elementos de máquina que permiten unir o acoplar para comunicar el movimiento entre dos ejes en línea recta con dirección paralela inclinada o en planos diferentes.

2.2.2 Embrague Mecánico

El embrague mecánico se localiza entre el motor y la caja de cambios y su principal función es la de transmitir o anular el par que genera el motor a la caja la veces que sea necesario por el conductor.

El embrague debe ser resistente para transmitir todo el par de una forma rápida, segura y constante, garantizando un manejo fluido.

También tiene el trabajo de amortiguar las sacudidas del motor, que cuidan las piezas frente a las irregularidades cíclicas de par (aciclismo) del motor, que es una de las propiedades que dañan más a los motores de combustión interna. (ROBERT, 2011)

Tipos de embrague

Existen tres grupos que son embragues hidráulicos, los electromagnéticos y los de fricción. En este caso nuestro estudio se basa en los embragues de fricción ya que el diseño que estamos realizando para este vehículo es este mismo, y haremos un análisis exhaustivo para este tipo de embrague.

- El embrague hidráulico

El embrague hidráulico accede que el motor transmita el par motor cuando se llega a un determinado rpm.

El funcionamiento se basa en la transmisión de energía mediante un fluido que es una bomba centrífuga comunicándose con una turbina.

Está comprendido por dos coronas giratorias, que su forma es semitoroide geométrico, contiene unos alabes. Una se llama corona motriz, va unida al árbol motor por medio de tornillos y forma parte de la bomba centrífuga, la otra, unida al primario de la caja de cambios compone de la turbina o corona arrastrada.

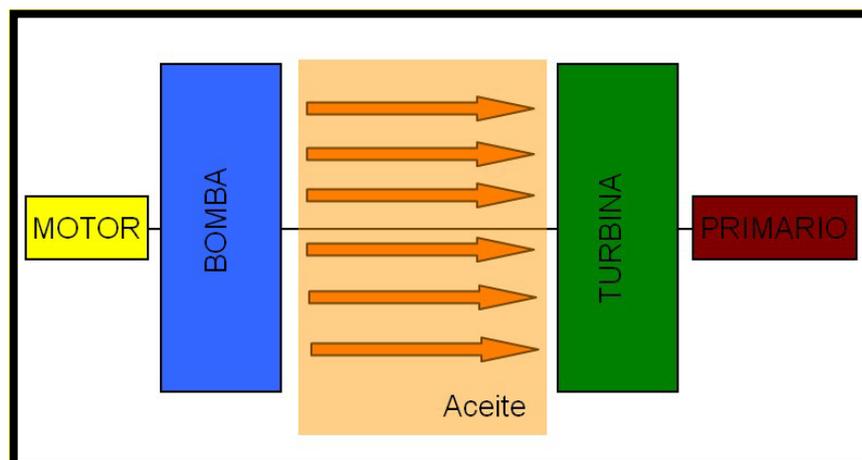
Estas coronas van dentro de una carcasa y se encuentra separadas por un mínimo espacio para que no halla rozamiento.

Al momento que gira el motor, el aceite es empujado por la bomba, dirigiéndose hacia la turbina. Este aceite es trasladado por la propia rotación de la bomba corona o motriz, creando así un torbellino. La energía cinética del aceite que colisiona contra los alabes de la turbina produce en ella un par que la hace girar (Ver Figura 2.2).

Si el motor gira al ralentí o mínimo, la energía cinética del aceite es baja y el par transmitido a la turbina es corto para vencer el par resistente.

A medida que aumentan las revoluciones del motor, el torbellino de aceite va incidiendo más fuerte sobre los álabes de la turbina, esta acción vence el par resistente y hace girar la turbina, mientras se verifica un deslizamiento.

FIGURA 2.2
ESQUEMA DE EMBRAGUE HIDRAULICO



FUENTE: Elaboración Propia

Ya que se pierde energía por el movimiento del aceite, el consumo de combustible aumenta, presentan también la desventaja de un mayor coste económico, así como la necesidad de acoplar una caja de cambios automática.

La utilización del embrague hidráulico presenta las siguientes ventajas:

- Ausencia de desgaste.
- Gran duración.

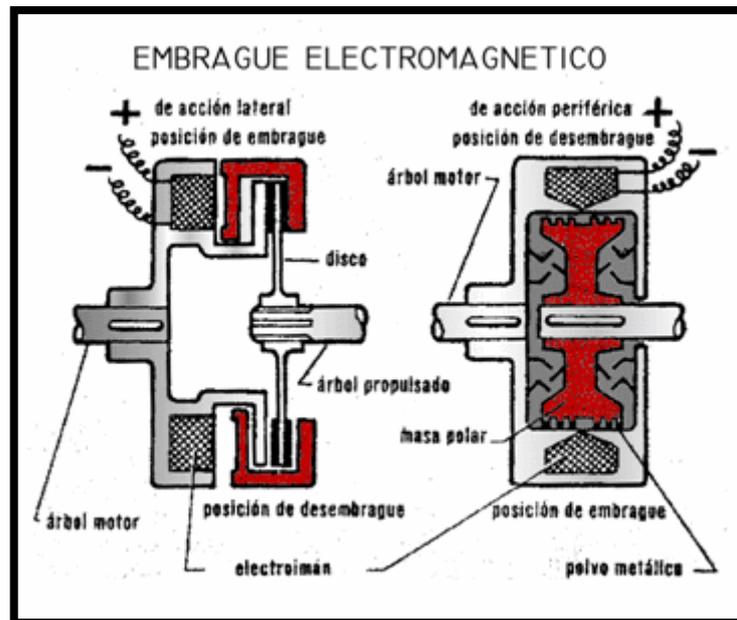
- Es muy elástico.
- Es muy progresivo.
- Bajo coste de mantenimiento.

- Embrague electromagnético

El sistema de embrague electromagnético (Ver Figura 2.3) está conformado por una corona de acero que se monta sobre el volante de inercia del motor. Dentro de esta va alojada una bobina, que al pasar la corriente eléctrica a través de ella se genera un campo magnético en la zona del entrehierro formado entre la corona. El espacio que hay en el interior de la corona se cierra con chapas de acero, y se rellena con polvo magnético, que se aglomera en el entrehierro gracias al campo magnético creado por la bobina, haciéndolas una sola pieza la corona con el disco. De esta manera, cuando pasa corriente por el arrollamiento de la bobina se produce la acumulación del polvo magnético consiguiendo la transmisión de par.

Si no pasa corriente no se acumula el polvo, lo que permite girar en vacío a la corona sin arrastrar el disco. Con lo cual el motor permanece desembragado, es decir, no se transmite del par. Al momento que pasa la corriente comienza la acumulación que tarda cierto tiempo, además lo que se demora la aparición del flujo magnético que se produce en todas las bobinas. Gracias a esto es que el embrague sea progresivo. El principal obstáculo de este tipo de embrague es el alto coste económico, solo se utiliza en aplicaciones industriales muy específicas.

FIGURA 2.3
EMBRAGUE ELECTROMECHANICO



FUENTE: SENATI

- Embrague de fricción

Este embrague utiliza la unión de dos superficies de contacto (cónicas, cilíndricas o planas); su ventaja es graduarse y parar de transmitir cuando se llega a cierto límite. Este tipo de embrague funciona primordialmente con disco único. El disco único (en automóviles) está fabricado por ambas caras de cobertura para fricción.

El embrague de fricción es el que se utiliza en el vehículo Hyundai Accent, sus principales elementos son (Ver figura 2.4):

CONJUNTO DE PRESIÓN: Es la pieza que sirve de soporte y que transmite el movimiento del cojinete. Sus partes que destacan son:

- **La carcasa:** está unida al volante de inercia del motor por unos remaches.

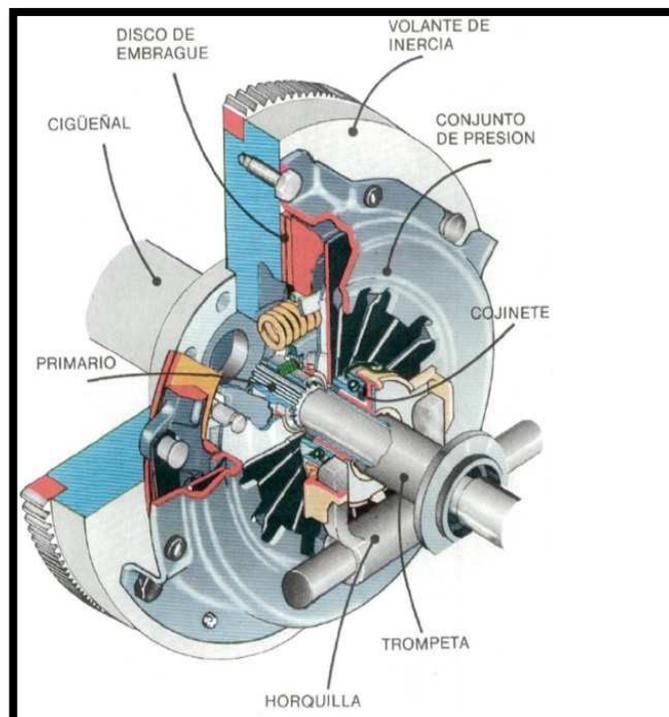
- **El diafragma:** es la pieza que empuja el cojinete y su función es transmitir el par al plato de presión para que el disco de fricción, volante y plato de presión actúen en conjunto.
- **El plato presión:** se encuentra remachado al diafragma con el plato presión. Conecta y desconecta el disco de fricción.

DISCO: se encuentra apegado entre el volante y el conjunto plato presión. Sus partes son:

- Disco de fricción
- La parte conductora del disco de embrague
- La parte conducida

COJINETE DE EMBRAGUE: su función es recibir la carga del pedal y transmitirla al grupo.

FIGURA 2.4
DIAGRAMA EN CORTE



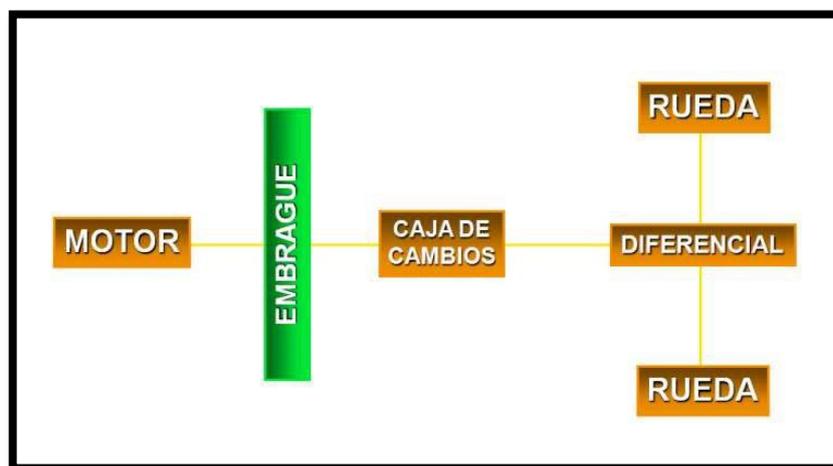
FUENTE: SENATI

2.2.3 Disposición en el vehículo

El embrague se localiza en medio del motor y la caja de cambios (Ver figura 2.5 y 2.6).

En lo que concierne al confort, el conjunto de embrague también tiene que ser progresivo, para que no se produzcan golpes o saltos cuando ponemos en movimiento el vehículo, cuando el vehículo se encuentra detenido; debe ser, además, elástico para absorber los cambios de revoluciones en aceleraciones y desaceleraciones del motor.

FIGURA 2.5
DISPOSICION DEL EMBRAGUE I

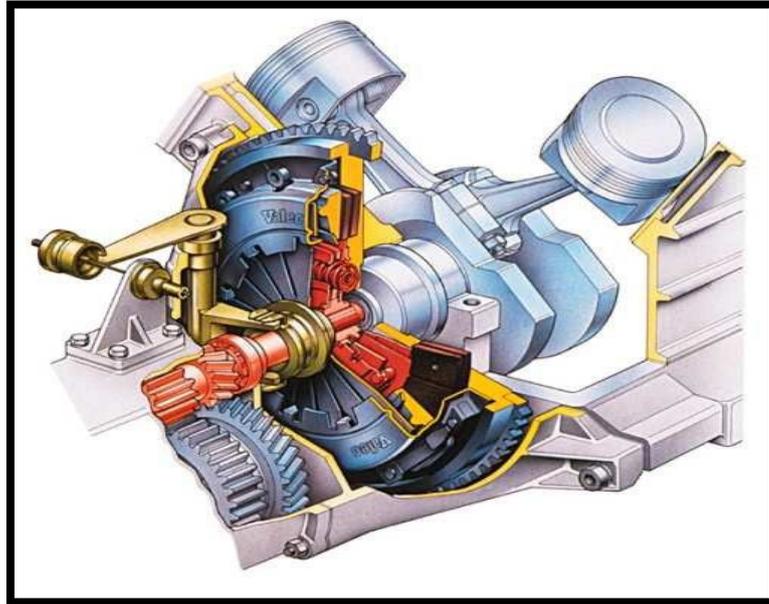


FUENTE: SENATI

En esta figura se observa en corte para poder apreciar las piezas con mayor detalle y conexión que hay del embolo con el cigüeñal, la salida que tiene el motor con la volante conjuntamente con el embrague.

FIGURA 2.6

DISPOSICION DEL EMBRAGUE II



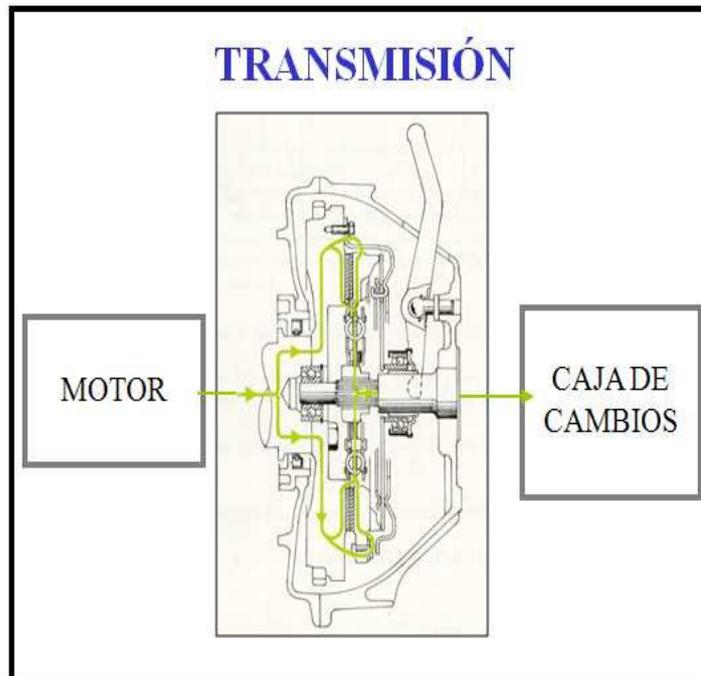
FUENTE: SENATI

2.2.4 Funcionamiento

El embrague es el conjunto de piezas que transmiten a la caja de cambios el par de transmisión de motor cuando es necesario, lo conecta y desconecta de caja mediante el pedal de embrague. Cuando el pedal es presionado se desconecta la caja del motor, a este proceso se llama desembragar. Cuando el pedal esta sin presionar está conectado el motor a la caja y se llama embragado. (Ver figura 2.7)

La salida del par del motor está dada por el cigüeñal, que es unido al volante de inercia. El volante de inercia está conectado rígidamente al embrague. Cuando se transmite el par del motor, sale de la volante de inercia al disco de fricción, y este está unido al plato de presión, que a su vez están conectados mediante la chapa de conducción gracias a unos remaches en el disco de fricción. (F. PAYRI, 2011)

FIGURA 2.7
EMBRAGUE (CONEXIÓN)



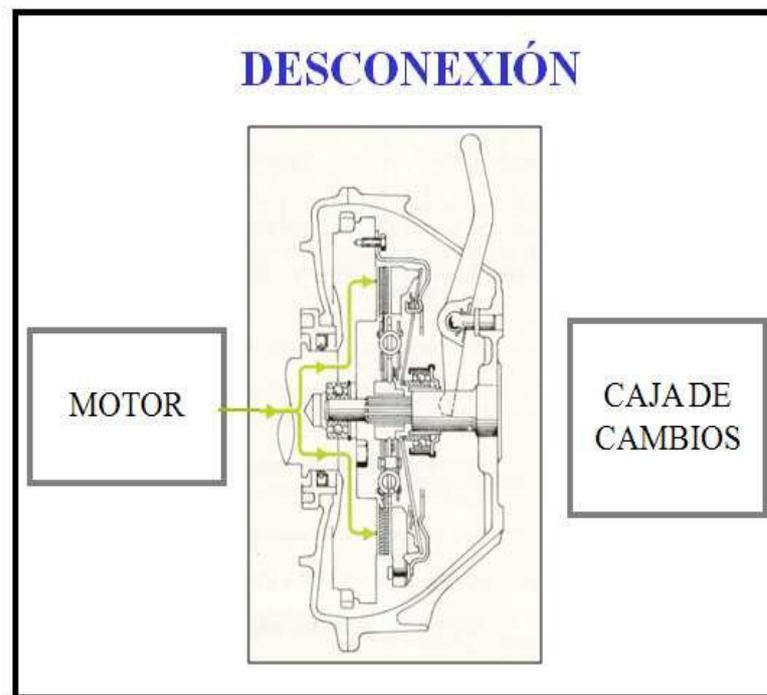
FUENTE: SENATI

La transmisión del par del motor amortigua gracias a cuatro resortes que están colocados en forma circular a una distancia determinada del centro del disco.

Mediante esto se consigue transmitir el par al cubo del disco, el cual gira en una sola pieza al eje de la caja de cambios (Ver figura 2.8).

Cuando no se desea hacer un cambio, el cojinete está a una distancia del diafragma y así están trabajando en conjunto el motor, embrague y caja, pero al momento de generar un cambio, se presiona el pedal de embrague, el cojinete presiona las uñas del diafragma y este hace que el disco de fricción tenga una cierta separación del disco presión y el volante, para que el par del motor se deje de transmitir a la caja y se pueda realizar el cambio ya que el disco estará libre.

FIGURA 2.8
DESEMBRAGUE (DESCONEXIÓN)



FUENTE: SENATI

FUNCIONES PRINCIPALES

El embrague mecánico de un vehículo debe cumplir lo siguiente:

- **TRANSMITIR EL PAR MOTOR** en cualquier momento del manejo.
- **CONECTAR Y DESCONECTAR** a la caja de transmisión dependiendo de la situación de conductor.
- **AMORTIGUAR Y FILTRAR** las oscilaciones del motor.
- **SUAVIZAR Y ESTABILIZAR** el arranque del motor haciéndolo gradual.
- **DISIPAR LA ENERGIA** liberada en el arranque del vehículo al romper la inercia.

A continuación, hablaremos a profundidad de cada punto de las funciones principales del embrague.

Transmitir el par motor

Para poder transmitir mayor par o menor par el embrague de un motor depende completamente del tamaño del disco, de su carga y del coeficiente de rozamiento que tiene el material de fricción.

El tamaño del embrague queda determinado por el diámetro exterior e interior del disco de fricción.

La parte que se encarga de entregar el par motor o carga es el diafragma (Ver figura 2.9) que es parte del conjunto presión, este presenta una curva de carga no lineal y favorable.

**FIGURA 2.9
DIAFRAGMA**



FUENTE: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/tractor-clutch-parts-clutch-diaphragm-spring-for-mitsubishi-200-1226461440.html> ()

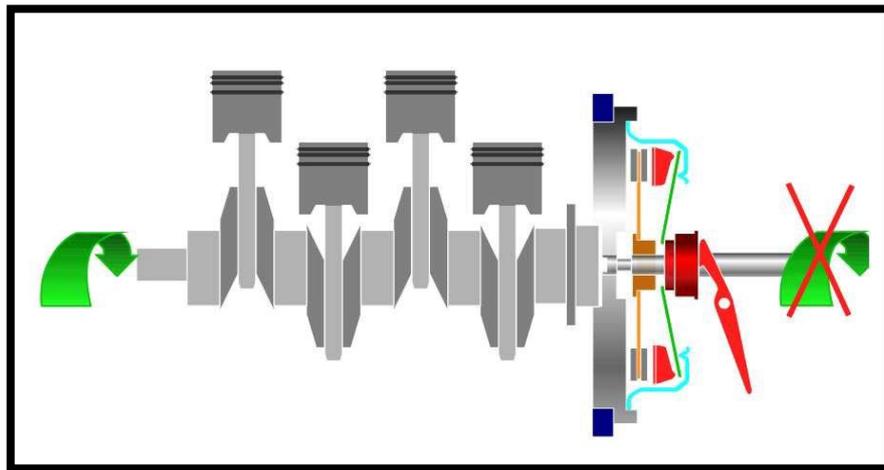
El disco de fricción debe cumplir con las siguientes características:

- Coeficiente de rozamiento elevado y estable
- Alta resistencia mecánica y térmica
- Resistencia al desgaste.

Embrague – Desembrague

Cuando la persona que maneja el vehículo presiona el pedal de embrague ocasiona el desembrague (Ver figura 2.10) que es la separación del motor de la caja, el collarín presiona los dedos del diafragma haciendo que ya no haya presión en el disco de fricción con el plato quedando liberados.

FIGURA 2.10
POSICION DE DESEMBRAGUE



FUENTE: SENATI

Las características que definen al desembragado son:

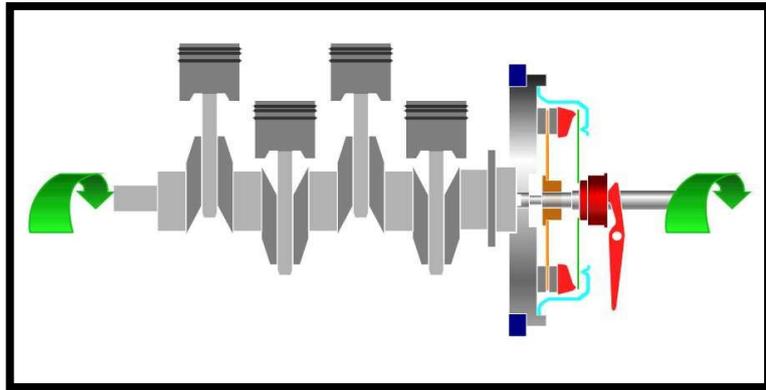
El recorrido de desembragado del collarín (carrera de desembrague).

La separación mínima del plato para dejar libre el disco.

La curva de carga sobre el collarín, que determina la fuerza que hay que aplicar en el pedal para poder desembragar.

Cuando la persona que maneja no presiona el pedal de embrague, el sistema se encuentra embragado, está conectado el motor con la caja mediante el embrague. (Ver Figura 2.11)

FIGURA 2.11
POSICION DE EMBRAGADO



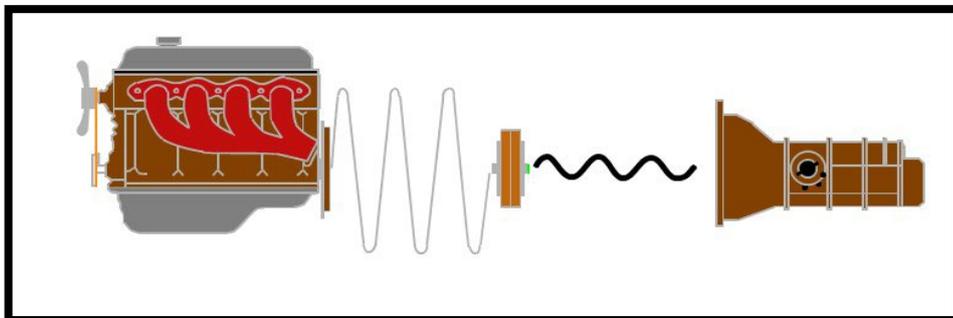
FUENTE: SENATI

Amortiguación y filtración

El disco de fricción o de embrague lleva consigo un amortiguador torsional que se encarga de:

- Las oscilaciones cíclicas de par, propias y características del motor, que se producen a bajo régimen o rpm y que son de pequeña amplitud y alta frecuencia.
- Las oscilaciones bruscas de par producidas dependiendo del camino o de la forma de manejar del conductor. (Figura 2.12)

FIGURA 2.12
FILTRACION DE VIBRACIONES



FUENTE: SENATI

Disipar energía

Durante el arranque y los cambios de velocidad, existe momentos en los que el disco de fricción y el plato de embrague tienen diferentes rpm, y al momento de chocar embragando y desembragando se crea un arrastre entre las dos partes. Este arrastre se convierte en calor que el embrague debe disipar para evitar que el aumento de temperatura dañe las piezas mencionadas.

Normalmente la energía en los cambios es inferior a la del arranque, esta energía depende de:

- La masa del vehículo
- La relación de transmisión.
- El par motor.
- La pendiente donde se arranque el vehículo.

Suavizar el arranque

Para que se realice un arranque suave se necesita lo siguiente:

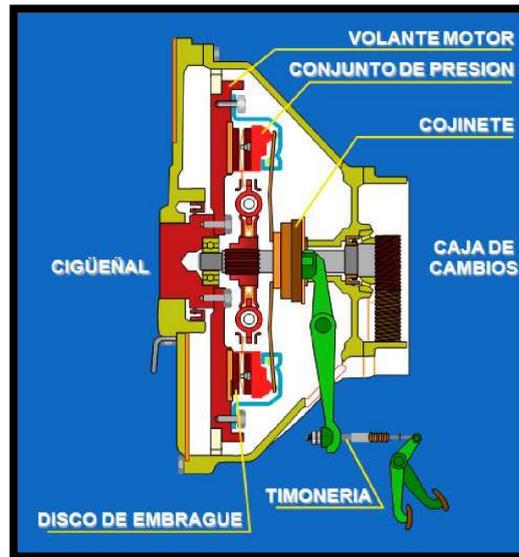
- Una transmisión del par en función de la carrera del pedal.
- Una cinemática de mando invariable. En cualquier velocidad de rotación, las temperaturas de funcionamiento de los órganos del mecanismo y las tensiones desarrolladas en la propia timonería.
- Regularidad en el uso del disco de fricción.

2.2.5 ELEMENTOS DEL EMBRAGUE DE FRICCIÓN

Existen tres elementos que componen el embrague de un automóvil (Ver figura 2.13):

- Conjunto de presión
- Disco de embrague
- Cojinete de embrague.

FIGURA 2.13 ELEMENTOS DE EMBRAGUE DE FRICCION



FUENTE: SENATI

Conjunto de presión

Es el grupo de piezas que se mueven axialmente gracias al empuje generado por el cojinete permitiendo liberar el disco de fricción para interrumpir el par motor.

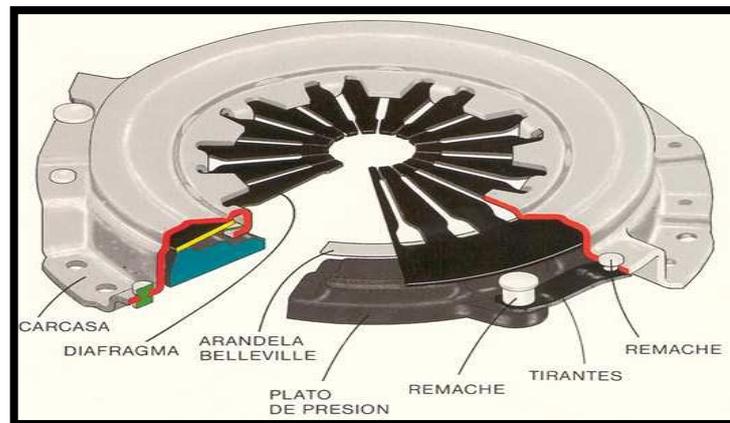
Con el avance de la tecnología, se han mejorado los materiales para la optimización geométrica del conjunto para el requerimiento de los vehículos, para poder transmitir mayor cantidad de par en el menor tiempo posible, con la mínima pérdida de energía y así mejorar la ergonomía en el pedal.

- Funciones principales

Las funciones principales del conjunto de presión son los siguientes:

- Permitir el embrague – desembrague, por medio de la acción del cojinete sobre el conjunto.
- Aportar la carga para poder realizar la transmisión del par.
- Disipar la energía que se produce al momento de chocar el disco con el plato. (Ver figura 2.14)

FIGURA 2.14
COMPONENTES DEL CONJUNTO PRESION



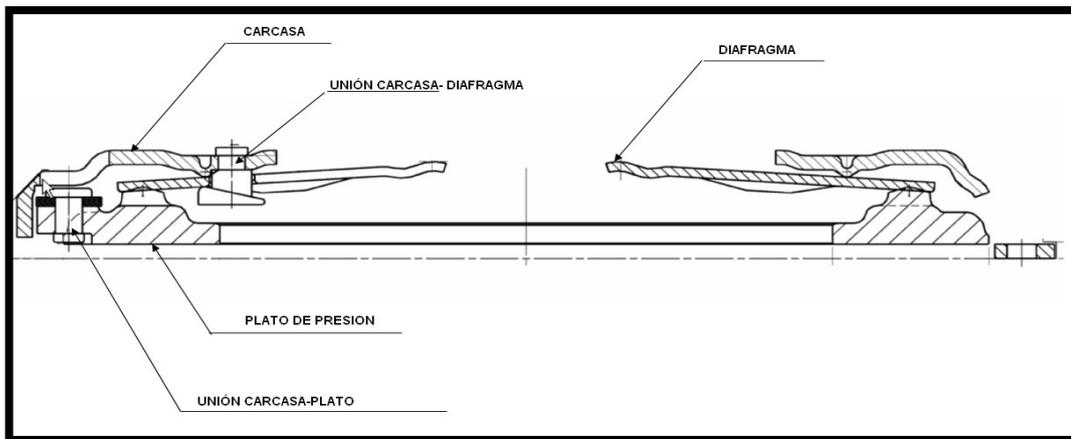
FUENTE: SENATI

Esquema del conjunto de presión

Actualmente el conjunto presión tiene las siguientes partes (Ver figura 2.15):

- a. Carcasa
- b. Plato
- c. Diafragma
- d. Uniones entre los elementos; la unión de carcasa-diafragma y la unión carcasa-plato.

FIGURA 2.15
ESQUEMA CONJUNTO DE PRESION



FUENTE: SENATI

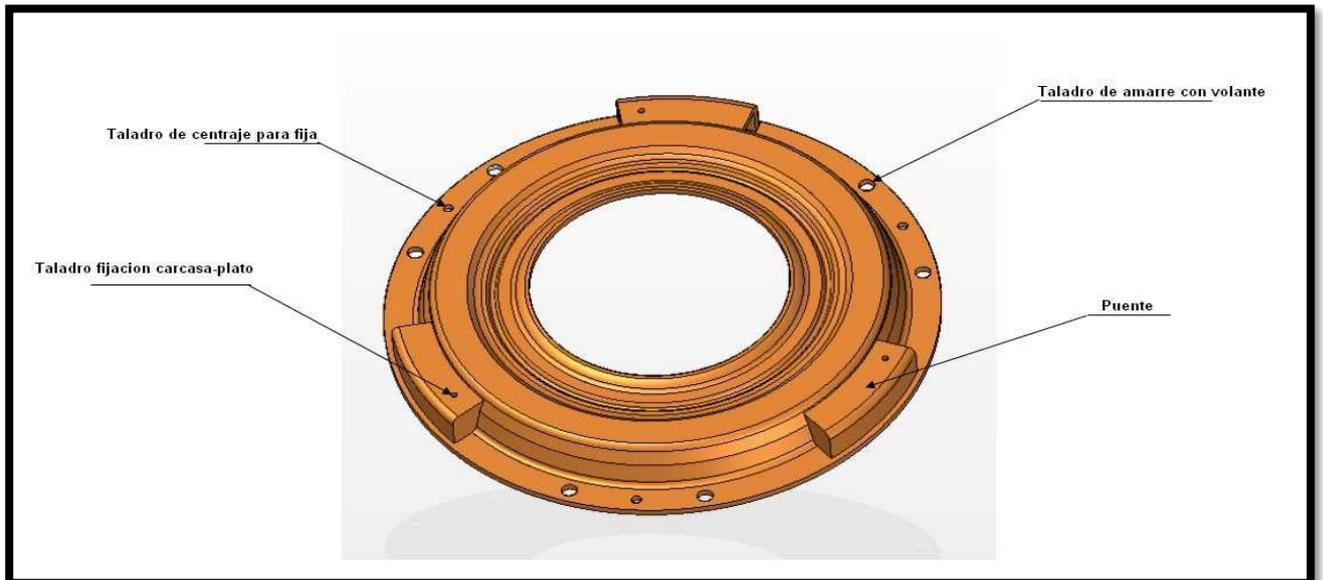
a. Carcasa

La carcasa es la pieza que se encarga de sostener a las piezas restantes del embrague manteniéndolas en la posición correcta para así poder realizar su trabajo. Debe tener una alta resistencia para poder aguantar a las grandes fuerzas a la que está sometida. La carcasa está conectado al volante del motor.

Con respecto a su distribución geométrica tiene tres partes (Ver figura 2.16):

- La superficie de fijación: esta parte se encarga de conectarse con la volante del motor. Mediante seis orificios empernados, también tiene tres guías separadas con un ángulo de 120° para facilitar el armado.
- Puentes: en este punto se fija el plato con la carcasa, son tres zonas separadas a 120° .

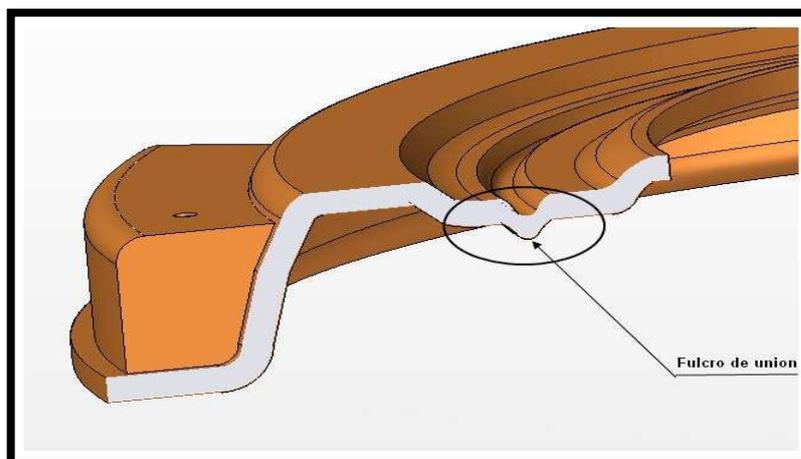
FIGURA 2.16 VISTA CARCASA



FUENTE: SENATI

Fulcro (punto de apoyo) de unión con el diafragma (figura 2.17) que permite el desplazamiento del diafragma para realizar la carrera de desembrague.

**FIGURA 2.17
FULCRO**



FUENTE: SENATI

El material para la fabricación de la carcasa es de chapa de acero para embutición, ya que se fabrica por medio de embutición en máquinas transfer. También es utilizado porque redujo el peso en la carcasa.

Este material se caracteriza por:

- Dureza elevada
- Gran resistencia al desgaste
- Buena tenacidad
- Resistencia elevada contra presión de impacto
- Reducida variación dimensional en el tratamiento térmico.

Los espesores de las chapas de carcasas son generalmente entre 2.5 a 5mm en la gama turismo.

b. Plato de presión

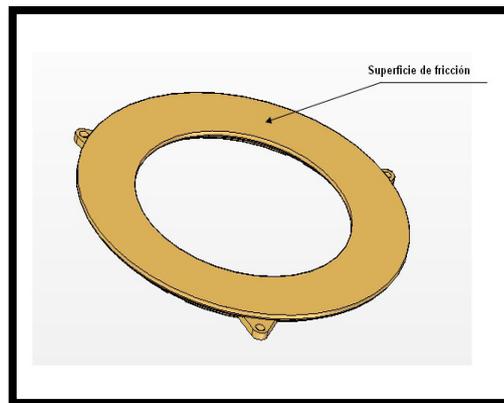
El plato de presión es la pieza que se encarga:

- Aplicar la carga sobre el disco de fricción para transmitir el par del motor gracias a la torsión del diafragma.
- Realizar la fricción precisa sobre los discos.
- Disipar el calor que se produce mediante el trabajo.

Geométricamente el plato tiene tres partes importantes:

- **La cara de fricción** (Ver figura 2.18), donde se impacta con los discos de fricción.

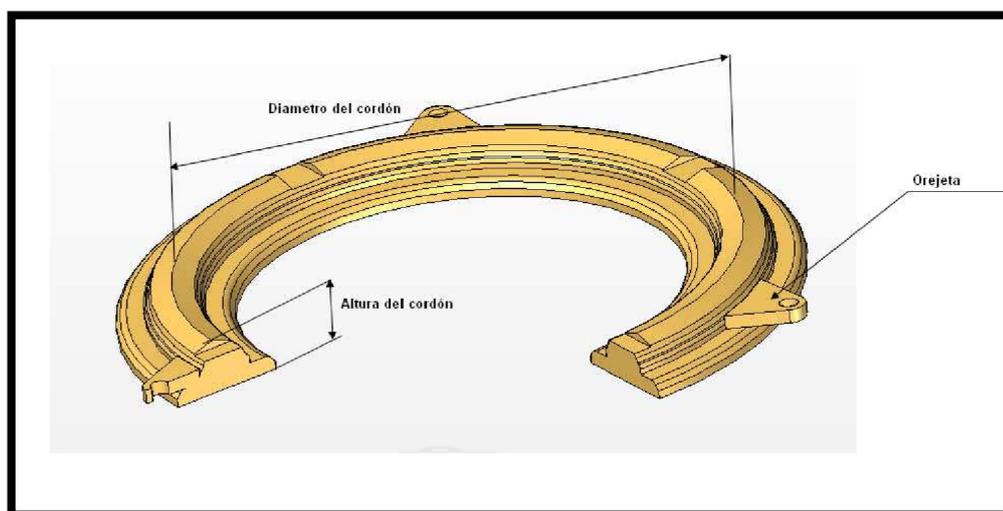
FIGURA 2.18
SUPERFICIE DE FRICCION



FUENTE: SENATI

- **El cordón** (Ver figura 2.19), Se caracteriza por la altura respecto a la cara de fricción (altura del cordón) y por el diámetro de apoyo exterior del diafragma (diámetro del cordón).
- **Las orejetas** (Ver figura 2.19), en este caso son tres separados a 120° , donde se une con la carcasa mediante tirantes.

FIGURA 2.19
PLATO DE PRESION



FUENTE: SENATI

Para que el plato cumpla su función tiene que cumplir con propiedades:

Alta resistencia a la fuerza centrífuga.

Coeficiente de fricción alto y estable, y menor abrasividad para evitar daño prematuro de los discos.

Resistencia a la formación de puntos calientes en la superficie de fricción.

Alto límite elástico, porque si la cara de fricción se deforma perdiendo su planicidad, no se transmitirá el par motor adecuadamente.

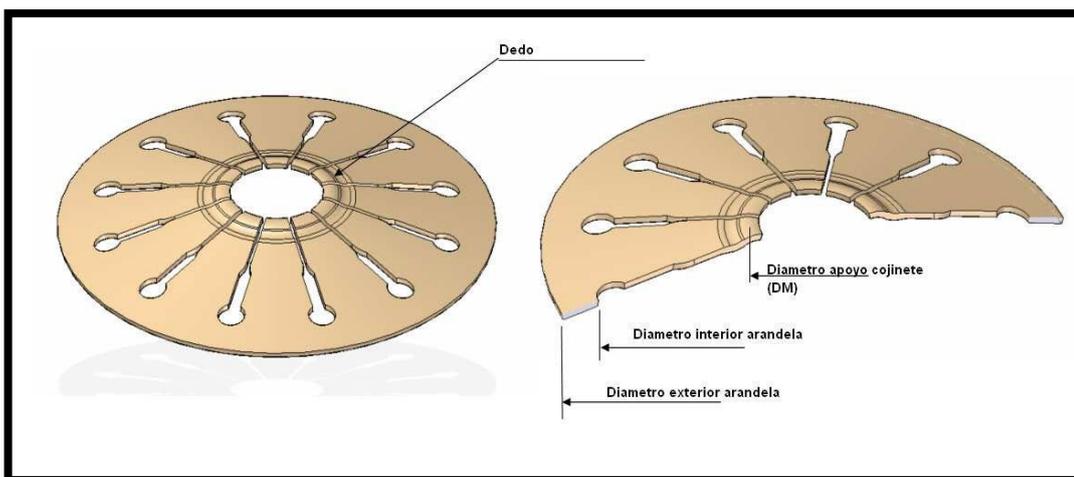
C) Diafragma

El diafragma es una arandela Belleville que se modificó en su interior, con unas extensiones que se llaman dedos en la que trabaja el cojinete. Esta pieza entrega la carga al conjunto y por esto se expone a fatiga prematura.

Geométricamente el diafragma tiene dos partes (figura 2.20):

- La arandela cónica definida por sus diámetro interior y exterior y que se encarga de transmitir la carga hacia el plato.
- Los dedos, que se originan desde el diámetro interior, que su función es transmitir la carga hasta la arandela, quedan definidos por su número, su forma geométrica, longitud, espesor y diámetro de apoyo del cojinete.

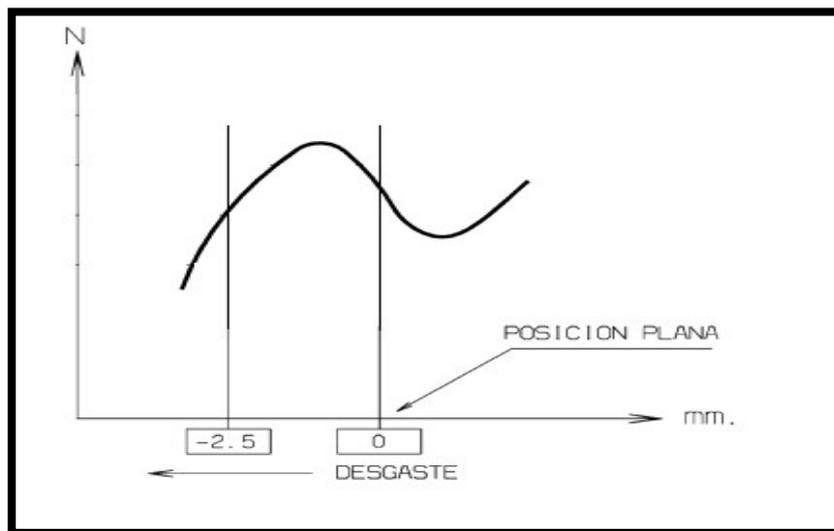
FIGURA 2.20
DIAFRAGMA



FUENTE: SENATI

El trabajo que entrega el diafragma es el trabajo de su arandela cónica (figura 2.21), este trabajo no es lineal es parabólico, por lo tanto, cuando el disco se va utilizando la presión aumenta. Esta propiedad es muy importante ya que se asegura que en la vida útil del embrague el par se transmitirá correctamente.

FIGURA 2.21
CURVA DE CARGA DE UN DIAFRAGMA



FUENTE: SENATI

La forma inicial del diafragma siempre en posición plana, a esta posición se le llama normalmente P0.

Se puede deducir que a mayor flecha mayor es la carga que el diafragma es capaz de resistir.

Con esto nos damos cuenta que la carga del diafragma depende de su diámetro interior y exterior, su espesor y su ángulo, también el material de que está hecho.

El material que se utiliza para la elaboración de diafragma es de acero aleado, el más usado es el 50CV4.

D.1.) Unión carcasa – plato

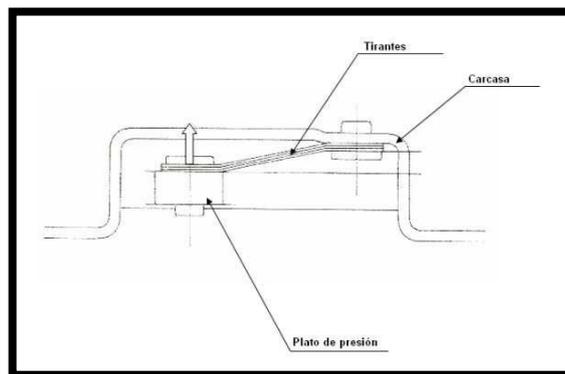
Cuando se aplica fuerza al pedal y este hace mover al collarín para aplicar la carga al diafragma y así liberar interrumpiendo la transmisión. De este trabajo se encarga la unión plato –carcasa (Ver figura 2.22).

Las funciones que deben cumplir estas uniones son las siguientes:

- Desplazar el plato hacia el desembrague sin que se pierda el contacto entre el diafragma y el cordón.
- Permitir la posición correcta del plato de presión respecto al eje del embrague.
- Permitir el desplazamiento del plato hacia el desgaste.

Los tirantes inicialmente se encuentran montados con una determinada flecha, como se ve en la figura 2.22:

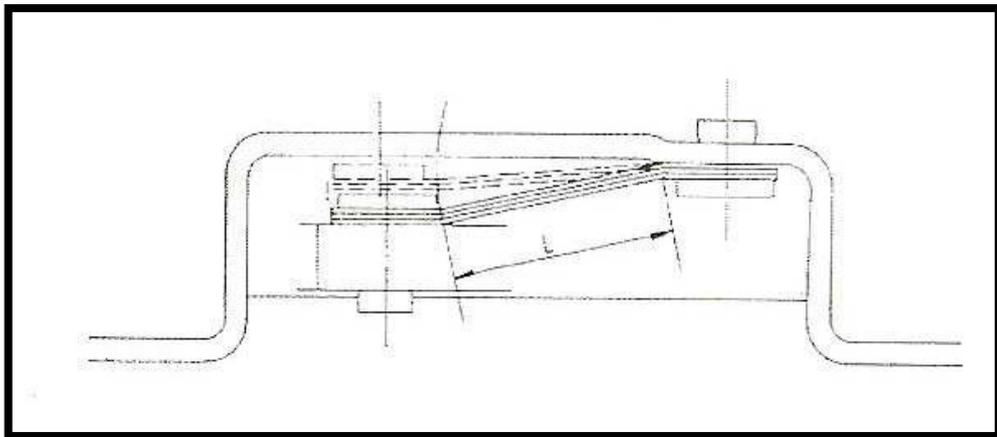
FIGURA 2.22
UNION PLATO - CARCASA



FUENTE: SENATI

El plato se desplaza de forma axial, se mueve al desgaste como hacia el desembrague, tiene que hacer pequeñas rotaciones (figura 2.23), sobre su eje, los tirantes impiden que se estire y así conservara su tamaño.

FIGURA 2.23
ROTACION DE LOS TIRANTES



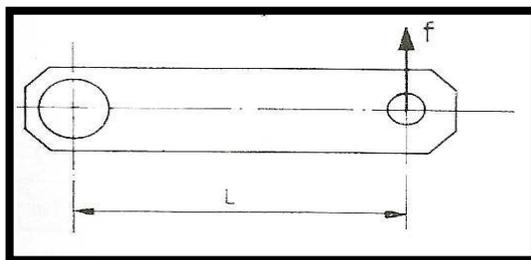
FUENTE: SENATI

Los tirantes (Ver figura 2.24) van con remache en sus extremos a la carcasa y el plato, el remachado debe tener las siguientes características:

- Proporcionar el plato de una posición estable, concéntrica con el embrague.
- Conceder el movimiento helicoidal (rotación) del plato.

En la práctica esto se verifica midiendo el par de remachado de los tirantes, que debe estar en un determinado rango.

FIGURA 2.24
TIRANTE



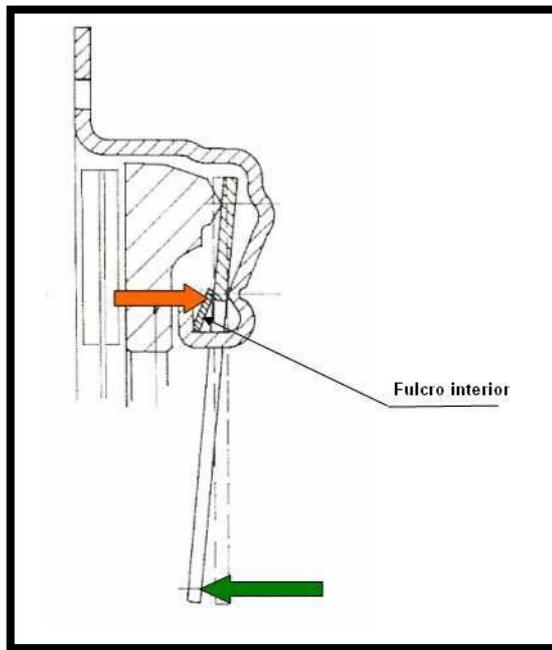
FUENTE: SENATI

D.2.) Unión carcasa – diafragma

El acoplamiento entre la carcasa y el diafragma se hace mediante dos fulcros de reacción, que es el soporte para que el diafragma se mueva, para el trabajo de embrague y desembrague.

En el desembrague (Ver figura 2.25), el cojinete está realizando una presión sobre el diafragma, este bascula respecto al fulcro y libera el plato. El fulcro interior es el que soporta la fuerza y genera el movimiento.

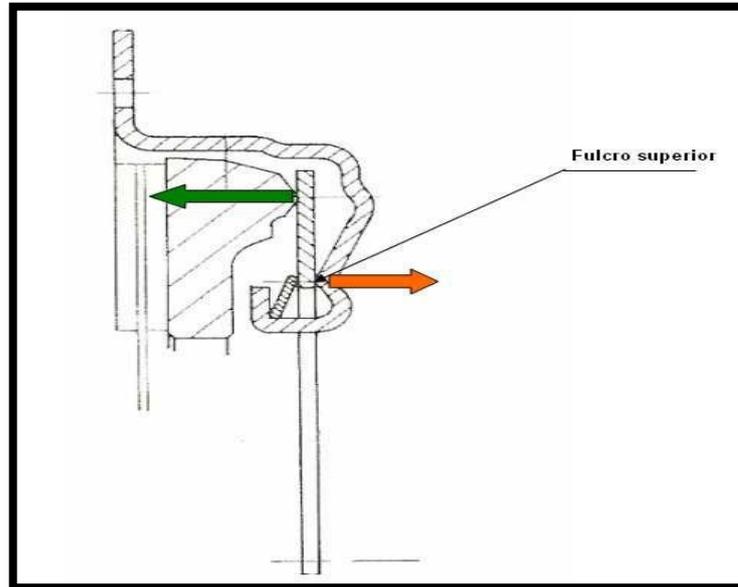
FIGURA 2.25
POSICION DE DESEMBRAGUE



FUENTE: SENATI

Cuando se encuentra embragado (conectado motor con caja) (figura 2.26), el plato se encuentra con carga gracias al diafragma, el fulcro superior es el que articula el movimiento y sirve de apoyo.

FIGURA 2.26
POSICION DE EMBRAGUE



FUENTE: SENATI

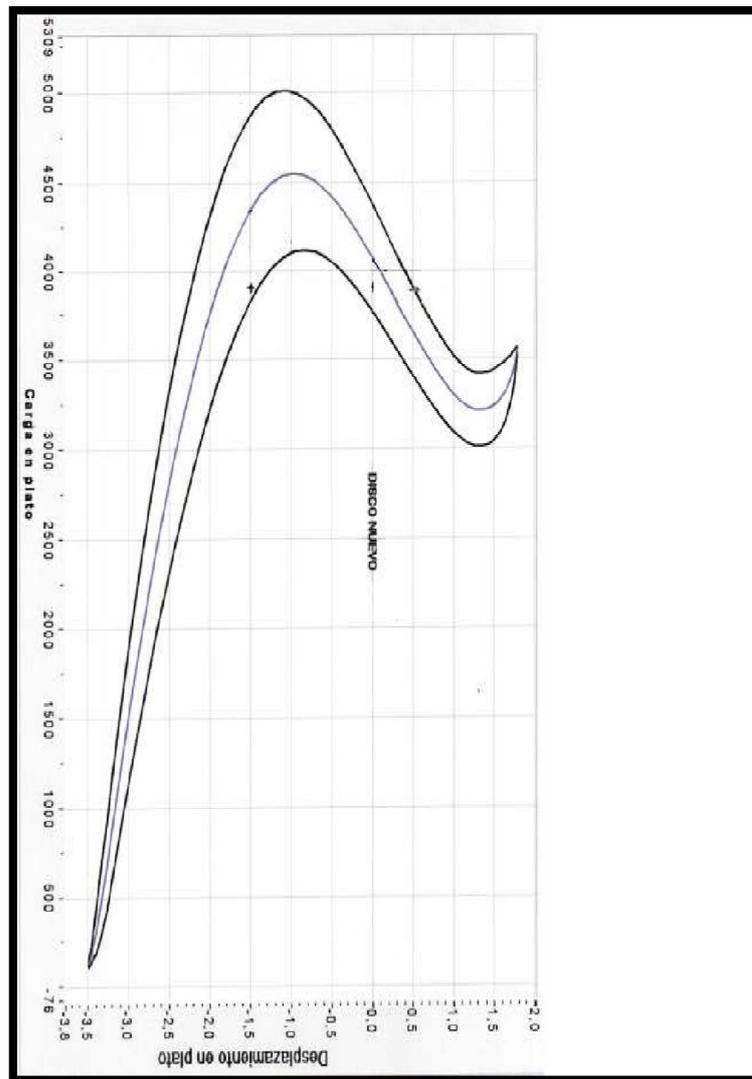
Curvas del conjunto de presión

En este punto se va a determinar las curvas que definen un conjunto de presión. Estas curvas son la curva de carga en plato, la de carga en cojinete y la de levantamiento.

Curva de carga de plato

La curva de carga en plato de un conjunto (figura 2.27) es parecida a la curva del diafragma del conjunto, ya que este es la única pieza en movimiento.

FIGURA 2.27
CURVA DE CARGA DE PLATO



FUENTE: SENATI

La fricción que se produce entre el diafragma y la carcasa es lo que produce la histéresis que se observa en la gráfica.

Curva de carga en cojinete

La curva de carga sobre el cojinete demuestra la carga que se necesita para desembragar en función del recorrido del cojinete.

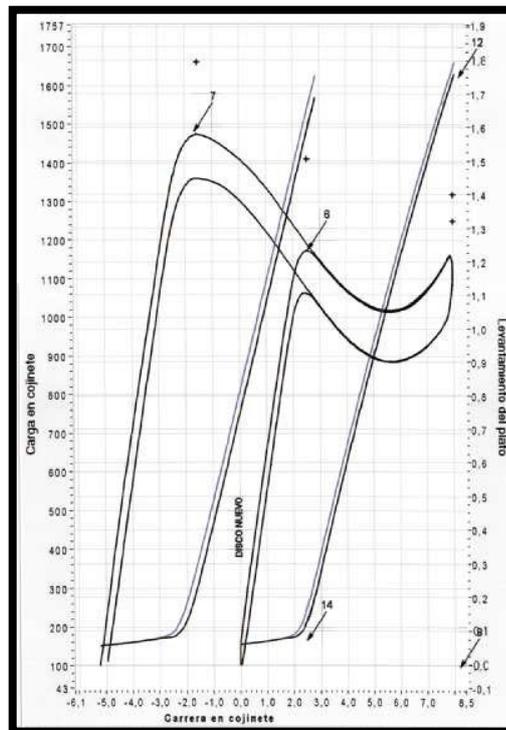
En la curva de carga el cojinete (Ver figura 2.28) figura la posición inicial del plato (embrague a nuevo), y la posición en la que se obtiene el valor máximo de carga de desembrague (embrague a desgaste).

Curva de levantamiento

En este grafico se aprecia el movimiento del plato hacia el desembrague en función del recorrido del cojinete.

Normalmente las curvas de levantamiento y de carga en cojinete se representan en la misma grafica (figura 2.28).

FIGURA 2.28
CURVA DE CARGA EN COJINETE Y DE LEVANTAMIENTO



FUENTE: SENATI

Disco de embrague

El disco de embrague es la pieza que recibe el par del motor por parte del plato presión y la transmite a la caja de transmisión, cuando se produce el embragado. Al entregarse el par motor debe ser gradual para evitar saltos en la conducción y desgaste de piezas del embrague.

Cuando está conectado la caja con la volante del motor mediante el embrague (embragado), el disco de embrague cumple una propiedad muy importante que es la de amortiguar y filtrar las irregularidades del flujo de par que sale del motor. Esta disposición de amortiguar del disco de fricción depende fundamentalmente de su rozamiento y su rigidez torsional.

La demanda de los nuevos modelos automovilísticos, como aumento de hp, espacio reducido en el alojamiento de embrague, reducción de peso de piezas, etc. Tiene como consecuencia mejoramiento de materiales y diseño ya sea de fricción, estabilidad y sin asbesto.

Principales funciones

Las funciones principales del disco de embrague son tres y son las siguientes:

- La amortiguación de las vibraciones torsionales que salen del motor.
- La inflexión del arranque y frenado, realizándolo progresivo y suave.
- La transmisión del par motor.

Esquema del disco de embrague

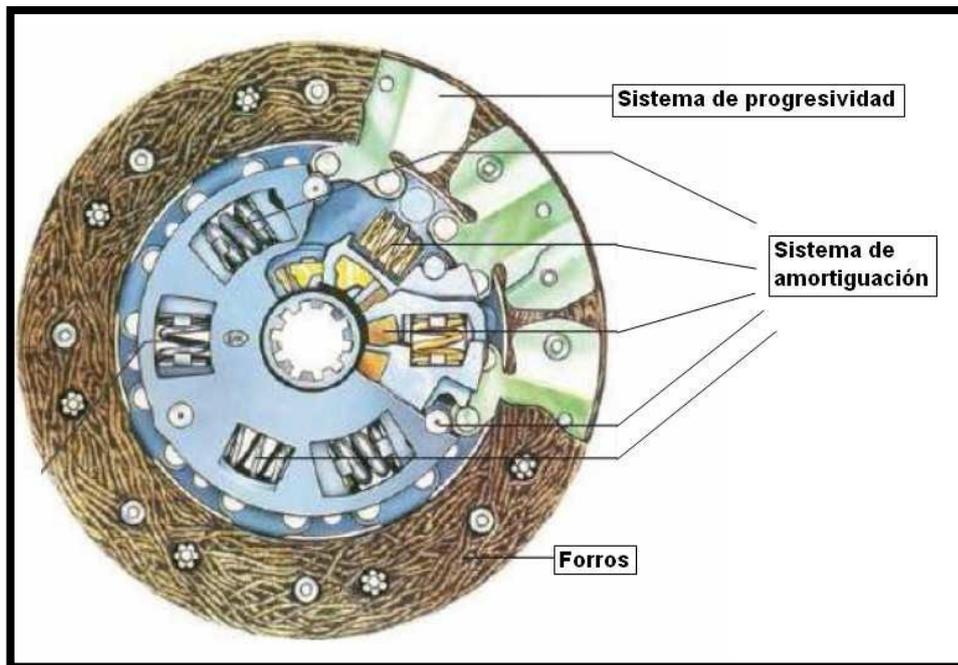
El disco de embrague o de fricción esta armado en este caso por (figura 2.29):

Material de fricción

El sistema de progresividad

El sistema de amortiguación, no todos los discos llevan este sistema, a los que no utilizan se les llama discos rígidos.

FIGURA 2.29
DISCO DE EMBRAGUE



FUENTE: SENATI

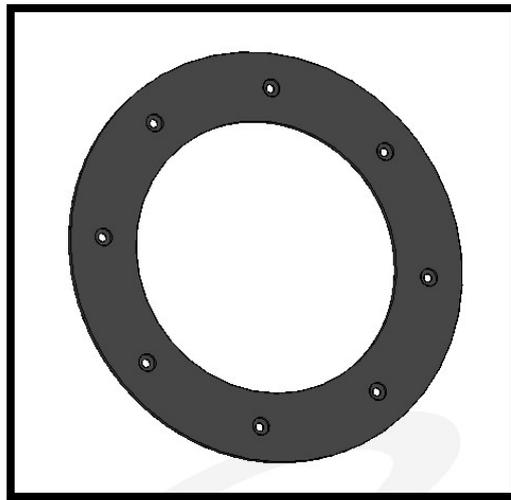
Forro de fricción

El material, forro o funda de fricción según el país (figura 2.30) es una corona circular que se ensambla mediante remaches al sistema de progresividad del disco, precisamente a la chapa de conducción.

El disco tiene dos forros de fricción, uno hacia el volante del motor y el otro hacia el plato presión.

El espesor del forro es lo que determina la progresividad del disco.

FIGURA 2.30
MATERIAL DE FRICCION



FUENTE: SENATI

El material empleado es orgánico, sin asbesto.

Las características que tiene el material son:

- . Coeficiente de rozamiento elevado y estable.
- . Alta resistencia a la temperatura (400°).
- . Resistencia al desgaste
- . Resistencia mecánica, fundamentalmente a la centrifugación.

El sistema de progresividad

El sistema de progresividad (figura 2.31) es el responsable que al momento del arranque sea de forma progresiva y suave. Tiene las siguientes partes:

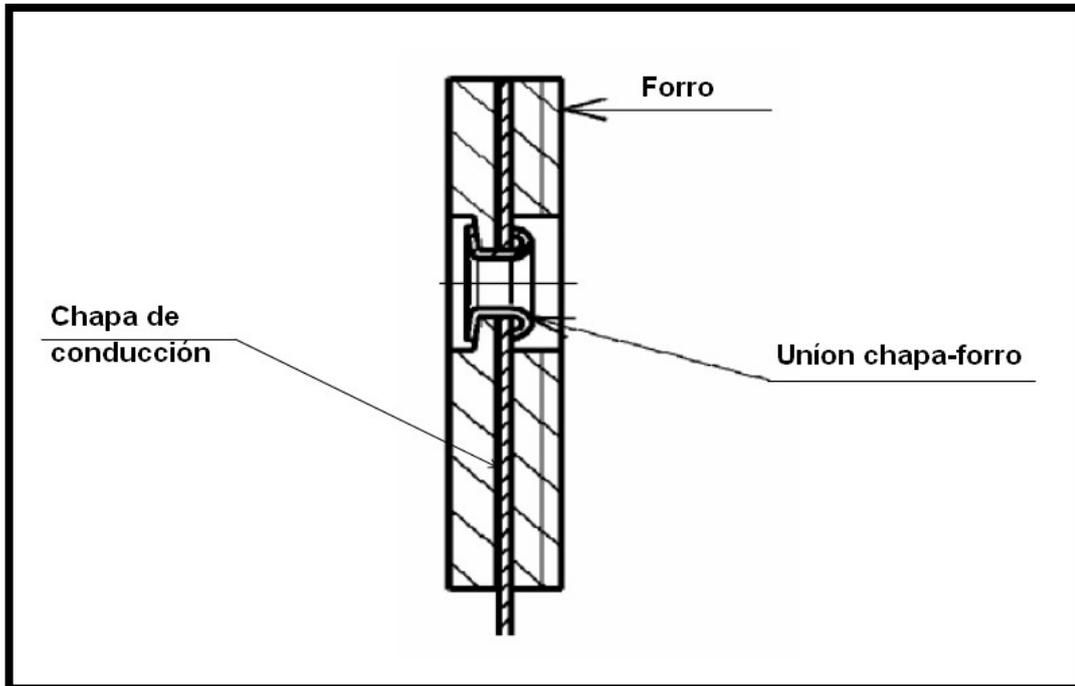
La chapa de conducción

La unión de chapa de conducción – forro.

El disco de fricción cuando está libre tiene un espesor que disminuye al momento de embragar por lo que tiene presión con el plato y la cara del

volante inercial (espesor bajo carga), esta reducción de espesor debe ser elástica y progresiva.

FIGURA 2.31
SISTEMA DE PROGRESIVIDAD



FUENTE: SENATI

La chapa de conducción: esta es la parte que realiza el trabajo de progresividad y elasticidad al sistema con sus ondulaciones. En esta parte van montados los dos forros de fricción.

Tiene dos zonas:

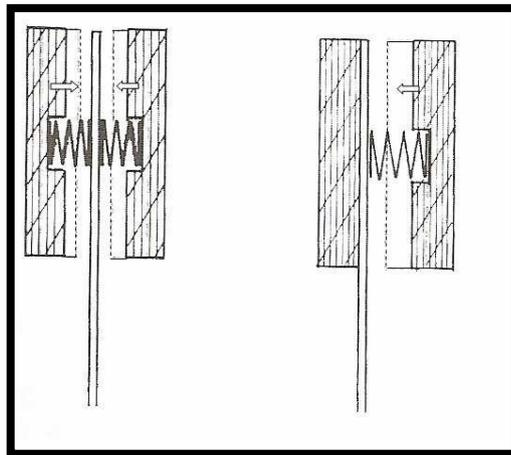
La parte que se une con los forros, que es la parte elástica de la chapa de conducción y que será la que entregue la progresividad del disco. Se conoce como "pala" receptora de par. Estas palas son las que tienen la ondulación para proveer la progresividad y disponen de los orificios para realizar la unión con los forros.

Estas palas pueden presentar una progresividad bidireccional (figura 2.32), denominadas DENTEL, o unidireccionales denominadas tipo DRAPO.

La pala bidireccional, cuando se presiona el disco, se mueven los forros hacia la chapa de conducción.

Mientras si la pala es unidireccional solo el forro del lado del embrague es el que se mueve hacia la chapa. En la figura 2.32 se muestra con mayor detalle esta diferencia.

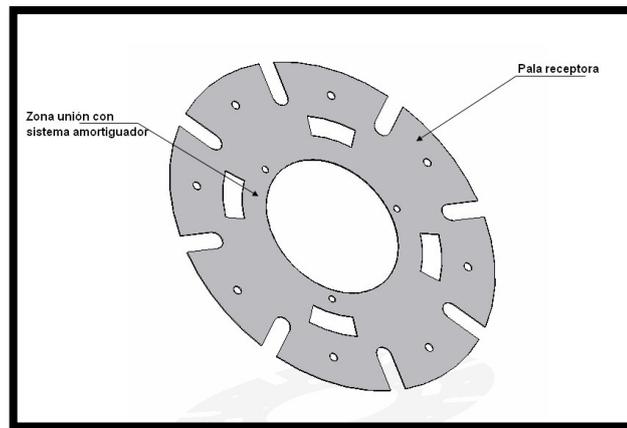
FIGURA 2.32
PROGRESIVIDAD BIDIRECCIONAL-UNIDIRECCIONAL



FUENTE: SENATI

La región de unión con el sistema de amortiguador (figura 2.33) es la región interior y plana. Tiene entradas y aberturas donde se colocan los muelles del sistema amortiguador y también disponen de tres orificios para realizar la unión con este.

FIGURA 2.33
CHAPA DE CONDUCCION

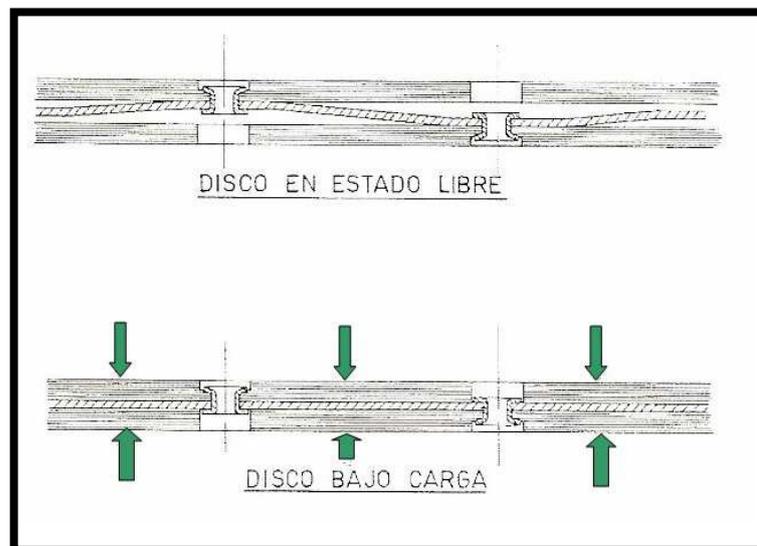


FUENTE: SENATI

La unión chapa de conducción – forros

Comúnmente la unión de chapa de conducción – forros se realiza mediante remaches (figura 34). Esta junta tiene que tener la propiedad de permitir el movimiento axial cuando el disco se encuentra bajo trabajo y mantener los forros en su respectiva posición para transmitir el par exacto.

FIGURA 2.34
UNION CHAPA DE CONDUCCION – FORRO



FUENTE: SENATI

Sistema de amortiguación

El disco de fricción tiene dos diseños que son aptos para realizar la amortiguación de las vibraciones torsionales que genera el motor. Estos son:

Sistema elástico torsional, cuyas particularidades deben ser la rigidez torsional (N/grado), giro total y par máximo.

Sistema de histéresis torsional, que depende del pare de roce interno (N.m).

El sistema de amortiguación de un disco mezcla estos dos sistemas.

Sistema elástico torsional

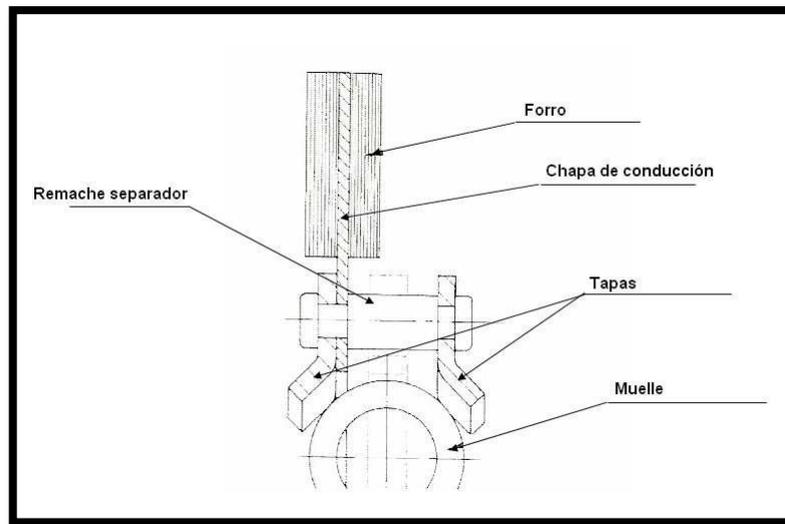
Tiene dos partes, la parte conducida y la parte conductora. La parte conducida es tirada mediante los muelles del amortiguador que están colocados entre ambos sistemas.

La salida de par se transmite desde los forros hacia la chapa de conducción y a través de la chapa pasa hacia la región conducida por los muelles.

PARTE CONDUCTORA

Este grupo está organizado por los forros, la chapa de conducción y por las tapas. Estas tapas están unidas a la chapa de conducción mediante remaches separadores (figura 2.35).

FIGURA 2.35
PARTE CONDUCTORA



FUENTE: SENATI

Las tapas presentan por una parte perforaciones para realizar la unión del remache con la chapa de conducción, normalmente tres, y también tiene unas aberturas en la que se colocan los muelles.

Los resortes quedan colocados en las aberturas tanto axial (fijación lateral), como radialmente (fuerzas centrífugas). Estas tapas son fabricadas por embutición de chapa de acero.

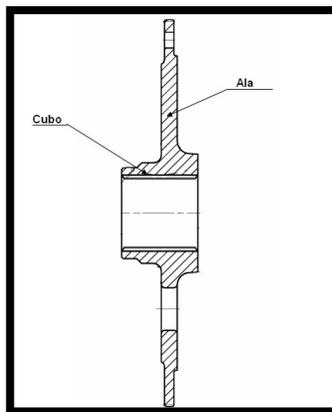
Los muelles acoplan de una forma elástica la parte conducida y conductora del disco. Su rigidez, la cantidad que estén activos y el radio en el que encuentren determinaran firmeza del sistema de amortiguador.

PARTE CONDUcida

Está formado por el ala y el cubo (figura 2.36). El ala es una parte plana de acero que tiene abertura donde se coloca los muelles y unos resortes llamados uñetas para los remaches separadores.

Dependiendo de la geometría y la separación de las aberturas se tienen diferentes curvas de amortiguación, de esta manera los muelles pueden trabajar individual o grupal. Cada nuevo grupo de muelles activo genera en la gráfica un nuevo escalón.

FIGURA 2.36
SUBCOBJUNTO ALA-CUBO



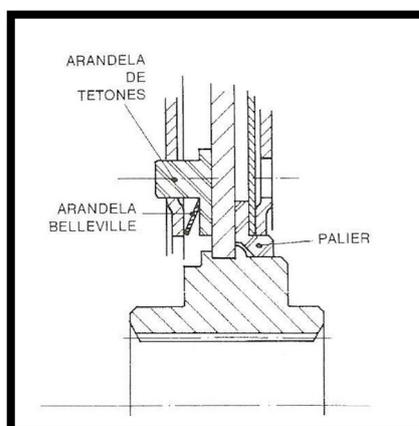
FUENTE: SENATI

B) Sistema de histéresis

La histéresis en este caso, es el rozamiento que se produce entre la parte conducida y la conductora, este rozamiento está controlado y es el que determina la histéresis final del disco.

El sistema de histéresis que usualmente se utiliza, tiene un elemento de carga (arandela Belleville) y una pieza de roce (figura 2.37). A partir del trabajo y del material de fricción interpuesto se consigue el valor de la histéresis.

FIGURA 2.37
SISTEMA DE HISTERESIS



FUENTE: SENATI

Discos pre amortiguados

Para suavizar las vibraciones que genera el motor en funcionamiento, vibraciones de alta frecuencia y amplitud, se coloca el amortiguador principal del disco.

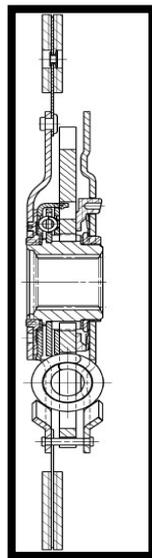
Está en la razón por la que se diseñó los discos preamortiguados, en el que al sistema que ya se explicó se le agrega uno más que filtra estas vibraciones del motor a bajas rpm.

En un disco preamortiguado (figura 2.38) el ala en un solo cuerpo al cubo, sino que tiene un dentado en su diámetro interior, que engrana con un dentado del diámetro exterior del cubo. Ambos están contruidos para girar juntos, que afectara al giro del preamortiguador, este giro se detiene por el contacto del extremo de dicho dentado y comienza a actuar en ese momento el amortiguador principal.

Se inserta entre el cubo y ala los resortes que en esta oportunidad dará la rigidez torsional del preamortiguador.

Esta estructura queda completa al poseer sistema de histéresis.

FIGURA 2.38
DISCO PREAMORTIGUADO



FUENTE: SENATI

Curvas del disco de embrague

Son dos curvas básicas del disco de embrague la curva de progresividad y la curva de amortiguación.

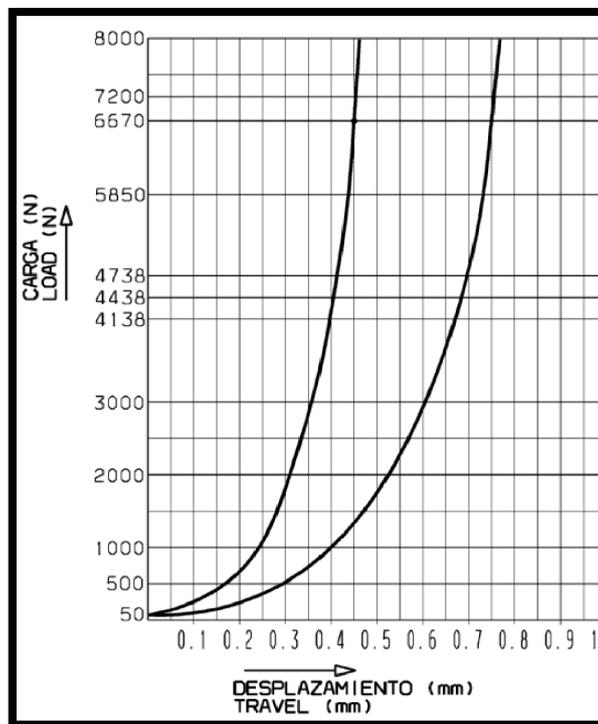
Curva de progresividad

La curva de progresividad (figura 2.39) simboliza el cambio de trabajo necesario para presionar el disco en función del cambio del espesor de este.

Un número importante en esta curva es la liberación del disco, que dice el valor que necesita el disco para pasar de disco en espesor bajo carga a la posición de disco liberado.

La fuerza mínima que se necesita para presionar el plato siempre tiene que ser mayor a la de liberar el disco así se podrá interrumpir la transmisión de par del motor.

FIGURA 2.39
CURVA DE PROGRESIVIDAD



FUENTE: SENATI

Curva de amortiguación

En la gráfica de amortiguación (figura 2.40) se observa el cambio del par transmitido en función del ángulo girado por el amortiguador.

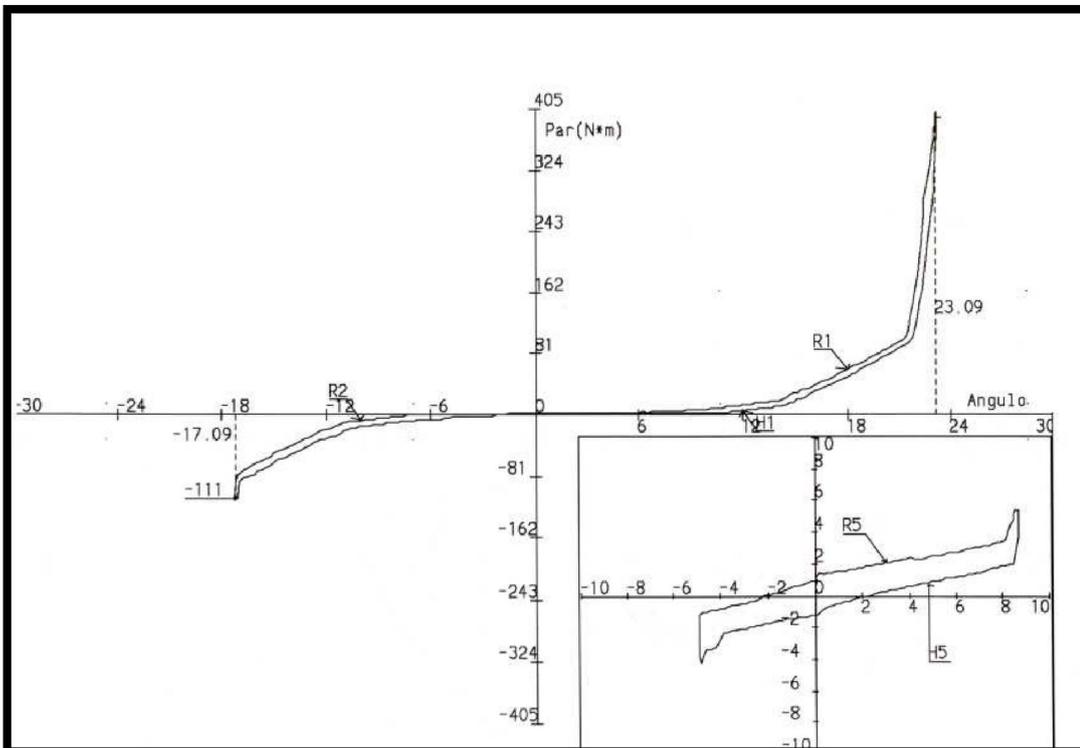
Se tienen en cuenta dos sentidos de amortiguación:

- Directo con pares positivos, cuando el motor impulsa el avance del vehículo
- Retro con pares negativos, cuando el motor retiene el avance del vehículo.

La doble línea que se ve en la figura 2.40 señala la amortiguación de un ciclo completo.

La diferencia entre el para a la ida y a la vuelta para un determinado valor angular, es lo que proporciona el valor de la histéresis.

FIGURA 2.40
CURVA DE AMORTIGUACION (INCLUIDO PREAMORTIGUADOR)



FUENTE: SENATI

El cojinete de embrague

Es la tercera pieza que forma parte del embrague mecánico. Es el que manda la carga al diafragma para poder embragar y desembragar.

La acción del mando debe ser una fuerza deslizante coaxial con el eje de embrague y con un desplazamiento definido para producir el desembrague, esta fuerza debe ser sometida por el cojinete sobre una pieza en movimiento, por esta razón el cojinete debe solucionar esta doble función.

El primer cojinete fue el de fricción, con el pasar de los años evoluciono cambiando a cojinete de rodamiento.

El cojinete actual

Este tiene las siguientes propiedades:

- a) Montar un rodamiento radial en el que gira la pista anterior.
- b) Es auto-centrante
- c) Incorpora el uso de materiales plásticos especiales.

La camisa esta echa de plástico reforzado y el rodamiento va sujeto a la camisa por medio de una arandela elástica especial, llamada arandela de patas.

Del trabajo de esta arandela en su posición depende la fuerza radial que hay que entregar para mover el rodamiento para un auto centrado.

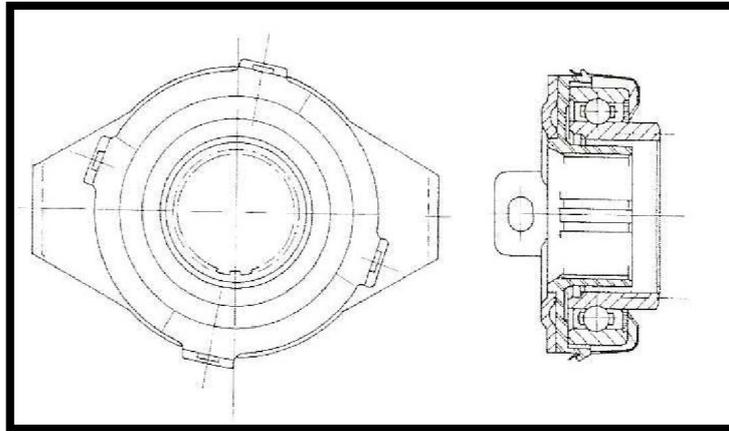
El límite de este movimiento se da por el diámetro exterior del rodamiento y el diámetro de alojamiento de la camisa.

La horquilla tiene una placa de refuerzo, habiendo dos tipos de cojinetes de horquillas de anchos diferentes:

- Cojinete para horquillas de gran ancho (figura 2.41). Esta placa se encuentra reforzada para poder soportar el momento flector que ocasiona al arremeter la horquilla sobre una dimensión superior a

la de la pista exterior del rodamiento. Las orejetas en este modelo son las que se amarran lateralmente a la horquilla.

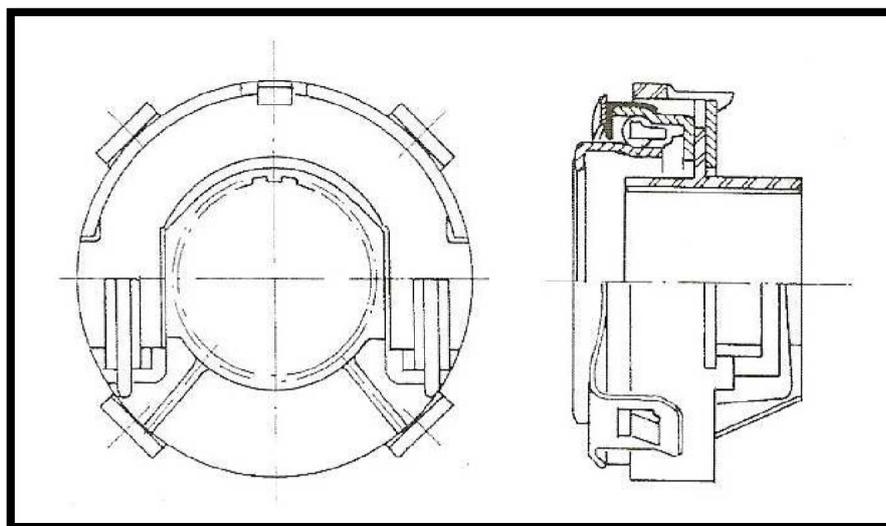
FIGURA 2.41
COJINETE PARA HORQUILLA DE GRAN ANCHO



FUENTE: SENATI

Cojinetes para horquillas de ancho pequeño (figura 2.42). La fuerza de la horquilla presiona sobre la pista exterior del rodamiento, no ocasionando momento flector. La placa de apoyo es plana y de bajo espesor. En este modelo es la camisa la que se une por los lados a la horquilla.

FIGURA 2.42
COJINETE PARA HORQUILLA DE ANCHO PEQUEÑO

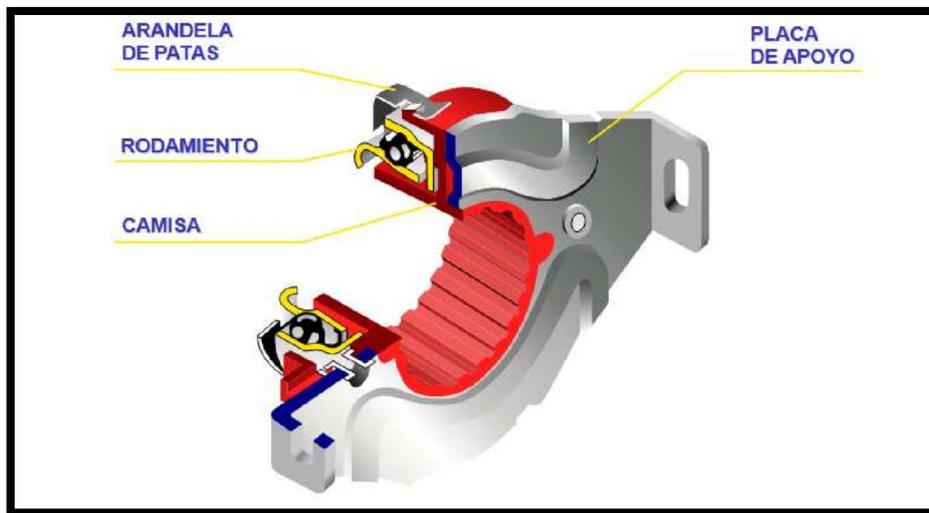


FUENTE: SENATI

Las partes del cojinete de embrague son (figura 2.43):

1. El rodamiento
2. La camisa
3. La arandela de patas
4. La placa de apoyo

FIGURA 2.43
PARTES DE UN COJINETE DE EMBRAGUE



FUENTE: SENATI

1. El rodamiento

Es de tipo radial. Su engrase es de por vida y su obturación es del tipo RS-Z.

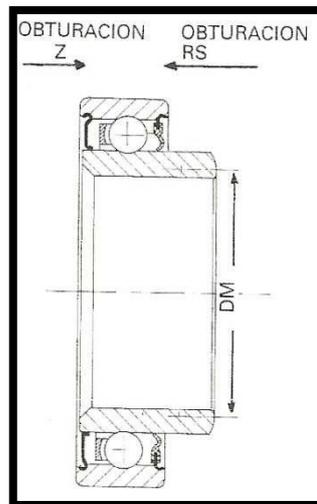
La obturación tipo RS (figura 2.44) va en el extremo del rodamiento situado en el lado del embrague. Esta obturación se realiza mediante una junta de material sintético que va montada en la pista exterior del rodamiento y cuyo labio roza sobre la pista interior.

La obturación tipo Z (figura 44) va en el otro extremo. Es una obturación (obstrucción) del tipo de intersticio (espacioso) sin roce y se realiza mediante un deflector de chapa de acero fijado sobre la pista exterior.

La temperatura que se llega a alcanzar en el embrague al punto del rodamiento es de 90°. La grasa que se utiliza debe trabajar a esta temperatura.

La duración del rodamiento debe ser superior a 10 a las seis operaciones de embrague/desembrague.

FIGURA 2.44
RODAMIENTO



FUENTE: SENATI

2. La camisa

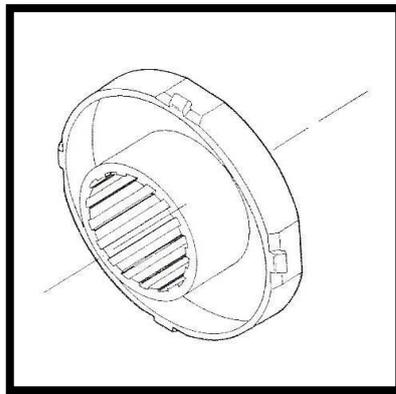
Es la parte donde se aloja el rodamiento, su diámetro interior desliza sobre la trompeta al desembragar (figura 2.45).

Con los materiales plásticos comparado con los metales, estos tienen un bajo coeficiente de rozamiento, también se redujo el peso en 80% con relación a las camisas metálicas.

El material que se utiliza es poliamida cargado con fibra de vidrio y de un material auto lubricante.

De esta configuración se consigue un material muy rígido y resistente a la temperatura de trabajo con muy pequeña fricción.

FIGURA 2.45
CAMISA



FUENTE: SENATI

3. La arandela de patas

La arandela de patas su trabajo es sostener el rodamiento a la camisa con una fuerza exacta, para que el autocentrado se produzca bajo una carga axial precisa.

Es una arandela elástica ondulada con cuatro bucles (figura 2.46). En su diámetro exterior existen cuatro prolongaciones, patas, que se utilizan para ajustar la camisa.

El material de esta pieza es de acero para muelles, con los correspondientes tratamientos térmicos (BUDYNAS Richard G., 2012).

FIGURA 2.46
ARANDELA DE PATAS

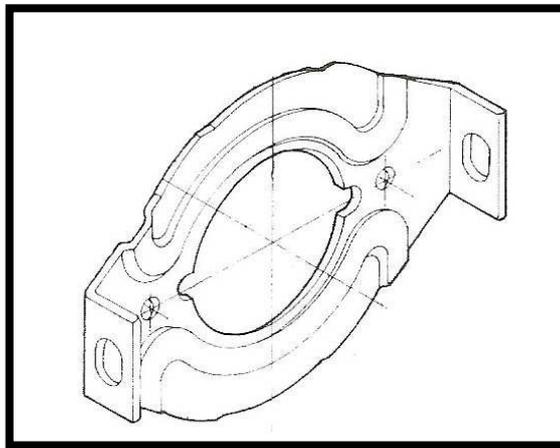


FUENTE: SENATI

4. La placa de apoyo

La placa de apoyo recibe directamente el contacto de la horquilla y lo traslada al resto del cojinete. Geométricamente es significativo precisare la medida entre las orejetas, que debe confirmar el ajuste de la horquilla (figura 2.47). Este acople confirma que el cojinete no gire. El material utilizado para estas placas es el acero con los tratamientos térmicos adecuados.

FIGURA 2.47
LA PLACA DE APOYO



FUENTE: SENATI

METODO PARA DISEÑO DEL EMBRAGUE

Dimensionado por la energía disipada

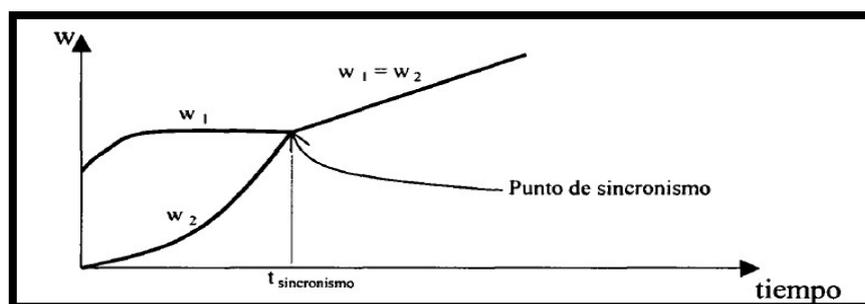
El trabajo del embrague es disipar la energía que realiza al momento del impacto del reembrague y en el arranque. El tamaño del forro tiene que ser el adecuado para desaparecer esa energía.

El motor cede una energía al embrague para que este la distribuya a su vez al primario de la caja de cambios, pero se produce una pérdida (en forma de calor), que el embrague debe ser capaz de disipar. (CAMARENA Lillo, 2011)

El motivo por el que se produce esta pérdida de energía es que en el momento en el que se realiza el cambio de marcha, el motor y la caja están girando a diferentes velocidades, lo que provoca un cierto deslizamiento entre la parte conductora del embrague (volante de inercia y plato) y la parte conducida (disco de embrague). (CAMARENA Lillo, 2011)

En la figura 2.48 se observan las velocidades angulares tanto del cigüeñal (w_1) como del primario (w_2), en función del tiempo, durante la operación de embrague. (CAMARENA Lillo, 2011)

FIGURA 2.48
REPRESENTACIÓN PUNTO DE SINCRONISMO DEL EMBRAGUE.



FUENTE: (CAMARENA Lillo, 2011)

De esta forma, se debe verificar que el embrague sea capaz de evacuar esta energía en las condiciones más críticas, estas son la arrancada y el cambio de marcha en un tramo con gran desnivel. (CAMARENA Lillo, 2011)

Energía en el arranque

La energía que cede el motor es igual a la energía que se transforma en calor, que absorbe el embrague, más la energía que llega al primario de la caja de cambios (Figura 2.49). (CAMARENA Lillo, 2011)

FIGURA 2.49
TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA DEL MOTOR



FUENTE: (CAMARENA Lillo, 2011)

Se debe determinar cuál es la energía que el embrague disipa, para poder dimensionar los forros convenientemente. (CAMARENA Lillo, 2011)

En primer lugar se debe determinar el giro del motor, que se define como el tiempo de sincronismo por la velocidad angular inicial del motor (se supone constante): (CAMARENA Lillo, 2011)

$$\theta_1 = w_1 \cdot t_{sinc} \dots \dots \dots (2.1)$$

Donde:

- w_1 es la velocidad angular del cigüeñal.
- t_{sinc} es el tiempo de sincronismo.

La energía cedida por el motor es igual al producto del par motor por el giro de este:

$$E_1 = \int_0^{\theta_1} Cm. d\theta = Cm. \theta_1 = Cm. w_1 \cdot t_{sinc} \dots \dots \dots (2.2)$$

Donde:

- C_m es el par motor del vehículo.

La energía que es absorbida por el primario es igual al par que recibe el primario (C_m) por el giro del primario. El movimiento del primario de la caja de cambios se supone uniformemente acelerado, cuya aceleración angular (α_2) es: (CAMARENA Lillo, 2011)

$$\alpha_2 = \omega_1 / t_{sinc}$$

La energía que es absorbida por el primario es:

$$E_2 = \int_0^{\theta_1} C_m \cdot d\theta = C_m \cdot \theta_2 = C_m \cdot \frac{1}{2} \alpha_2 \cdot t_{sinc}^2 = \frac{1}{2} C_m \cdot t_{sinc} \cdot \omega_1 \dots \dots \dots (2.3)$$

Para obtener la energía absorbida por el embrague solo hay que restar las ecuaciones 2.2 y 2.3:

$$E_E = \frac{1}{2} C_m \cdot t_{sinc} \cdot \omega_1 \dots \dots \dots (2.4)$$

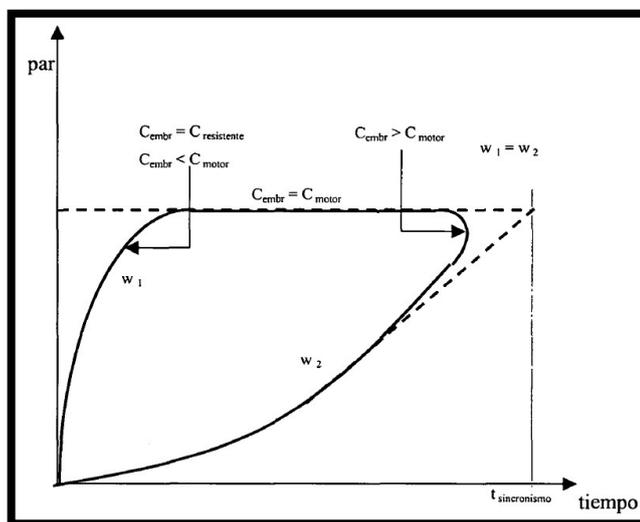
Es necesario realizar el cálculo del tiempo de sincronismo para poder obtener los valores de la energía del embrague. (CAMARENA Lillo, 2011)

Cálculo del tiempo de sincronismo

Para realizar el cálculo del tiempo de sincronismo hay que aplicar las ecuaciones de dinámica rotacional tanto al motor como al primario.

Se comienza por el motor. Inicialmente este está sometido a un par constante (C_m), cuando comienza la transmisión de par, se produce una variación del par hasta alcanzar un determinado valor C en t_{sinc} que implica una deceleración del motor (Figura 2.50). Se puede realizar la hipótesis de que la velocidad del motor (ω_1) es constante. (CAMARENA Lillo, 2011)

Figura 2.50
Evolución del par hasta el punto de sincronismo



FUENTE: (CAMARENA Lillo, 2011)

Aplicando la hipótesis de que la velocidad del motor w_1 es constante se obtiene que el par en el momento del tiempo de sincronismo es igual al par motor:

$$\alpha_1 = \frac{dw}{dt} = \frac{Cm - C}{I_1} = 0 \Rightarrow Cm = C$$

Donde:

- C es el valor del par en t_{sinc} .
- I_1 es la inercia del motor.

En el caso del primario, este se encuentra sometido a un par resistente C_r de valor constante, pero cuando comienza la transmisión de par se produce una variación hasta alcanzar uno igual a C en t_{sinc} que implica que el cuerpo se acelera con una aceleración angular: (CAMARENA Lillo, 2011)

$$\alpha_2 = \frac{dw}{dt} = \frac{C-C_r}{I_2} \Rightarrow dw = \frac{C-C_r}{I_2} \cdot dt \Rightarrow \int_0^{t_{sinc}} dw = \int_0^{t_{sinc}} \frac{C-C_r}{I_2} \cdot dt$$

Donde:

- I_2 es la inercia del primario

De esta forma se obtiene:

$$w_{2, final} - w_{2, inicial} = \int_0^{t_{sinc}} \frac{C-C_r}{I_2} \cdot dt \dots\dots\dots(2.5)$$

Conociendo que la velocidad final del primario es igual a la velocidad del motor:

$$w_{2, final} = w_1$$

Haciendo uso de la expresión anterior, se integra la ecuación 9 para el periodo del tiempo de sincronismo:

$$w_1 - w_2 = \int_0^{t_{sinc}} \frac{C-C_r}{I_2} \cdot dt = \frac{C-C_r}{I_2} \cdot t_{sinc} \dots\dots\dots(2.6)$$

Siendo:

- C_r el par resistente

Si se particulariza esta expresión para el caso de las arrancadas ($w_2=0$) y se añade un factor n debido a las posibles pérdidas:

$$t_{sinc} = \frac{I_2}{n \cdot C_m - C_r} \cdot w_1$$

Al introducir este valor en la fórmula de la energía (ecuación 8) se obtiene:

$$E_E = \frac{1}{2} C_m \cdot \frac{I_2}{n \cdot C_m - C_r} \cdot \omega_1^2 \dots\dots\dots (2.7)$$

Donde:

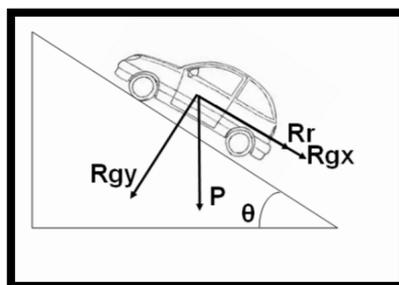
- C_m es el par motor.
- n es el rendimiento de la transmisión.
- ω_1 es la velocidad angular del motor.
- C_r es el par resistente del vehículo.
- I_2 es la inercia del primario.

Tanto el par resistente como la inercia son parámetros desconocidos hasta el momento, por lo que para obtener la expresión completa de la energía de embrague se hace necesario su cálculo. (CAMARENA Lillo, 2011)

Par resistente

Las resistencias al avance de un vehículo son tres, la resistencia aerodinámica, la resistencia a la rodadura y la resistencia gravitatoria, se supone que el vehículo se encuentra en marcha y por tanto no se tiene en cuenta la primera de ellas: (CAMARENA Lillo, 2011)

Figura 2.51 Resistencias al avance de un vehículo.



FUENTE: (CAMARENA Lillo, 2011)

La resistencia gravitatoria (R_g) y la resistencia a la rodadura (R_r) se definen como:

$$R_g = P \cdot \text{sen}\theta$$

$$R_r = P \cdot f_r \cdot \text{cos}\theta$$

siendo:

- R_g la resistencia gravitatoria.
- R_r la resistencia a la rodadura.
- f_r el coeficiente de rodadura.
- P el peso del vehículo.
- θ la pendiente de la calzada sobre la que se desplaza el vehículo.

Aplicando la ecuación de Newton y despejando se obtiene:

$$\sum F = F_{TRACTORAS} - F_{RESISTENTES}$$

$$Cr = P \cdot \frac{r_c}{\xi_1} (f_r \cdot \text{cos}\theta + \text{sen}\theta)$$

Donde:

- r_c es el radio bajo carga del neumático.
- ξ_1 es la relación de transmisión total en primera velocidad. (CAMARENA Lillo, 2011)

Inercia del primario

El momento de inercia del vehículo respecto al eje tractor es igual a la masa del vehículo por el radio del vehículo bajo carga; pero para calcular este momento de inercia respecto al eje primario hay que hacer ciertas modificaciones. (CAMARENA Lillo, 2011)

Si el vehículo de masa M tiene una velocidad v y una velocidad angular en el eje del primario w_2 , si se aplica el principio de conservación de la energía tanto al vehículo como al primario se obtiene: (CAMARENA Lillo, 2011)

$$E_{cin. Coche} = \frac{1}{2} \cdot M \cdot v^2 \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

$$E_{cin.primario} = \frac{1}{2} \cdot I_2 \cdot w_2^2 \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

Donde:

- $E_{cin.coche}$ es la energía cinética del vehículo
- M es la masa del vehículo.
- v es la velocidad lineal del vehículo
- $E_{cin.primario}$ es la energía cinética del eje primario.
- W_2 es la velocidad angular del eje primario.

Igualando las ecuaciones 2.8 y 2.9 se obtiene:

$$\frac{1}{2} \cdot M \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot I_2 \cdot w_2^2$$

Despejando I_2 :

$$I_2 = M \cdot \frac{r_c^2}{\xi}$$

Introduciendo el valor de I_2 en la ecuación 2.7 se obtiene la fórmula definitiva de la energía en la arrancada: (CAMARENA Lillo, 2011)

$$E_e = \frac{Cm \cdot w_1^2 \cdot M \cdot \left(\frac{r_c}{E_1}\right)^2}{2 (Cm \cdot n - Mg(\text{fr} \cdot \cos \theta + \text{sen } \theta) \frac{r_c}{E_1})} \dots\dots\dots (2.10)$$

Energía en el re-embrague

Para realizar el cálculo en el re-embrague se parte de la fórmula de la energía de embrague y se re-calcula el tiempo de sincronismo para estas condiciones: (CAMARENA Lillo, 2011)

$$E_E = \frac{1}{2} Cm \cdot t_{\text{sin } c} \cdot w_1$$

Para calcular el tiempo de sincronismo, hay que tener en cuenta que la velocidad del primario (w_2) en este caso ya no es cero. (CAMARENA Lillo, 2011)

$$w_1 - w_2 = \int_0^{t_{\text{sync}}} \frac{C - C_r}{I_2} \cdot dt = \frac{C - C_r}{I_2} \cdot t_{\text{sync}}$$

Para el caso de cambio entre primera y segunda velocidad, se puede obtener una relación entre ambas en función de las relaciones de transmisión: (CAMARENA Lillo, 2011)

$$w_2 = w_1 \cdot \frac{\xi_2}{\xi_1}$$

Donde:

- ξ_1 es la relación de transmisión total en primera velocidad.
- ξ_2 es la relación de transmisión total en segunda velocidad.

De esta forma el tiempo de sincronismo es:

$$t_{\text{sin cr}} = \frac{(1 - \frac{\xi_2}{\xi_1})}{\frac{n \cdot Cm - Cr}{i_2}} \cdot W_1$$

Y finalmente sustituyendo todos los valores en la fórmula de la energía: (CAMARENA Lillo, 2011)

$$E_{re} = \frac{Cm \cdot w_1^2 \cdot M \cdot (\frac{r \cdot c}{E_2})^2 \cdot (1 - \frac{E_2}{E_1})}{2 (Cm \cdot n - Mg(\text{fr} \cdot \cos \theta + \text{sen } \theta) \frac{r \cdot c}{E_2})} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimensionado por duración

Hasta el momento se ha realizado un cálculo del embrague por transmisión de par y por transferencia de energía. Con estos dos análisis no se garantiza que la pieza pueda trabajar correctamente a lo largo de su vida útil. Lo que se ha hecho hasta el momento es el cálculo de las fórmulas que va asegurar su correcto funcionamiento en fases puntuales del manejo. Por el contrario, con el paso del tiempo y el manejo las piezas del embrague se irán desgastando perdiendo eficiencia. Por esto hay que realizar un diseño con el que se pueda saber su vida útil.

En el apartado anterior se ha visto que asociado a la acción de embragar existe una energía debida a la fricción que es absorbida en parte por los forros de fricción. Esta energía, que depende de la masa del vehículo, de las características de la calzada y de la forma y materiales de los forros, del plato de presión y del volante de inercia, puede ser calculada fácilmente conocido el tipo de actuación (arrancada o reembrague). (CAMARENA Lillo, 2011)

Debido a esta energía se produce un aumento de temperatura y un desgaste por abrasión en los puntos de fricción, sobre todo en las caras de los forros.

Lo que se desea realizar con el cálculo de durabilidad es saber la vida del embrague medida en kilómetros recorridos por un vehículo.

Si en el diseño por transmisión de par y absorción de energía se ha intentado dimensionar el embrague en cuanto a su superficie y diámetros, en esta sección se dimensiona el embrague en cuanto al volumen de material necesario para soportar el desgaste por abrasión y las elevadas temperaturas para una vida útil establecida. (CAMARENA Lillo, 2011)

Desgaste por abrasión

El tipo de desgaste que sufren los forros de fricción es un " desgaste abrasivo". Antes de pasar a calcular el desgaste que sufren estos elementos se explica en qué consiste este fenómeno. (CAMARENA Lillo, 2011)

El desgaste por abrasión es un tipo de desgaste que tiene lugar cuando una superficie dura y rugosa (volante de inercia y plato de presión) desliza sobre otra de menor dureza (forros de fricción), penetra en ella y talla hendiduras en la dirección del deslizamiento. (CAMARENA Lillo, 2011)

La cantidad de material desprendido debido al desgaste abrasivo es por tanto función de la relación de durezas del material duro y del material blando (H_a/H_j):

- Si $H_a/H_j < 1$ el desgaste es prácticamente inapreciable.
- Si $H_a/H_j > 1,25$ la Cantidad desgastada aumenta espectacularmente.

Sólo se producirá desgaste si se produce deformación plástica en la superficie; para que esto ocurra la partícula deberá soportar un aumento de la carga hasta llegar a la presión de contacto necesaria sin que se deforme plásticamente: una partícula esférica sobre una superficie plana puede aguantar sin deformarse plásticamente si la presión que tiene que soportar es menor o igual a 0,8 veces su dureza ($0,8H_a$): $P \leq 0,8 \cdot H_a$. (CAMARENA Lillo, 2011)

Como la presión que tiene que soportar es la presión para que la superficie plana rompa, y como esta presión de ruptura será la dureza del material (H_s):

$$H_s \leq 0,8 \cdot H_a$$

La presión de contacto necesaria (P_{contacto}) para que el material blando rompa es superior a 0,8 veces la dureza del material duro [3]:

$$H_a \leq 1,2 \cdot H_s \rightarrow H_a \leq 1,2 \cdot P_{\text{contacto}} \rightarrow P_{\text{contacto}} \geq 0,8 \cdot H_a$$

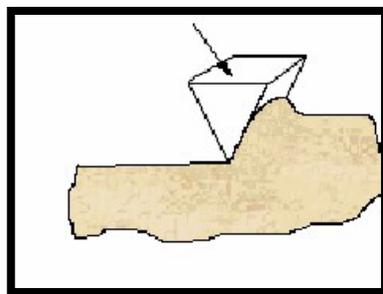
Como para que rompa el material blando hay que alcanzar la presión de contacto, y como ésta es superior a 0,8 veces la dureza del material duro, el material duro plastificará antes de que se consiga el desgaste abrasivo y por tanto éste no ocurrirá. (CAMARENA Lillo, 2011)

Todo esto que se ha comentado anteriormente no ocurre en todas las ocasiones, ya que existen materiales abrasivos no metálicos que presentan una alta tasa de desgaste a pesar de que la relación de durezas es muy pequeña ($H_a/H_s \ll 1$). (CAMARENA Lillo, 2011)

El desgaste abrasivo entre dos cuerpos se puede presentar como cuatro mecanismos distintos abrasivo, adhesivo, corrosivo y fatiga superficial. En este caso solo hablaremos de la abrasión porque es el que nos interesa.

- **Abrasivo:** Se define como la acción de corte de un material duro y agudo a través de la superficie de un material más suave. Tiende a formar ralladuras profundas cuando las partículas duras penetran en la superficie, ocasionando deformación plástica y/o arrancando virutas (Figura 2.52). (CAMARENA Lillo, 2011)

Figura 2.52 Desgaste abrasivo



FUENTE: (CAMARENA Lillo, 2011)

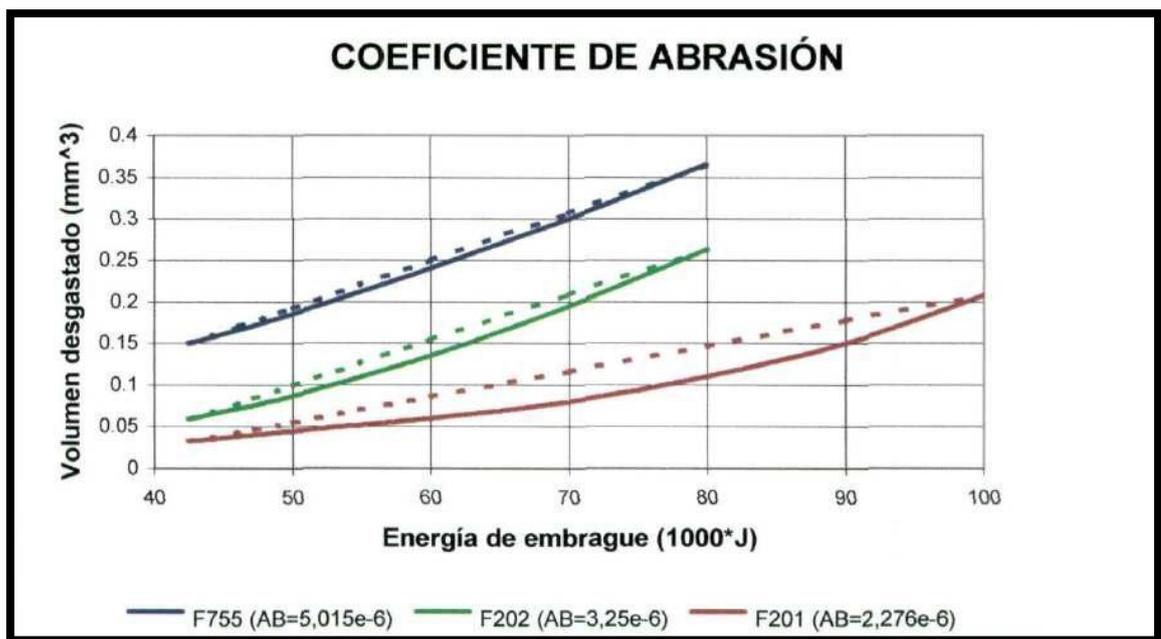
Coeficiente de abrasión

Cuando se pretende hacer un diseño por duración lo que se busca es estimar el volumen de material de los forros de fricción que se va a desgastar a lo largo de la vida del embrague. Esta cantidad desgastada es una característica propia de cada material de fricción y del valor de la energía aportada al embrague. (CAMARENA Lillo, 2011)

El índice que mide el volumen de material desgastado ("V") en función de la energía de fricción sobre las caras ("E") es el coeficiente de abrasión ("AB") y viene determinado por la fórmula: (CAMARENA Lillo, 2011)

$$AB = V/E$$

Tabla 2.53 Tabla ensayos abrasión



FUENTE: (CAMARENA Lillo, 2011)

Para calcular esta gráfica se le somete al embrague a una determinada energía y posteriormente se mide el volumen desgastado. El coeficiente de abrasión para un material viene dado por la media de este valor para cada punto. (CAMARENA Lillo, 2011)

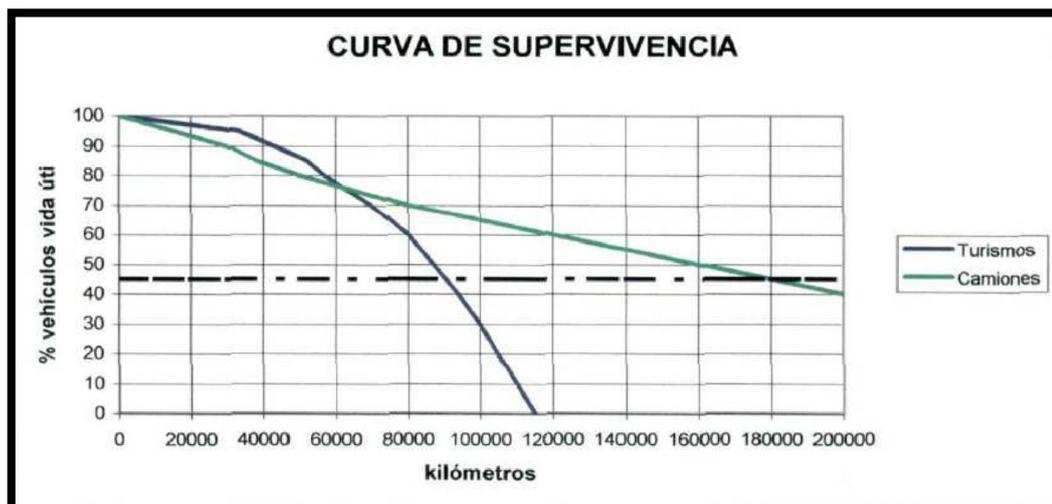
Cálculo de durabilidad

Utilizando el coeficiente de abrasión del apartado anterior, conocida la energía que va a soportar el embrague a lo largo de su vida se puede estimar cual es el volumen de los forros desgastado. Con este volumen, como ya es conocido el área de las caras de los forros (dimensionad por transferencia de par y energía), se puede calcular el espesor necesario para que el embrague aguante durante un tiempo determinado. (CAMARENA Lillo, 2011)

Por tanto es necesario estimar cual será toda la energía que va a soportar el embrague desde el primer accionamiento hasta el último. (CAMARENA Lillo, 2011)

Para calcular esta energía total hay primero que dejar claro cuál son los kilómetros totales que se espera que funcione correctamente el embrague. Para ello hay que utilizar la curva de supervivencia para vehículos turismos y camiones. En la figura 2.54 está representando el porcentaje de vehículos del mercado actual que no sufren ninguna avería en función de los kilómetros recorridos. (CAMARENA Lillo, 2011)

Figura 2.54 Curva de supervivencia.



FUENTE: (CAMARENA Lillo, 2011)

Como dato de cálculo se preverá una vida útil para turismos y vehículos industriales ligeros de 150.000 Km., mientras que la vida útil para los vehículos industriales pesados será de 200.000 Km.

2.3 Definición de términos básicos

Fricción: Rozamiento entre dos cuerpos en contacto.

Abrasión: Acción de quitar o arrancar algo mediante fricción.

Resistencia mecánica: Capacidad de los cuerpos para resistir las fuerzas aplicadas a romperse.

Resistencia térmica: Representa la capacidad del material de oponerse al flujo de la temperatura.

Calor latente: Es el calor que produce un cambio de estado sin cambio de temperatura.

III HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

3.2 Hipótesis general

HG: El diseño del embrague de un vehículo Hyundai accent 2013 permitirá aumentar su vida útil en 100000km.

3.2.1 Hipótesis específicas

H1: El análisis y cálculo de las fuerzas y el torque requerido por el motor permitirá el diseño del plato de embrague de un vehículo Hyundai Accent 2013.

H2: El análisis y cálculo de la energía disipada y el desgaste del forro por acoplamiento permitirá el diseño del disco de embrague.

H3: Si se selecciona el forro del disco de embrague en función del coeficiente de abrasión permitirá el aumento de la vida útil del embrague de un vehículo Hyundai Accent 2013.

3.3 Definición conceptual de variables.

- **VARIABLE INDEPENDIENTE:**

X: Diseño de embrague:

El embrague es un elemento perteneciente a la transmisión de un vehículo que permite, a voluntad del conductor o de forma automática, acoplar o desacoplar la salida de par del motor (cigüeñal-volante de inercia) con la entrada de la caja mecánica de velocidades (primario). (LUQUE Pablo, 2004)

- **VARIABLE DEPENDIENTE:**

Y: La vida útil:

Es el periodo de tiempo en el que el objeto conserva su seguridad, funcionalidad y estética en los niveles definidos sin costes inesperados de mantenimiento. (O. Tróconis Gladis, 1997)

3.4 Operacionalización de variable

Tabla 3.1 - OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE E INDEPENDIENTE

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍNDICE	MÉTODO	TÉCNICA
INDEPENDIENTE	PLATO DE EMBRAGUE	PALANCA DE RETRACCIÓN	FUERZA DE COMPRESIÓN	SISTÉMICO INDUCTIVO	DOCUMENTAL
			FUERZA DE LIBERACIÓN DEL DISCO		
		RESISTENCIA DEL SOPORTE	PAR MOTOR	SISTÉMICO INDUCTIVO	DOCUMENTAL
		RESISTENCIA DE RESORTE	COMPRESIÓN DE PLATO	SISTÉMICO INDUCTIVO	DOCUMENTAL
			COEFICIENTE DE ELASTICIDAD		
			LONGITUD DEL RESORTE		
	DISEÑO DE EMBRAGUE	ENERGÍA DISIPADA	ENERGÍA DE ARRANQUE	SISTÉMICO INDUCTIVO	DOCUMENTAL
			ENERGÍA DE REEMBRAGUE		
			ENERGÍA DE LIBERACIÓN		
		DISCO DE EMBRAGUE	DESGASTE POR ACOPLAMIENTO	TIEMPO DE SINCRONIZACIÓN	SISTÉMICO INDUCTIVO
PAR RESISTENTE			ANGULO DE PENDIENTE DE LA VÍA	SISTÉMICO INDUCTIVO	DOCUMENTAL
			RESISTENCIA A LA RODADURA		
FORRO DE DISCO DE EMBRAGUE	DIMENSIONAMIENTO DEL FORRO	SISTÉMICO INDUCTIVO	DOCUMENTAL		
DEPENDIENTE VIDA ÚTIL DEL EMBRAGUE	DESGASTE DEL EMBRAGUE	FRECUENCIA DE ACCIONAMIENTO POR KILOMETRO	NUMERO DE ACCIONAMIENTO DE EMBRAGUE POR KILOMETRO	SISTÉMICO INDUCTIVO	DOCUMENTAL
		COEFICIENTE DE ABRASIÓN	VOLUMEN POR ENERGÍA DISIPADA	SISTÉMICO INDUCTIVO	DOCUMENTAL
		DURACIÓN DEL FORRO	KILÓMETROS	SISTÉMICO INDUCTIVO	DOCUMENTAL

Fuente: Elaboración Propia

IV DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo y diseño investigación.

“El tipo de investigación que se utilizo es tecnológica debido a que los conocimientos científicos aplicados son utilizados para solucionar los diferentes problemas que benefician la sociedad” (CIRO, 2010), estos conocimientos científicos aplicados son los de transferencia de calor y resistencia de materiales, los cuales contribuyen al solución del aumento de la vida útil del embrague.

“La investigación aplicada tiene como propósito aplicar los resultados de la investigación experimental para diseñar tecnologías de aplicación inmediata en la solución de los problemas de la sociedad” (CIRO, 2010) El nivel de investigación es aplicativo debido que los conocimientos científicos de resistencia de materiales y dinámica son aplicados para diseñar tecnologías que se presenten en el entorno de ingeniería.

4.2 Método de Investigación

El método de esta investigación es científico porque use una serie de pasos que conducen a la búsqueda de conocimiento mediante la aplicación de métodos y técnicas.

El diseño de investigación

Según el autor (SAMPIERI, 2010) “**Investigación no experimental** estudios que se realizan sin manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos”.

La presente investigación tomo como diseño no experimental debido que no se varió en forma incondicional las variables se observaron para poder analizarlos.

4.3 Población y Muestreo

La población en la presente investigación está conformada por el sistema de embrague del parque automotor de los vehículos Hyundai Accent de la provincia del Callao.

Se sabe que la muestra es un subconjunto de elementos que se selecciona de una población para fines de estudio, por lo que en la presente tesis se tendrá como muestra al sistema de embrague de la unidad D0C-174, debido al alcance y aspectos económicos.

4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado

El estudio se realizó en la unidad Hyundai Accent 2013 con placa D0C-174, en el periodo de tiempo comprendido entre julio y diciembre del 2019.

4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información de datos.

Para el estudio de esta investigación se están considerando las siguientes técnicas para la recolección de información.

4.5.1 Técnica de la observación directa

Esta técnica se empleará para recopilar los datos e información necesarios y, a la vez nos permitirá observar en forma directa los procesos que involucran los sistemas a analizar. De esta manera podremos lograr los objetivos y comprobar las hipótesis planteadas.

Los instrumentos a utilizar serán los siguientes:

- Cámara fotográfica.
- Calculadora.
- Vernier.
- Programa de diseño.

4.5.2 Técnica de análisis documental

Es otra técnica que permite obtener y/o recoger información mediante documentación generada por el mtc, Frenosa y Senati,

Tabla 4.1 - TÉCNICA E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

TÉCNICA	INSTRUMENTO
EMPIRICA OBSERVACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Cámara fotográfica - Calculadora - Vernier - Programa de diseño
DOCUMENTAL	<ul style="list-style-type: none"> - Fichas de mtc - Hoja de Frenosa - Documento de Senati

Fuente: Elaboración Propia

4.6 Análisis y procesamiento de datos

El análisis para el diseño del sistema de embrague se desarrolló de forma sistemática y secuencial, de la siguiente manera:

- a) Para el diseño del plato de embrague en la palanca de retracción fue necesario determinar las fuerzas de compresión y la de liberación del disco.
- b) Determinación de la resistencia mecánica del soporte de embrague para que aguante el par del motor.
- c) Determinación de la resistencia del resorte con el coeficiente de elasticidad y la longitud para que resista la compresión del plato.
- d) Determinación de la energía disipada en el arranque, embrague, desembrague y liberación.
- e) Calculo del tiempo de sincronización en función al desgaste por acoplamiento.
- f) Calculo del par resistente considerando la pendiente de la vía y la resistencia a la rodadura.
- g) Dimensionamiento del disco de embrague.

- h) Evaluación del desgaste del embrague en función a la frecuencia de accionamiento por kilómetro.
- i) Determinación de la durabilidad para tipos de forros del disco de embrague por medio del coeficiente de abrasión.

V RESULTADOS

Como ya se ha analizado, lo que le aumenta la vida útil al embrague es el disco de fricción, lo que haremos a continuación es aumentar el espesor del forro, que es lo que choca con el plato presión y la volante de inercia, pero el problema está en que tenemos el espacio limitado.

Lo que haremos con el disco de fricción es un comparativo del material de fábrica con forros existentes, en el Perú la única empresa que fabrica frenos y embrague es FRENOSA, la cual me brindó su apoyo entregándome datos técnicos de su material con el que trabaja que es el coeficiente de abrasión. También tomaremos un forro de otro vehículo de mejor calidad y así haremos un cuadro de durabilidad de cada material; el forro de fábrica comparando con el que existe en mi país y uno de mejor calidad, en este caso un vehículo deportivo.

Los milímetros que agregamos de forro tenemos que quitarle al plato presión. Para esto se diseñó el conjunto plato presión.

Tomamos el embrague del Volkswagen escarabajo que el motor y caja de transmisión estaban en el kubelwagen diseñado por Ferdinand Porsche que participo en la segunda guerra mundial, que su diseño se caracterizó por la durabilidad de estos sistemas ya que solo enfocándose en el sistema de transmisión, en este caso el embrague no trabaja con diafragma, trabaja con tres patas reguladas dependiendo del espesor del disco de fricción, su diseño fue netamente para la durabilidad.

El vehículo alemán se basó en gran medida en el vehículo comercial que se presentó al público en 1933 como People's Car o Volkswagen. La versión militar de este vehículo se llamaba Kubelwagen, un comentario sobre su apariencia porque el vehículo les recordó a los alemanes una bañera con ruedas (Kubel significa bañera, balde o balde). El vehículo era un Volkswagen Beetle simplificado con líneas cuadradas y un motor trasero. (PIPES, 2015)

En marzo de 1943, el Kubelwagen recibió el motor más grande de 1,131 cc, desarrollado originalmente para el Schwimmwagen, que producía más torque y potencia que el motor original de 985 cc. Cuando la producción de Volkswagen

cesó al final de la guerra, se produjeron 50,435 Tipo 82 y el vehículo demostró ser sorprendentemente útil, confiable y duradero. (STUBBLEBINE, 2011)

Se dejó de fabricar este modelo tipo muelle ya que el de tipo diafragma es una sola pieza, en el tipo muelle es un conjunto de piezas. La segunda razón es al momento de hacerlo en masa el de tipo diafragma es más sencillo y económico para la fabricación.

Primero haremos los cálculos para desarrollar el diseño del disco de fricción.

ANALISIS PARA EL DISCO DE FRICCION

5.1 Vida útil del embrague

La vida útil del embrague depende casi por completo del disco de fricción, más específicamente del forro, que geométricamente es una corona circular unida mediante remaches al sistema de progresividad del disco. El desgaste de este nos dará un estimado de la vida útil del embrague calculado en kilómetros recorridos por el vehículo.

Desgaste por abrasión

- **Coefficiente de abrasión:** relación entre el volumen de material desgastado y la energía de la fricción sobre las caras del forro.

Se puede medir el volumen del embrague original, así como del modificado y según el **material**, determinar la energía que se necesitaría para desgastarlos (E).

Se tiene la energía (E) como dato conocido.

5.2 Análisis de la energía que disipa el embrague

La energía en forma de calor que debe disipar el embrague se debe a la función propia del mismo que es la de transmitir movimiento rotacional al primario de la caja de cambios. Existe un lapso de tiempo desde que el disco del embrague (parte conducida) y, el volante y plato (parte

conductora) entran en contacto a distintas velocidades angulares hasta que se sincronizan.

Todo esto durante cada cambio de marcha que se realice en el vehículo.

Donde:

w_1 : Velocidad del cigüeñal angular

w_2 : Velocidad angular del primario

t : tiempo de sincronización

Giro recorrido por el motor hasta la sincronización (θ_1)

$$\theta_1 = w_1 \cdot ts$$

Energía cedida por el motor: (E_1)

$$E_1 = Cm \cdot \theta_1$$

$$E_1 = Cm \cdot w_1 \cdot ts \quad (1)$$

Donde:

Cm : par del motor del vehículo

La energía absorbida por el primario: (E_2)

$$E_2 = Cm \cdot \theta_2$$

Donde θ_2 : giro recorrido por el primario

El movimiento de la caja de cambio se supone uniformemente acelerado con aceleración α_2 :

$$\alpha_2 = \frac{w_1}{ts} \quad \text{y} \quad \theta_2 = \frac{1}{2} \alpha_2 ts^2$$

$$E_2 = Cm \cdot \frac{w_1}{ts} \cdot \frac{1}{2} ts^2$$

$$E_2 = \frac{1}{2} \cdot Cm \cdot ts \cdot w_1 \quad (2)$$

Haciendo un balance de energías:

$$E_1 = E_2 + E \quad (3)$$

E_1 = Energía que entrega el motor

E_2 = Energía entregada por la caja de cambios

E = Energía disipada por el embrague

De (1) y (2) en (3):

$$Cm \cdot w_1 \cdot ts = \frac{1}{2} Cm \cdot ts \cdot w_1 + E$$

$$\Rightarrow E = \frac{1}{2} \cdot Cm \cdot w_1 \cdot ts \quad (4)$$

5.3 Análisis del tiempo de sincronización (ts)

De manera real lo que sucede es que el motor previo a iniciar el cambio de marcha está sometido a un par constante (C_m), luego de iniciar la transmisión de movimiento hacia el primario de la caja de cambios (que va a una velocidad menor $w_1 < w_2$).

El motor desacelerado que conlleva a una variación del par hasta cero, pero se puede realizar los cálculos mediante la hipótesis del que w_1 (velocidad del motor es constante).

En el caso del primario se asume una aceleración constante, es decir movimiento es uniformemente acelerado.

Aplicando las hipótesis mencionadas:

- En el motor:

$$\alpha_1 = \frac{dw}{dt} = \frac{C_m - C}{I_1} = 0 \quad \Rightarrow C_m = C$$

Donde:

C: valor del par en una sincronización.

- En el primario:

$$\alpha_2 = \frac{C_m - C_r}{I_2} = \frac{dw}{dt} \quad \Rightarrow dw = \frac{C_m - C_r}{I_2} \cdot dt$$

$$w_2 \text{ Final} - w_2 \text{ inicial} = \int_0^{ts} \frac{C_m - C_r}{I_2} \cdot dt$$

Se sabe que en el sincronismo $w_2 \text{ final} = w_1$

$$w_1 - w_2 = \int_0^{ts} \frac{C_m - C_r}{I_2} \cdot dt = \frac{C_m - C_r}{I_2} \cdot ts$$

$$w_1 - w_2 = \frac{C_m - C_r}{I_2} \cdot ts \quad (5)$$

Donde:

C_r : par resistente

I_2 : Inercia de la caja

Particularizando la ecuación (5) para el arranque:

$w_2 = 0$

$$Ts = \frac{I_2}{n \cdot C_m - C_r} \cdot w_1$$

Introduciendo la expresión anterior en la ecuación de la energía (ecuación 4):

$$E = \frac{1}{2} \cdot Cm \cdot w_1 \cdot \frac{I_2}{n \cdot Cm - Cr} \cdot w_1$$

$$E = \frac{1}{2} \cdot Cm \cdot \frac{I_2}{n \cdot Cm - Cr} \cdot w_1^2 \quad (6)$$

En la ecuación (6) tanto el par resistente (Cr) como la inercia del primario son magnitudes desconocidas, por lo cual en seguida nos ocuparemos de su cálculo.

5.4 Análisis del par resistente

Existen dos fuerzas que generan el par resistente Cr en el vehículo, una a causa de la gravedad por la pendiente de la vía (Rg) y la otra la resistencia a la rodadura.

$$R_g = P \cdot \sin \theta$$

$$R_r = P \cdot f_r \cdot \cos \theta$$

Donde:

θ = pendiente de la vía por donde circula el vehículo

f_r = el coeficiente de la rodadura

P = peso del vehículo

Aplicando las ecuaciones de Newton se obtiene:

$$Cr = P \cdot \frac{P \cdot r_c}{E_1} (f_r \cdot \cos \theta + \sin \theta) \quad (7)$$

Donde:

r_c = radio bajo carga del neumático

E_1 = relación de transmisión en primera velocidad

5.5 Análisis de la inercia del primario

Analizando la energía cinética:

$$E \text{ cinética vehículo} = \frac{1}{2} M \cdot v^2$$

$$E \text{ cinética primario} = \frac{1}{2} \cdot I_2 \cdot w_2^2$$

Por conservación de la energía:

$$\frac{1}{2} M \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot I_2 \cdot w_2^2$$

$$I_2 = \frac{M \cdot v^2}{w_2^2} = \frac{M \cdot r_c^2}{E} \quad (8)$$

De (8) en (6): se calcula la energía de embrague (arrancada)

$$E_e = \frac{Cm.w_1^2 . M. \left(\frac{r.c}{E_1}\right)^2}{2 (Cm.n - Mg(\text{fr}.\cos \theta + \text{sen } \theta) \frac{r.c}{E_1})} \quad (9)$$

Luego para la energía de re embrague $w_2 \neq 0$ y $w_2 = w_1 \cdot \frac{E_2}{E_1}$

$$E_{re} = \frac{Cm.w_1^2 . M. \left(\frac{r.c}{E_2}\right)^2 . \left(1 - \frac{E_2}{E_1}\right)}{2 (Cm.n - Mg(\text{fr}.\cos \theta + \text{sen } \theta) \frac{r.c}{E_2})} \quad (10)$$

Donde:

E_1 = relación de transmisión total en primera velocidad

E_2 = relación de transmisión total en segunda velocidad

Nota: una vez conocido los datos de medición del embrague real y características del vehículo con la tabla siguiente se hallará la energía por kilómetro disipado y como ya es dato la energía que ofrece el forro, se sabrá cuantos kilómetros dará el embrague.

5.6 Datos para el cálculo:

- a) Volumen del forro (V): Estas dimensiones son obtenidas del disco y forro existentes, la única variación es el espesor del forro.

	FORRO ORIGINAL (mm)	FORRO MODIFICADO (mm)
D= diámetro externo	214.5	214.5
d = diámetro interno	145.5	145.5
e = espesor	3	6
R = radio externo	107.25	107.25
r = radio interno	72.75	72.75
V = volumen	37260π	74520 π

- b) Coeficiente de abrasión (AB):

. Forro original:

Tipo F202 AB=3.25x10⁻⁶ mm³/kj

. Forro modificado

Tipo F201 AB=2.276x10⁻⁶ mm³/kj

- c) Velocidad del cigüeñal: 5000RPM

- d) Pendiente media en vías urbanas en lima: 6% (12% máximo)

- e) Masa de vehículo (M): M=1560 kg
- f) Coeficiente de fricción a la rodadura (fr): fr=0.017
- g) Radio del neumático (rc): rc= 16"=0.4064m
- h) Relación de transmisión en primera velocidad (E1): E1=3.769
- i) Relación de transmisión en segunda velocidad (E2): E2=2.045
- j) Par del motor (Cm): Cm=13.9kg.m=136.359 N.m
- k) Eficiencia de transmisión(n): n=0.8

5.7 Cálculo de la energía en el arranque:

Todos los datos mencionados anteriormente se reemplazan en la ecuación número 9:

$$EE = \frac{136,359 \cdot (5000 \times \frac{2\pi}{60})^2 \cdot 1560 \cdot (\frac{0,4064}{3,769})^2}{2(136,359 \times 0.8 - 1560 \times 9.81(0.017 \cos(6) + \text{sen}(6)) \frac{0,4064}{3,769})}$$

$$E_E = 3713369,735 = 3713,37 \text{ kJ}$$

5.8 Calculo de la energía de re embrague:

Los datos obtenidos en 5.6 se reemplazan en el resultado del análisis de la ecuación 10:

$$E_{RE} = 2024188,021 = 2024,188 \text{ KJ}$$

5.9 Calculo de la energía que puede liberarse en cada forro (original y modificado) hasta desgastado por completo:

$$\text{.Energía Original: } EO = \frac{37260\pi}{3,25 \times 10^{-6}} = 3,6017 \times 10^{-10} \text{ Kj}$$

$$\text{.Energía Modificado: } EM = \frac{74520\pi}{2,276 \times 10^{-6}} = 1.0286 \times 10^{-11} \text{ Kj}$$

5.10 Calculo de la energía disipada en el embrague por cada kilómetro de recorrido en el vehículo:

Tabla 5.1 – FRECUENCIA DE UTILIZACION

<i>FRECUENCIA DE UTILIZACIÓN (nº accionamientos/km)</i>				
Tipo de vehículo	Autopista	Circulación mixta	Ciudad no centro	Ciudad centro
Turismos hasta 45 KW (A)	0,9	2,9	8,5	4,6
Turismos hasta 66 KW (B)	0,7	2,2	5	6,1
Turismos hasta 100 KW (C)	0,7	2,0	4,3	7
Turismos desde 100 KW (D)	0,7	1,9	4,0	7,5

FUENTE: (CAMARENA Lillo, 2011)

La tabla nos muestra datos estadísticos según el tipo de vehículo y su ruta de cuantas veces se usa el embrague por cada Km, donde la tercera parte son de arranque y el resto de embrague.

Uso frecuente: particular/taxi: ciudad centro

Luego:

$$\text{Frecuencia de utilización} = 7.5 \left(\frac{\text{nº de accionamientos}}{\text{kilometros}} \right)$$

- Frecuencia de arranque = 2.5
- Frecuencia de re embrague = 5
- Energía de arranque en cada kilómetro = $2,5 \times 3713,37 = 9283,425 \text{Kj/Km}$
- Energía por re embrague en cada kilómetro = $5 \times 2024,188 = 10120.94 \text{KJ/Km}$

5.11 Calculo del número de kilómetros de vida útil del embrague:

- Vida útil (original) = $\frac{3,6017 \times 10^{10}}{9283,425 + 10120,94} = 1856128,76 \text{ Km}$
- Vida útil (modificado) = $\frac{1,0286 \times 10^{11}}{9283,425 + 10120,94} = 5300869,16 \text{ Km}$

5.12 Cuadro comparativo entre original y modificado

TABLA 5.2 – COMPARACION ENTRE FORRO ORIGINAL CON MODIFICADO

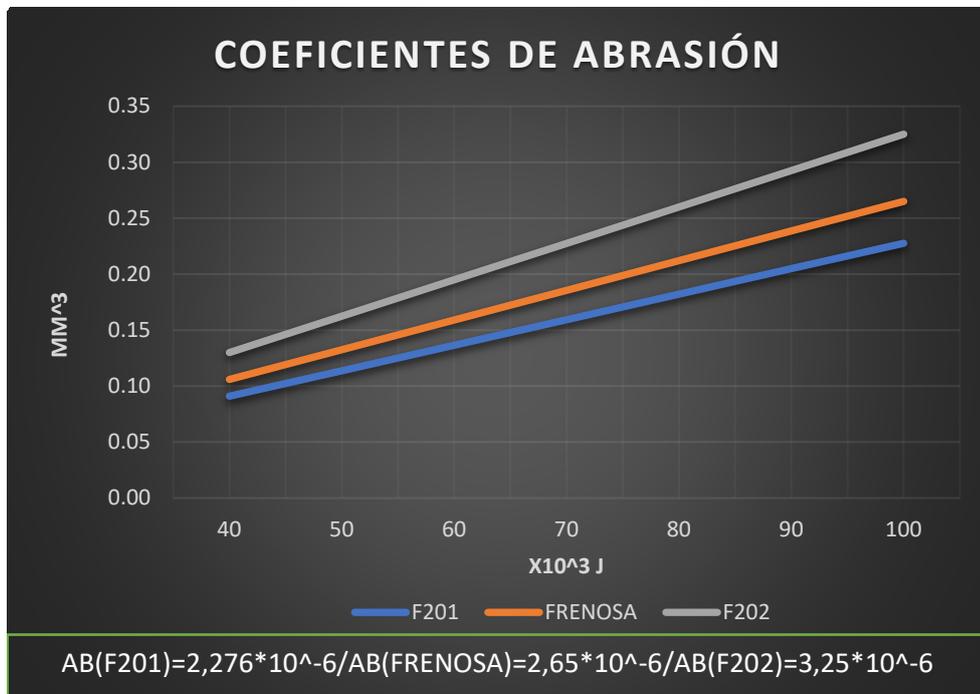
	ORIGINAL	MODIFICADO
VOLUMEN	37260 π mm ³	74520 π mm ³
ESPESOR	3X2mm	6X2mm
MATERIAL	F202	F201
ENERGIA DISPONIBLE	3,6017x10 ⁻¹⁰ Kj	1.0286x10 ⁻¹¹ Kj
VIDA UTIL TEORICA	1856128,76 Km	5300869,16 Km

Fuente: Elaboración Propia

$$\% \text{ de mejora} = \frac{5300 - 1856}{1856} \times 100\% = 185\%$$

LA VIDA UTIL MEJORA EN 185%

Gráfico 5.1 – GRAFICO COMPARATIVO DEL COEFICIENTE DE ABRASION



FUENTE: PROPIA

En estos cálculos no estamos considerando todos los factores que intervienen en la vida real, ya se contaminación, oxidación, etc.; para que sea más exacto de acuerdo a mi criterio se multiplicara la vida útil en kilómetros por 0.1 para llegar al valor aproximado a la realidad.

TABLA 5.3 – COMPARATIVO DE LOS TIPOS DE FORROS EN KILOMETROS

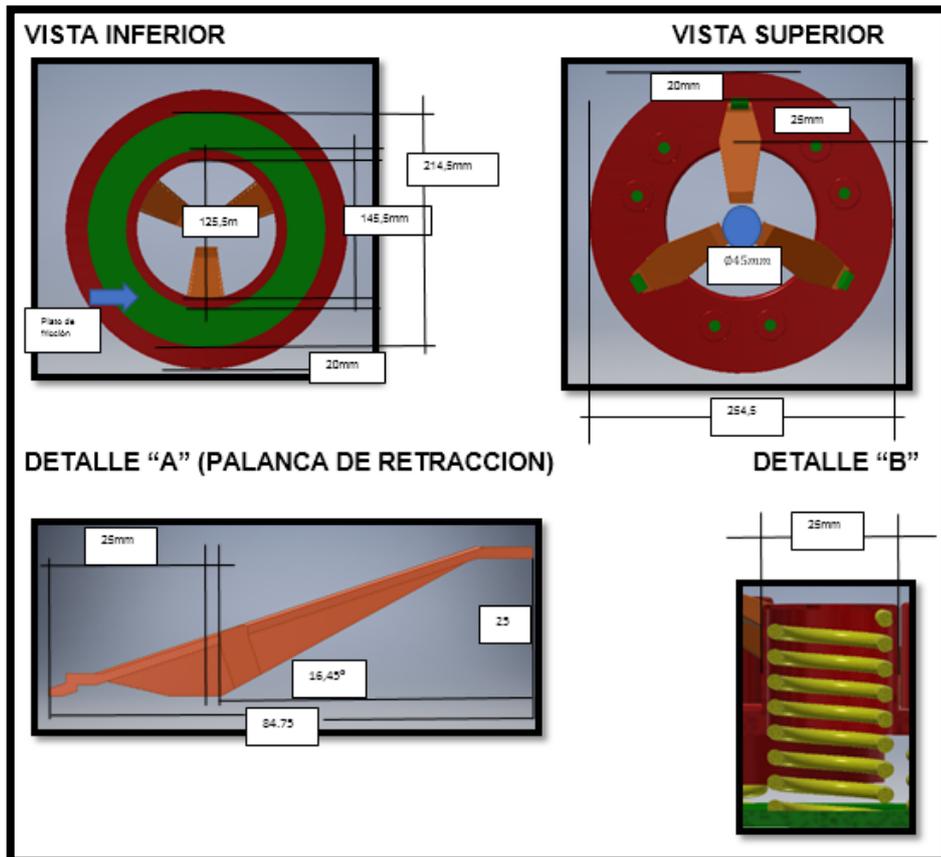
FORRO	ESPESOR (mm)	KILOMETROS	PORCENTAJE
HYUNDAI	6	3712257,52	200
FRENOSA	6	426909,6148	230
VW	6	530086,916	285

FUENTE: PROPIA

Espesor del forro original de Hyundai es de 3mm. Todos los porcentajes se dan de acuerdo a este espesor.

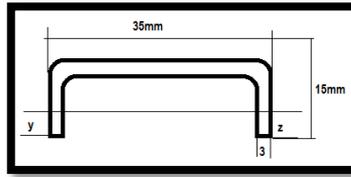
CÁLCULOS PARA EL DISEÑO CONJUNTO PLATO PRESIÓN

FIGURA 5.1 VISTAS Y MEDIDAS DEL PLATO PRESION TIPO MUELLE



FUENTE: PROPIA

SECCION n-n



$$Y = \frac{2 \times 7,5 \times 45 + 13,5 \times 105}{2 \times 45 + 105} = 10,73$$

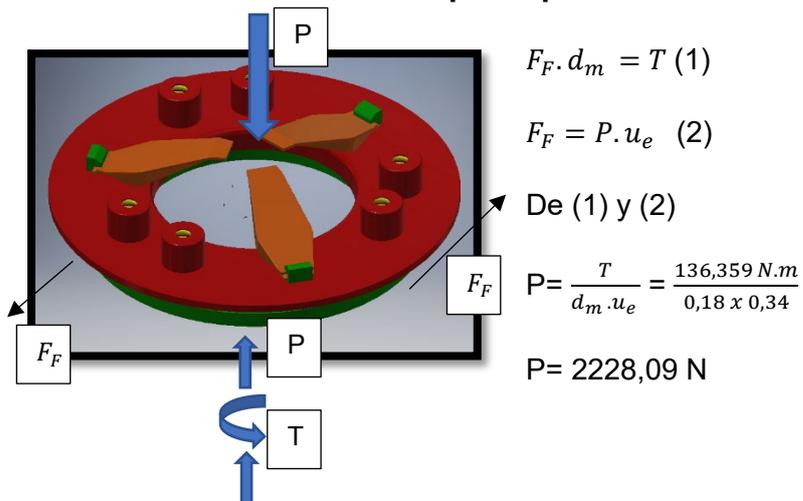
$$I_z = \left(\frac{3 \times 15^3}{12} + (7,5 - 10,73)^2 \cdot 45 \right) \times 2 + \frac{35 \times 3^3}{12} + (13,5 - 10,73)^2 \times 105$$

$$I_z = 3510,87 \text{ mm}^4$$

$$A = 195 \text{ mm}^2$$

Análisis de la palanca de retracción

Determinación de la fuerza que soporta



Donde:

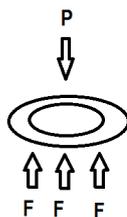
d_m : Diámetro medio del forro

T: torque máximo del motor

u_e : Coeficiente de fricción del forro en caliente

$$\sum F_y = 0$$

$$F = \frac{P}{3} = 742,7$$

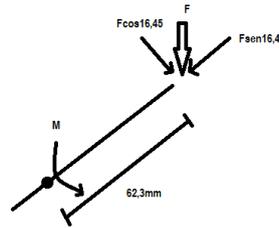


Luego con los datos del detalle "A":

$$M = F \cdot \cos 16,45 \times 62,3 \times 10^{-3}$$

$$M = 742,7 \times \cos 16,45 \times 62,3 \times 10^{-3}$$

$$M = 44,376 \text{ N.m}$$



$$\text{Luego } \theta_{max} = \frac{M \times y}{I_z} + \frac{F \sin 16,45}{A}$$

$$\theta_{max} = \frac{44,376 \times 10,73 \times 10^{-3}}{3510,87 \times 10^{-12}} + \frac{742,7 \times \sin 16,45}{195 \times 10^{-6}}$$

$$\theta_{max} = 136,701 \text{ MPa}$$

Luego: $\theta_y = 320 \text{ MPa} \geq 136,701 \text{ MPa} \Rightarrow$ **CUMPLE CONDICIONES DE DISEÑO.**

Análisis de los resortes

Material: alambre de piano

$$\sum F_y = 0$$

$$F_R = \frac{P}{6} = \frac{2228,09}{6} = 371,35 \text{ N}$$

$$T_{max} = \frac{8F_R \cdot D_R}{\pi \cdot D_R^3} + \frac{4F_R}{\pi \cdot d_R^3}$$

$$T_{max} = \frac{8 \times 371,35 \times 25 \times 10^{-3}}{\pi \cdot (3 \times 10^{-3})^3} + \frac{4 \times 371,35}{\pi \cdot (3 \times 10^{-3})^2} = 928,123 \text{ MPa}$$

Luego:

$$S_{ut} = \frac{A}{d_R^m} \quad A = 2211 \text{ MPa} \cdot \text{mm}^n$$

$$d_m = 0,145$$

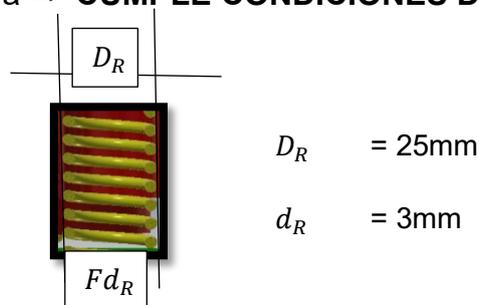
$$S_{ut} = \frac{2211}{0,145} = 15248,27 \text{ MPa}$$

$$\text{Luego: } T_{perm} = 0,56 S_{ut} = 8539,03 \text{ MPa}$$

Comprobando:

$$T_{max} = 928,123 \leq T_{perm} = 8539,03 \text{ MPa}$$

\Rightarrow **CUMPLE CON CONDICIONES DE DISEÑO**



$$D_R = 25 \text{ mm}$$

$$d_R = 3 \text{ mm}$$

VI DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis

- Se comprobó que para aumentar la vida útil del embrague se necesita aumentar el espesor del forro del disco de fricción, cambiar de material del forro o hacer ambas cosas.
- Se verifico el diseño del plato presión ya sea de las uñas para la transmisión del par, los resortes para el suave arranque, el tamaño exacto y la resistencia del nuevo diseño.

6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares

Los resultados obtenidos son concordantes con las investigaciones indicadas en los antecedentes, las cuales se indican a continuación:

Respecto al estudio realizado por Francisco Camarena: (CAMARENA Lillo, 2011): Diseño de embrague de un vehiculo, concluye que, el presente proyecto se ha descrito el embrague mecánico de un automóvil, su modo de funcionamiento, sus componentes y los distintos métodos de diseño.

Se ha detallado el proceso que actualmente se sigue en la industria para el diseño de nuevos embragues, partiendo de la amplísima gama de embragues existentes se escoge la que más se adapte a la aplicación que se debe desarrollar, y posteriormente para este embrague, se recalculan los elementos principales: diafragma, tirantes, arandelas para la histéresis y muelles de amortiguación. (CAMARENA Lillo, 2011)

En esta investigación también se recalculo las partes del embrague, pero solo nos enfocamos en la durabilidad por eso presentamos dos soluciones en la parte del plato presión, porque lo que le da la durabilidad al embrague es el disco y ahí solo hay un modelo.

Respecto al estudio realizado por José Luis Castillo Orañas (1984): análisis de embragues, concluye que, los embragues secos, particularmente aquellos que usan forro inorgánico no son tan susceptibles a al escala de calor degeneración; desde que ellos pueden tolerar altas temperaturas e incorporar grandes calores sumergidos en la

masa de su lamina de presion y la rueda de volante motor. Los embragues humedos son generalmente mas limitados al monto total de calor generado, desde que todo el calor puede ser transferido al aire alrededor del embrague.

En esta investigacion utilizamos embragues secos y el material del forro que analizamos son tres, el que manda de fabrica, el que hay en el mercado y uno de mejor calidad, en este caso un auto deportivo de gamma media.

Respecto al estudio realizado por Ricardo Padron Correa y Juan Avilas Heras (2010); Diseño y construccion de un banco de pruebas para embragues de disco a friccion con visualizacion de datos de su funcionamiento para el laboratorio de tren de fuerza motriz y rehabilitacion de maquetas existentes, concluye que, el cual se constituye el fundamento teórico del funcionamiento de los diversos sistemas y elementos del embrague a fricción y el desarrollo de innovaciones de los mismos, tanto en diseño como en la aplicación de nuevos materiales. Se hizo una reconstrucción de cinco maquetas existentes en el laboratorio de tren fuerza motriz de la UPS, adecuándolas a un diseño estructural de soporte estandarizado para brindar comodidad en la manipulación de las mismas, a más de esto se implementó una maqueta del embrague de doble disco hidroneumático de un tracto camión. También se procedió a realizar el diseño y construcción del banco de pruebas, realizando un análisis estructural detallado, también se realizó una base de datos de los diferentes conjuntos de embrague que poseen los vehículos livianos de mayor circulación en nuestro medio. Finalmente se elaboraron el manual de funcionamiento del banco de pruebas y las guías de práctica que sirven como material didáctico para los estudiantes que realicen prácticas en esta herramienta de pruebas.

En esta investigacion se tomo los datos que toman al momento de probar un embrague en un banco de pruebas ya que lo que mi diseño busca es durabilidad.

Respecto al estudio realizado por Raúl de Andrea (1971): estudio de la industria automotriz en el Perú, concluye que, la industria automotriz de ensamblaje de vehículos se creó en el Perú sin criterio planificador, obedeciendo a razones de mayor ocupación y tecnificación de mano de obra, fomento de industrias complementarias y a factores de crédito político, sin tener en cuenta prioridad industriales ni las mejores posibilidades para el conjunto de la economía del país. Inclusive las razones aducidas no han respondido a las expectativas porque los resultados señalan un índice relativamente pequeño de nuevos puestos de trabajo y muy poca participación de manufactura local en el proceso de ensamblaje. Sin embargo, la industria automotriz es una realidad, con todos sus defectos y limitaciones; y, en estos momentos, se halla en una situación nada fácil.

En esta investigación se utilizó y calculó los procesos de manufactura para ver si es rentable los prototipos propuestos.

Respecto al estudio por Ricardo Tanta (2017): Implementación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo aplicado a los vehículos Hyundai Accent, en la empresa Autotan Ingeniería e.i.r.l., distrito de Ate-Vitarte, ciudad metropolitana de Lima, 2016, concluye que, el servicio de mantenimiento preventivo será de calidad y confiabilidad, con lo que se logrará fidelizar a los clientes. Según los análisis realizados, se logra incrementar los valores para la disponibilidad de 96.6% a 99.8% y para la confiabilidad de 96.8% a 99.8% después de la implementación del sistema de gestión de mantenimiento preventivo para los vehículos Hyundai Accent.

En esta investigación se tomó el tiempo que recomienda el fabricante para la durabilidad del embrague, lo que se recomienda hacer en su conducción y a otras piezas para extender su durabilidad, realizando los mantenimientos preventivos a su respectivo tiempo y kilometraje.

Respecto al estudio Francisco Javier Huamán Rivas (2010): Estudio de pre factibilidad para industrializar y comercializar automóviles mediante una planta de ensamblaje automotriz en el Perú, concluye que, de

acuerdo a toda la información recopilada para el desarrollo y evaluación del presente proyecto, podemos concluir lo siguiente: El mercado de autos nuevos está creciendo rápidamente en el país, ya que en los últimos años ha logrado ventas record de 94,000 unidades vendidas y un crecimiento promedio anual de 65%, lo cual deja ver que definitivamente es una inversión acertada el abrir una planta de ensamblaje de autos en el país, porque permitirá dinamizar aún más el mercado y poder ofrecer automóviles y camionetas a precios más bajos.

En esta investigación si se toma en cuenta generar una marca y entrar al mercado hay bastantes posibilidades de tener éxito ya que no existe producto que iguale nuestra durabilidad.

6.3 Responsabilidad ética

La presente investigación busca diseñar un embrague del modelo y marca Hyundai Accent para aumentar su vida útil en 100000 km para la aplicación del servicio de taxi, ya que en este tipo de trabajo el desgaste de las piezas es mayor por el recorrido diario y el peso de los pasajeros al trasladarlos de un punto a otro.

La tesis se basó en recolección de datos de libros, artículos, páginas web, visitas a centros de estudios como SENATI, visita a la única empresa en el Perú de fabricación de embragues y frenos FRENOSA, MTC, Total Perú y la empresa privada AAMCO.

CONCLUSIONES

- Se logró diseñar un embrague del modelo Hyundai Accent que aumento su vida útil en un mínimo de 100000 km y se puede apreciar el rotundo aumento de la vida útil en comparación con el de fábrica, ya que la vida útil del embrague depende casi por completo del forro del disco de fricción.
- La carga de 2228 N que fue calculada y se necesita aplicar sobre el embrague para que este no patine y evitar que el disco de fricción se cristalice ha sido la referencia para el cálculo de resistencia en los componentes del embrague. Con las dimensiones propuestas la palanca de retracción soporta un esfuerzo máximo de 136,7 MPa que está por debajo del esfuerzo permisible de 320 MPa. Los muelles o resortes son de 25cm de diámetro y 3 mm de diámetro del alambre, son seis unidades que trabajan en conjunto siendo el esfuerzo constante que soportan 928,123 MPa, según lo calculado estando por debajo de su esfuerzo permisible y por lo tanto con el diseño adecuado.
- Se logró calcular la energía del forro original que es de $3,6017 \times 10^{-10}$ KJ y del forro modificado que es 1.0286×10^{-11} KJ, para poder comprobar la vida útil del diseño de forro de disco de fricción.
- Se puede apreciar el comparativo de los tres tipos de forro, el que manda el fabricante, el que se encuentra en el mercado automotriz de mi país y el de mejor calidad real que se pueda conseguir. Se logró demostrar que el de mejor calidad en este caso el forro del VW GTI teniendo un espesor de 6mm tiene mayor durabilidad de 185% recorriendo 530086,916 km en segundo lugar con el forro de FRENOSA con un espesor de 6mm tiene una durabilidad de 130% recorriendo 426909,6148 km en comparación con el forro que manda el fabricante que con un espesor de 6mm recorre 371225,752 km. Todos los porcentajes se basan en el espesor con forro original de 3mm que manda el fabricante. Este conjunto presión logra cumplir con las condiciones de diseño para que el embrague cumpla con sus funciones que son la de transmitir el par motor, la conexión y desconexión del motor entre otras más. Y gracias a esto dependiendo de la calidad del forro se puede llegar a tener una durabilidad de 530086,916 km, en conclusión, un aumento en de 344474,04 km sobrepasando notablemente con la propuesta inicial de 100000km.

RECOMENDACIONES

- Para lograr el máximo recorrido y durabilidad del embrague siempre se recomienda el buen manejo, el buen uso del embrague usar la descansera y jamás poner el pie en el embrague a la mitad o por encima, siempre pisar a fondo ya que esto reduce su durabilidad.
- Siempre revisar el cable de embrague para que tenga el juego que manda el fabricante.
- El desarrollo de un cálculo vibracional durante la etapa de embrague/desembrague sería de gran importancia debido a los numerosos problemas que están empezando a aparecer por resultado de mayor par motor que presentan ya los vehículos con baja cilindrada y por tanto con embragues de pequeño tamaño.
- La simulación por elementos finitos de las diferentes piezas del disco de embrague, que es el conjunto de piezas al que se le está sometiendo a un mayor número de esfuerzos.

VII BIBLIOGRAFÍA

AAMCO. 2010. <https://auto.howstuffworks.com/under-the-hood/car-part-longevity/clutch-last.htm>. [En línea] JULIO de 2010.

ANDREA, Raul de. 1971. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1493>. [En línea] 1971.

BRAVO, Percy. 2017. <http://www.todoautos.com.pe/portal/autos/172-noticias/11475-taxista-lima-mantenimiento-auto>. [En línea] 11 de mayo de 2017. [Citado el: 1 de OCTUBRE de 2019.]

BUDYNAS Richard G., NISBETT J. Keith. 2012. *Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley*. Mexico : Interamericana editores S.A., 2012.

CABELLO, Eladio Cuadrado. 2013.

<https://www.interempresas.net/Mantenimiento/Articulos/113067-Grasas-lubricantes-caracteristicas-ventajas-y-aplicaciones.html>. *INTEREMPRESAS*. [En línea] 10 de SETIEMBRE de 2013.

CAMARENA Lillo, Francisco. 2011. <https://core.ac.uk/download/pdf/30045514.pdf>. [En línea] 2011.

CHUDAKOV, D.A. 1977. *Fundamentos de la teoría y el cálculo de tractores y automóviles*. Moscú : Mir moscu, 1977.

CIRO, Espinoza Montes. 2010. *Metodología de la investigación tecnológica*. Perú : Imagen gráfica S.A.C., 2010.

COMERCIO, El. <https://elcomercio.pe/lima/transporte/informalidad-calles-laberinto-taxis-limeno-noticia-501826-noticia/>. [En línea]

F. PAYRI, J.M. DESANTES. 2011. *Motores de Combustión Interna*. Barcelona : Reverte S.A., 2011.

HERAS, Ricardo Padron Correa y Juan AVILAS. 2010. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/UPS-CT001889>. [En línea] 2010.

<https://spanish.alibaba.com/product-detail/tractor-clutch-parts-clutch-diaphragm-spring-for-mitsubishi-200-1226461440.html>. [En línea]

LUQUE Pablo, ALVAREZ Daniel. 2004. *Ingeniería del Automóvil*. Madrid : Thomson Editores Spain, 2004.

O. Tróconis Gladis, O Nogales Rincon, Trocónis de Rincón. 1997. *Manual de Inspección, evaluación y Diagnóstico de Corrosión en Estructuras de Hormigón Armado*. 1997.

OROÑAS, José Luis Castillo. 1984. <http://eprints.uanl.mx/5982/1/1020070351.PDF>. [En línea] 1984.

PIPES, Jason. 2015.

<https://web.archive.org/web/20170201230021/http://www.feldgrau.com/articles.php?ID=60>. [En línea] 2015.

RIVAS, Francisco Javier Huamán. 2010.

http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/529/HUAMAN_RIVAS_FRANCISCO_PREFACTIBILIDAD_INDUSTRIALIZAR_AUTOMOVILES.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
[En línea] agosto de 2010.

ROBERT, Norton. 2011. *DISEÑO DE MAQUINAS*. MEXICO : PEARSON EDUCACION, 2011.

ROSHFRANS. 2019. http://www.roshfrans.com/categoria_industria/1#. [En línea] 2019.

SAMPIERI, Hernandez. 2010. *Metodologia de la Investigacion*. Mexico : Mc Graw Hill Interamericana de la Mexico S.A., 2010.

STUBBLEBINE, David. 2011. https://ww2db.com/vehicle_spec.php?q=359. [En línea] 2011.

TANTA, Ricardo. 2017.

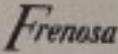
http://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/UTP/953/1/Ricardo%20Tanta_Trabajo%20de%20Suficiencia%20Profesional_Titulo%20Profesional_2017.pdf. [En línea] 2017.

VIIIANEXOS:

ANEXO 1: Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS GENERALES	HIPÓTESIS GENERAL	Variable independiente	Tipo de investigación:
<p>¿Cómo el diseño del embrague de un vehículo Hyundai accent 2013 permitirá aumentar su vida útil en 100000km?</p> <p>PROBLEMA ESPECIFICO</p> <p>P1: ¿Cómo determinar las fuerzas y el torque requerido por el motor a fin de diseñar el plato de embrague de un vehículo Hyundai Accent 2013?</p> <p>P2: ¿Cómo determinar la energía disipada y el desgaste del forro por acoplamiento a fin de diseñar el disco de embrague?</p> <p>P3: ¿Cómo seleccionar el forro del disco de embrague en función del coeficiente de abrasión a fin de aumentar la vida útil del embrague de un vehículo Hyundai Accent 2013?</p>	<p>Diseñar el embrague de un vehículo Hyundai Accent 2013 para aumentar su vida útil en 100000 km.</p> <p>OBJETIVO ESPECIFICO</p> <p>O1: Determinar las fuerzas y el torque requerido por el motor a fin de diseñar el plato de embrague de un vehículo Hyundai Accent 2013.</p> <p>O2: Determinar la energía disipada y el desgaste del forro por acoplamiento a fin de diseñar el disco de embrague.</p> <p>O3: Seleccionar el forro del disco de embrague en función del coeficiente de abrasión a fin de aumentar la vida útil del embrague de un vehículo Hyundai Accent 2013.</p>	<p>El diseño del embrague de un vehículo Hyundai accent 2013 permitirá aumentar su vida útil en 100000km.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECIFICA</p> <p>H1: El análisis y cálculo de las fuerzas y el torque requerido por el motor permitirá el diseño del plato de embrague de un vehículo Hyundai Accent 2013.</p> <p>H2: El análisis y cálculo de la energía disipada y el desgaste del forro por acoplamiento permitirá el diseño del disco de embrague.</p> <p>H3: Si se selecciona el forro del disco de embrague en función del coeficiente de abrasión permitirá el aumento de la vida útil del embrague de un vehículo Hyundai Accent 2013.</p>	<p>diseño del embrague</p> <p>Variable dependiente</p> <p>la vida útil</p>	<p>investigación tecnológica</p> <p>Nivel</p> <p>aplicada</p> <p>Enfoque</p> <p>cuantitativo</p> <p>Diseño de investigación</p> <p>no experimental</p> <p>Técnicas:</p> <p>Documentación (cálculos), descripción.</p>

ANEXO 2: Hoja de información del material Frenosa




HOJA DE INFORMACIÓN DEL MATERIAL



FIBER HQ

FE 302M

TIPO DE MATERIAL
Fibras de Vidrio

DESCRIPCIÓN
Non asbestos orgánico (NAD), moldeado, semiflexible, de color gris oscuro.

CARACTERÍSTICAS
Presenta coeficientes de fricción medio; combinado con un bajo desgaste. El metal blando actúa como modificador de fricción, ayudando a evacuar el calor, mejorando de esta forma la resistencia al desgaste; con alta resistencia estructural y excelente resistencia a la explosión.

DATOS TÉCNICOS
COEFICIENTES DE FRICCIÓN
Según Norma SAE J661

Normal	0.36(F)
Caliente	0.34(E)

PROPIEDADES FÍSICAS

Gravedad específica	1.90
Dureza Gogan	25 GD
Resistencia a la flexión	630 daN/cm ² (9000 PSI) mínimo
Resistencia a la explosión	(Para diámetros de 280 mm)

RANGOS DE OPERACIÓN RECOMENDADOS

Temperatura máxima	343 °C (650°F)
Carga máxima	10,5daN/cm ² (150 PSI)

TIPO DE APLICACIÓN
Tiene aplicación general en forros de embrague, especialmente diseñado para vehículo de transporte pesado, urbano y maquinarias industriales. Su uso es bajo condiciones secas de operación, sin embargo, contaminación con mínimas cantidades de aceite, no afectará el material.

TAMAÑO Y FORMA
Este material es suministrado en forma de piezas circulares perforadas y sin perforar así como en diversos diámetros y espesores.

TAMAÑOS	FORRO EMBRAGUE (mm)
Espesor	3 - 6.4
Diámetro interno	70 - 318
Diámetro externo	Hasta 330 mm

SUPERFICIE DE CONTACTO
El material de contacto recomendado debe ser un material de fundición gris, de excelentes cualidades, con una dureza aproximada en la escala Brinell de 200HB.

El gráfico muestra el coeficiente de fricción (Y-axis, 0.100 a 0.600) en función de la temperatura (X-axis, 100 a 650 °C). La línea de datos indica un coeficiente de fricción que comienza en aproximadamente 0.36 a 100°C y se mantiene relativamente estable hasta 650°C, donde disminuye ligeramente a unos 0.34.

DESGASTES

Peso	4.2%
Espesor	3.8%
Coefficiente de abrasión	2.65x10 ⁻⁶

Av. Bocanegra 149 Callao I, Perú. Telf.: (511) 484-0584 - 702-4590
E-mail: frenosa@frenosa.com.pe Página Web: www.frenosa.com.pe

**ANEXO 3: Proforma del trabajo del forro del disco de fricción
FRENOSA**

FRENOSA	PROFORMA
Razón Social: FRENO S.A.	FECHA PROFORMA: 15/11/19
RUC: 20100019516	FECHA DE VENCIMIENTO: 18/11/19
TELEFONO:	NRO. PROFORMA: 148-10-22019
FAX:	Condición de pago: CONTRATO CONTRA ENTREGA
CCI Nro:	MONEDA: DOLARES
E-mail:	
DATOS DEL CLIENTE	
JULIO CESAR VELAOCHAGA CARPIO	

ITEM	DESCRIPCION DEL PRODUCTO	Unidad	CANTIDAD	P.UNIT	TOTAL BRUTO	DESCUENTO TOTAL	IGV	TOTAL NETO
1	E0060261100S98- FORRO FEF 60261 FV 302	PZA	100	15.71	1571	0	58.71	1629.7 1
TOTAL: MONEDAS DOLARES					1571	0	58705 1	1629.7 1

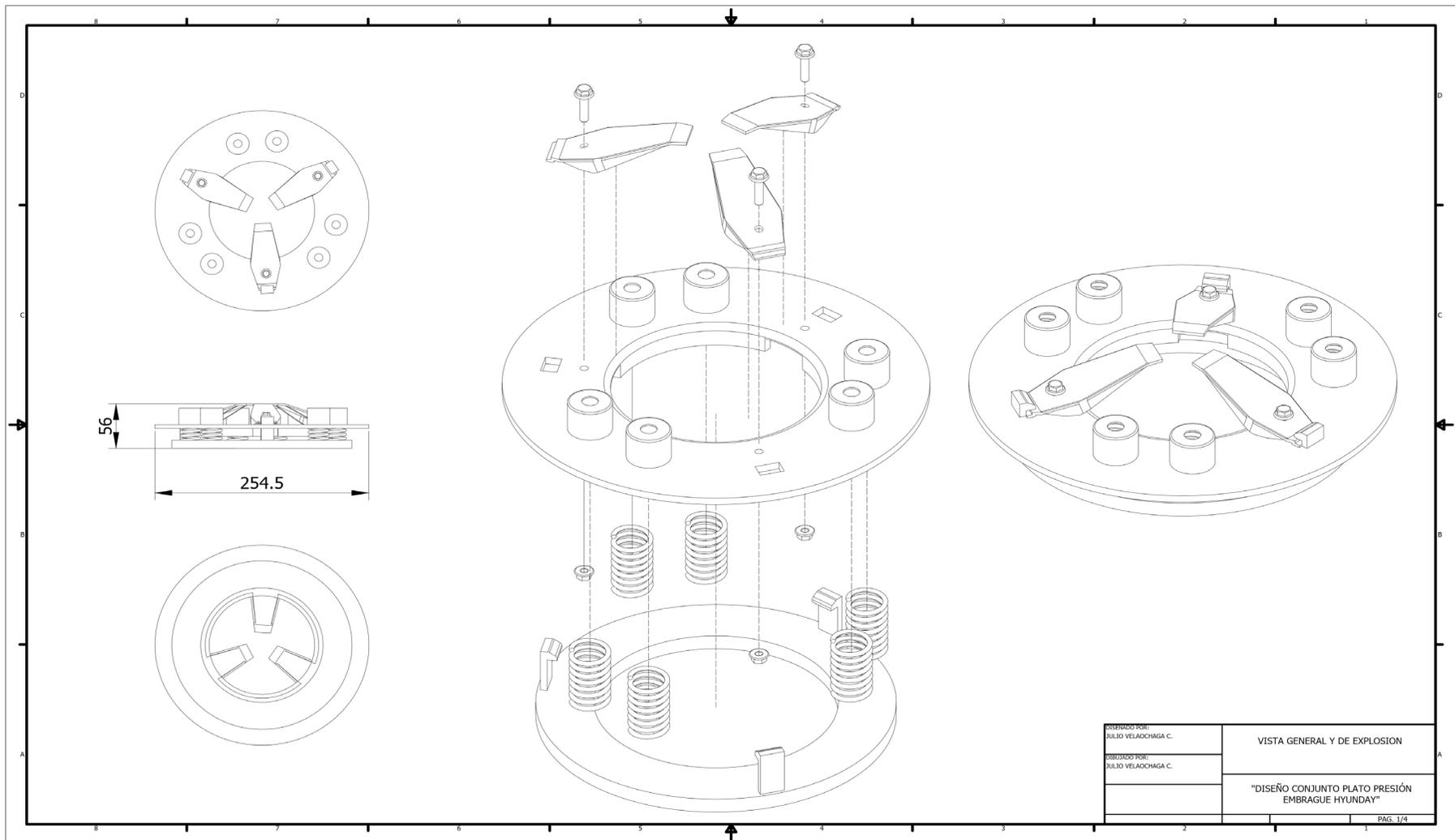
ANEXO 4: Proforma del trabajo del conjunto plato presión de embrague

Ítem	Descripción	Cantidad	Und.	P. U.	P.P
1	SISTEMA DE EMBRAGUE	1.00	Und	S/ 4,100.00	S/ 4,100.00
	* Material: fundición				
	* Suministro y fabricación de sistema de adaptación de sistema de embrague.				
PRECIO EN NUEVOS SOLES INCLUYE IGV				TOTAL	S/ 4,100.00

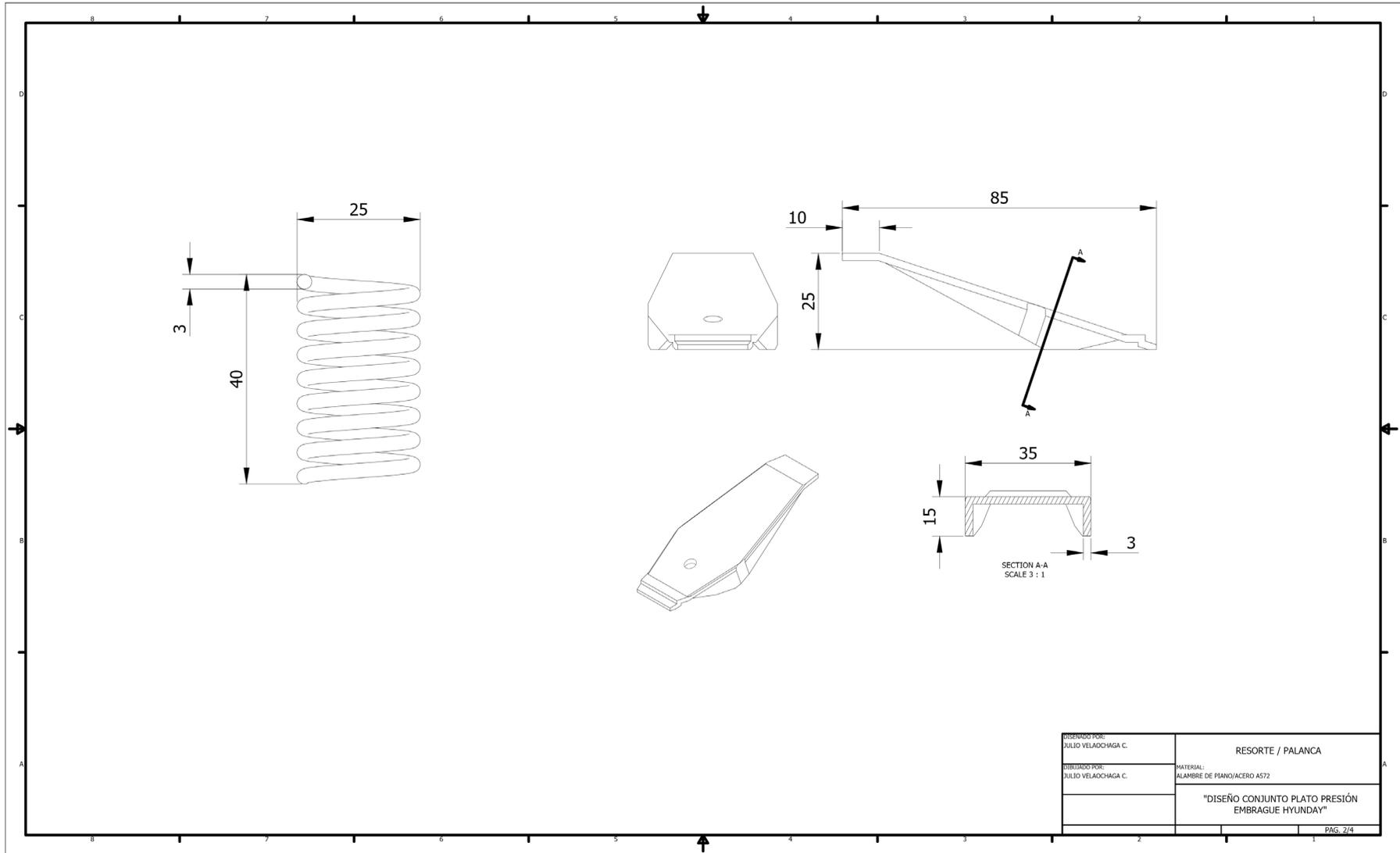
<p>Consideraciones de la oferta:</p> <p>a) Proceso de soldeo GMAW con homologación vigente.</p> <p>b) Inspección Radiográfica al 100% a las juntas soldadas.</p> <p>c) Plan de calidad, procedimiento de soldadura, arenado y pintura.</p> <p>d) Certificado de calidad de materiales y consumibles.</p> <p>e) Certificado de calibración de equipos.</p> <p>f) Reporte semanal de avance de fabricación con panel fotográfico.</p> <p>g) la cotización es en base a la información brindada.</p> <p>h) El cliente tiene total acceso a nuestras instalaciones para supervisar el avance de los trabajos a realizar.</p>		<p>Dpto. Costos y presupuestos</p> <p>ECOINCO PERU SAC</p>
---	--	--

<p>Gracias por confiar en nosotros</p>

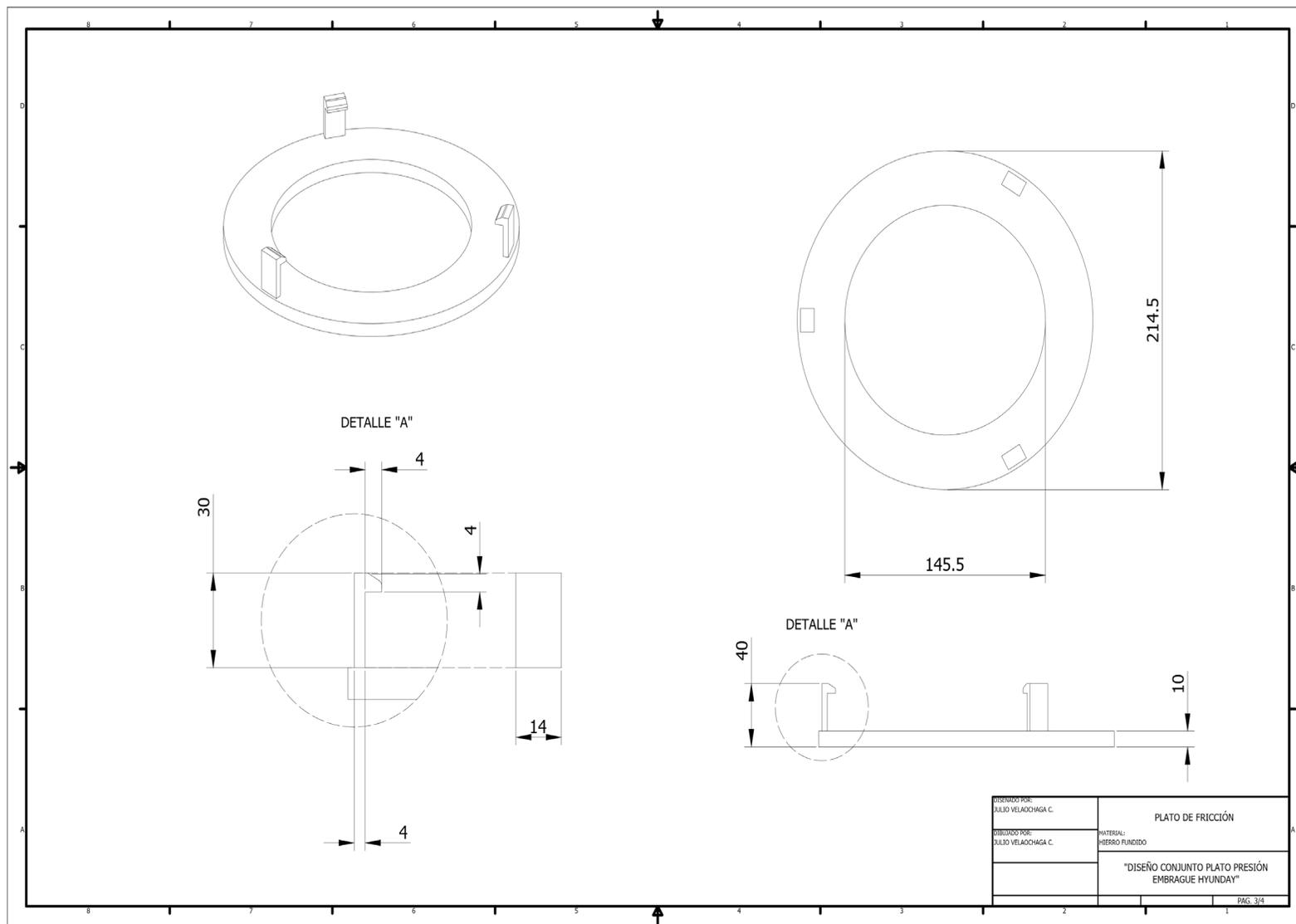
ANEXO 5: Planos diseño conjunto plato presión "VISTA GENERAL Y DE EXPLOSIÓN".



ANEXO 6: Planos diseño conjunto plato presión “RESORTE Y PALANCA DE RETRACCION”.



ANEXO 7: Planos diseño conjunto plato presión "PLATO DE FRICCIÓN".



ANEXO 8: Planos diseño conjunto plato presión "TAPA".

