



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA.

### TEMA:

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DE LA TRANSMISIÓN DE UN VEHÍCULO TOYOTA PRIUS, EN ALUMINIO Y FIBRA.

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz.

### AUTORES:

Pozo Guzmán Rubén Darío

Yandún Godoy Jonathan Marcel

### DIRECTOR:

Ing. Geovanny Guevara

Ibarra 2013

## **ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR**

En calidad de Director de la Tesis Titulada: **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DE LA TRANSMISIÓN DE UN VEHÍCULO TOYOTA PRIUS, EN ALUMINIO Y FIBRA”** de los egresados Pozo Guzmán Rubén Darío y Yandún Godoy Jonathan Marcel, considero que el presente informe de investigación reúne todos los requisitos para ser sometido a la evaluación del Jurado Examinador que el Honorable Consejo Directivo de la Facultad designe.

En la ciudad de Ibarra, 31 de Mayo del 2013.

Ing. Geovanny Guevara

## **DEDICATORIA**

Mi eterna gratitud a mis padres, los que con su ejemplo de lucha constancia y perseverancia ayudaron a que cumpla a cabalidad mi objetivo. Y en especial a mis hermanos y a mi hijo, que hoy se verán recompensados todos sus sacrificios.

**Jonathan**

Con infinito amor para mis padres quienes han sido la fortaleza más importante para cumplir con esta meta, por su apoyo incondicional les consagro en el altar de mi corazón.

**Darío**

## **AGRADECIMIENTO**

Queremos agradecer a la Universidad Técnica del Norte y a todos quienes nos colaboraron y ayudaron a concluir con este trabajo de investigación, de manera especial, al Ing. Geovanny Guevara Docente de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología, quien de una u otra manera sembró en nosotros conocimientos, que a lo largo de nuestras vidas siempre estarán presentes en nuestras actividades personales y profesionales.

A nuestros familiares quienes con infinito amor a través de la vida han sabido guiarnos, también fueron un pilar fundamental, el cual sirvió de ejemplo para superar todos los obstáculos y adversidades que se presentaron durante nuestra carrera universitaria llegando así a cumplir con éxito nuestro trabajo de grado.

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	v
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	1

### **CAPÍTULO I**

<b>1.</b>	<b>PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>3</b>
1.1	Antecedentes	3
1.2	Planteamiento del Problema	4
1.3	Formulación del Problema	5
1.4	Delimitación Del Problema	6
1.4.1	Unidades de observación	6
1.4.2	Delimitación espacial	6
1.4.3	Delimitación temporal	6
1.5	Objetivos	6
1.5.1	Objetivo General	6
1.5.2	Objetivos Específicos	7
1.6.	Justificación	7
1.7.	Factibilidad	7

### **CAPÍTULO II**

<b>2.</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>9</b>
2.1.1.	Fundamentación Tecnológica	9
2.1.2.	Fundición de Metales	10
2.1.3.	El Aluminio y sus Características para la Fundición	11

2.1.3.1.	Estado natural	12
2.1.3.2.	Historia	12
2.1.3.3.	Metalurgia	13
2.1.3.4.	Propiedades Físicas	13
2.1.3.5.	Propiedades Químicas	13
2.1.4.	Fibra de Vidrio	14
2.1.4.1.	Clasificación fibras de Vidrio	15
2.1.5	Engranajes	17
2.1.5.1.	Clasificación De Engranajes	19
2.1.5.1.1.	Según la Situación Relativa de los Árboles	19
2.1.5.1.2.	Engranajes Rectos	21
2.1.6.	Partes de un Engranaje (nomenclatura)	22
2.1.6.1.	Círculo de Paso	22
2.1.6.2.	Paso	22
2.1.6.3.	Paso Circular	23
2.1.6.4.	Paso Diametral	23
2.1.6.5.	Módulo	24
2.1.6.6.	Cabeza o Addendum	24
2.1.6.7.	Espesor de Diente	24
2.1.6.8.	Espacio de Diente	25
2.1.6.9.	Ancho de Cara	25
2.1.6.10.	Distancia Central	25
2.1.6.11.	Ángulo de Presión	25
2.1.7.	Trenes de Engranajes	26
2.1.7.1.	Relación de Velocidad	26
2.1.7.2.	Fórmulas para el cálculo de Engranajes	27
2.1.8.	Engranajes Interiores	31
2.1.9.	Trenes Epicycloidales Simples	32
2.1.9.1.	Variantes constructivas de trenes epicycloidales simples	33
2.1.10.	Ejes de Transmisión	34
2.1.10.1.	Cargas en Ejes	35

2.1.10.2.	Sujeciones y concentraciones de esfuerzos de los ejes	36
2.1.10.3.	Materiales de fabricación para ejes	36
2.1.10.4.	Potencia en los ejes	37
2.1.11.	Introducción a los Vehículos Híbridos	38
2.1.11.1	Tipos de Configuraciones de un Vehículo Híbrido	40
2.1.11.2.	Componentes y Funciones Básicas de un Híbrido	45
2.1.11.3.	Freno regenerativo	56
2.1.12.	Transmisión de Potencia	58
2.1.12.1.	Transmisión CVT	59
2.1.12.2.	Transmisión de un Vehículo Híbrido	62
2.1.13.	Tren epicicloidal	63
2.1.14.	Explicación de Funcionamiento del Sistema Híbrido	66
2.1.15	Diseño de una maqueta de la transmisión del Toyota Prius	69
2.2.	Posicionamiento Teórico Personal	70
2.3.	Glosario de Términos	71
2.4	Glosario de Formulas	73
2.5.	Interrogantes de la Investigación	76
2.6.	Matriz categorial	77

### **CAPÍTULO III**

<b>3.</b>	<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>79</b>
3.1.	Tipo de Investigación	79
3.1.1.	Investigación bibliográfica	79
3.2.	Métodos	80
3.2.1.	Empíricos	80
3.2.1.1.	Recolección de información	80
3.2.2.	Teóricos	80
3.2.2.1.	Científico	80
3.2.2.2.	Inductivo	80
3.2.2.3.	Deductivo	80

3.2.2.4.	Analítico	81
3.2.2.5.	Sintético	81

## **CAPÍTULO IV**

<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.</b>	<b>82</b>
4.1.	Datos específicos de todos los engranajes	82
4.2.	Cálculos de la corona de dientes internos.	83
4.3.	Cálculos de la corona de dientes externos.	84
4.4.	Cálculos de los engranajes satélites	85
4.5.	Cálculos del solar que es movido por el motor generador.	86
4.6.	Cálculos de satélites, movidos por el motor generador 2.	87
4.7.	Cálculos del solar que es movido por el motor generador	89
4.8.	Cálculos para los engranajes del reductor de velocidad.	90
4.9.	Cálculo, relación de transmisión de trenes epicicloidales	91
4.10.	Planetario bloqueado	92
4.11.	Satélites bloqueados	94
4.12.	Relación de transmisión, corona, reductor de velocidad	95
4.13.	Diámetro y número de revoluciones	97
4.14.	Calculo de RPM del reductor de velocidad	97

## **CAPÍTULO V**

<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>99</b>
5.1.	Conclusiones	99
4.2.	Recomendaciones	100

## **CAPÍTULO VI**

<b>6.</b>	<b>PROPUESTA ALTERNATIVA</b>	<b>101</b>
6.1.	Título de la Propuesta	101

6.2.	Justificación e Importancia	101
6.3.	Fundamentación	102
6.3.1.	El Reciclaje	102
6.3.2.	El Reciclaje del Aluminio	102
6.4.	Objetivos	104
6.4.1.	Objetivo General	104
6.4.2.	Objetivos Específicos	104
6.5.	Ubicación Sectorial y Física	105
6.6.	Desarrollo de la Propuesta	106
6.6.1.	Cálculo para el diseño de engranajes	106
6.6.1.1.	Numero de dientes de los engranajes	106
6.6.1.2.	Cálculos de la corona de dientes internos.	106
6.6.1.3.	Cálculos de la corona de dientes externos.	112
6.6.1.4.	Cálculos de satélites, movidos por el motor de combustión	109
6.6.1.5.	Cálculos del solar que es movido por el motor generador	110
6.6.1.6.	Cálculos de satélites, movidos por el motor generador	2.111
6.6.1.7.	Cálculos del solar que es movido por el motor generador	113
6.6.1.8.	Cálculos para los engranajes del reductor de velocidad.	114
6.6.2.	Calculo de relación de transmisión del tren epicicloidial	116
6.6.2.1.	Planetario bloqueado	116
6.6.2.2.	Satélites bloqueados	118
6.6.2.3.	Relación de transmisión, corona, reductor de velocidad	120
6.6.2.4.	Diámetro y número de revoluciones	120
6.6.2.5.	Calculo de RPM, reductor de velocidad y corona	121
6.6.3.	Material y Utencillos para la fundición del aluminio.	121
6.6.3.1.	Elementos para el transporte de arena	122
6.6.3.2.	Fundición del Aluminio	126
6.6.3.3.	Procedimiento de Moldeo	128
6.6.4.	Materiales para la fabricación de la corona central y el reductor de velocidad en fibra de vidrio	130

6.6.4.1.	Resina	130
6.6.4.2.	Estireno	131
6.6.4.3.	Carbonato de Sodio	132
6.6.5.	Fresado de dientes en piñones y corona	132
6.6.5.1.	Fresado de dientes de engranajes (satélites)	136
6.6.6.	Ensamblaje de la maqueta	138
6.7.	Condiciones de trabajo del Toyota Prius	144
6.8.	Impactos	154
6.9.	Difusión	154
6.10.	Socialización	155
6.11.	Bibliografía	157
ANEXOS		159

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Partes de un horno de fundición	11
Figura 2.	Partes de un engranaje	22
Figura 3.	Forma del diente envolvente a profundidad máxima	25
Figura 4.	Levas con perfiles en contacto	28
Figura 5.	Engrane y piñón. Contacto	29
Figura 6.	Esquema para la definición, relación de contacto	30
Figura 7.	Engranajes internos	32
Figura 8.	Tren epicicloidal simple	32
Figura 9.	Cargas en Ejes	35
Figura 10.	Funcionamiento del vehículo híbrido	39
Figura 11.	Configuración en serie	41
Figura 12.	Configuración en paralelo	42
Figura 13.	Configuración serie paralelo	44
Figura 14.	Componentes del sistema híbrido	45
Figura 15.	Características del motor de combustión interna	46
Figura 16.	Diagrama del ciclo Atkinson	48
Figura 17.	Partes del inversor	52
Figura 18.	Partes de la batería HV	55
Figura 19.	Freno regenerativo	57
Figura 20.	Comparación del freno regenerativo	57
Figura 21.	Comparación freno regenerativo y freno hidráulico	58
Figura 22.	Transeje básico del Prius	63
Figura 23.	Engranaje planetario	64
Figura 24.	Esquema, engranaje planetario de la transmisión	66
Figura 25.	Sistema de componentes de la transmisión	67
Figura 26.	Tren de engranajes	68
Figura 27.	Relación de transmisión	96

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Fundición de metales	10
Gráfico 2.	Aluminio en estado natural	12
Gráfico 3.	Fibra de Vidrio	15
Gráfico 4.	Engranajes Rectos	18
Gráfico 5.	Engranajes Rectos	21
Gráfico 6.	Tren epicicloidal con tres engranajes	33
Gráfico 7.	Ejes de Transmisión	34
Gráfico 8.	Funcionamiento de los dos motores en sus distintas	44
Gráfico 9.	Generador real vista en sección	49
Gráfico 10.	Motor Toyota Prius	49
Gráfico 11.	Inversor	50
Gráfico 12.	Transistor IGBT	55
Gráfico 13.	Bateria de alta tension	56
Gráfico 14.	Transmisión CVT	60
Gráfico 15.	Acoplamiento de la transmisión CVT	61
Gráfico 16.	Unidad compuesta de engranajes	69
Gráfico 17.	Taller donde se realizó la maqueta	105
Gráfico 18.	Fundición del aluminio	123
Gráfico 19.	Moldes de madera	124
Gráfico 20.	Crisoles o cubos con abrazadera	126
Gráfico 21.	Fundición del Aluminio	126
Gráfico 22.	Procedimiento de escoriar	127
Gráfico 23.	Moldeo a mano de las bases	128
Gráfico 24.	Moldeo a mano de los engranajes	129
Gráfico 25.	Procedimiento de secado	130
Gráfico 26.	Vista de Resina, Meck, Estireno, Carbonato	132
Gráfico 27.	Fresado de la corona central	133
Gráfico 28.	Fresado de la corona central	134
Gráfico 29.	Fresado de las coronas laterales	135

Gráfico 30.	Fresado de dientes de engranajes (satélites)	137
Gráfico 31.	Fresado de dientes de engranajes (satélites)	137
Gráfico 32.	Vista de las coronas con su soporte	138
Gráfico 33.	Vista del eje con el porta satélites	139
Gráfico 34.	Porta satélites y satélites	139
Gráfico 35.	Vista de las bases con los orificios de soporte	140
Gráfico 36.	Vista de las bases con los orificios de soporte	141
Gráfico 37.	Montaje de las bases	142
Gráfico 38.	Montaje de las bases	142
Gráfico 39.	Pintado y armado de la maqueta	143
Gráfico 40.	Pintado y armado de la maqueta	143
Gráfico 41.	Toyota Prius detenido con carga completa	144
Gráfico 42.	Toyota Prius detenido con batería baja	145
Gráfico 43.	Toyota Prius cargando batería	145
Gráfico 44.	Toyota Prius detenido en movimiento eléctrico	146
Gráfico 45.	Toyota Prius encendido motor térmico	147
Gráfico 46.	Motor térmico en movimiento el vehículo y cargando la batería	148
Gráfico 47.	Toyota Prius a media potencia	149
Gráfico 48.	Toyota Prius a máxima potencia	150
Gráfico 49.	Toyota Prius en freno regenerativo (posición D)	151
Gráfico 50.	Toyota Prius en freno regenerativo (posición B)	151
Gráfico 51.	Toyota Prius en freno reversa	152

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Especificaciones Técnicas (filamentos sin acabados)	16
Tabla 2.	Especificaciones Técnicas	17
Tabla 3.	Paso ciclar estandar	23
Tabla 4.	Pasos diametrales estandar	24
Tabla 5.	Formulas para el diseño de engranejes	27
Tabla 6.	Relación de transmisión	64
Tabla 7.	Numero de dientes usados en el trans eje hibrido	65
Tabla 8.	Numero de dientes de los engranajes	82
Tabla 9.	Condiciones de Trabajo	153

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación surge de la falta de una maqueta didáctica que muestre el funcionamiento de vehículos híbridos, haciendo que el entendimiento de este tipo de sistema de transmisión sea más fácil y sencillo. Puesto que, actualmente lo realizan en forma teórica y mediante gráficos solamente. Por tales razones se decidió diseñar y construir una maqueta didáctica del sistema de transmisión de un vehículo híbrido, que permita el aprendizaje de este tipo de transmisión de manera fácil y práctica. El segundo capítulo abarca un estudio generalizado de fundición de metales como es el aluminio y la fibra de vidrio, que se utilizó para la construcción de la maqueta, estudio de engranajes rectos de dientes internos y externos, el diseño de ejes de transmisión, introducción a los vehículos híbridos con sus componentes mecánicos y eléctricos. El capítulo cuatro contempla el cálculo de los engranajes constitutivos de la maqueta, la selección de elementos normalizados y la relación de transmisión de los engranajes. El capítulo cinco se presentan las conclusiones y recomendaciones que se debe tener en cuenta para el diseño, para la construcción y el correcto funcionamiento de la maqueta. En el capítulo seis se presenta la construcción de la maqueta con sus respectivos procesos, de fundición de aluminio, fibra de vidrio, torneado y el fresado de los engranajes, contiene el ensamblaje de la maqueta además de los gráficos respectivos, por último contiene las diferentes pruebas de condición de marcha del vehículo Toyota Prius.

## **ABSTRACT**

This graduation project comes from the lack of a scale model that shows the operation didactic hybrid vehicles, and it can make the understanding of this type of transmission system become easier; because, today it is done only in theory and graphical. For these reasons, it was decided to design and build a didactic model of the transmission system of a hybrid vehicle. This scale model it allows to learn the easy way. The second section covers a widespread study about metal smelting such as aluminum and fiberglass, which it was used to build the scale model, study of internal and external spur gears, designing shafts, introduction to hybrid vehicles with mechanical and electrical component. The chapter four it provides the calculation of the additional gear model, the selection of standard elements and the transmission ratio of the gears. And what is the conductive element? The Chapter five presents the conclusions and recommendations it that should be taken into consideration in the design for the construction and functioning of the model. In chapter six presents the construction of the model with their respective processes, aluminum smelting, Fiberglass, turning, gears, also, contains the assembly of the model in addition to the respective drawings.

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto contempla, el diseño y construcción de un prototipo didáctico del sistema de transmisión de un vehículo híbrido. La tecnología híbrida es aquella que combina el motor de combustión interna y moto-generadores alimentados por baterías que se recargan mediante el sistema de freno regenerativo, u otros métodos que precisa una mecánica semejante.

En la actualidad, esta clase de vehículos cada vez va teniendo más demanda por los usuarios en general; por este motivo se hace necesario estar actualizado en esta tecnología lo que requiere un conocimiento exhaustivo del funcionamiento del mismo, pero esto no es posible ya que no se dispone de material didáctico necesario para este fin. Este proyecto pretende resolver este problema.

Cabe indicar que esta máquina facilitará el proceso de enseñanza en materia de transmisiones, puesto que presenta un sistema didáctico sencillo de manejar sobre la transmisión de los vehículos Toyota Prius , además optimiza el tiempo de aprendizaje al tener una guía completa sobre esta clase de vehículos.

La estructura de esta investigación abarca seis capítulos que se presenta a continuación:

**Capítulo I.-** Consta del problema de investigación, antecedentes, planteamiento del problema, formulación del problema, unidades de observación, delimitación espacial y temporal, objetivos de la investigación y la justificación.

**Capítulo II.-** Se encuentra el marco teórico, fundamentación teórica, posicionamiento teórico personal, glosario de términos, sub-problemas o interrogantes y matriz categorial.

**Capítulo III.-** Comprende todo lo referente a la metodología de investigación, tipos de investigación, métodos empíricos, teóricos y matemáticos, técnicas e instrumentos, población, muestra fracción muestral que se requieren para la investigación de este proyecto.

**Capítulo IV.-** Encontraremos el análisis e interpretación de resultados, que consiste en: la contestación a las preguntas de investigación, de la aplicación de las encuestas para el diseño y construcción de una maqueta de la Transmisión de un Vehículo Toyota Prius, en aluminio y fibra”

**Capítulo V.-** Aquí se señala las conclusiones y recomendaciones en base a lo que contestaron el cuestionario de la encuesta, de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte.

**Capítulo VI.-** Se expone el desarrollo de la propuesta alternativa, misma que consta de: El título de la propuesta, su justificación e importancia, la fundamentación, los objetivos, la ubicación sectorial y física, el desarrollo en sí de la propuesta, el impacto, es decir, que resultados esperamos alcanzar con la aplicación de la propuesta, su difusión, la bibliografía y para concluir los anexos.

## **CAPÍTULO I**

### **1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. ANTECEDENTES**

Estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte realizan investigaciones, logrando así aumentar los conocimientos teóricos prácticos para mejorar la interpretación de las innovaciones automotrices existentes en nuestro medio.

Docentes y estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz mantienen una relación de cooperación y coordinación en todos los aspectos relacionados con el mejor aprendizaje, formando experiencia y habilidad que son parte clave para la formación de un profesional.

Futuros profesionales en mecánica automotriz se encuentran en una investigación constante de conocimientos tecnológicos que tendrán como misión reunir cualidades y habilidades teórico práctico, para así brindar un servicio de alta calidad a toda persona que lo requiera.

En los talleres de mecánica automotriz de la Universidad Técnica del Norte consta con información de contenidos específicos y el material didáctico para el aprendizaje de los estudiantes. Es necesario, la implementación de maquetas que sirvan como modelo de enseñanza del vehículo híbrido Toyota Prius.

En este accionar la Universidad presenta nuevas alternativas de gestión en el sistema educativo que responde a los requerimientos de la sociedad.

Es por eso que nuestra propuesta se basa en el diseño y creación de una maqueta de la transmisión del Toyota Prius en aluminio y fibra.

De esta manera demostramos que la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz nos da la pauta para buscar nuevas metodologías didácticas de enseñanza - aprendizaje, en base a la nueva tecnología.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En toda carrera universitaria referente a la mecánica automotriz, es importante la enseñanza sobre realizar un mantenimiento mecánico de máquinas herramientas, e instalaciones, ya que un plan de mantenimiento mejora la vida útil de las maquinas herramientas reduciendo la necesidad de los repuestos y minimizando el costo anual del material usado.

Como se sabe, muchas de las máquinas herramientas que se utiliza en el país son traídas del extranjero al igual que materiales y piezas de repuestos.

Debido a la escaza información existente sobre los vehículos híbridos se dificulta realizar un mantenimiento ya que la tecnología de estos vehículos es de última generación que solo el fabricante cuenta con los datos y manuales de estos vehículos.

En el taller automotriz de la Universidad Técnica del Norte existe escaso entendimiento del funcionamiento de la transmisión del Toyota Prius, el

cual dificulta el aprendizaje a los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.

Con el crecimiento de los vehículos híbridos en el parque automotor se hace necesario que los técnicos y estudiantes de mecánica automotriz se capaciten en este tipo de tecnologías.

En las instalaciones del Taller de Mecánica Automotriz de la Universidad Técnica del Norte carece de material didáctico adecuado para conocer el funcionamiento de la transmisión del Toyota Prius.

Por esta razón los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz necesitan de conocimiento sobre la tecnología de la transmisión del vehículo Toyota Prius

### **1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo diseñar y construir una maqueta didáctica de la transmisión del Toyota Prius en aluminio y fibra para conocer el funcionamiento y mejorar el aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte?

En el desarrollo del trabajo se presenta un estudio del diseño de los diferentes sistemas que conforman el prototipo, seguido de la selección de la alternativa más viable de acuerdo a ciertos factores analizados.

Cabe indicar que esta máquina facilitará el proceso de enseñanza en materia de transmisiones, puesto que presenta un sistema didáctico sencillo de manejar sobre la transmisión de los vehículos híbridos.

## **1.4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.4.1. Unidades de Observación**

En el tema propuesto se encuentra las siguientes unidades de observación: Se realizó en la Universidad Técnica del Norte en la Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología, Escuela de Educación Técnica, en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, con los Estudiantes de los octavos y décimos semestres.

### **1.4.2. Delimitación Espacial**

El trabajo de grado se realizó en el área virtual, que se encuentra en la biblioteca, de la Universidad Técnica Del Norte.

De igual manera se desarrolló en el TALLER DE FUNDICIÓN GUEVARA, de la provincia de Imbabura, cantón Otavalo, ciudad de Otavalo, donde tienen todos los requerimientos de una institución como: los servicios básicos y una tecnología moderna.

### **1.4.3. Delimitación Temporal**

El desarrollo de este trabajo de grado se lo realizó durante los meses de noviembre del 2012, hasta mayo del 2013.

## **1.5. OBJETIVOS**

### **1.5.1. Objetivo General**

Diseñar y construir una maqueta de la Transmisión de un Vehículo Toyota Prius, en aluminio y fibra”.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- a) Utilizar la investigación bibliográfica para realizar el respectivo diseño y cálculo de los engranajes.
- b) Analizar el funcionamiento de la transmisión del Toyota Prius.
- c) Construir una maqueta de la transmisión de un vehículo Toyota Prius, en aluminio y fibra.
- d) Socializar con el octavo y decimo semestre del año lectivo 2012 – 2013, de carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, los resultados de la investigación.

### **1.6. JUSTIFICACIÓN**

El motivo principal por la cual se realizó esta investigación fue para mejorar el conocimiento de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz aplicando el proyecto de diseñar y construir una maqueta didáctica para la enseñanza del funcionamiento de la transmisión del Toyota Prius.

Lo cual permitió implementar el material didáctico al taller automotriz de la Universidad Técnica del Norte. Con el desarrollo de este proyecto, dio solución a los problemas ocasionados por la falta de material didáctico y la falta de conocimiento de los estudiantes de la carrera sobre este tipo de mecanismos existentes en la actualidad.

### **1.7. FACTIBILIDAD**

Este trabajo de grado fue factible y realizable ya que benefició a toda la comunidad educativa como son las autoridades de la Universidad,

personal docente y administrativo y fundamentalmente a los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, lo que permitió que todos conozcan y lleven a la práctica la utilización y funcionamiento de la transmisión del vehículo Toyota Prius.

Este trabajo de grado tuvo el apoyo necesario, los recursos humanos, material didáctico, que facilitaron llegar a nuestro objetivo y cumplirlo a cabalidad. Los recursos financieros fueron cubiertos en su totalidad por los investigadores desde su inicio hasta la finalización de la investigación.

Además se tomó en cuenta que esto sirve como metodología de aprendizaje, en su entorno educativo para el logro de las metas designadas en su futuro.

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

##### **2.1.1. Fundamentación Tecnológica**

(ZELAYA, 2006): "Toyota es una empresa multinacional japonesa. Toyota pasó a ser en el año 2007 el primer fabricante mundial de automóviles adelantando a General Motors.

Es una de las "tres grandes" fabricantes de automóviles estadounidenses que incluye Nissan Motors y Honda Motor con gran éxito. Produce automóviles, camiones, autobuses y robots y es la quinta empresa más grande del mundo.

Toyota se ha convertido en una de las empresas japonesas más rentables y con más éxito y una de las corporaciones líderes en la industria del automóvil presentando el primer aparcado automático en la industria disponible comercialmente (Advanced Parking Guidance System), una caja de cambios automática de ocho velocidades, guía de tráfico en tiempo real con reasignación de ruta dinámica y un control climático de cuatro zonas con tecnología de infrarrojos en sus modelos de la división Lexus.

Es también una de las pocas empresas de automóviles que ha producido extensamente y promocionado automóviles basados en una tecnología de

combustible híbrida como es el modelo Prius, Toyota e incluso en la división de automóviles de lujo Lexus.

Debido a las fuertes sumas de dinero que invierten en las investigaciones, es que son celosos y egoístas con la información que obtienen. Pero eso nos ha impulsado a desarrollar esta maqueta para la enseñanza y aprendizaje del funcionamiento de la transmisión del vehículo Toyota Prius”.

### **2.1.2. Fundición de Metales**

(GERLING, 1979) : “La transformación de los metales ha sido durante mucho tiempo el arte exclusivo de obreros muy competentes y hábiles. En el curso de los últimos decenios, la técnica de la fundición ha experimentado una notable evolución, como consecuencia de la experiencia obtenida y del progreso de la investigación científica en este campo de la industria.

Ello ha permitido pasar de los métodos de la fundición artesana como muestra en el gráfico 1, con el meticuloso moldeo a tierra, a los modernos sistemas de coquilla y máquina de inyectar.



Gráfico 1. Fundición de metales

Fuente: (GERLING, 1979).

La fundición propiamente dicha del material en los hornos de fusión, bien sea alimentado dicho hornos con lingotes de la aleación concreta que se precisa, bien sea preparándola con lingotes, chatarras correctivos necesarios.

En cualquiera de ambos casos deben añadirse los materiales llamados fundentes, cuya misión es des gasificar, desoxidar, etc. el metal líquido, que necesariamente debe pasar por un horno de fundición como muestra en la figura 1”.

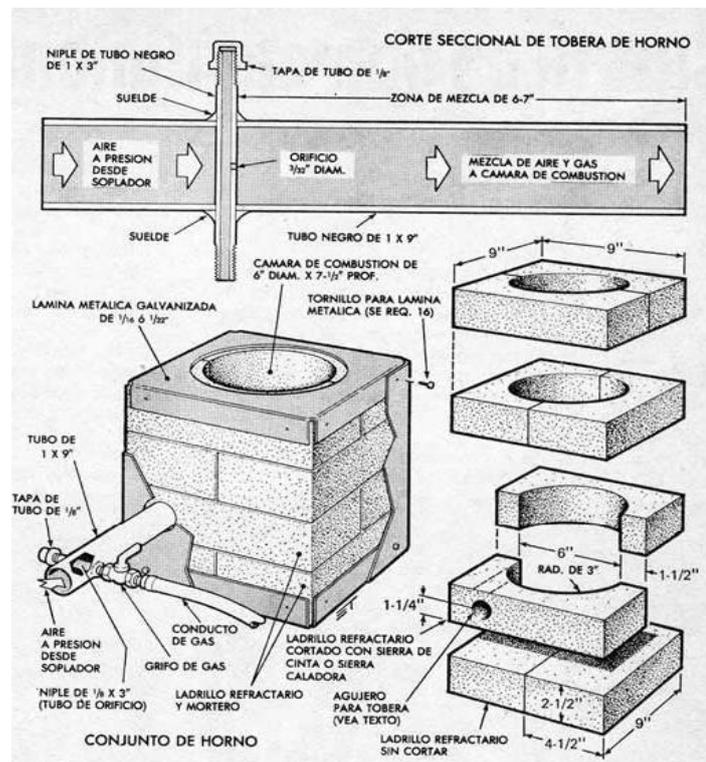


Figura 1.- Partes de un horno de fundición.

Fuente: (GERLING, 1979)

### 2.1.3. El Aluminio y sus Características para la Fundición

#### 2.1.3.1. Estado Natural

(GERLING, 1979): “El aluminio es el metal más repartido sobre la tierra, como muestra el gráfico 2 en estado natural si bien siempre aparece en forma de compuestos. La principal materia prima para su extracción es la bauxita (óxido doble de aluminio y hierro), que se encuentra en Baux (Unión Sudafricana), Italia, Hungría, Yugoslavia, Indonesia y Estados Unidos. También existe en forma de alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), de sulfato de alúmina y de criolita (fluoruro doble de aluminio).”



Gráfico 2. Aluminio en estado natural

Fuente: (GERLING, 1979)

#### 2.1.3.2. Historia

La primera obtención del aluminio la consiguió Wohler en 1827. Anteriormente, Davy había realizado ensayos infructuosos con objeto de aislar el metal de la alúmina. Bunsen obtuvo el aluminio electrolíticamente en 1854. La aplicación económica de estos procedimientos no fue posible hasta 1880, época en que se inventó la dinamo eléctrica.

### **2.1.3.3. Metalurgia**

(ARIAS, 2009): “La bauxita bruta es previamente triturada y calentada en hornos rotativos para la deshidratación y eliminación de las impurezas orgánicas; luego se muele en fino y se trata con lejía de sosa en autoclave, a presión y a unos 170 grados.

El aluminato sódico soluble que se forma se separa de las impurezas insolubles, se diluye y se descompone en agitadores. El hidrato de alumina muy puro que se precipita se transforma, en hornos rotativos y a 1300 grados, en alúmina, la cual fundida se trabaja electrolíticamente. En los hornos electrolíticos corrientes se electroliza a más de 900° una mezcla fundida de alúmina y criolita. La corriente necesaria para ello es de unos 20 000 amperios”.

### **2.1.3.4. Propiedades Físicas**

(R.H.JONES, 2008): “El aluminio es un metal blanco ligeramente azulado, que funde a unos 650 grados, su peso específico es de 2,56 es decir, unas cuatro veces inferior al de la plata. Igual que el oro y la plata es muy dúctil y maleable (se puede obtener en hilos muy finos y en hojas muy delgadas), es buen conductor del calor y de la electricidad”.

### **2.1.3.5. Propiedades Químicas**

El aluminio es inalterable al aire, a temperaturas muy elevadas, al rojo cuando es muy puro, no descompone el agua, en estado pulverulento y mezclado con cuerpos extraños, descompone el agua hirviente.

Los ácidos: sulfúrico y nítrico no atacan a la temperatura ordinaria, pero si en caliente. El ácido clorhídrico y las soluciones alcalinas lo disuelven en

frio. Por estas propiedades puede considerarse metal intermedio entre los metales ordinarios y los metales nobles.

#### ➤ Usos

El aluminio y sus aleaciones tienen extensa aplicación en la industria actual. Su empleo aumenta sin cesar en todo los campos donde se requiere un metal ligero y resistente a la vez: industrias automotrices y aeronáutica, vagones de ferrocarril, cámaras fotográficas, aparatos de cirugía, instrumentos de precisión, baterías de cocina etc.

También el ramo de la construcción utiliza cada vez más el aluminio como elemento auxiliar en forma de perfiles, tubos, barras e infinidad de elementos prefabricados para empresas especializadas en carpintería metálica. Por ser buen conductor del calor y de la electricidad se usa en la fabricación de conductores eléctricos.

En el proceso llamado aluminotermia se emplea el aluminio como reductor para obtener metales partiendo de los óxidos de estos: este proceso tiene gran aplicación en la industria de la soldadura.

En la moderna fundición a presión se usa el aluminio aleado con zinc, magnesio y silicio. Interviene así mismo en la fabricación del bronce al aluminio, aleación muy fusible, de mucha resistencia y dureza que se moldea con facilidad.

#### **2.1.4. Fibra de Vidrio**

(GERLING, 1979): "Fibra mineral elaborada a partir de sílice, cal, alúmina y magnesita como muestra el gráfico 3. A estas materias se les añaden

óxidos diversos y se trituran finamente consiguiendo una masa homogénea, que más tarde se introducen en un horno a 1.550 °C. El vidrio fundido se extruye y estira, aplicándole un ensimaje y consiguiendo así el filamento.



Gráfico 3. Fibra de Vidrio

Fuente: (GERLING, 1979)

#### **2.1.4.1. Clasificación fibras de Vidrio**

##### **➤ Fibras de Vidrio Tipo E**

(S.A, materiales fibras de vidrio, 2009): “Es el tipo de fibra que más se utiliza, esta fibra se caracteriza por sus propiedades dieléctricas, que representa el 90% de refuerzo para composites. Fibra inorgánica compuesta de 53-54% SiO<sub>2</sub>, 14-15.5% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 20-24% CaO, MgO y 6.5-9% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, y esc. Este tipo de fibra posee buenas propiedades dieléctricas, y excelentes propiedades frente al fuego”.

Tabla 1.- Especificaciones Técnicas (filamentos sin acabados)

<b>MECÁNICAS</b>	<b>TÉRMICAS</b>	<b>ELÉCTRICAS</b>	<b>QUÍMICAS</b>
Tenacidad: N/tex 1.30 Fuerza: a la tracción (Mpa.) 3400. Elongación: hasta rotura 4.5%	Conductividad térmica: W/m 1 Resistencia termo mecánica: 100 % después de 100 h	Resistividad ohm. cm 1014; 1015 Factor de disipación dieléctrica 0.0010 – 0.0018 a 106 Hz	Absorción de humedad a 20 ° y 60 % de humedad relativa Resistencia a los disolventes: alta Resistencia a la interperie y los rayos UV: alta Resistencia a microorganismos: alta

Fuente: (GERLING, 1979)

### **Aplicaciones**

Construcción: tejidos para decoración en locales públicos, aislante.

Automoción: compositos para componentes de vehículos.

Usos industriales: para todo tipo de composites para usos industriales, como piezas plásticas reforzadas con este tipo de fibra, componentes para ordenadores.

#### ➤ **Fibras de Vidrio Tipo AR**

(S.A, materiales fibras de vidrio, 2009): “Posee un alto contenido en óxido de circonio, el cuál le confiere una buena resistencia a los álcalis como se

muestra en la tabla 2. La fibra de vidrio tipo AR es una fibra de alto contenido en óxido de zirconio. Este tipo de fibra posee muy buenas propiedades de resistencia a compuestos alcalinos”.

Tabla 2.- Especificaciones Técnicas

<b>MECÁNICAS</b>	<b>QUIMICAS</b>
Fuerza de tracción (Mpa): 3000 – 3500	Absorción de humedad a 20 °C y 60 % de humedad relativa
Elongación hasta rotura (%): 4.3	Resistencia a los disolventes: alta
	Resistencia a la interperie y a los rayos UV: alta
	Resistencia a microorganismos: alta

Fuente: (GERLING, 1979)

## **Aplicaciones**

Usos industriales: se utiliza como fibra de refuerzo en morteros a base de cemento, sustitución de amianto en tejados, paneles de fachadas, piezas de recubrimiento, de decoración.

### **2.1.5 Engranajes**

(MOOT, 2006): “En muchas máquinas, se hace necesaria la transmisión de movimiento de rotación entre dos ejes, y a menudo se quiere que la relación entre las velocidades angulares de estos ejes sea constante e independiente de la configuración.

Para conseguirlo, se utilizan ruedas de fricción, correas, cadenas o engranajes. Los engranajes son ruedas dentadas empleadas para transmitir un movimiento giratorio o alternativo desde una parte de una máquina a otra. Un conjunto de dos o más engranajes que transmite el movimiento de un eje a otro se denomina tren de engranajes.

Los engranajes se utilizan sobre todo para transmitir movimiento giratorio, pero usando engranajes apropiados y piezas dentadas planas pueden transformar movimiento alternativo en giratorio y viceversa. El gráfico 4 muestra un engranaje de dientes rectos.



Gráfico 4.- Engranajes Rectos

Fuente: (MOOT, 2006)

Existe una gran variedad de formas y tamaños de engranajes, desde los más pequeños usados en relojería e instrumentos científicos (se alcanza el módulo 0,05) a los de grandes dimensiones, empleados, por ejemplo, en las reducciones de velocidad de las turbinas de vapor de los buques, en el accionamiento de los hornos y molinos de las fábricas de cemento, etc.

Toda esta gran variedad de aplicaciones del engranaje puede decirse que tiene por única finalidad la transmisión de la rotación o giro de un eje a otro distinto, reduciendo o aumentando la velocidad del primero, constituyendo los llamados reductores o multiplicadores de velocidad y los cambios de velocidades. Una variedad muy interesante de todos estos mecanismos la constituyen los llamados trenes epicicloidales y los diferenciales”.

### **2.1.5.1. Clasificación De Engranajes**

La clasificación de los engranajes de dientes rectos e helicoidales se efectúa según la disposición de sus ejes de rotación.

#### **2.1.5.1.1. Según la Situación Relativa de los Árboles**

Empleada en situación relativa de los árboles o ejes donde van montados los engranajes, y cuyo movimiento de rotación transmiten hacia donde queremos obtener un giro final.

##### **➤ Ejes Paralelos en un mismo Plano**

Cilíndricos de dientes Helicoidales

Cilíndricos de dientes rectos

Doble helicoidales

##### **➤ Ejes que se Cortan en un mismo Plano**

Cilíndricos de dientes Helicoidales

Cilíndricos de dientes rectos

Cilíndricos espirales

➤ **Ejes que se cruzan Perpendicularmente**

De rueda y tornillo sin fin

Helicoidales

Hipoides

➤ **Ejes que se cruzan a Cualquier Ángulo**

Helicoidales

➤ **Transmisión mediante cadena o correa dentada**

Polea dentada

Mecanismo piñón cadena

➤ **Por la forma de transmitir**

Tren de engranajes (Transmisión compuesta)

Transmisión con engranaje loco

Transmisión simple

➤ **Por aplicaciones especiales**

De cremallera

Interiores

Planetarios

### 2.1.5.1.2. Engranajes Rectos

(MOOT, 2006): “Son elementos esenciales en la mayoría de las máquinas, son de uso frecuente y extenso. El estudio de engranajes suele abordar:

- 1) análisis cinemático.
- 2) análisis de las fuerzas.
- 3) diseño de engranes (dimensiones).
- 4) consideración desgaste

Los engranajes rectos se utilizan para transmitir movimientos de rotación entre ejes paralelos. Los dientes son paralelos al eje de rotación como muestra el gráfico 5.



Gráfico 5.- Engranajes Rectos

Fuente: (MOOT, 2006)

- **P**, paso circular (medido en la circunferencia de paso en mm entre 2 dientes.
- **M**, módulo  $m = d/Z$
- **Z**, número de dientes”

### 2.1.6. Partes de un Engranaje (nomenclatura)

La figura 2 muestra todas las partes que tiene un engranaje de dientes rectos.

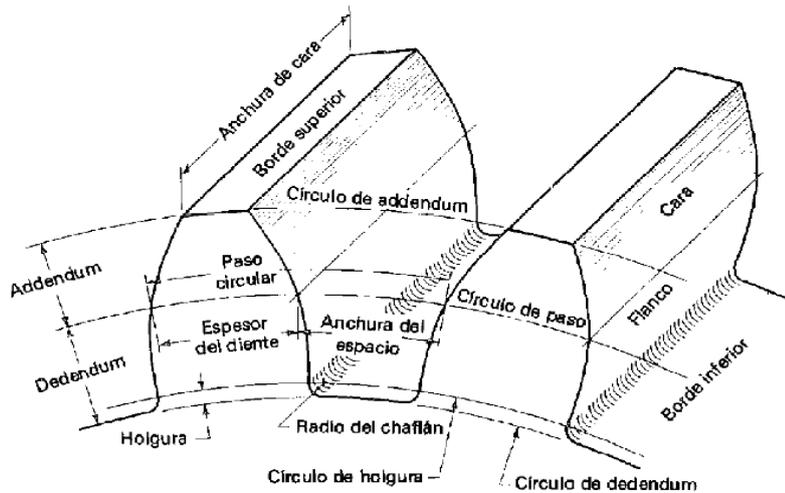


Figura 2.- Partes de un engranaje

Fuente: (MOOT, 2006)

#### 2.1.6.1. Círculo de Paso

Principalmente es un círculo en el cual generalmente se basan todos los cálculos, siendo tangentes entre sí el par de engranajes de los círculos de paso.

#### 2.1.6.2. Paso

Se define como el espaciamiento o separación entre dientes adyacentes y el tamaño de ellos se controlan mediante el paso de los dientes. Por lo que, se utilizan tres tipos de designación de paso: paso circular, paso diametral y el módulo métrico.

### 2.1.6.3. Paso Circular

Viene hacer la distancia, en pulgadas, se entendería que paso circular es la suma del grueso del diente y el ancho entre dos dientes consecutivos. En la tabla 3 muestra los pasos circulares estandarizados.

Tabla 3.- Paso ciclar estándar

Pasos circulares estándar (pulgadas)		
10.0	7.5	5.0
9.5	7.0	4.5
9.0	6.5	4.0
8.5	6.0	3.5
8.0	5.5	

Fuente: (MOOT, 2006)

### 2.1.6.4. Paso Diametral

Es el número de dientes en el engrane por pulgada de diámetro de paso, las unidades del paso diametral son el recíproco de pulgadas, la tabla 4 muestra los pasos diametrales estandarizados. Su símbolo es Pd., el paso de los dientes de los engranes determina su tamaño, y dos engranes que embonan deben tener el mismo paso.

Tabla 4.- Pasos diametrales estándar

Pasos diametrales estándar (diente /pulgada)					
Paso grueso (Pd<20)				Paso fino (Pd≥20)	
1	2	5	12	20	72
1.25	2.5	6	14	24	80
1.5	3	8	16	32	96
1.75	4	10	18	48	120
				64	

Fuente: (MOOT, 2006)

#### 2.1.6.5. Módulo

Es el diámetro de paso al número de dientes. La unidad de longitud acostumbrada es el milímetro. El modulo es el índice del tamaño del diente en el SI, en tanto que el paso diametral solo se emplean en unidades inglesas.

#### 2.1.6.6. Cabeza o Adden

Al adendum también se le conoce como altura de cabeza, y es la parte del diente que hay entre la circunferencia primitiva y la exterior.

#### 2.1.6.7. Espesor de Diente

Es la longitud de arco medida en el círculo de paso de un lado del diente hasta el otro lado. A veces, se lo llama espesor circular y tiene un valor teórico de la mitad del paso circular.

### 2.1.6.8. Espacio de Diente

Es la longitud de arco medida en el círculo de paso, del lado derecho de un diente al lado izquierdo del diente siguiente.

### 2.1.6.9. Ancho de Cara

Es el ancho de cara medido en forma paralela al eje del engrane, su valor es el orden de diez veces el módulo.

### 2.1.6.10. Distancia Central

Es la distancia desde el centro del piñón al centro del engrane; la suma de los dos radios de paso de los dos engranes enlazados

### 2.1.6.11. Ángulo de Presión

Es el ángulo entre la tangente a los círculos de paso y la línea que se traza en forma normal, es decir perpendicular, a la superficie del diente del engranaje. La figura 3 muestra los tres ángulos de presión y la diferente forma del diente del engranaje.

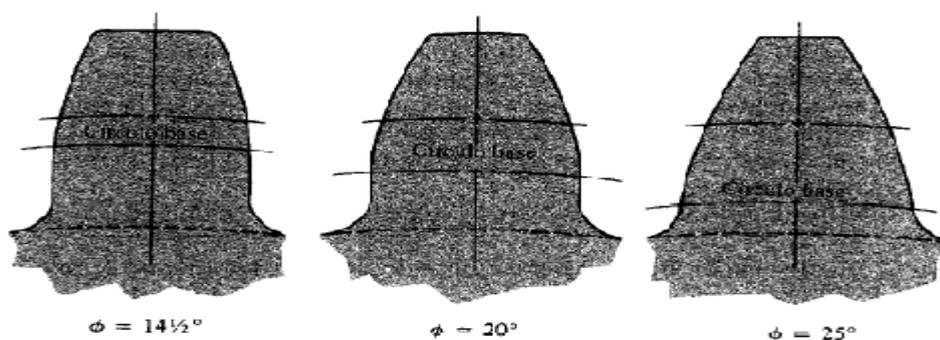


Figura 3.- Forma del diente envolvente a profundidad máxima

Fuente: (MOOT, 2006)

### **2.1.7. Trenes de Engranajes**

(TULIO, 2004): “Un sistema con más de un par de ruedas dentadas se denomina tren de engranajes. La necesidad de utilizar más de un engranaje puede quedar justificada por los motivos siguientes: Obtención de una relación de transmisión imposible de conseguir con un solo par de ruedas. Es el caso de un reductor 1/20 de ejes paralelos, relación de transmisión fuera del rango aconsejable con un único engranaje.

Poder disponer de una gama de relaciones de transmisión. Es el caso de una caja de cambios de un vehículo. Limitaciones del espacio disponible. Por ejemplo, si se ha de transmitir el movimiento entre dos ejes paralelos muy alejados, con solo dos ruedas dentadas, estas tendrían un tamaño excesivo. Es el caso de un vehículo con motor transversal y tracción total.

La transmisión a las ruedas posteriores se efectúa mediante un eje intermedio longitudinal y engranajes cónicos.

Transmisión del movimiento de un eje a diversos, simultáneamente. Por ejemplo, el motor paso a paso de un reloj mecánico ha de accionar simultáneamente las tres agujas que señalan los segundos, los minutos y las horas”.

#### **2.1.7.1. Relación de Velocidad**

La relación de velocidad (VIR) se define como la relación de la velocidad de giro del engrane de entrada con la velocidad del engrane de salida de un solo par de engranes. Para desarrollar la ecuación para calcular la relación de velocidad, es útil observar la acción de dos engranes enlazados. La acción es equivalente a la acción de dos ruedas que giran

entre sí sin que se presente deslizamiento, con los diámetros de las dos ruedas iguales a los diámetros de paso de los dos engranajes.

### 2.1.7.2. Fórmulas para el cálculo de Engranajes

(MOOT, 2006): “La tabla 5 muestran las expresiones para determinar los diferentes parámetros geométricos sin corrección del dentado. Hay una observación importante que hacer, el diámetro de fondo de la rueda interior es mayor que el diámetro exterior de dicha rueda.

Tabla 5.- Fórmulas para el diseño de engranejes

Número	Parámetro	Símbolo	Fórmula
1	Módulo	m	$D/Z$
2	Ángulo de herramienta	$\alpha$	
3	Número de dientes	$Z_1$ y $Z_2$	
4	Distancia entre centros engranajes exteriores	y	$\frac{m(Z_1 + Z_2)}{2}$
5	Diámetro de paso	$D_p$	$m \cdot Z$
6	Paso circular	$p_e$	$\pi D/Z$
7	Paso diametral	$P_d$	$Z/D$
8	Addendum	a	$a=m$
9	Dedendum	b	$1.25 \cdot m$
10	Espaciamiento	c	$b-a$
11	Diámetro exterior	$D_e$	$D_p+2a$
12	Diámetro de interior	$D_i$	$D_p-2b$
13	Profundidad total	ht	$a+b$
14	Profundidad de trabajo	hk	$2a$
15	Espesor de diente	e	$p/2$
16	Distancia entre centros engranajes interiores	y1	$\frac{m(Z_1 - Z_2)}{2}$
17	Altura del diente	h	$a+b$

Fuente: (MOOT, 2006)

Estos elementos de engranajes se diseñan para que se produzca una relación de contacto constante y una relación de velocidades angulares durante su funcionamiento de contacto”.

➤ **Línea de acción.**

(MOOT, 2006): “Cuando una superficie empuja a otra, el punto de contacto está donde las dos superficies son tangentes entre sí y en cualquier instante las fuerzas están dirigidas a lo largo de la normal común como muestra la figura 4.

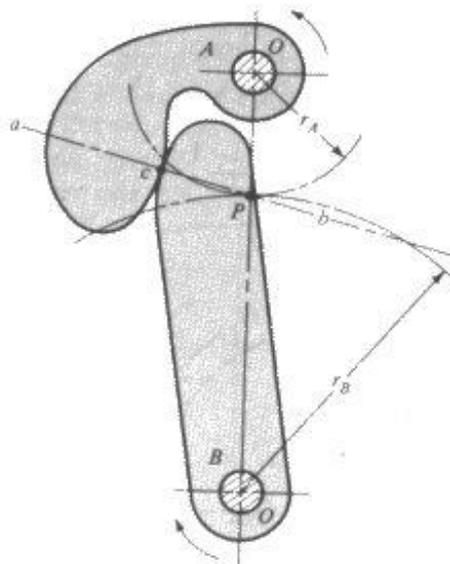


Figura 4.- Levas con perfiles en contacto

Fuente: (MOOT, 2006)

A partir de la Figura 4 conviene recordar que:  $AB$  es la línea de acción la relación entre las velocidades angulares de las levas es inversamente proporcional a los radios a  $P$ ., las circunferencias de paso son las de centro en  $O$  y pasan por  $P$  (punto de paso), para transmitir relación constante de velocidades,  $P$  debe permanecer constante.

La figura 5 permite explicar dónde y cómo se produce el contacto entre el contacto inicial tendrá lugar cuando el flanco del diente superior quede en contacto con la punta de impulsado (punto a donde la línea ab cruza la circunferencia de adentro del engranaje).

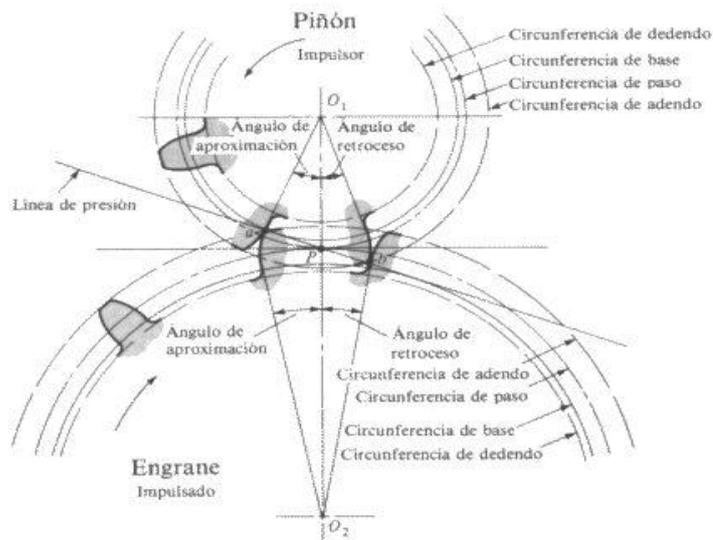


Figura 5.- Engrane y piñón. Contacto

Fuente: (MOOT, 2006)

El punto de contacto final sucede cuando la circunferencia de adentro del impulsor corta la línea de presión (punto b). Si se aumenta la distancia entre centros de un par de engranes (respecto de la distancia que corresponde a las circunferencias de paso de diseño) se originan dos nuevas circunferencias de paso de operación.

Este cambio no influye en las circunferencias base, pero se incrementa el ángulo de presión y se reduce la longitud de la línea de acción”.

➤ **Relación de contacto:**

(MOOT, 2006): “La relación de contacto,  $m_c$ , es un número que indica el promedio de dientes en contacto, como muestra la figura 6

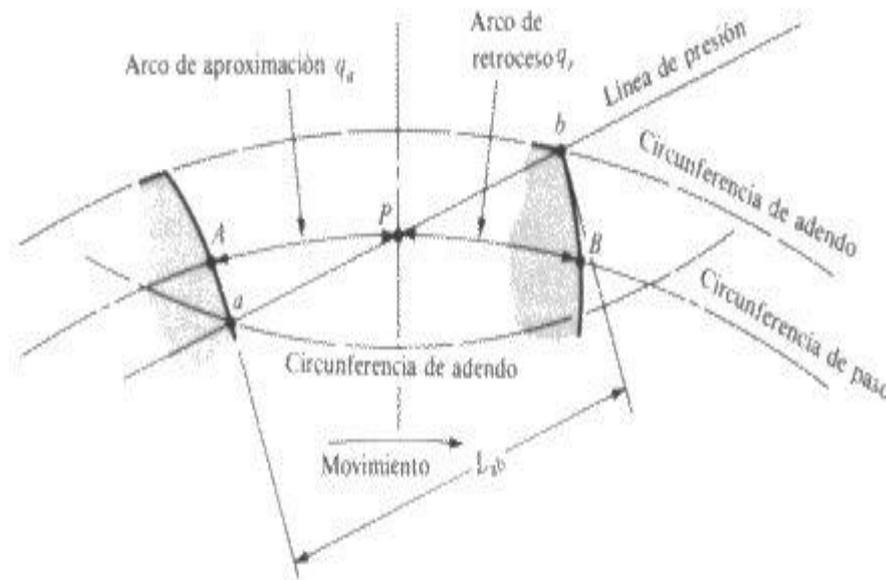


Figura 6.- Esquema para la definición de la relación de contacto

Fuente: (MOOT, 2006)

Llamando arco de acción  $q_t = q_r + q_a$  al arco AB, cuando  $q_t = p$  (paso circular) un diente comienza el contacto en "a" cuando el otro lo está terminando en "b", en este caso  $m_c = 1$ . En un caso más general:

$$M_c = \frac{q_t}{p} \quad [1]$$

No deben diseñarse engranes con  $m_c < 1,2$ . La longitud de la línea ab puede servir para calcular  $m_c$ ”.

$$m_c = \frac{l_{ab}}{p \cos \phi} \quad (p = \text{paso circular})$$

### **2.1.8. Engranajes de Dientes Internos**

(GERLING H. , 1972): “Los engranajes interiores debido al contacto interno, garantizan que más dientes lleven la carga, lo que disminuye la intensidad de las tensiones en los dientes e incrementa la vida del engranaje, por otra parte la distancia entre centros es menor, redundando en transmisiones más compactas.

La forma del diente y sus propiedades son similares a los engranajes exteriores excepto que es necesario hacer modificaciones en el addendum y dedendum del diente para prevenir la interferencia durante en contacto como muestra en figura 7.

Por otra parte los engranajes interiores tienen una velocidad de deslizamiento más baja y una mayor resistencia. Un engranaje interior puede ser descrito como el opuesto de un engranaje exterior, en el que los dientes apuntan hacia afuera en lugar de hacia al centro y el addendum y el dedendum toman posiciones inversas.

Estos engranajes proveen una transmisión muy compacta con una alta relación de transmisión entre árboles paralelos, usadas con un mismo piñón recto la relación de transmisión es la misma que para los engranajes exteriores, pero con una distancia entre centros y una velocidad de deslizamiento mucho menores”.

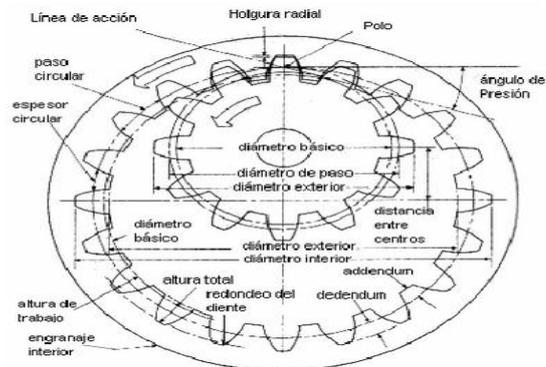


Figura 7.- Engranajes internos

Fuente: (MOOT, 2006)

### 2.1.9. Trenes Epicicloiales Simples

Un tren de engranajes epicicloidales como muestra la figura 8. Es aquel en que alguna rueda no gira alrededor de un eje fijo. Un tren epicicloidales se dice que es simple si consta de 2 ruedas y un brazo porta-satélites coaxiales. Los satélites forman un tren de ejes fijos al brazo y transmiten el movimiento entre las dos ruedas coaxiales.

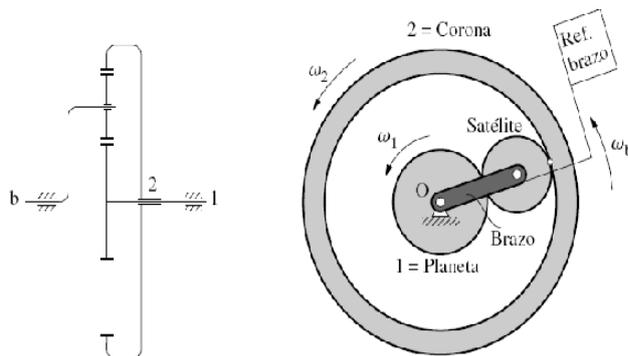


Figura 8.- Tren epicicloidales simple

Fuente: (MOOT, 2006)

### 2.1.9.1. Variantes constructivas de trenes epicicloidales simples

Hay diferentes variantes de la disposición constructiva, para construir con engranajes cilíndricos trenes epicicloidales, todas estas variantes se analizan de manera análoga, a partir de la observación desde la referencia relativa brazo.

La primera posibilidad consiste en emplear dos solidarios ( $s, s'$ ), con un número de dientes diferente (en lugar de un único satélite). También se puede reemplazar el planeta 1 por una corona o bien la corona 2 por un planeta. Se pueden obtener otras variantes de trenes epicicloidales simples haciendo más complejo el tren de ruedas fijas al brazo.

Hay que comentar también que, por razones de equilibrado y mejor distribución de la carga, se suelen disponer diversos satélites equiespaciados angularmente como muestra el gráfico 6.

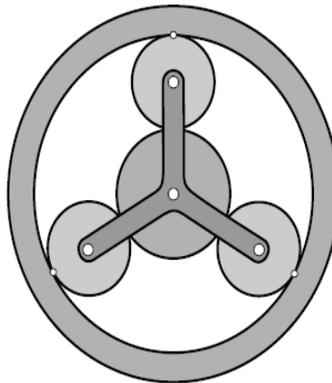


Gráfico 6.- Tren epicicloidal con tres engranajes

Fuente: (MOOT, 2006)

## 2.1.10. Ejes de Transmisión

### ➤ Introducción

(MOOT, 2006): “Casi toda la maquinaria rotatoria está dotada de ejes de transmisión o simplemente ejes, con el fin de transferir movimiento y par de torsión rotatorios de un sitio a otro. Por lo tanto, el diseñador de máquinas tiene la tarea de diseñar flechas. Este capítulo explorara algunos de los problemas comunes que se presentan en esta tarea. Por lo general, un eje transmite a la maquina por lo menos un par de torsión proveniente de un dispositivo impulsor.

Algunas veces, los ejes servirán de soporte para engranes, poleas o ruedas dentadas, mismas que transmiten un movimiento rotatorio de una a otra flecha, vía engranes, bandas o cadenas. El eje podría ser parte integral del impulsor, como el eje de un motor eléctrico o el cigüeñal de un motor de combustión interna o un eje para caja de cambios como muestra el gráfico 7”.



Gráfico 7.- Ejes de Transmisión

Fuente: (MOOT, 2006)

### 2.1.10.1. Cargas en Ejes

(MOOT, 2006): “Las cargas en los ejes de transmisión rotatoria son principalmente de uno de dos tipos: torsión debido al par de torsión transmitido o de flexión proveniente de cargas transversales por engranes, poleas o ruedas dentadas. Estas cargas suelen ocurrir combinadas, ya que, por ejemplo, el par de torsión transmitido puede estar asociado con fuerzas en los dientes de engranes o ruedas dentadas de las flechas como muestra la figura 9.

El carácter de las cargas por par de torsión y de las de flexión puede ser uniforme (constante) o variar con el tiempo. Uniformes y variables en el tiempo, las cargas por par de torsión y a flexión también pueden ocurrir en una misma flecha en cualquier combinación”.

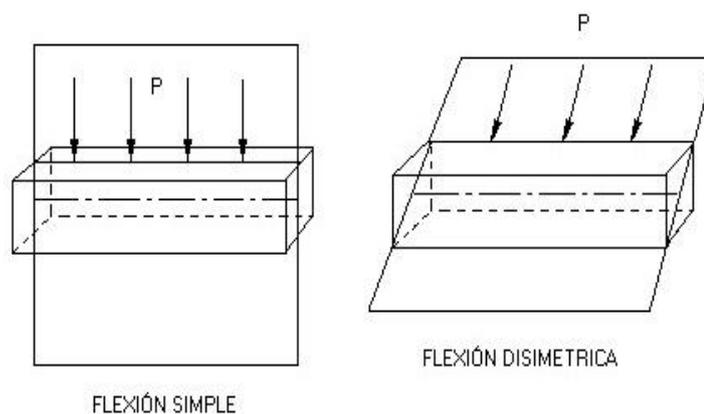


Figura 9.- Cargas en Ejes

Fuente: (MOOT, 2006)

### **2.1.10.2. Sujeciones y Concentraciones de Esfuerzos de los Ejes**

(MOOT, 2006): “Aunque a veces es posible diseñar ejes de transmisión útiles que en su longitud no tenga modificaciones en el diámetro de la sección, lo más común en los ejes es que tengan una diversidad de escalones o resaltos u hombros donde cambia el diámetro, a fin de adaptarse a elementos sujetos como cojinetes, ruedas dentadas, engranes, etcétera, muestra todo un abanico de procedimientos de uso común para sujetar o localizar elementos sobre un eje, los escalones o los hombros son necesarios para conseguir una ubicación axial, precisa y consistente de los elementos sujetos, así como para obtener el diámetro correcto, adecuado a piezas estándar como los cojinetes.

Se suele recurrir a cuñas, chavetas circulares o espigas atravesada para asegurar elementos que deban ir sujetos al eje, con el fin de transmitir el par de torsión requerido o para fijar la pieza axialmente, las cuñas requieren una ranura tanto en el eje como en la pieza, y pudieran necesitar un tornillo prisionero para impedir cualquier movimiento axial, las chavetas circulares ranura los ejes, y las espigas transversales generan perforaciones en estas. Cada uno de estos cambios de contorno contribuirá ciertas concentraciones de esfuerzos”.

### **2.1.10.3. Materiales de Fabricación para Ejes**

(MOOT, 2006): “La mayor parte de los ejes de máquinas se fabrican a partir de un acero al bajo o medio carbono, ya sea rolado en frío o en caliente, aunque también cuando se requiera de su superior resistencia, se aplican aceros de aleación. En flechas de diámetros más pequeños (menores de alrededor de 3 pulg. de diámetro), se recurre más al acero rolado en frío, y en tamaños mayores se utiliza acero rolado en caliente.

La misma aleación, rodada en frío, tiene propiedades mecánicas superiores a las que tienen rolado en caliente, por el trabajo en frío, pero esto se obtiene a costa de esfuerzos residuales a tensión en la superficie. El maquinado para formar cuñeros, ranuras o escalones libera estos esfuerzos locales residuales, pudiendo provocar distorsión. Las barras rodadas en caliente deben ser maquinadas en toda su superficie para eliminar la capa exterior carburizada.

En tanto que en una superficie rodada en frío ciertas porciones pueden quedarse tal cual, excepto cuando se requiera maquinar hasta cierta dimensión para cojinetes, etc. Se pueden adquirir ejes de acero pre endurecido (30HRC) o rectificado a precisión (recto) en dimensiones pequeñas y maquinarse con herramientas de carburo. También se dispone de ejes de precisión rectificadas totalmente localización angular endurecidas (60HRC), pero éstas no pueden ser maquinadas, sujetos sobre los ejes”.

#### **2.1.10.4. Potencia en los Ejes**

(MOOT, 2006): “Es posible calcular la potencia transmitida por una flecha partiendo de los principios básicos. En cualquier sistema en rotación, la potencia instantánea es el producto del par de torsión por la velocidad angular.

$$P = T.w \quad [2]$$

Donde  $w$  debe aparecer expresado en radianes por unidad de tiempo, y el par de torsión como la velocidad angular pueden variar con el tiempo, aunque la gran parte de la maquinaria rotatoria se diseña para operar durante mucho tiempo a velocidad constante o casi constante.

### **2.1.11. Introducción a los Vehículos Híbridos**

(MARTÍNEZ, 2010): “Desde hace varios años atrás se ha visto necesario reducir las emisiones contaminantes que producen los vehículos con motores de combustión interna además de reducir el consumo de combustible de los mismos, es por eso que en estos últimos años varios países han puesto en marcha varias normas en las que obligan a las casas constructoras de vehículos en desarrollar nuevas tecnologías en pos de encontrar energías alternativas que permitan mejorar la impulsión de los automotores y que no dañen el medio ambiente.

Con la aparición de vehículos híbridos en nuestro entorno los usuarios se han visto beneficiados con una serie de bondades de este sistema, en especial con el consumo bajo y ahorro de combustible. Debido a los problemas que siguen teniendo los vehículos eléctricos, como es la escasa energía específica que actualmente se obtiene de las baterías y su limitación en cuanto a velocidad y autonomía, son los automóviles híbridos los que ofrecen una solución de compromiso más satisfactoria. Además pueden aprovecharse de los desarrollos en el campo de los motores de combustión interna que aún tienen margen de mejora.

Se han llamado “híbridos” a los automóviles que utilizan un motor eléctrico, y un motor de combustión interna para realizar su trabajo, a diferencia de los automóviles solo eléctricos, los vehículos híbridos no requieren conectar a una toma de corriente para recargar las baterías, el generador y el sistema de freno regenerativo se encargan de mantener la carga de las mismas, al utilizar el motor térmico para recargar las baterías, se necesitan menor número de estas por lo que el peso total del vehículo es menor ya que el motor térmico suele ser pequeño.

Tradicionalmente, los motores antiguos que han propulsado a los automóviles convencionales han sido sobredimensionados con respecto a lo estrictamente necesario para un uso habitual, es por eso que a los vehículos híbridos se los equipa con motores capaces de dar una potencia bastante grande, pero que sólo es requerida durante un mínimo tiempo en la vida útil de un vehículo, además son diseñados para funcionar con su máxima eficiencia.

Si se genera más energía de la necesaria, el motor eléctrico se usa como generador y carga las baterías del sistema, en otras situaciones, funciona sólo el motor eléctrico, alimentándose de la energía guardada en la batería como muestra la figura 10.

En algunos híbridos es posible recuperar la energía cinética al frenar, que suele disiparse en forma de calor en los frenos, convirtiéndola en energía eléctrica, este tipo de frenos se suele llamar regenerativos".

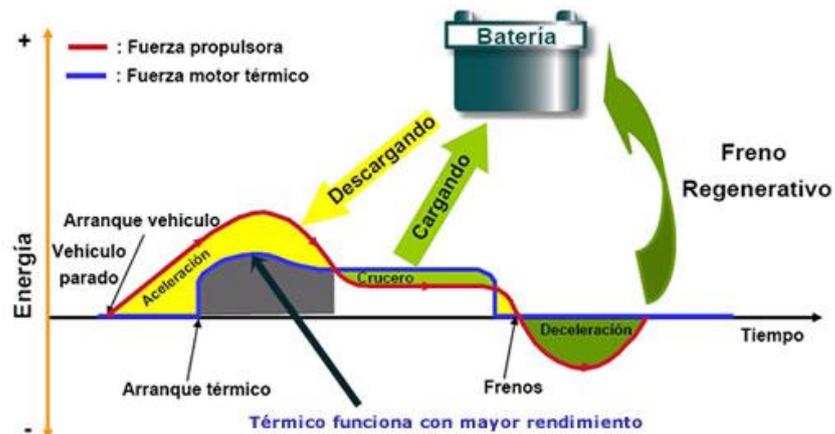


Figura 10.- Funcionamiento del vehículo híbrido

Fuente: (MARTÍNEZ, 2010)

### **2.1.11.1 Tipos de Configuraciones de un Vehículo Híbrido**

(MARTÍNEZ, 2010): “Los híbridos se pueden fabricar en diferentes configuraciones, paralelos en serie y mixtos.

Paralelos: tanto la parte eléctrica como la térmica pueden hacer girar las ruedas.

En serie: solo la parte eléctrica da tracción, el motor térmico se utiliza para generar electricidad.

Mixtos: Esta configuración proporciona la posibilidad de propulsar al vehículo enteramente mediante el motor de combustión, enteramente mediante el motor eléctrico o mediante una combinación de ambos motores”.

#### **➤ Circuito en Serie**

(ALONSO, 2001): “En estos vehículos el motor de combustión proporciona movimiento a un generador que carga las baterías o suministra la potencia directamente al sistema de propulsión (motor eléctrico) y por lo tanto reduce la demanda a la batería, el dispositivo generador se utiliza principalmente como un amplificador de prestaciones, por lo que en la mayoría de los kilómetros se circula con las baterías.

Cuando la duración del viaje excede a las prestaciones de la batería, el dispositivo generador se enciende, para viajes más largos, el dispositivo generador puede ser conectado automáticamente cuando las baterías alcanzan un nivel predeterminado de descarga. El motor térmico impulsa un generador eléctrico, un alterador trifásico, que recarga las baterías,

una vez rectificada la corriente, y alimenta al motor o motores eléctricos y estos son los que impulsan al vehículo como muestra la figura 11.

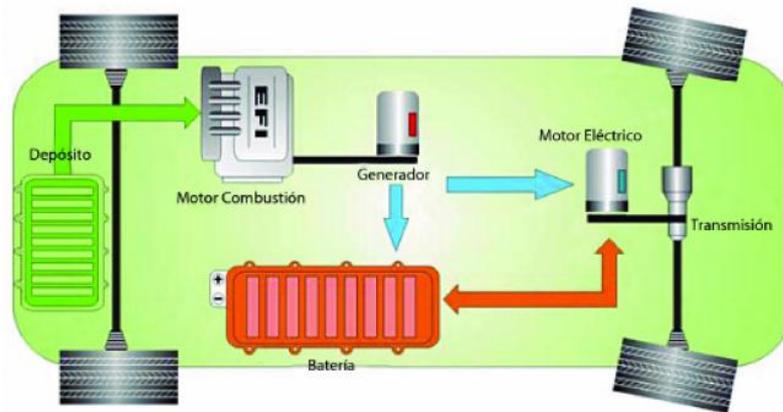


Figura 11.- Configuración en serie  
Fuente: (MARTÍNEZ, 2010)

Dependiendo del rango de velocidades que se quieran ofrecer el dispositivo generador debe ser mayor o menor, en un principio se propusieron soluciones de bajo rango de velocidades, pero la tendencia hoy en día es la de ir a un rango mayor, esto implica sistemas de generación muchos mayores. La batería se dimensiona en función de los picos de demanda, así, a altas velocidades, sólo parte de la energía proviene de las baterías, siendo éstas las que suministran la potencia necesaria para aceleraciones y adelantamientos. A velocidad de crucero, la potencia generada en exceso se utiliza para recargar las baterías, este sistema resulta eficiente si el 80% de los kilómetros recorridos son alimentados por la energía de las baterías que se han recargado desde la red, en caso contrario es difícil la justificación de este tipo de propulsión híbrida ya que la energía eléctrica de las baterías proviene en realidad de la combustión del motor térmico.

La principal ventaja que ofrece este diseño frente al de en "paralelo" es la de un diseño mecánico simple, se dispone de un motor térmico diseñado y optimizado para trabajar siempre en el mismo régimen de revoluciones”.

### ➤ Circuito en Paralelo

(ALONSO, 2001): “Este tipo de vehículo utiliza dos sistemas de tracción en paralelo, según esta configuración ambos proveen de potencia a las ruedas de modo que los dos sistemas pueden ser utilizados independientemente o simultáneamente para obtener una potencia máxima.

Aunque mecánicamente más complejo, este método evita las pérdidas inherentes a la conversión de energía mecánica en eléctrica que se da en los híbridos en serie, además como los picos de demanda de potencia le corresponden al motor de combustión interna, las baterías pueden ser mucho menores.

El motor a gasolina entra en funcionamiento cuando el vehículo necesita más energía, y este al detenerse, el híbrido aprovecha la energía normalmente empleada en frenar para recargar su propia batería (frenado regenerativo) como muestra la figura 12.

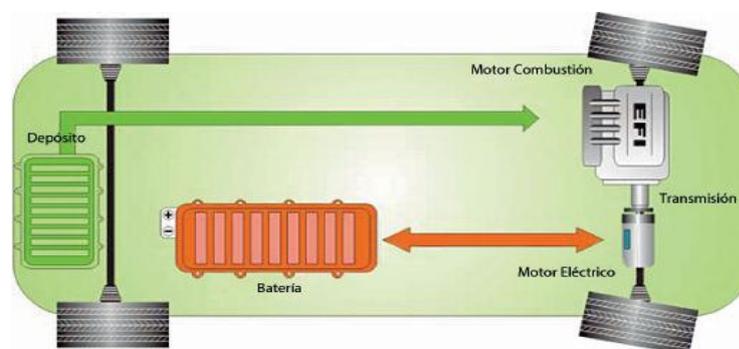


Figura 12.- Configuración en paralelo

Fuente: (MARTÍNEZ, 2010)

Como los patrones de uso de los automóviles tienden a viajes cortos y frecuentes, un híbrido en paralelo trabajará la mayor parte del tiempo sólo con motor eléctrico (este funcionamiento sería el ideal, aunque la realidad demuestra que actualmente las baterías de los híbridos tienen muy poca autonomía y por lo tanto estos vehículos funcionan mayormente impulsados por el motor térmico).

Dentro de los vehículos híbridos "paralelos" podemos distinguir dos arquitecturas: los que usan un generador independiente para cargar las baterías, o los que aprovechan el motor eléctrico para funcionar también como generador. Con generador independiente: su inconveniente es que tiene más componentes, el generador, el convertidor de corriente alterna a corriente continua y la transmisión entre el motor térmico y el generador por lo que será más pesado y caro.

Sin embargo tiene la ventaja que el generador al estar diseñado para funcionar sólo como generador, será más eficiente que el motor funcionando como generador, usando el motor eléctrico como generador: se disminuye el número de componentes, pero puede disminuir el rendimiento”.

#### ➤ **Circuito Serie- Paralelo**

(MARTÍNEZ, 2010): “Este sistema combina las configuraciones serie y paralelo como muestra la figura 13 para aumentar al máximo los beneficios de ambos sistemas tiene dos motores, y dependiendo de las condiciones de manejo, usa sólo el motor eléctrico o el poder de ambos para lograr el nivel de eficacia más alto. Además, si es necesario, el sistema maneja las ruedas mientras simultáneamente se usa el generador de electricidad”.

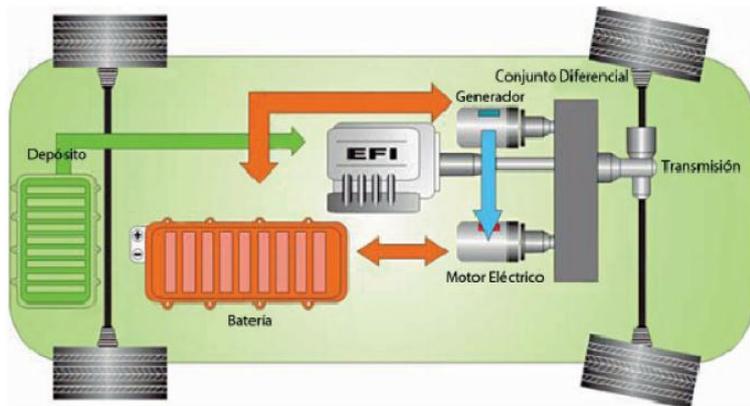


Figura 13.- Configuración serie paralelo  
Fuente: (MARTÍNEZ, 2010)

➤ **Comparación de los Tipos de Configuraciones**

(MARTÍNEZ, 2010): “El vehículo híbrido paralelo con generador independiente también se le clasifica como vehículo híbrido "paralelo-serie", esta configuración combina las ventajas de ambos sistemas y es la más utilizada por los fabricantes de automóviles. En el gráfico 8 muestra los tiempos de funcionamiento del motor eléctrico (motor) y del motor térmico (engine) se reparten en distinta proporción dependiendo de la configuración del vehículo híbrido”.

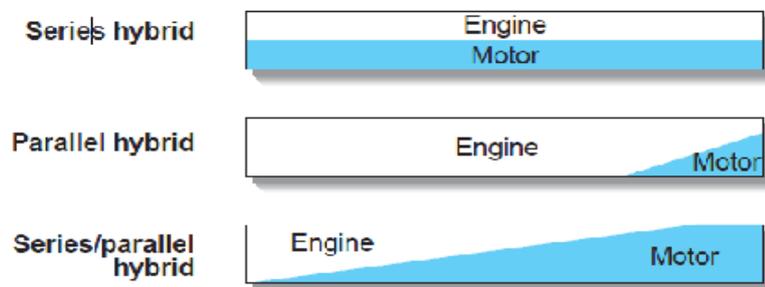


Gráfico 8.- Funcionamiento de los dos motores en sus distintas Configuraciones  
Fuente: (MARTÍNEZ, 2010)

### 2.1.11.2. Componentes Principales y Funciones Básicas de un Híbrido

(MARTÍNEZ, 2010): “En la figura 14 se muestra los componentes para que un vehículo híbrido llegue a cumplir los objetivos de reducción de consumo de combustible y bajas emisiones de productos contaminantes, este debe tener varios componentes que funcionen correctamente, estos componentes y sistemas son explicados a continuación”.

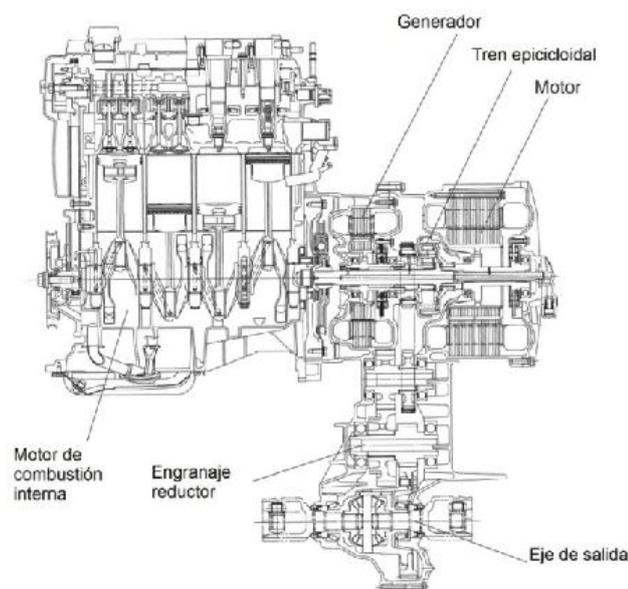


Figura 14. Componentes del sistema híbrido

Fuente: (MARTÍNEZ, 2010)

#### ➤ Motor de Combustión Interna

(MARTÍNEZ, 2010): “Los automóviles normalmente tienen motores de combustión interna que rondan entre los 60 y 180 CV de potencia máxima. La figura 15 muestra un motor de combustión interna, esta

potencia se requiere en situaciones particulares, tales como aceleraciones a fondo, subida de grandes pendientes con gran carga del vehículo y a gran velocidad, el hecho de que la mayoría del tiempo dicha potencia no sea requerida supone un despilfarro de energía, puesto que sobredimensionar el motor para posteriormente emplearlo a un porcentaje muy pequeño de su capacidad, sitúa el punto de funcionamiento en un lugar donde el rendimiento es bastante malo. Un vehículo medio convencional, si se emplea mayoritariamente en ciudad o en recorridos largos y estacionarios a velocidad moderada, ni siquiera necesitará desarrollar 20 CV.

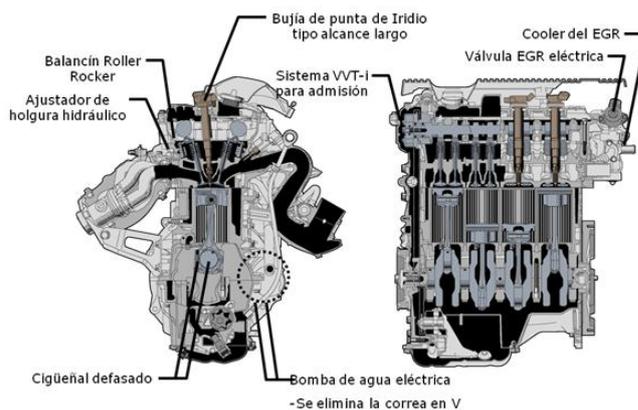


Figura 15. Características del motor de combustión interna

Fuente: (MARTÍNEZ, 2010)

El hecho de desarrollar una potencia muy inferior a la que el motor puede dar supone un despilfarro por dos motivos: por una parte se incurre en gastos de fabricación del motor superiores a lo que requeriría realmente, y por otra, el rendimiento de un motor que pueda dar 100 CV cuando da sólo 20CV es muy inferior al de otro motor de menor potencia máxima funcionando a plena potencia y dando esos mismos 20 CV. Este segundo factor es el principal responsable de que el consumo urbano de un mismo vehículo equipado con un motor de gran potencia consuma, en recorridos urbanos, muchísimo más que uno del mismo peso equipado con un motor

más pequeño. En conclusión, el motor ha de ser el idóneo para el uso al que se destina”.

### ➤ **Ciclo Atkinson**

(S.D., 2007): “El motor térmico funciona según el llamado "ciclo Atkinson", ideado por el ingeniero inglés James Atkinson (1887), y que se diferencia ligeramente del tradicional motor de "ciclo Otto" de cuatro tiempos, el rendimiento termodinámico de cualquier motor de combustión interna se ve favorecido por un alto valor de la relación de compresión, que a su vez tiene el inconveniente de la tendencia que posee la gasolina a producir detonación para altas relaciones de compresión.

El ciclo Atkinson trata de aprovechar las ventajas que supone una alta relación de compresión reduciendo la duración efectiva de la carrera de compresión con respecto a la de expansión del tradicional ciclo Otto, la forma más viable y sencilla de conseguir esto es retrasar el cierre de la válvula de admisión, permitiendo un cierto reflujo de gases hacia el colector de admisión mientras el pistón asciende, esa mezcla se aprovecha en el siguiente ciclo de aspiración. El cierre de la válvula determina la cantidad de gases que permanecen en el interior del cilindro y el comienzo de la compresión.

La menor cantidad de mezcla retenida se traduce en unas menores prestaciones, pero autoriza a usar relaciones de compresión altas (13:1) sin que se produzca detonación, lo que permite un mayor aprovechamiento de la energía liberada en la combustión durante la carrera de expansión. Este ciclo ha sido en ocasiones denominado como «de cinco tiempos»: admisión, reflujo de gases, compresión, expansión y escape como muestra la figura 16”.

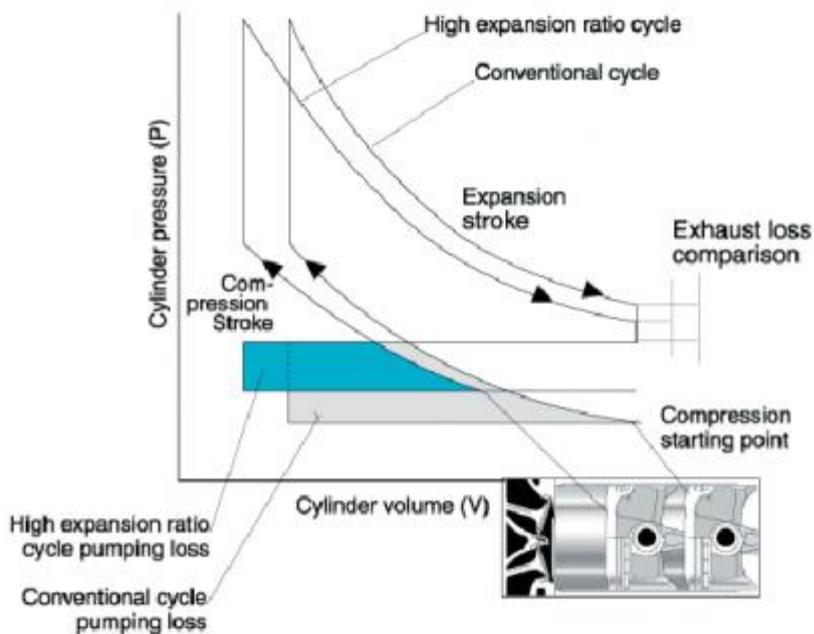


Figura 16. Diagrama del ciclo Atkinson

Fuente: (TULLIO I. , 2004)

### ➤ Moto-Generadores

En este sistema se encuentra dos Moto generadores Trifásicos que trabajan simultáneamente dependiendo de las condiciones de marcha en una tensión máxima de 500 VCA.

### ➤ Generador (MG1)

En el gráfico 9 se muestra el generador es el elemento que transforma en electricidad el trabajo del motor térmico, sirve además para recargar la batería y proporcionar energía eléctrica adicional bajo aceleración fuerte. Funciona también como motor de arranque del motor de combustión. Es de corriente alterna y como máximo gira al doble RPM que el motor térmico. Este motor no se despliega en el monitoreo del híbrido pero siempre está en operación.



Gráfico 9.- Generador real vista en sección

Fuente: (MARTÍNEZ, 2010)

#### ➤ **Motor Eléctrico**

Es un motor síncrono de imanes permanentes de neodimio como muestra el gráfico 9. Impulsa el auto por si solo en momentos cuando es más eficiente (largada, aceleración suave y frenado) Igual sirve como complemento del motor de combustión. Funciona a 500 V y produce 50 kW entre 1.200 y 1.540 rpm. Tiene un par máximo de 400 Nm hasta 1.200 r.p.m. El desarrollo de transmisión que tiene este vehículo y su velocidad máxima es de (170 km/h), el régimen máximo del motor eléctrico es unas 6.150 r.p.m.



Gráfico 10.- Motor Toyota Prius

Fuente: (MARTÍNEZ, 2010)

### ➤ Sistema de Control de Energía

(MARTÍNEZ, 2010) “La unidad de control de energía contiene un inversor que convierte el voltaje DC que viene de la batería en un voltaje AC para hacer funcionar el motor eléctrico además de convertir de DC a AC. Además posee la batería híbrida y el freno regenerativo que son responsables de mantener un óptimo desempeño eléctrico del vehículo. Estos elementos son descritos a continuación”.

### ➤ El Inversor Convertidor

El gráfico 11 muestra un inversor, este componente es parte fundamental del vehículo híbrido, se compone de una gran cantidad de elementos eléctricos y electrónicos pero todo de funcionamiento se controla por una computadora del sistema Híbrido quien es encargada de controlar los motores generadores.



Gráfico 11.- Inversor  
Fuente: (MARTÍNEZ, 2010)

El conjunto inversor tiene cuatro funciones específicas controlada en todo momento por la unidad de control establecida del sistema híbrido dentro de estas funciones encuentran. La figura 17 muestra las partes que conforma un inversor.

- Elevar la tensión de 220V aproximadamente a una tensión de 500 VDC aproximadamente esto lo logran con un circuito amplificador.
- Con la tensión de 500VDC y usando la electrónica de potencia generar una corriente alterna en tres fases para conseguir el movimiento de MG1 y MG2 de forma independiente, dentro del inversor se consigue la etapa de potencia pero el control está a cargo de la unidad de control del sistema HV.
- Permitir invertir la situación de operación del MG1 y MG2 logrando por momentos convertirlos en generadores y llevando esta carga hasta la batería de alta tensión.
- Utilizando la tensión de la batería de alta tensión, generar una corriente alterna en tres fases, que sean capaz de mover un motor eléctrico que opera el sistema compresor para el Aire acondicionado.
- Permitir la carga de la batería de 12V utilizando como fuente la carga de alta tensión de la batería de alta, para esto utiliza un circuito conversor DC/DC incorporando en el mismo conjunto del inversor toda la gestión es dada por la unidad de control electrónico del sistema híbrido.

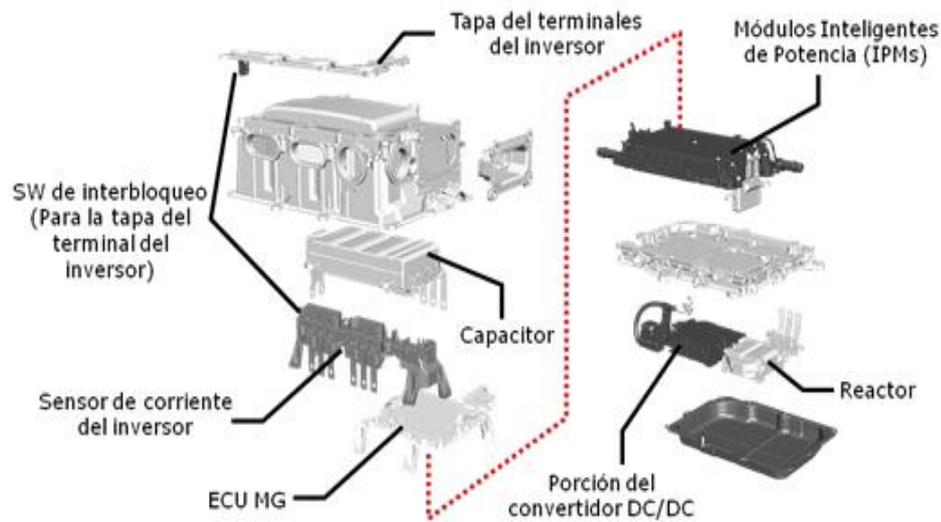


Figura 17.- Partes del inversor

Fuente: (MARTÍNEZ, 2010)

En las condiciones normales de operaciones en el vehículo el inversor necesita evacuar calor, tiene un sistema de refrigeración independiente que necesita de adicionalmente de una bomba de agua eléctrica , todo esto para permitir que evacue todo el calor y no permitir que el inversos se sobrecaliente.

En el análisis del circuito electrónico en el interior del inversor, se encuentra el sistema en dos partes, una encargada de manejarlos Moto generadores y otra que maneja el motor del aire acondicionado y el conversor DC-DC.

### ➤ Elevador de Tensión

El elevador de tensión es la clave del mecanismo inversor, está compuesto por un reactor y un módulo denominado IPM que en su interior contiene un par de transistores IGBT, los cuales son accionados de forma muy precisa para cumplir funciones muy específicas.

- Crear con el reactor una fuente switch que eleve la tensión y siga a la parte de control de los moto-generadores.
- Permitir el paso de tensión hacia la batería en el momento en que los Moto Generadores trabajen como generadores. El módulo IPM y el reactor son unos elementos de potencia importante y este módulo a la salida de 500V cuenta con un circuito RC (resistencia condensador), genera estabilidad y descarga el condensador cuando se desconecta de las baterías.

➤ **Modulo ipm (Intelligent Power Module)**

Este módulo presenta la función de generar la conmutación a masa del reactor, para ello utiliza transistores con tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor), los cuales cuentan con una serie de características electrónicas que le permiten conmutar a altas frecuencias y cargas elevadas.

➤ **Condensadores del Circuito Inversor**

En la etapa de potencia tanto de elevación de tensión como de manipulación de motores MG1 Y MG2 y recarga de la batería de alta tensión, están involucrados los condensadores, estos se encuentran dispuestos en un paquete sellado muy estable y de un manejo importante de potencia y disipación.

### ➤ **Conjunto de Resistencias**

Dentro del circuito inversor existe un conjunto de resistencias que hacen parte del circuito RC, en este caso es muy importante la utilización de las mismas, puesto que si no se encuentran ubicadas podría permanecer por mucho tiempo cargado el circuito después de una condición OFF del vehículo y esto colocaría en riesgo el sistema en algunas condiciones.

### ➤ **Transistores igbt**

Es un componente utilizado cada vez más en aplicaciones automotrices en el cual la conmutación de altas corrientes es un requisito importante, este tipo de transistores aprovechan la ventaja de un transistor MOSFET y un transistor BJT bipolar. En el caso de la excitación de este transistor se utiliza una compuerta aislada tipo MOSFET con lo cual se controla la conmutación por voltaje y no por corriente llevando esto mucha eficiencia a la llave electrónica.

En el caso de la llave electrónica se usa un transistor BIPOLAR con lo que se gana conmutación sin el valor de resistencia descritos en los transistores MOSFET, este valor de resistencia presentaría un aumento en la caída de tensión a medida que aumente la corriente, mientras que en un bipolar la caída de tensión es constante independiente de cuanta corriente conmute así que se vuelve en una unión perfecta de dos tipos de transistores en un solo encapsulado.

Como se trata de una activación por medio de un MOSFET se tendrá excitación en la base, y como se tiene un bipolar en la llave electrónica ahí se tendrá colector para la fuente y emisor para el circuito a conmutar, como se muestra en gráfico 12.

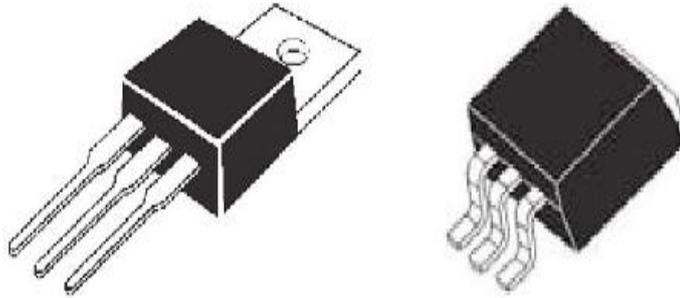


Gráfico 12.- Transistor IGBT

Fuente: (MARTÍNEZ, 2010)

### ➤ **Batería de Alta Tensión**

Para el funcionamiento del vehículo es necesario que en momentos los moto-generadores sean accionados con carga almacenada, esta carga se encuentra en una batería denominada de alta tensión o híbrida como muestra la figura 18, la cual en carga nominal debe tener un mínimo de 201,6 V. Esta batería da carga al inversor y recibe carga del inversor en condiciones específicas de trabajo cuando se acciona el motor generador 1 o mediante el motor generador 2 en el llamado freno regenerativo.

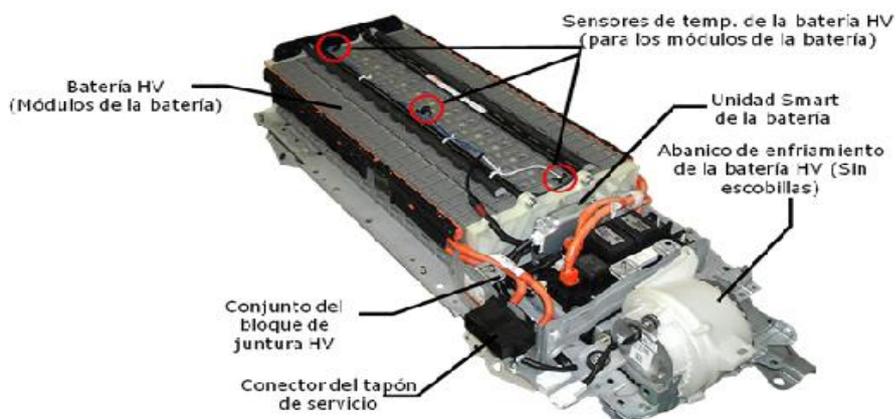


Figura 18.- Partes de la batería HV

Fuente: (MARTÍNEZ, 2010)

La batería de alta tensión como muestra el gráfico 13 está compuesta de níquel e hidruro metálico, esta batería sólo se carga con el generador 1, al que impulsa el motor térmico. La batería de Prius no tiene un tipo de conexión para conectarla a otra red q no esté en el vehículo.

Para seguridad del vehículo y procedimientos de reparación y diagnóstico el circuito interno de la batería está dividido en dos a través de un Jumper de seguridad, si éste abre el circuito la tensión no llega al inversor y el vehículo no se moverá.



Gráfico 13.- Batería de alta tensión

Fuente: (MARTÍNEZ, 2010)

### ➤ Freno Regenerativo

(MARTÍNEZ, 2010): "El sistema de frenado regenerativo funciona cuando queremos disminuir la velocidad del vehículo, utilizando el motor térmico como freno o bien pisando el pedal de freno. La figura 19 muestra un esquema de cómo se conecta el freno regenerativo con los diferentes sistemas del vehículo híbrido.

En esta situación el motor eléctrico funciona como un generador, convirtiendo la energía cinética del vehículo en energía eléctrica, la cual se usa para cargarlas baterías. Este sistema es particularmente efectivo

en recobrar energía cuando se circula por ciudad, donde se producen aceleraciones y deceleraciones frecuentes.

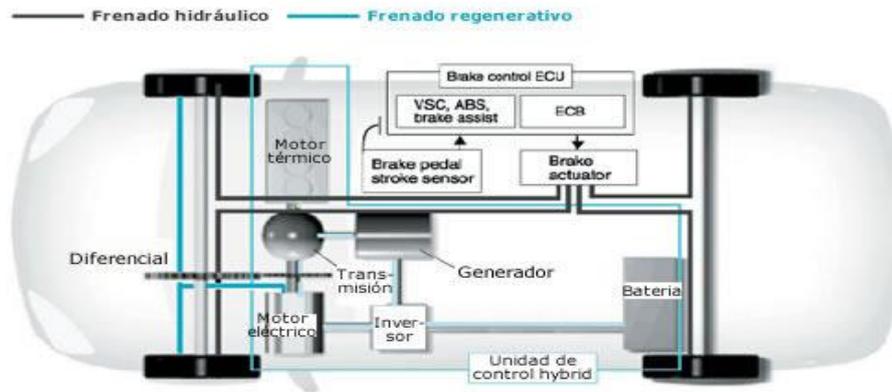


Figura 19.- Freno regenerativo

Fuente: (MARTÍNEZ, 2010)

Cuando se pisa el pedal de freno, el sistema controla la coordinación entre el freno hidráulico del ECB (Electronic Control Braking) y el freno regenerativo y preferentemente usa el freno regenerativo, por consiguiente recobrando energía aun en las velocidades inferiores del vehículo. Con este sistema se consigue una regeneración de energía muy eficiente. En la figura 20 se ve como se ha mejorado el sistema de frenado regenerativo en el THS II con respecto a la versión inicial (THS).

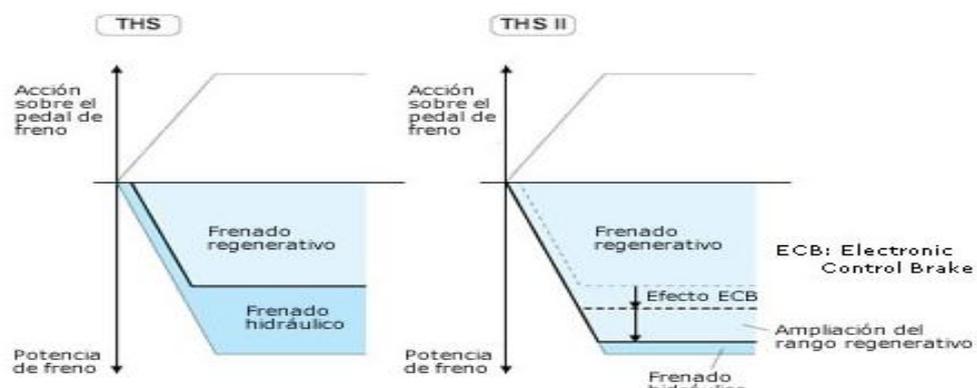


Figura 20.- Comparación del freno regenerativo

Fuente: (MARTÍNEZ, 2010)

Las pérdidas por rozamiento en la transmisión son mínimas ya que el movimiento de las ruedas se transmite a través del diferencial y los engranajes intermedios al motor eléctrico que se convierte en este caso en generador. El sistema de frenado regenerativo consigue recuperar un 65% de la energía eléctrica que carga las baterías como muestra la figura 21”.

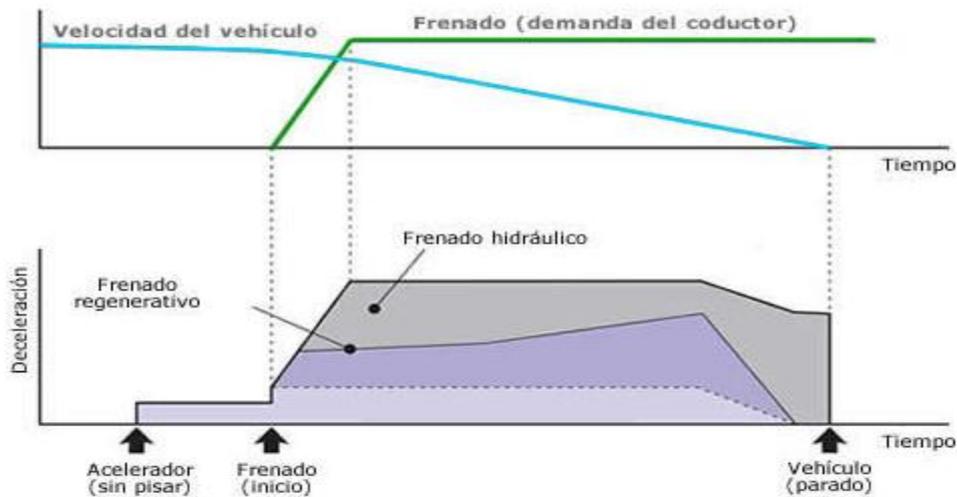


Figura 21. Comparación freno regenerativo y freno hidráulico

Fuente: (MARTÍNEZ, 2010)

### 2.1.12. Transmisión de Potencia

(ZELAYA, 2006): “Se denomina transmisión mecánica a un mecanismo encargado de transmitir potencia entre dos o más elementos dentro de una máquina. Son parte fundamental de los elementos u órganos de una máquina, muchas veces clasificados como uno de los dos subgrupos fundamentales de estos elementos de transmisión y elementos de sujeción.

En la gran mayoría de los casos, estas transmisiones se realizan a través de elementos rotantes, ya que la transmisión de energía por rotación ocupa mucho menos espacio que aquella por traslación. Una transmisión

mecánica es una forma de intercambiar energía mecánica distinta a las transmisiones neumáticas o hidráulicas, ya que para ejercer su función emplea el movimiento de cuerpos sólidos, como lo son los engranajes y las correas de transmisión.

En general, las transmisiones reducen una rotación inadecuada, de alta velocidad y bajo par motor, del eje de salida del impulsor primario a una velocidad más baja con par de giro más alto, o a la inversa. Muchos sistemas, como las transmisiones empleadas en los automóviles, incluyen la capacidad de seleccionar alguna de varias relaciones diferentes. En estos casos, la mayoría de las relaciones (llamadas usualmente "marchas" o "cambios") se emplean para reducir la velocidad de salida del motor e incrementar el par de giro; sin embargo, las relaciones más altas pueden ser sobremarchas que aumentan la velocidad de salida".

#### **2.1.12.1. Transmisión CVT**

(ZELAYA, 2006): "Una transmisión variable continua o CVT es un tipo de transmisión semiautomática como muestra el gráfico 14 que puede cambiar la relación de cambio a cualquier valor dentro de sus límites y según las necesidades de la marcha.

La transmisión variable continua no está restringida a un pequeño número de relaciones de cambio, como las 4 a 6 relaciones delanteras de las transmisiones típicas de automóviles. La centralita electrónica que controla la transmisión variable continua simula a menudo cambios de marcha abruptos, especialmente a bajas velocidades, porque la mayoría de los conductores esperan las bruscas sacudidas típicas y rechazarían una transmisión perfectamente suave por su aparente falta de potencia.

Este cambio automático se denomina cambio de variador continuo CVT (Continuos Variable Transmisión) ya que los desarrollos no quedan determinados por un par de engranajes, sino por dos roldanas formadas por elementos cónicos, unidas por una cadena que transmite la potencia. También existe una clase de transmisión continua variable llamada CVT toroidal, cuyo funcionamiento se basa en la conexión de los dos conos (que tienen la superficie cóncava, formando el hueco de un toroide imaginario) por medio de dos o más discos de inclinación regulable, en lugar de las poleas”.



Gráfico 14.- Transmisión CVT

(ZELAYA, 2006)

(ALONSO, 2001): “La idea del variador continuo no es algo reciente, de hecho data de hace unos quinientos años aproximadamente, cuando este concepto pasaría por la mente del genial Leonardo da Vinci. La primera patente sobre un sistema variador continuo toroidal data de 1886, que aunque vigente ha sido ampliamente superado y mejorado como muestra el grafico 15.

La idea es simple, aunque puede que a muchos le resulte confusa, en lugar de tener una cantidad discreta de relaciones ya sean este número cinco, seis, o incluso más, pasaremos a tener una cantidad casi infinita de relaciones. Esto se debe a que no hay unas relaciones establecidas e inamovibles entre el giro del motor y las ruedas, sino un cambio gradual de esta optimizando la relación en función de la velocidad y las necesidades de ese momento”.



Gráfico 15.- Acoplamiento de la transmisión CVT

Fuente: (ZELAYA, 2006)

(ALONSO, 2001): “Para adaptar la proporción de giro los distintos sistemas suelen estar dotados de una serie de sensores y una centralita lo controla todo. El resultado es una caja de cambios que se mantiene siempre en un régimen de máximo par o máximo rendimiento.

Es especialmente interesante la capacidad de mantener el motor en su par máximo, pues en ese punto la eficiencia del mismo es máxima, llegando a reducir el consumo entre un 10% y un 20% según los fabricantes. Por otro lado la conducción deportiva también se ve mejorada

por este tipo de transmisión, pudiendo mantener el motor en un régimen de potencia máxima de forma constante a medida que aceleramos.

A estas alturas estaréis pensando que una caja que permite mejor consumo y que permite además ir más rápido al no perder tiempo cambiando la marcha, o manteniendo el motor con una entrega de potencia máxima debería estar montada en todos los coches a la venta.

Pero las cosas no son tan sencillas, uno de los principales inconvenientes que han tenido este tipo de transmisiones ha sido la incapacidad de entregar grandes pares, aunque algunos fabricantes han logrado solventar este problema de forma bastante eficaz.

La segunda traba es el conductor, al eliminarse la transición entre marchas las sensaciones que recibe quien va detrás del volante empeoran y dando la impresión de conducir un coche de baja potencia, aunque las cifras muestren lo contrario. Este último problema se ha solventado por algunas marcas estableciendo unos estados por los que la transmisión pasa, dando así la sensación de estar usando una caja de cambios convencional”.

#### **2.1.12.2. Transmisión de un Vehículo Híbrido**

(ZELAYA, 2006): “En un sistema híbrido para que llegue a funcionar correctamente necesita primero cumplir varias condiciones que están establecidas en la ECU, esta transmisión no tiene una caja de cambios convencional con distintos engranajes, ni una caja automática de variador continuo con correa, así el motor de combustión interna y los dos moto generadores están unidos por un solo elemento llamado engranaje planetario el cual nos permite unir la potencia de cada uno de los motores.

No tener una caja de cambio normal aporta ventajas notables y especialmente necesarias en un coche como éste: menos peso, más espacio y menos pérdidas por rozamiento. El transeje híbrido consiste principalmente en los siguientes componentes como muestra la figura 22”.

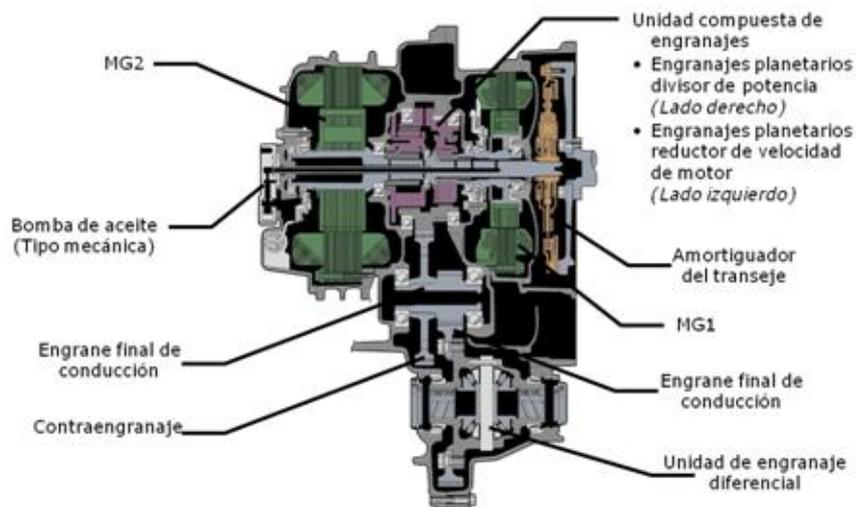


Figura 22.- Transeje básico del Prius  
(ZELAYA, 2006)

### 2.1.13. Tren Epicicloidal

(Morgado, 2009): “Los trenes epicicloidales son aquellos trenes de engranajes en los cuales alguna rueda gira en torno a un eje que no es fijo como muestra la figura 23, sino que gira en el espacio. Al porta satélites (3) que gira se le llama porta satélites. A la rueda (4) que gira alrededor de dicho eje se la denomina satélite.

El sistema, de esta manera, tiene dos grados de libertad que se restringen a uno haciendo girar al satélite alrededor de una rueda fija o central (2) llamada planetario. En el caso de los trenes epicicloidales, también cabe

hablar de trenes recurrentes o no recurrentes, según que los ejes de entrada y salida sean o no coaxiales.

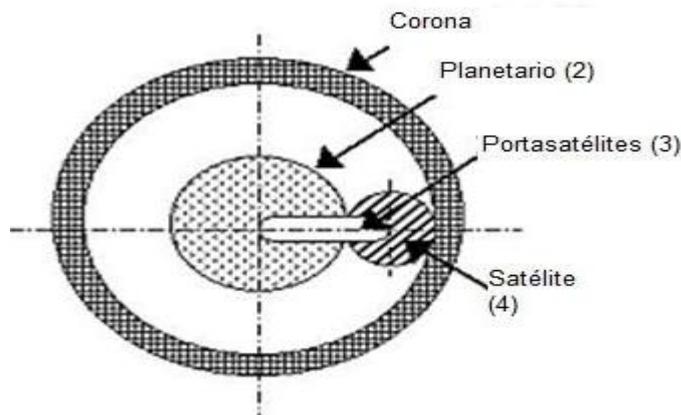


Figura 23. Engranaje planetario

Fuente: (ZELAYA, 2006)

Este mecanismo ofrece tres movimientos de giro concéntrico. Sin embargo en una caja de velocidades los ejes de entrada y salida son únicos, por lo que uno de los tres giros parece redundante, de hecho las tres relaciones de marcha se obtendrán eliminando ese giro redundante de diferentes maneras mediante frenos y embragues. La relación de giro se obtiene dependiendo de cuál es el elemento de entrada o salida como muestra la tabla 6.

Tabla 6.- Relación de transmisión

Elemento fijo	Entrada	Salida	Relación de giro
<b>Portasatélites (PS)</b>	Planetario (p)	Corona (C)	$r = -\frac{R_p}{R_C}$
<b>Corona (C)</b>	Planetario(p)	Portasatélites(PS)	$r = \frac{R_p}{2R_{PS}}$
<b>Planetario (p)</b>	Corona (C)	Portasatélites(PS)	$r = \frac{R_C}{2R_{PS}}$

Fuente: (MARTÍNEZ, 2010)

Se observa que detener el porta satélites supone una inversión de giro, efecto que se puede aprovechar en la marcha atrás. Por otra parte, para conseguir una reducción unidad o transmisión directa basta impedir el movimiento relativo de todos los elementos y comunicar el giro al piñón planetario, ya que así el conjunto gira solidariamente.

En la tabla 7 muestra el número de dientes que poseen dos modelos de vehículos híbridos de la compañía Toyota, ahí podemos encontrar las diferentes relaciones de transmisión con ayuda de la tabla anterior”.

Tabla 7.-Número de dientes usados en el trans eje hibrido

Tipo de Transeje		P410 (Nuevo Prius)	P310 (HIGH- LANDER HV)	P310 (RX400h)	
<b>Patrón de cambios</b>		P-R-N-D-B	←	←	
<b>Relación total de reducción de velocidad</b>		3.267	3.137	3.542*2 / ←*3	
Unidad compuesta de engranajes	Engranajes planetarios	No. de dientes de corona	78	←	
	divisor de potencia	No. de dientes de piñón	23	←	
		No. de dientes de solar	30	←	
	Engranajes planetarios	No. de dientes de corona	58	57	←
	reductor de velocidad de motor	No. de dientes de piñón	18	←	←
		No. de dientes de solar	22	23	←
<b>Contraengranaje</b>	No. de dientes del manejador	54	←	←	
	No. de dientes del manejado	55	←	←	
<b>Engranaje final</b>	No. de dientes del manejador	24	23	23*2 / 25*3	
	No. de dientes del manejado	77	80	←*2 / 77*3	
<b>Fluido</b>	Tipo	ATF WS	←	←	
	Capacidad [L (US qts, Imp. qts)]	3.3 (3.5, 2.9)	3.9 (4.1, 3.4)	4.2 (4.4, 3.7)	
<b>Peso (Referencia)*<sup>1</sup> [kg (lb)]</b>		92 (203)	116 (256)	117 (258)	

Fuente: (MARTÍNEZ, 2010)

### 2.1.14. Explicación de Funcionamiento del Sistema Híbrido

(ZELAYA, 2006): “Dado que el motor funciona siempre casi a plena carga y con un margen de revoluciones no muy amplio, hacía falta algo para que (en esas condiciones) valiera igual para arrancar en marcha lenta y para ir a gran velocidad. Ese algo es el engranaje planetario, que tiene tres elementos como muestra la figura 24.

- Planeta o engranaje central
- Satélites que giran alrededor de él
- Corona con un dentado interior a la cual también están engranados los satélites.

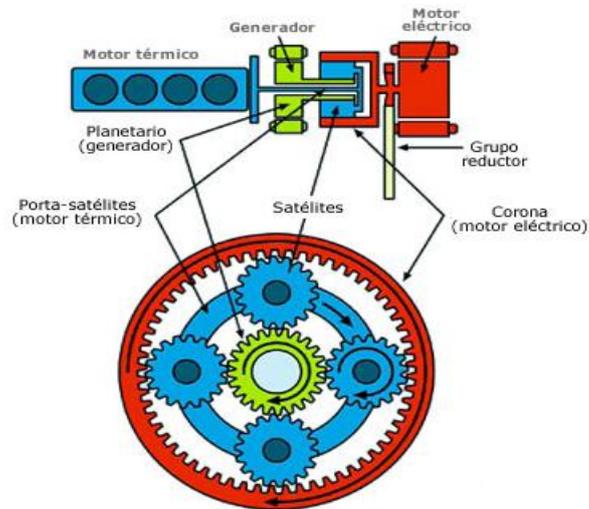


Figura 24.- Esquema del engranaje planetario utilizado en la transmisión

Fuente: (ZELAYA, 2006)

Si el motor de combustión se mueve no necesariamente existe movimiento en las ruedas puesto que al moverse el motor de combustión, y estar frenado la corona que esta solidaria a MG2 la única posibilidad de movimiento es para MG1. Es decir si el eje de salida es bloqueado

(posición de parqueo) y el motor de combustión está funcionando, necesariamente tiene que moverse MG1 cargando así las baterías.

En caso que el motor de combustión está apagado y el automóvil detenido en parqueo, la única forma de hacer girar el motor de combustión es que se accione MG1, en ese momento al accionarse y estar frenado la corona, la única posibilidad es que el conjunto de porta satélites se muevan y como están conectados directamente al motor de combustión este tendrá que mover y así arrancar. La figura 25 muestra los componentes de un sistema de transmisión de un vehículo híbrido.

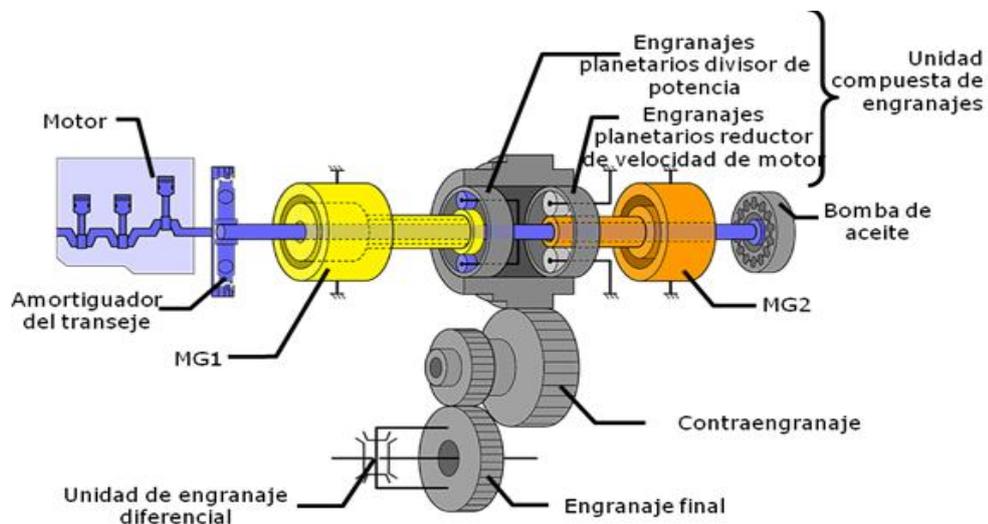


Figura 25.- Sistema de componentes del sistema de transmisión

Fuente: (ZELAYA, 2006)

MG2 va directa a la corona y por consiguiente al movimiento de las ruedas, si el eje de salida no está bloqueado y MG2 se mueve, el auto se moverá, de esta forma comienza a moverse el vehículo, si MG2 gira de forma contraria, el auto deberá moverse en marcha atrás.

En esta misma idea si MG2 está en movimiento y MG1 coloca resistencia, se moverá todo el conjunto como un solo elemento aportando potencia MG2 y el motor de combustión y MG1 sería arrastrado generando energía al sistema. Algo interesante sucede si el vehículo está en movimiento y se

quiere frenar, para disminuir la velocidad, MG2 se convierte en generador, tomando la energía cinética del movimiento y transformándola en energía eléctrica que mediante el inversor pasará a las baterías, esto se conoce como freno regenerativo que explicamos anteriormente.

En este tipo de transmisiones tenemos que diferenciar dos partes esenciales del transeje como son: la parte del divisor de potencia y la parte de reducción de velocidad de motor. La figura 26 muestra esquemáticamente como están unidos estos elementos y se resalta las dos partes antes nombradas del transeje.

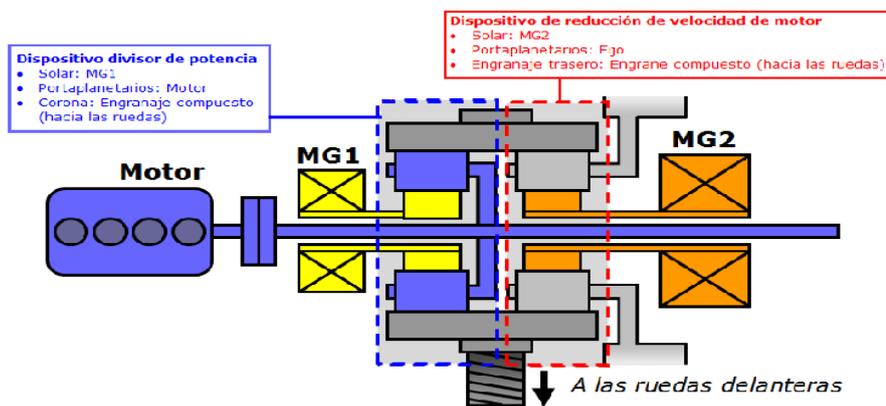


Figura 26.- Tren de engranajes

Fuente: (ZELAYA, 2006)

De lo cual tenemos esta unidad compuesta de engranajes donde encontramos que hay una sola corona pero dos planetarios los cuales forman parte de la parte de potencia así como la reducción de velocidad como muestra el gráfico 16. También se debe tomar en cuenta que consta de un contra engranaje que es utilizado para el freno de estacionamiento”.

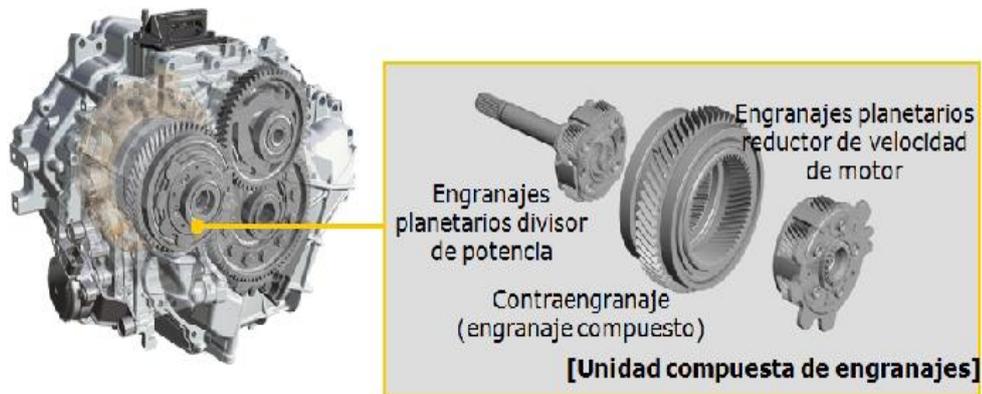


Gráfico 16.- Unidad compuesta de engranajes

Fuente: (ZELAYA, 2006)

### 2.1.15 Diseño de una Maqueta de la Transmisión del Toyota Prius tomado del video que se encuentra en la página de internet:

<http://www.youtube.com/watch?v=Zpfs2LPAa6Y>

(S.D., 2007): “Para la fabricación de la maqueta de la transmisión del Toyota Prius en aluminio y fibra se basó en el modelo que se encuentra en internet. Pero se aclara que tanto el número de engranajes como el número de dientes de los mismos y los ejes de transmisión no tienen las mismas medidas que los engranajes y ejes que se muestra en el video. Todos los cálculos de la investigación se realizaron adquiriendo información bibliográfica de fundición de aluminio, fibra de vidrio y diseño de engranajes para así obtener las diferentes fórmulas de diámetro primitivo, el diámetro exterior, diámetro de raíz, altura de diente, y el modulo para el fresado de los dientes de los engranajes y obtener una relación de transmisión de 1 a 2 de la corona central con respecto al reductor de velocidad”.

## 2.2. POSICIONAMIENTO TEÓRICO PERSONAL

El Toyota Prius es un vehículo híbrido que combina dos tipos de energía, es decir dos tipos de motores una de combustión interna y dos motores eléctricos los cuales realizan distintas funciones. Los motores eléctricos son generados los cuales se encargan de recargar la batería de vehículo, esta función de recargar la batería específicamente se encarga el motor que Toyota lo ha denominado motor eléctrico MG1, pero esta no es la única función que realiza ya que este motor MG1 también hace la función de motor de arranque para encender el motor térmico en el momento que el sistema lo requiera como puede ser en el momento que el vehículo se encuentre en una cuesta o cuando el nivel de carga de las baterías es bajo.

El motor eléctrico MG1 es un generador que se realiza la función de transformar el trabajo del motor térmico en energía eléctrica la cual es almacenada en la batería para un uso futuro, este es de corriente alterna sincrónica y puede girar como máximo al doble de régimen de giro del motor térmico, el MG1 se encuentra entre el motor térmico y el motor eléctrico MG2. Ahora si la función principal del motor MG1 es cargar la batería de alto voltaje no es el único que realiza esta función ya que también lo realiza la transmisión.

En la mayoría de los casos, estas transmisiones se mueven a través de elementos rotantes, puesto que la transmisión de energía por rotación ocupa menos espacio que aquella por traslación.

### 2.3. GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Centralita.-** Se le conoce como Unidad de Control Electrónico es un sistema electrónico que está conectado normalmente a una serie de sensores que le permiten proporcionar información y de actuadores que ejecutan sus comandos.

**Condensadores.-** es un intercambiador térmico, pretende que hace que un fluido que lo recorre, se transforme a una fase líquida mediante el intercambio de calor.

**Electroimanes.-** Un elemento de electroimán es imán en el cual el campo magnético es producido mediante una corriente eléctrica. Se produce mediante un contacto de dos metales; uno se encuentra echo por cables e inducido y otro está en estado neutro

**Electromotriz.-** Esta comprendido que es el trabajo que es producido por un generador. Que pasa por su interior una unidad de carga positiva del polo negativo dividido por el valor de culombios de carga.

**Generador.-** Es un dispositivo el cual necesita de una energía mecánica para transformarla en energía eléctrica ya sea en corriente alterna o continua.

**Híbrido.-** En un vehículo quiere decir que para su movimiento utiliza dos sistemas. Uno que es con motores eléctricos y otro que funciona con un motor de combustión interna.

**Inducido.-** El inducido en máquinas eléctricas viene hacer , la parte de la máquina rotativa donde la energía mecánica se transforma en energía eléctrica mediante una inducción electromagnética..

**Inductor.-** Un inductor también se lo conoce como bobina es un componente con un circuito eléctrico que, debido a una autoinducción va almacenar energía eléctrica en forma de campo magnético.

**MG1.-** Motor Generador 1.

**MG2.-** Motor Generador 2.

**Motor síncrono.-** Son motores eléctricos que utilizan corriente alterna tiene una velocidad de giro constante y depende de un variador de frecuencia para dar un una velocidad régimen de giro.

**Planetarios.-** Es un sistema de varios engranajes (o tren de engranajes) que tiene un cierto número de engranajes conocidos como satélites, y que estos van a girar alrededor de otro engranaje conocido como planetario.

**Prototipo.-** Consiste en un modelo a tamaño real que tiene la el mismo color, rotulación y apariencia. Que se hace para comprobarla antes de producirla en mayoría.

**Síncrono.-** Representa la sincronización o accionamiento simultáneo de varios componentes como el inversor principal y la CPU.

**Tren epicycloidal.-** Es un juego de engranajes

**Trifásica.-** Es la tensión trifásica, un sistema que posee de tres tensiones alternas, acopladas, (se producen simultáneamente las 3 en un generador),

## 2.4 GLOSARIO DE FÓRMULAS

Fórmula para calcular la relación de contacto entre engranajes.

$$[1] \quad M_c = \frac{q_t}{p}$$

Fórmula para calcular la potencia en ejes de transmisión.

$$[2] \quad P = T \cdot W$$

Fórmula para calcular el diámetro primitivo de los engranajes de la corona, de dientes externos, internos, planetarios, satélites y reductores de velocidad.

$$[3] \quad D_p = \frac{\text{número de dientes}}{\text{paso diametral}}$$

Fórmula para calcular el diámetro exterior, de los engranajes de la corona, de dientes externos, internos, planetarios, satélites y reductores de velocidad.

$$[4] \quad D_E = \frac{\text{número de dientes} + 2}{\text{paso diametral}}$$

Fórmula para calcular el diámetro de raíz, de los engranajes de la corona, de dientes externos, internos, planetarios, satélites y reductores de velocidad.

$$[5] \quad \text{Diámetro de raíz} \quad D_R = \frac{\text{número de dientes} - 2}{\text{paso diametral}}$$

Fórmula para calcular la altura del diente, de los engranajes de la corona, de dientes externos, internos, planetarios, satélites y reductores de velocidad.

$$[6] \quad A_i = \frac{\text{diámetro exterior} - \text{diámetro interior}}{2}$$

Fórmula para calcular el módulo de fresado, de los engranajes de la corona, de dientes externos, internos, planetarios, satélites y reductores de velocidad.

$$[7] \quad M = \frac{\text{diámetro primitivo}}{\text{número de dientes}}$$

Fórmula para calcular la relación de transmisión en los trenes epicicloidales.

$$[8] \quad n_2 = \frac{(z_3 n_3 + z_1 n_1)}{z_3 + z_1}$$

Fórmula para calcular la relación de transmisión, cuando los satélites que se conectan con el motor generador 1 están bloqueados.

$$[9] \quad 0 = \frac{(z_3 n_3 + z_1 n_1)}{z_3 + z_1}$$

Fórmula para calcular la relación de transmisión cuando la corona es conductora y los satélites actúan como elemento conducido y giran en el mismo sentido de la corona.

$$[10] \quad \frac{n_3}{n_2} = 1 + \frac{z_1}{z_3} = R_1 \quad n_2 = \frac{n_3}{R_1}$$

Fórmula para calcular la relación de transmisión cuando los satélites son conductores y la corona es el elemento conducido y gira en el mismo sentido.

$$[11] \quad \frac{n_2}{n_3} = \frac{z_3}{z_3+z_1} = R_2 = n_3 = \frac{n_2}{R_2}$$

Fórmula para calcular la relación de transmisión cuando el brazo porta satélites está bloqueado.

$$[12] \quad 0 = \frac{(z_3 n_3 + z_1 n_1)}{z_3 + z_1} = z_3 \cdot n_3 = -z_1 \cdot n_1$$

Fórmula para calcular la relación de transmisión cuando el planetario es el elemento conductor y los satélites son el elemento conducido, que actúan sobre sus ejes y actúan de engranaje intermedio.

$$[13] \quad \frac{n_1}{n_3} = \frac{-z_3}{z_1} = R_3 = n_3 = \frac{-n_1}{R_3}$$

Fórmula para calcular el diámetro y el número de revoluciones.

$$[14] \quad e_1 = \pi \cdot d_i \cdot n_i$$

Fórmulas para calcular las RPM del reductor de velocidad con respecto a la corona.

$$[15] \quad d_1 n_1 = d_2 n_2$$

$$[16] \quad n_2 = \frac{d_1 \cdot n_1}{d_2}$$

## **2.5. INTERROGANTES DE LA INVESTIGACIÓN**

¿Cómo investigar las condiciones del funcionamiento de la transmisión del Toyota Prius?

¿Cómo diseñar y construir una maqueta de la transmisión de un vehículo Toyota Prius, en aluminio y fibra?

¿Para qué facilitar la maqueta de la transmisión del vehículo Toyota Prius al taller de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la escuela de Educación Técnica de la Universidad Técnica del Norte?

## 2.6. MATRIZ CATEGORIAL

CONCEPTO	CATEGORÍAS	DIMENSIONES	INDICADOR
<p>La principal función de la transmisión es de transmitir el par motor producido por el motor de combustión interna que se encuentra en el volante del cigüeñal, hacia las ruedas motrices pasando por una caja de cambios para realizar las diferentes relaciones de velocidad.</p>	<p><b>TRANSMISIÓN DE UN AUTOMOVIL</b></p>	<p>Embrague</p> <p>Caja de cambios</p> <p>Eje cardan</p>	<p>Encargado de acoplar y desacoplar el giro del motor hacia el diferencial.</p> <p>Transmite la potencia y par motor proveniente del volante del cigüeñal, para transformar a las diferentes relaciones de velocidad</p> <p>Transmite el giro de la caja de cambios al diferencial.</p>

CONCEPTO	CATEGORÍAS	DIMENSIONES	INDICADOR
<p>Es un elemento de tren epicicloidal que contiene engranajes de dientes internos o externos. Que están acoplados los satélites y los solares en una corona de dientes internos. Se producen diferentes relaciones de transmisión</p>	<p><b>TREN EPICICLOIDAL DE LA TRANSMISIÓN TOYOTA PRIUS</b></p>	<p>CORONA</p> <p>SATÉLITES</p> <p>PLANETARIOS</p>	<p>Elemento exterior que puede bloquearse mediante un freno</p> <p>Elementos intermedios montados locos sobre el porta satélites, que a su vez es solidario a otro eje.</p> <p>Elemento central del tren, que es solidario a un eje</p>

## **CAPÍTULO III**

### **3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

La información que se utilizó es bibliográfica-documental, fue un proyecto factible que planteó una propuesta de carácter tecnológico, metodológico y práctico que permitió difundir nuestra propuesta.

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. Investigación Bibliográfica**

Para la realización de esta investigación se requirió de la investigación documental, ya que esta permitió ampliar y profundizar el conocimiento del problema, apoyándonos principalmente en manuales, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales y electrónicos, donde se encuentran valiosos estudios sobre la problemática planteada.

La misma que se ve reflejada mediante diversos enfoques, criterios, conceptualizaciones, reflexiones y en general en los pensamientos de los directores de los diferentes grupos de danza de la provincia de Imbabura.

La investigación documental contribuyó a la recolección de información, misma que se obtuvo de fuentes bibliográficas como libros, revistas, folletos, videos, internet, vivencias, entrevistas documentos y más recursos escritos disponibles en la actualidad para complementar la información de la tesis.

## **3.2. MÉTODOS**

### **3.2.1. Empíricos**

#### **3.2.1.1. Recolección de Información**

Mediante este método se recolectó, clasificó y almacenó la documentación que sirvió de manera eficiente al trabajo de grado.

### **3.2.2. Teóricos**

#### **3.2.2.1. Científico**

Este método nos ayudó a mejorar el estudio del problema planteado, también permitió establecer contacto con la realidad de la danza tradicional como estrategia metodológica para el desarrollo de las capacidades coordinativas especiales a fin de estimular, la actividad intelectual y creadora del estudiante.

#### **3.2.2.2. Inductivo**

Con este método tratamos cada una de las partes del marco teórico de la matriz categorial.

#### **3.2.2.3. Deductivo**

Este método nos ayudó a partir de modelos, teorías y hechos generales, para llegar además nos permitió analizar científicamente una serie de textos de carácter particular para llegar a generalidades que sirvan como referencia para el diseño y creación de la maqueta

#### **3.2.2.4. Analítico**

Fue de mucha importancia en la investigación ya que nos permitió analizar las preguntas y respuestas de las encuestas aplicadas a los estudiantes de la carrera de ingeniería de Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte.

#### **3.2.2.5. Sintético**

A través de este método se redactó las conclusiones y recomendaciones de cuales fueron los diferentes cálculos y el proceso de fundición para el diseño y construcción de la maqueta de unta transmisión del Toyota Prius

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

#### 4.1. Datos Específicos de todos los Engranajes que componen la Transmisión del Toyota Prius.

Tabla.- 8 Número de dientes de los engranajes

Tipo de engranaje	Corona de dientes internos y externos	Satélites movidos por el motor de combustión interna	Solar movido por el MG/1	Satélites movido por el MG/2	Reductor de velocidad
Número de dientes	54 dientes internos- 66 externos	18 dientes externos	18 dientes externos	16 – 22 dientes externos	33 dientes externos
Número de engranajes	2	5	1	6	2

Fuente: Autores

## 4.2. Cálculos de la corona de dientes internos.

Para calcular el cálculo de la corona de dientes internos se debe tener en cuenta el número de dientes y el paso diametral estándar de acuerdo al módulo que se vaya a fresar los dientes.

Paso diametral

0,2 diente/mm

Diámetro primitivo

$$D_p = \frac{\text{número de dientes}}{\text{paso diametral}} = \frac{54 \text{ dientes}}{0,2 \text{ diente/mm}} = 270 \text{ mm} \quad [3]$$

Diámetro exterior

$$D_E = \frac{\text{número de dientes} + 2}{\text{paso diametral}} = \frac{54 \text{ dientes} + 2}{0,2 \text{ diente/mm}} = 280 \text{ mm} \quad [4]$$

Diámetro de raíz

$$D_R = \frac{\text{número de dientes} - 2}{\text{paso diametral}} = \frac{54 \text{ dientes} - 2}{0,2 \text{ diente/mm}} = 260 \text{ mm} \quad [5]$$

Altura de diente

$$A_I = \frac{\text{diámetro exterior} - \text{diámetro interior}}{2} = \frac{280 \text{ mm} - 260 \text{ mm}}{2} = 10 \text{ mm}$$

[6]

Dónde:

$D_p$  = Diámetro primitivo

$D_E$  = Diámetro exterior

$D_R$  = Diámetro de raíz

AL = Altura de diente

### 4.3. Cálculos de la corona de dientes externos.

Para los cálculos de la corona de dientes externos se debe tener en cuenta el número de dientes externos y el paso diametral estándar de acuerdo al módulo 5.

Paso diametral

0,2 diente/mm

Diámetro primitivo

$$D_p = \frac{\text{número de dientes}}{\text{paso diametral}} = \frac{66 \text{ dientes}}{0,2 \text{ diente/mm}} = 330 \text{ mm} \quad [3]$$

Diámetro exterior

$$D_E = \frac{\text{número de dientes} + 2}{\text{paso diametral}} = \frac{66 \text{ dientes} + 2}{0,2 \text{ diente/mm}} = 340 \text{ mm} \quad [4]$$

Diámetro interno

$$D_R = \frac{\text{número de dientes} - 2}{\text{paso diametral}} = \frac{66 \text{ dientes} - 2}{0,2 \text{ diente/mm}} = 320 \text{ mm} \quad [5]$$

Altura de diente

$$A_l = \frac{\text{diámetro exterior} - \text{diámetro interior}}{2} \quad [6]$$
$$= \frac{280 \text{ mm} - 260 \text{ mm}}{2} = 10 \text{ mm}$$

Dónde:

$D_p$  = Diámetro primitivo

$D_E$  = Diámetro exterior

$D_R$  = Diámetro de raíz

$A_L$  = Altura de diente

#### 4.4. Cálculos de los engranajes satélites que son movidos por el motor de combustión interna.

Para los cálculos de los satélites se toma en cuenta el diámetro del porta satélites y se divide en 5 partes ya que ese es el número de los engranajes satélites, y se toma en cuenta el número de dientes y el paso diametral estándar con módulo 5.

Paso diametral

0,2 diente/mm

Diámetro primitivo

$$D_p = \frac{\text{número de dientes}}{\text{paso diametral}} = \frac{18 \text{ dientes}}{0,2 \text{ diente/mm}} = 90 \text{ mm} \quad [3]$$

Diámetro exterior

$$D_E = \frac{\text{número de dientes} + 2}{\text{paso diametral}} = \frac{18 \text{ dientes} + 2}{0,2 \text{ diente/mm}} = 100 \text{ mm} \quad [4]$$

Diámetro de raíz

$$DR = \frac{\text{número de dientes} - 2}{\text{paso diametral}} = \frac{18 \text{ dientes} - 2}{0,2 \text{ diente/mm}} = 80 \text{ mm} \quad [5]$$

Altura de diente

$$Al = \frac{\text{diámetro exterior} - \text{diámetro interior}}{2} \quad [6]$$
$$= \frac{100 \text{ mm} - 80 \text{ mm}}{2} = 10 \text{ mm}$$

Dónde:

$D_p$  = Diámetro primitivo

$D_E$  = Diámetro exterior

$D_R$  = Diámetro de raíz

$A_L$  = Altura de diente

#### **4.5. Cálculos del engranaje solar que es movido por el motor generador.**

Para obtener los cálculos de este engranaje de toma en cuenta el número de dientes a fresar y el paso diametral estándar de acuerdo al módulo 5.

Paso diametral

0,2 diente/mm

Diámetro primitivo

$$D_p = \frac{\text{número de dientes}}{\text{paso diametral}} = \frac{18 \text{ dientes}}{0,2 \text{ diente/mm}} = 90 \text{ mm} \quad [3]$$

Diámetro exterior

$$D_E = \frac{\text{número de dientes} + 2}{\text{paso diametral}} = \frac{18 \text{ dientes} + 2}{0,2 \text{ diente/mm}} = 100 \text{ mm} \quad [4]$$

Diámetro de raíz

$$D_R = \frac{\text{número de dientes} - 2}{\text{paso diametral}} = \frac{18 \text{ dientes} - 2}{0,2 \text{ diente/mm}} = 80 \text{ mm} \quad [5]$$

Altura de diente

$$A_l = \frac{\text{diámetro exterior} - \text{diámetro interior}}{2} \quad [6]$$

$$= \frac{100 \text{ mm} - 80 \text{ mm}}{2} = 10 \text{ mm}$$

Dónde:

$D_p$  = Diámetro primitivo

$D_E$  = Diámetro exterior

$D_R$  = Diámetro de raíz

$A_l$  = Altura de diente

#### **4.6. Cálculos para los engranajes satélites que son movidos por el motor generador 2.**

Para los cálculos de los satélites se toma en cuenta el diámetro de la base y se divide en 5 partes ya que ese es el número de los engranajes

satélites, y se toma en cuenta el número de dientes y el paso diametral estándar con módulo 5.

Paso diametral

0,2 diente/mm

Diámetro primitivo

$$D_p = \frac{\text{número de dientes}}{\text{paso diametral}} = \frac{16 \text{ dientes}}{0,2 \text{ diente/mm}} = 80 \text{ mm} \quad [3]$$

Diámetro exterior

$$D_E = \frac{\text{número de dientes} + 2}{\text{paso diametral}} = \frac{16 \text{ dientes} + 2}{0,2 \text{ diente/mm}} = 90 \text{ mm} \quad [4]$$

Diámetro interior

$$D_I = \frac{\text{número de dientes} - 2}{\text{paso diametral}} = \frac{16 \text{ dientes} - 2}{0,2 \text{ diente/mm}} = 70 \text{ mm} \quad [5]$$

Altura de diente

$$A_I = \frac{\text{diámetro exterior} - \text{diámetro interior}}{2} \quad [6]$$
$$= \frac{80 \text{ mm} - 70 \text{ mm}}{2} = 10 \text{ mm}$$

Dónde:

$D_p$  = Diámetro primitivo

$D_E$  = Diámetro exterior

$D_R$  = Diámetro de raíz

AL = Altura de diente

#### 4.7. Cálculos para el engranaje solar que es movido por el motor generador 2.

Para obtener los cálculos de este engranaje de toma en cuenta el número de dientes a fresar y el paso diametral estándar de acuerdo al módulo 5. Este engranaje tiene un número de dientes mayor que el engranaje que es movido por el motor generador 1.

Paso diametral

0,2 diente/mm

Diámetro primitivo

$$D_p = \frac{\text{número de dientes}}{\text{paso diametral}} = \frac{22 \text{ dientes}}{0,2 \text{ diente/mm}} = 110 \text{ mm} \quad [3]$$

Diámetro exterior

$$D_E = \frac{\text{número de dientes} + 2}{\text{paso diametral}} = \frac{22 \text{ dientes} + 2}{0,2 \text{ diente/mm}} = 120 \text{ mm} \quad [4]$$

Diámetro interior

$$D_I = \frac{\text{número de dientes} - 2}{\text{paso diametral}} = \frac{22 \text{ dientes} - 2}{0,2 \text{ diente/mm}} = 100 \text{ mm} \quad [5]$$

Altura de diente

$$A_l = \frac{\text{diámetro exterior} - \text{diámetro interior}}{2} \quad [6]$$
$$= \frac{120 \text{ mm} - 100 \text{ mm}}{2} = 10 \text{ mm}$$

Dónde:

Dp = Diámetro primitivo

DE = Diámetro exterior

DR = Diámetro de raíz

AL = Altura de diente

#### 4.8. Cálculos para los engranajes del reductor de velocidad.

Para los cálculos de estos engranajes se debe tomar en cuenta el número de dientes de la corona exterior para que la relación de transmisión sea de 1 a 2. De igual manera se toma en cuenta el número de dientes y el paso diametral de acuerdo al módulo 5.

Paso diametral

0,2 diente/mm

Diámetro primitivo

$$D_p = \frac{\text{número de dientes}}{\text{paso diametral}} = \frac{33 \text{ dientes}}{0,2 \text{ diente/mm}} = 165 \text{ mm} \quad [3]$$

Diámetro exterior

$$D_E = \frac{\text{número de dientes} + 2}{\text{paso diametral}} = \frac{33 \text{ dientes} + 2}{0,2 \text{ diente/mm}} = 175 \text{ mm} \quad [4]$$

Diámetro interior

$$D_I = \frac{\text{número de dientes} - 2}{\text{paso diametral}} = \frac{33 \text{ dientes} - 2}{0,2 \text{ diente/mm}} = 155 \text{ mm} \quad [5]$$

Altura de diente

$$Al = \frac{\text{diámetro exterior} - \text{diámetro interior}}{2} \quad [6]$$
$$= \frac{175 \text{ mm} - 155 \text{ mm}}{2} = 10 \text{ mm}$$

Dónde:

Dp = Diámetro primitivo

DE = Diámetro exterior

DR = Diámetro de raíz

AL = Altura de diente

El módulo que se utilizó para el fresado de todos los engranajes es:

$$M = \frac{\text{diámetro primitivo}}{\text{número de dientes}} = 5 \quad [7]$$

En dónde:

M = Módulo

#### **4.9. Cálculo de relación de transmisión en los trenes epicicloidales**

Mediante la fórmula de Willis se puede calcular las velocidades angulares obtenidas en un tren de engranajes epicicloidales, en función de sus tres componentes: planetario, satélites, y corona. Dicha fórmula afirma que:

$$n_2 = \frac{(z_3 n_3 + z_1 n_1)}{z_3 + z_1} \quad [8]$$

Dónde:

$n_1$  = rpm del planetario A

$n_2$  = rpm del eje de acoplamiento de los satélites B

$n_3$  = rpm de la corona C

$z_1$  = número de dientes del planetario

$z_2$  = número de dientes de los satélites

$z_3$  = número de dientes de la corona

#### 4.10. Planetario bloqueado

En este caso si mantenemos bloqueado el engranaje planetario, se tendrá que  $n_1 = 0$  y dando valores a la fórmula de Willis, la relación de transmisión de velocidades obtenida para el acoplamiento, se expresara como.

$$n_2 = \frac{z_3 n_3 + z_1 n_1}{z_3 + z_1} \quad [9]$$

Y el movimiento puede transmitirse de dos maneras diferentes.

- Utilizando como entrada la corona que en este caso es conductora y transmitiendo el movimiento al árbol de acoplamiento de los satélites que actúa como elemento conducido y que gira en el mismo sentido de la corona, con la reducción correspondiente.

$$\frac{n_3}{n_2} = 1 + \frac{z_1}{z_3} = R_1 \longrightarrow n_2 = \frac{n_3}{R_1} \quad [10]$$

$$n_2 = \frac{n_3}{\frac{z_1}{z_3} + 1} = \frac{500 \text{ rpm}}{\frac{18}{54} + 1} =$$

$$n_2 = \frac{500 \text{ rpm}}{0,33 + 1} = 375,2 \text{ rpm}$$

Dónde:

$n_1$  = rpm del planetario

$n_2$  = rpm del eje de acoplamiento de los satélites

$n_3$  = rpm de la corona

$z_1$  = número de dientes del planetario

$z_2$  = número de dientes de los satélites

$z_3$  = número de dientes de la corona

- Utilizando como entrada el árbol de acoplamiento de los satélites conductores, que rodando sobre el planetario arrastran en su giro a la corona elemento conducido y que gira en el mismo sentido y con la multiplicación correspondiente.

$$\frac{n_2}{n_3} = \frac{z_3}{z_3 + z_1} = R_2 \longrightarrow n_3 = \frac{n_2}{R_2} \quad [11]$$

$$n_3 = \frac{n_2}{\frac{z_3}{z_3 + z_1}}$$

$$n_3 = \frac{500 \text{ rpm}}{\frac{54}{54+18}} = \frac{500 \text{ rpm}}{0,75} = 666,66 \text{ rpm}$$

Dónde:

$n_1$  = rpm del planetario

$n_2$  = rpm del eje de acoplamiento de los satélites

$n_3$  = rpm de la corona

$z_1$  = número de dientes del planetario

$z_2$  = número de dientes de los satélites

$z_3$  = número de dientes de la corona

#### 4.11. Satélites bloqueados

En este caso se mantiene bloqueado el brazo porta-satélites por lo que se tendrá que  $n_2 = 0$  y sustituyendo en la fórmula de Willis, la relación de transmisión de velocidades obtenida para el acoplamiento se expresara como.

$$0 = \frac{(z_3 n_3 + z_1 n_1)}{z_3 + z_1} \longrightarrow z_3 \cdot n_3 = -z_1 \cdot n_1 \quad [12].$$

- Utilizando como entrada el planetario conductor, y transmitiendo el movimiento a la corona, elemento conducido a través de los satélites que actúan sobre sus ejes y actúan de engranaje intermedio. Para este tipo de entrada la corona exterior gira en

sentido contrario a la entrada por el planetario la relación de velocidades vendrá expresada como.

$$\frac{n_1}{n_3} = \frac{-z_3}{z_1} = R_3 \longrightarrow n_3 = \frac{-n_1}{R_3} \quad [13]$$

$$n_3 = \frac{-n_1}{\frac{-z_3}{z_1}} =$$

$$n_3 = \frac{-500}{\frac{-54}{18}} = \frac{-500 \text{ rpm}}{-3} = 166,66$$

Dónde:

$n_1$  = rpm del planetario

$n_2$  = rpm del eje de acoplamiento de los satélites

$n_3$  = rpm de la corona

$z_1$  = número de dientes del planetario

$z_2$  = número de dientes de los satélites

$z_3$  = número de dientes de la corona

#### **4.12. Ecuación Relación de transmisión de la corona y del reductor de velocidad**

Dado un engranaje formado por dos ruedas dentadas, llamaremos  $E_1$  al primer engranaje y  $E_2$  al segundo y en el caso de existir  $E_3, E_4, \dots, E_n$ , a

las demás ruedas dentadas, en una rueda dentada  $E_i$  podemos diferenciar las siguientes características:

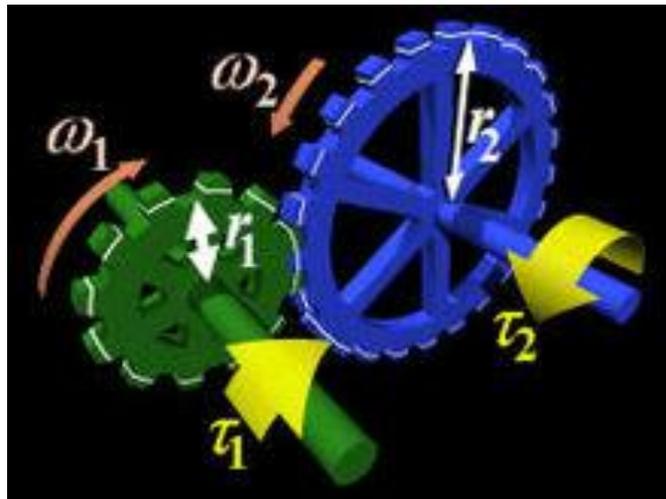


Figura 27.- Relación de transmisión

Fuente: (MOOT, 2006)

- $r_i \rightarrow$  — Radio de la circunferencia primitiva.
- $d_i \rightarrow$  — Diámetro de la circunferencia primitiva.
- $Z_i \rightarrow$  — Número de dientes.
- $n_i \rightarrow$  — RPM dadas por el engranaje conductor o conducido.
- $e_i \rightarrow$  — En una circunferencia es el espacio recorrido.
- $\omega_i \rightarrow$  — Velocidad angular de la rueda.
- $\tau_i \rightarrow$  — Par motor aplicado al eje de la rueda.

#### 4.13. Diámetro y número de revoluciones.

En la circunferencia primitiva es un espacio recorrido cuando el engranaje dará  $n$  vuelta siendo la longitud de una circunferencia primitiva por las RPM:

$$e_1 = \pi \cdot d_i \cdot n_i \quad [14]$$

Dónde:

$e_1$  = espacio recorrido de una circunferencia primitiva.

#### 4.14. Cálculo de RPM del reductor de velocidad con respecto a la corona

La corona de 330 mm de diámetro primitivo a 500 rpm y el reductor de velocidad de 165 mm de diámetro primitivo. ¿Cuántas revoluciones gira el reductor de velocidad?

Partiendo de:

$$d_1 n_1 = d_2 n_2 \quad [15]$$

Tendremos que:

$$n_2 = \frac{d_1 \cdot n_1}{d_2} \quad [16]$$

$$n_2 = \frac{330 \text{ mm} \cdot 500 \text{ rpm}}{165 \text{ mm}} = 1000 \text{ RPM}$$

Quiere de decir que el reductor de velocidad va a girar a 1000 rpm

Dónde:

$n_2$  = Número de revoluciones del reductor de velocidad.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

1. Para obtener mejor resistencia en los engranajes de aluminio, se necesita que la temperatura de fundición del aluminio debe estar a 680 °C y 700°C, para así evitar porosidad en los elementos fundidos.
2. Para que el fresado sea preciso, se procedió a realizar el dimensionamiento de la rueda y el piñón, de acuerdo a los cálculos realizados tales como: diámetros, interior, exterior, primitivo y módulo, estableciéndose de manera especial el diámetro exterior y el ancho del engranaje.
3. Para mejorar la resistencia en los engranajes de fibra, se utilizó la siguiente composición de materiales: 50% de resina, 30% de carbonato de sodio, 13% de estireno, 5% de octoato de cobalto, 2% de Meck peróxido.
4. Para que se produzca una relación de transmisión de 2 a 1 entre la corona y el reductor de velocidad de la maqueta se necesita un número de 66 dientes en la corona central y un número 33 dientes en el reductor de velocidad.

## **4.2. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda implementar en el taller de mecánica automotriz de la Universidad Técnica del Norte, un área específica para la fundición, torneado y fresado de elementos automotrices.
2. Se recomienda instalar en la maqueta, el sistema eléctrico, ya que esto permitirá obtener el funcionamiento apropiado, logrando así con exactitud la relación de transmisión

## **CAPÍTULO VI**

### **6. PROPUESTA ALTERNATIVA**

#### **6.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA**

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DE LA TRANSMISIÓN DE UN VEHÍCULO TOYOTA PRIUS, EN ALUMINIO Y FIBRA”

#### **6.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

El motivo principal por la cual se realizó esta investigación es para mejorar el conocimiento de los estudiantes de la especialidad de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz aplicando el Proyecto de la Propuesta de la construcción de la maqueta para la enseñanza, del funcionamiento de la transmisión del vehículo Toyota Prius, implementando el material didáctico del taller de la UTN.

Con el desarrollo de este proyecto, se dio solución a los problemas ocasionados por la falta de material didáctico y la falta de conocimiento de los estudiantes de la carrera sobre este tipo de mecanismos existentes en la actualidad.

Por tal razón esta investigación benefició a toda la comunidad educativa como son las autoridades de la Universidad, personal docente y administrativo y fundamentalmente a los estudiantes de la carrera de

Mantenimiento Automotriz, lo que permitió que todos conozcan y lleven a la práctica la utilización y funcionamiento de la transmisión de este vehículo.

## **6.3. FUNDAMENTACIÓN**

### **6.3.1. El Reciclaje**

Es un proceso en el un material de desecho se convierte en otro material para otra vez ser utilizado, es decir, darle un uso a lo que se conoce como o basura.

Para reciclar material presente en los residuos, tiene que ser procesado en una materia prima limpia como viable. Esta materia prima tiene que fabricarse después en un producto, que debe comercializarse y distribuirse,

Por lo tanto, el reciclaje requiere cuatro elementos:

- Recolección.
- Selección de materias primas.
- Recuperación de la materia prima para fabricar el producto.
- Mercado y clientes que compren el producto.

### **6.3.2. El Reciclaje del Aluminio**

Las áreas, de donde se extrae el aluminio, son depósitos de los que están siendo agotados. Los nuevos lugares de donde se extrae el aluminio se necesita invertir bastante capital, ya que los minerales se encuentran más

adentro de la corteza terrestre y que están en lugares más remotos del centro de producción.

Estos minerales también tienen impactos ambientales, y que son de peor calidad, El cobre, desde 1980, procede de lugares económicamente remotos, como Chile, Zambia, Zaire, Papúa- Nueva Guinea. Hasta 5 años estos países representaban el 9% del cobre en el planeta, hoy representan, menos del 1.5%. En 1991, para obtener los, casi, 10 millones de toneladas de cobre que se produjeron, hubo que extraer y reprocesar 995 toneladas de mineral.

Cuando se recicla la chatarra reduce la contaminación en el agua, aire y los desechos de la minería en un 72%. Hoy en día el aluminio se puede encontrar en muchos materiales ya que es usado porque posee la característica de ser muy liviano. Lo podemos encontrar en latas de bebidas, en materiales mecánicos o en perfiles. Cuando se recicla el aluminio estamos ayudando a evitar la contaminación de nuestro planeta. Ya que si este elemento se quedó expuesto al medio ambiente puede ocasionar grandes pérdidas de recursos naturales de nuestra naturaleza, como contaminar el suelo y el agua.

Todo ello hace que prácticamente el aluminio empleado en la industria, sea reciclado, a pesar de que a nivel doméstico no lo reciclen prácticamente. Si la población pudiera reciclar la mayor parte del aluminio que ya no se utiliza estaríamos evitando una contaminación.

## **6.4. OBJETIVOS**

### **6.4.1. Objetivo General**

Diseñar y construir una maqueta de la transmisión de un vehículo Toyota Prius en aluminio y fibra”

### **6.4.2. Objetivos Específicos**

1. Obtener las medidas de los engranajes planetarios y satélites para diseñar y construir la maqueta
2. Analizar los resultados de funcionamiento de la transmisión del vehículo Toyota Prius?
3. Determinar la temperatura a la que se deberá fundir los engranajes de aluminio
4. Redactar un funcionamiento exacto de los engranajes planetarios para el diseño y creación de la maqueta.

## 6.5. UBICACIÓN SECTORIAL Y FÍSICA

País: Ecuador.

Provincia: Imbabura.

Ciudad: Otavalo

Cantón: Otavalo

Dirección: Vía a Selva Alegre 2-74

Beneficiarios: Autoridades, Docentes y Estudiantes de la Universidad Técnica del Norte



Gráfico 17.- Taller donde se realizó la maqueta

Fuente: (Autores)

## 6.6. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

### 6.6.1. Cálculo para el diseño de engranajes

#### 6.6.1.1 .Número de dientes de los engranajes

Tabla.- 7 Número de dientes de los engranajes

Tipo de engranaje	Corona de dientes internos y externos	Satélites movidos por el motor de combustión interna	Solar movido por el MG/1	Satélites movido por el MG/2	Reductor de velocidad
Número de dientes	54 dientes internos- 66 externos	18 dientes externos	18 dientes externos	16 – 22 dientes externos	33 dientes externos
Número de engranajes	2	5	1	6	2

Fuente: Fuente: Autores

#### 6.6.1.2. Cálculos de la corona de dientes internos.

Para calcular el cálculo de la corona de dientes internos se debe tener en cuenta el número de dientes y el paso diametral estándar de acuerdo al módulo que se vaya a fresar los dientes.

Paso diametral

0,2 diente/mm

Diámetro primitivo

$$D_p = \frac{\text{número de dientes}}{\text{paso diametral}} = \frac{54 \text{ dientes}}{0,2 \text{ diente/mm}} = 270 \text{ mm} \quad [3]$$

Diámetro exterior

$$D_E = \frac{\text{número de dientes} + 2}{\text{paso diametral}} = \frac{54 \text{ dientes} + 2}{0,2 \text{ diente/mm}} = 280 \text{ mm} \quad [4]$$

Diámetro de raíz

$$D_R = \frac{\text{número de dientes} - 2}{\text{paso diametral}} = \frac{54 \text{ dientes} - 2}{0,2 \text{ diente/mm}} = 260 \text{ mm} \quad [5]$$

Altura de diente

$$A_l = \frac{\text{diámetro exterior} - \text{diámetro interior}}{2} \quad [6]$$
$$= \frac{280 \text{ mm} - 260 \text{ mm}}{2} = 10 \text{ mm}$$

Dónde:

$D_p$  = Diámetro primitivo

$D_E$  = Diámetro exterior

$D_R$  = Diámetro de raíz

$A_L$  = Altura de diente

### 6.6.1.3. Cálculos de la corona de dientes externos.

Para los cálculos de la corona de dientes externos se debe tener en cuenta el número de dientes externos y el paso diametral estándar de acuerdo al módulo 5.

Paso diametral

0,2 diente/mm

Diámetro primitivo

$$D_p = \frac{\text{número de dientes}}{\text{paso diametral}} = \frac{66 \text{ dientes}}{0,2 \text{ diente/mm}} = 330 \text{ mm} \quad [3]$$

Diámetro exterior

$$D_E = \frac{\text{número de dientes} + 2}{\text{paso diametral}} = \frac{66 \text{ dientes} + 2}{0,2 \text{ diente/mm}} = 340 \text{ mm} \quad [4]$$

Diámetro interno

$$D_R = \frac{\text{número de dientes} - 2}{\text{paso diametral}} = \frac{66 \text{ dientes} - 2}{0,2 \text{ diente/mm}} = 320 \text{ mm} \quad [5]$$

Altura de diente

$$A_I = \frac{\text{diámetro exterior} - \text{diámetro interior}}{2} \quad [6]$$

$$= \frac{280 \text{ mm} - 260 \text{ mm}}{2} = 10 \text{ mm}$$

Dónde:

$D_p$  = Diámetro primitivo

$D_E$  = Diámetro exterior

DR = Diámetro de raíz

AL = Altura de diente

#### 6.6.1.4. Cálculos de los engranajes satélites que son movidos por el motor de combustión interna.

Para los cálculos de los satélites se toma en cuenta el diámetro del porta satélites y se divide en 5 partes ya que ese es el número de los engranajes satélites, y se toma en cuenta el número de dientes y el paso diametral estándar con módulo 5.

Paso diametral

0,2 diente/mm

Diámetro primitivo

$$D_p = \frac{\text{número de dientes}}{\text{paso diametral}} = \frac{18 \text{ dientes}}{0,2 \text{ diente/mm}} = 90 \text{ mm} \quad [3]$$

Diámetro exterior

$$D_E = \frac{\text{número de dientes} + 2}{\text{paso diametral}} = \frac{18 \text{ dientes} + 2}{0,2 \text{ diente/mm}} = 100 \text{ mm} \quad [4]$$

Diámetro interior

$$D_I = \frac{\text{número de dientes} - 2}{\text{paso diametral}} = \frac{18 \text{ dientes} - 2}{0,2 \text{ diente/mm}} = 80 \text{ mm} \quad [5]$$

Altura de diente

$$Al = \frac{\text{diámetro exterior} - \text{diámetro interior}}{2} \quad [6]$$
$$= \frac{100 \text{ mm} - 80 \text{ mm}}{2} = 10 \text{ mm}$$

Dónde:

Dp = Diámetro primitivo

DE = Diámetro exterior

DR = Diámetro de raíz

AL = Altura de diente

#### **6.6.1.5. Cálculos del engranaje solar que es movido por el motor generador 1.**

Para obtener los cálculos de este engranaje de toma en cuenta el número de dientes a fresar y el paso diametral estándar de acuerdo al módulo 5.

Paso diametral

0,2 diente/mm

Diámetro primitivo

$$Dp = \frac{\text{número de dientes}}{\text{paso diametral}} = \frac{18 \text{ dientes}}{0,2 \text{ diente/mm}} = 90 \text{ mm} \quad [3]$$

Diámetro exterior

$$DE = \frac{\text{número de dientes} + 2}{\text{paso diámetro}} = \frac{18 \text{ dientes} + 2}{0,2 \text{ diente/mm}} = 100 \text{ mm} \quad [4]$$

Diámetro interior

$$DI = \frac{\text{número de dientes} - 2}{\text{paso diámetro}} = \frac{18 \text{ dientes} - 2}{0,2 \text{ diente/mm}} = 80 \text{ mm} \quad [5]$$

Altura de diente

$$AI = \frac{\text{diámetro exterior} - \text{diámetro interior}}{2} \quad [6]$$
$$= \frac{100 \text{ mm} - 80 \text{ mm}}{2} = 10 \text{ mm}$$

Dónde:

$D_p$  = Diámetro primitivo

$DE$  = Diámetro exterior

$DR$  = Diámetro de raíz

$AL$  = Altura de diente

#### **6.6.1.6. Cálculos para los engranajes satélites que son movidos por el motor generador 2.**

Para los cálculos de los satélites se toma en cuenta el diámetro de la base y se divide en 5 partes ya que ese es el número de los engranajes

satélites, y se toma en cuenta el número de dientes y el paso diametral estándar con módulo 5.

Paso diametral

0,2 diente/mm

Diámetro primitivo

$$D_p = \frac{\text{número de dientes}}{\text{paso diametral}} = \frac{16 \text{ dientes}}{0,2 \text{ diente/mm}} = 80 \text{ mm} \quad [3]$$

Diámetro exterior

$$D_E = \frac{\text{número de dientes} + 2}{\text{paso diametral}} = \frac{16 \text{ dientes} + 2}{0,2 \text{ diente/mm}} = 90 \text{ mm} \quad [4]$$

Diámetro interior

$$D_I = \frac{\text{número de dientes} - 2}{\text{paso diametral}} = \frac{16 \text{ dientes} - 2}{0,2 \text{ diente/mm}} = 70 \text{ mm} \quad [5]$$

Altura de diente

$$A_I = \frac{\text{diámetro exterior} - \text{diámetro interior}}{2} \quad [6]$$

$$= \frac{80 \text{ mm} - 70 \text{ mm}}{2} = 10 \text{ mm}$$

Dónde:

$D_p$  = Diámetro primitivo

DE = Diámetro exterior

DR = Diámetro de raíz

AL = Altura de diente

#### 6.6.1.7. Cálculos para el engranaje solar que es movido por el motor generador 2.

Para obtener los cálculos de este engranaje de toma en cuenta el número de dientes a fresar y el paso diametral estándar de acuerdo al módulo 5. Este engranaje tiene un numero de dientes mayor que el engranaje que es movido por el motor generador 1.

Paso diametral

0,2 diente/mm

Diámetro primitivo

$$D_p = \frac{\text{número de dientes}}{\text{paso diametral}} = \frac{22 \text{ dientes}}{0,2 \text{ diente/mm}} = 110 \text{ mm} \quad [3]$$

Diámetro exterior

$$DE = \frac{\text{número de dientes} + 2}{\text{paso diametral}} = \frac{22 \text{ dientes} + 2}{0,2 \text{ diente/mm}} = 120 \text{ mm} \quad [4]$$

Diámetro interior

$$DI = \frac{\text{número de dientes} - 2}{\text{paso diametral}} = \frac{22 \text{ dientes} - 2}{0,2 \text{ diente/mm}} = 100 \text{ mm} \quad [5]$$

Altura de diente

$$Al = \frac{\text{diámetro exterior} - \text{diámetro interior}}{2} \quad [6]$$
$$= \frac{120 \text{ mm} - 100 \text{ mm}}{2} = 10 \text{ mm}$$

Dónde:

Dp = Diámetro primitivo

DE = Diámetro exterior

DR = Diámetro de raíz

AL = Altura de diente

#### **6.6.1.8. Cálculos para los engranajes del reductor de velocidad.**

Para los cálculos de estos engranajes se debe tomar en cuenta el número de dientes de la corona exterior para que la relación de transmisión sea de 1 a 2. De igual manera se toma en cuenta el número de dientes y el paso diametral de acuerdo al módulo 5.

Paso diametral

0,2 diente/mm

Diámetro primitivo

$$Dp = \frac{\text{número de dientes}}{\text{paso diametral}} = \frac{33 \text{ dientes}}{0,2 \text{ diente/mm}} = 165 \text{ mm} \quad [3]$$

Diámetro exterior

$$DE = \frac{\text{número de dientes} + 2}{\text{paso diametral}} = \frac{33 \text{ dientes} + 2}{0,2 \text{ diente/mm}} = 175 \text{ mm} \quad [4]$$

Diámetro interior

$$DI = \frac{\text{número de dientes} - 2}{\text{paso diametral}} = \frac{33 \text{ dientes} - 2}{0,2 \text{ diente/mm}} = 155 \text{ mm} \quad [5]$$

Altura de diente

$$AI = \frac{\text{diámetro exterior} - \text{diámetro interior}}{2} \quad [6]$$
$$= \frac{175 \text{ mm} - 155 \text{ mm}}{2} = 10 \text{ mm}$$

Módulo que se utilizó para el fresado de todos los engranajes

$$M = \frac{\text{diámetro primitivo}}{\text{número de dientes}} = 5 \quad [7]$$

Dónde:

$D_p$  = Diámetro primitivo

$DE$  = Diámetro exterior

$DR$  = Diámetro de raíz

$AL$  = Altura de diente

### 6.6.2. Cálculo de relación de transmisión en los trenes epicicloidales

Mediante la fórmula de Willis se puede calcular las velocidades angulares obtenidas en un tren de engranajes epicicloidales, en función de sus tres componentes: planetario, satélites, y corona. Dicha fórmula afirma que:

$$n_2 = \frac{(z_3 n_3 + z_1 n_1)}{z_3 + z_1} \quad [8]$$

Dónde:

$n_1$  = rpm del planetario

$n_2$  = rpm del eje de acoplamiento de los satélites

$n_3$  = rpm de la corona

$z_1$  = número de dientes del planetario

$z_2$  = número de dientes de los satélites

$z_3$  = número de dientes de la corona

#### 6.6.2.1. Planetario bloqueado

En este caso si mantenemos bloqueado el engranaje planetario, se tendrá que  $n_1 = 0$  y dando valores a la fórmula de Willis, la relación de transmisión de velocidades obtenida para el acoplamiento, se expresara como.

$$n_2 = \frac{z_3 n_3}{z_3 + z_1}$$

[9]

Y el movimiento puede transmitirse de dos maneras diferentes.

- Utilizando como entrada la corona que en este caso es conductora y transmitiendo el movimiento al árbol de acoplamiento de los satélites que actúa como elemento conducido y que gira en el mismo sentido de la corona, con la reducción correspondiente.

$$\frac{n_3}{n_2} = 1 + \frac{z_1}{z_3} = R_1 \longrightarrow n_2 = \frac{n_3}{R_1} \quad [10]$$

$$n_2 = \frac{n_3}{\frac{z_1}{z_3} + 1} = \frac{500 \text{ rpm}}{\frac{18}{54} + 1} =$$

$$n_2 = \frac{500 \text{ rpm}}{0,33 + 1} = 375,2 \text{ rpm}$$

Dónde:

$n_1$  = rpm del planetario

$n_2$  = rpm del eje de acoplamiento de los satélites

$n_3$  = rpm de la corona

$z_1$  = número de dientes de los planetario

$z_2$  = número de dientes de los satélites

$z_3$  = número de dientes de la corona

- Utilizando como entrada el árbol de acoplamiento de los satélites conductores, que rodando sobre el planetario arrastran en su giro

a la corona elemento conducido y que gira en el mismo sentido y con la multiplicación correspondiente.

$$\frac{n_2}{n_3} = \frac{z_3}{z_3+z_1} = R_2 \longrightarrow n_3 = \frac{n_2}{R_2} \quad [11]$$

$$n_3 = \frac{n_2}{\frac{z_3}{z_3+z_1}}$$

$$n_3 = \frac{500 \text{ rpm}}{\frac{54}{54+18}} = \frac{500 \text{ rpm}}{0,75} = 666,66 \text{ rpm}$$

Dónde:

$n_1$  = rpm del planetario A

$n_2$  = rpm del eje de acoplamiento de los satélites

$n_3$  = rpm de la corona

$z_1$  = número de dientes del planetario

$z_2$  = número de dientes de los satélites

$z_3$  = número de dientes de la corona

### 6.6.2.2. Satélites bloqueados

En este caso se mantiene bloqueado el brazo porta-satélites y sustituyendo en la fórmula de Willis, la relación de transmisión de velocidades obtenida para el acoplamiento se expresara como.

$$0 = \frac{(z_3 n_3 + z_1 n_1)}{z_3 + z_1} \longrightarrow z_3 \cdot n_3 = -z_1 \cdot n_1 \quad [12]$$

- Utilizando como entrada el planetario conductor, y transmitiendo el movimiento a la corona, elemento conducido a través de los satélites que actúan sobre sus ejes y actúan de engranaje intermedio. Para este tipo de entrada la corona exterior gira en sentido contrario a la entrada por el planetario, la relación de velocidades vendrá expresada como.

$$\frac{n_1}{n_3} = \frac{-z_3}{z_1} = R_3 \longrightarrow n_3 = \frac{-n_1}{R_3} \quad [13]$$

$$n_3 = \frac{-n_1}{\frac{-z_3}{z_1}} =$$

$$n_3 = \frac{-500}{\frac{-54}{18}} = \frac{-500 \text{ rpm}}{-3} = 166,66$$

Dónde:

$n_1$  = rpm del planetario

$n_2$  = rpm del eje de acoplamiento de los satélites

$n_3$  = rpm de la corona

$z_1$  = número de dientes del planetario

$z_2$  = número de dientes de los satélites

$z_3$  = número de dientes de la corona

### 6.6.2.3. Ecuación de la Relación de transmisión de la corona y del reductor de velocidad.

Dado un engranaje formado por dos ruedas dentadas, llamaremos  $E_1$  al primer engranaje y  $E_2$  al segundo y en el caso de existir  $E_3, E_4, \dots, E_n$ , a las demás ruedas dentadas, en una rueda dentada  $E_i$  podemos diferenciar las siguientes características:

- $r_i \rightarrow$  — Radio de la circunferencia primitiva.
- $d_i \rightarrow$  — Diámetro de la circunferencia primitiva.
- $Z_i \rightarrow$  — Número de dientes.
- $n_i \rightarrow$  — RPM dadas por el engranaje conductor o conducido.
- $e_i \rightarrow$  — En una circunferencia es el espacio recorrido.
- $\omega_i \rightarrow$  — Velocidad angular de la rueda.
- $\tau_i \rightarrow$  — Par motor aplicado al eje de la rueda.

### 6.6.2.4. Diámetro y número de revoluciones

En la circunferencia primitiva es un espacio recorrido cuando el engranaje dará  $n$  vuelta siendo la longitud de una circunferencia primitiva por las RPM:

$$e_1 = \pi \cdot d_i \cdot n_i \quad [14]$$

Dónde:

$e_1$  = espacio recorrido de una circunferencia primitiva.

#### 6.6.2.5. Cálculo de RPM del reductor de velocidad con respecto a la corona

La corona de 330 mm de diámetro primitivo a 500 rpm y el reductor de velocidad de 165 mm de diámetro primitivo. ¿Cuántas revoluciones gira el reductor de velocidad?

Partiendo de:

$$d_1 n_1 = d_2 n_2 \quad [15]$$

Tendremos que:

$$n_2 = \frac{d_1 \cdot n_1}{d_2} \quad [16]$$

$$n_2 = \frac{330 \text{ mm} \cdot 500 \text{ rpm}}{165 \text{ mm}} = 1000 \text{ RPM}$$

Quiere de decir que el reductor de velocidad va a girar a 1000 rpm

Dónde:

$n_2$  = Reductor de velocidad

#### 6.6.3. Material y Utencillos que se utilizan para la fundición del Aluminio.

El material de una fundición depende de la importancia del establecimiento y de la clase de trabajos a que se dedique. La fundición propiamente dicha, por la clase especial del trabajo y por la serie de operaciones que requiere, operaciones que a veces llegan a ser peligrosas.

Constituye también un taller aparte de grandes dimensiones y en el que deben disponerse muchos elementos de trabajo. Por todo lo dicho se comprende que el material propiamente dicho de una fundición está formado por las maquinas como:

Elementos para el transporte de arenas, máquinas para la preparación de arenas, los hornos y útiles necesarios para la fusión del material, máquinas y elementos para el moldeo, aparatos para el acabado de las piezas y la pequeña herramienta.

#### **6.6.3.1. Elementos para el transporte de Arena**

##### **➤ Carretillas**

Este elemento es indispensable para toda fundición ya que el movimiento de piezas y de más elementos se efectúa muy comúnmente con su ayuda, sobre todo en aquellas fundiciones cuyo tipo de fabricación no es de series elevadas.

##### **➤ Horno para la Fusión de Aluminio**

Antes de iniciar la descripción de los hornos como muestra el gráfico 18, indicaremos las operaciones que requiere la fusión del aluminio, lo cual da origen a la forma de los hornos apropiados para la fusión de este tipo de metales. Una vez fundido el material es necesario proceder a la operación de desgasificación, ya que, generalmente, el aluminio fundido absorbe y disuelve gases, especialmente hidrogeno e hidrocarburos producidos durante la combustión.

La operación se la realiza introduciendo en el metal fundido productos especiales así como el ecacloroetano o argón debiéndose introducir el mismo hasta el interior de la masa liquida, para lo cual se emplean unas campanas estas previamente tienen unos orificios que permitan atravesar a los gases que se desprenden de los flujos, los cuales absorben el hidrogeno llamando escorar a esta operación. Durante esta operación es necesario que los vapores desprendidos formados en su mayor parte por cloruro de hidrogeno, sean recogidos por una campana, para evitar se esparzan por el taller, ya que son sumamente tóxicos. También es necesario efectuar la operación de afinado la cual se realiza introduciendo sale sódicas las cuales dan origen a una distribución del grano, una vez solidificado el material.



Gráfico 18.- Fundición del aluminio

Fuente: (Autores)

### ➤ **Bastidores**

Los bastidores para formar las cajas tienen una gran importancia en los trabajos de fundición, dependiendo, en gran parte en su número y su buena instalación para sí obtener calidad en la fabricación de las piezas.

Las dimensiones y formas de las cajas deberían variar hasta el infinito si se quisiera disponer de cajas especiales para cada una de las piezas que se puedan fabricar en un taller de fundición.

Generalmente se dispone de una serie de bastidores con los cuales se pueden formar cajas en las que se pueda moldear, salvo en casos muy especiales, casi todas las piezas que se presentan y no sean de fabricación corriente.



Gráfico 19.- Moldes de madera

Fuente: (Autores)

En los talleres de fundición se emplean bastidores de hierro de distintas dimensiones con los cuales se puedan hacer todas las combinaciones posibles para obtener las piezas que se han de fundir.

Dichos bastidores se construyen con embocaduras o sin ellas, para hacer que la colada o aluminio que está en estado líquido se pueda introducir por un lado del bastidor, como muestra el gráfico 19, estos se unen los

unos a los otros por medio de pernos que se pasan por unas orejas que llevan dichos bastidores.

➤ **Molino para la mezcla de la Arena**

La preparación de la arena se realiza mediante la acción coordinada del plato giratorio y los rodillos mezcladores, lo cual da origen a un movimiento de la arena en espiral. Como auxiliares de estos elementos existen desviadores y rejas convenientemente dispuestos para producir una perfecta canalización de la arena del moldeo en el interior de la cubeta.

Mientras se efectúa el mezclado de la arena, esta esta retenida y alejada del orificio de salida por una tapa con el seguro correspondiente. Cuando se ha terminado esta operación y la arena posee las características deseadas, se baja se zafa el seguro y se abre la tapa logrando que la arena sea conducida hacia el orificio de salida.

➤ **Crisoles o cubos con abrazadera**

Estos están contruidos en forma de horquilla, pueden levantarse y trasladarse de un lugar a otro como muestra el gráfico 20, de manera que no permita que el aluminio que está en líquido y a una temperatura

extremadamente alta se derrame durante el traslado. Estos son capaces de transportar una carga de 200 a 1500 Kg de metal.



Gráfico 20.- Crisoles o cubos con abrazadera  
Fuente: (Autores)

### 6.6.3.2. Fundición del Aluminio

Para proceder con la fundición del aluminio se echan los pedazos reciclados de aluminio en el horno, tan pronto comienzan a fundirse se van agregando más hasta completar la cantidad necesaria, se agita con la espumadera como se muestra gráfico 21 para que así no queden pedazos de aluminio sin diluir. Cuando el metal fundido está bastante caliente, y este no se adhiera al hierro del que está construido el horno, se retira del fuego, se remueve, se espuma y se cuela.



Gráfico 21.- Fundición del Aluminio  
Fuente: (Autores)

Las herramientas de hierro con que se manipula el aluminio no deben llegar a ponerse al rojo vivo, a esta temperatura podría disolverse parte del hierro en el aluminio, el cual perdería entonces su ductilidad y maleabilidad. Si mientras se agita el aluminio, una varilla de hierro llega a ponerse al rojo vivo hay que dejarla enfriar y servirse de otra que esté completamente fría. Los crisoles utilizados para fundir aluminio pueden ser de cualquier material, con tal de tener la seguridad de no recalentar el metal. Ante el temor de este accidente conviene tener crisoles guarnecidos de una pasta de carbón y un óxido indiferente como puede ser magnesia y el alquitrán. Para continuar con el proceso de fundición es necesario que el líquido quede libre de toda impureza, por lo tanto procedemos a escoriar con argón logrando así que este quede lo más puro posible el aluminio, para así proceder a colocar dentro de los moldes como muestra el gráfico 22.



Gráfico 22.- Procedimiento de escoriar

Fuente: (Autores)

### 6.6.3.3. Procedimiento de Moldeo

El gráfico 23 muestra la primera fase de la obtención de piezas fundidas es el moldeo propiamente dicho, el cual comprende la fabricación de las partes internas o machos y partes externas o moldes propiamente dichos. El primer problema que se presenta al fundidor o industrial de la rama es estudiar el modelaje adecuado para la obtención de piezas sanas en la forma más económica posible. Así como elegir el proceso de fabricación más adecuado para una amortización racional de todo el utillaje destinado a la producción deseada. En consecuencia lo primero que se debe fijar es el tipo de moldeo a efectuar, por tanto nosotros estudiaremos el método que lo vamos aplicar en nuestro trabajo que es el moldeo a mano



Gráfico 23.- Moldeo a mano de las bases

Fuente: (Autores)



Gráfico 24.- Moldeo a mano de los engranajes

Fuente: (Autores)

Es difícil dar reglas para el moldeo de todas las piezas que puedan presentarse en los talleres de fundición. Se necesitaran muchísimos ejemplos para llegar a un conocimiento completo del trabajo de moldeo.

El moldeo en cajas de dos partes es el más sencillo como muestra gráfico 24; sin embargo, las dificultades aumentan con la complicación de la forma de los modelos, de tal modo, que precisa recurrir a la reunión de bastidores en mayor número.



Gráfico 25.- Procedimiento de secado

Fuente: (Autores)

Como ejemplo de moldeo con los bastidores o cajas como muestra gráfico 25 se ha procedido a realizar un procedimiento ordinario para la confección de los piñones pequeños, las arandelas grandes las cuales servirán para la corona y las bases las mismas que servirán para el ensamblaje de la maqueta y sobre las cuales ira montada toda la maqueta.

#### **6.6.4. Materiales Para La Fabricación De La Corona Central Y El Reductor De Velocidad En Fibra De Vidrio**

##### **6.6.4.1. Resina**

Proviene del latín resina, que se obtiene de manera natural a partir de una secreción orgánica de algunas plantas. Gracias a sus propiedades químicas, las resinas son utilizadas para elaborar perfumes, adhesivos, barnices y aditivos alimenticios, entre otros productos.

La resina también se usa en sustancia sintética fabricada por el hombre la cual presenta propiedades similares a las resinas naturales de las plantas. Estas pueden dividirse en resinas naturales y resinas sintéticas.

Dentro de las resinas naturales puede hablarse de bálsamos (una secreción que se usa como purificador), gomorresinas (emulsiona al mezclarse con agua) y lacto resinas (procedente del látex coagulado), entre otros tipos.

#### **6.6.4.2. Estireno**

Es un hidrocarburo aromático su fórmula es  $C_8H_8$ . Este compuesto molecular se conoce también como vinil benceno, etenilbenceno. Está en forma de líquido incoloro de dulce aroma que se puede evaporar fácilmente. Contiene más productos químicos que le dan un aroma penetrante y desagradable.

El estireno es apolar, se disuelve en algunos líquidos orgánicos, pero no se disuelve tan fácilmente en agua. En el mundo se producen millones de toneladas en el año para la fabricación de productos con estireno tales como, materiales para vehículos, protecciones para aislamientos, envases de alimentos y cubiertas de alfombras. En mayoría de estos productos como muestra el gráfico 26 contienen estireno en forma de cadena larga (poli estireno) como también estireno sin formar cadenas que sean largas.



Gráfico 26.- Vista de Resina, Meck, Estireno, Carbonato

Fuente: (Autores)

#### **6.6.4.3. Carbonato de Sodio**

Llamado bicarbonato sódico, o carbonato ácido de sodio, este es un compuesto sólido cristalino que es de color blanco soluble con el agua, posee un sabor que se parece al del carbonato de sodio, su fórmula es  $\text{NaHCO}_3$ . Se puede encontrar en la naturaleza como mineral o se lo puede producir artificialmente.

El bicarbonato de sodio tiene la capacidad de liberar dióxido de carbono que se usa correctamente junto con los compuestos ácidos como un aditivo leudante en diferentes procesos como en las gaseosas. Para la fabricación de la corona central se debe utilizar el carbonato de sodio en las medidas exactas puesto que de ocurrir lo contrario la corona central puede quedar muy frágil de tal manera que se puede romper.

#### **6.6.5. Fresado de dientes en piñones y corona**

Los gráficos 27 y 28 muestran los engranajes que se maquinaron para este proyecto fueron realizados con una fresadora y seguimos los siguientes pasos:

- En primer lugar se realizó las mediciones del piñón de acuerdo al diseño, estableciéndose de esta manera el diámetro exterior e interior y el ancho del engranaje.
- Se procedió a mecanizar las diferentes superficies del material a trabajar sobre la cual se fresara la cantidad de dientes previamente calculadas, siguiendo las operaciones fundamentales de fresado.
- Se realizó el montaje y un centrado exacto de la fresa en el árbol porta fresa. Fresa que es elegida en función del número de dientes calculado y modulo elegido.



Gráfico 27.- Fresado de la corona central

Fuente: (Autores)



Gráfico 28.- Fresado de la corona central

Fuente: (Autores)

- Se efectuó la división en el divisor universal, la cual debe corresponder al número de dientes a fresar, pudiendo ser la división directa, indirecta o diferencial.
- Se determinó la altura de corte equivalente a la altura del diente a fresar desplazando la ménsula sobre la cual se halla montado la mesa de la fresadora.
- Se procedió a realizar el montaje del tren de ruedas en el cabezal divisor, el cual se ha calculado previamente en función del diámetro primitivo de la rueda, de los dientes, para ello se utilizó el módulo 5 .



Gráfico 29.- Fresado de las coronas laterales

Fuente: (Autores)

- Se seleccionó la velocidad de rotación que se utilizara para el mecanizado correspondiente, la cual está en función de la herramienta y del material a fresar.
- Una vez que se realizó las anteriores operaciones se pone en funcionamiento la máquina y se efectúa un corte de la primera pasada de la ranura, desplazando la mesa longitudinalmente, terminada la operación se retorna al inicio y se realiza una en el divisor universal para 54 dientes, y así, esta operación se la debe realizar hasta que la mesa de una vuelta completa y se obtenga el fresado completo del diente.
- Una vez concluido el fresado de todos los dientes internos y externos de los engranajes se los llevó al torno para proceder a eliminar las rebabas, producto del corte en la fresadora utilizando para el efecto la cuchilla adecuada.

- Todas las operaciones anteriormente realizadas se las efectuó para elaborar todos los engranajes de la maqueta.

#### **6.6.5.1. Fresado de dientes de engranajes (satélites)**

Los satélites son un conjunto de dos o más engranajes que transmite el movimiento de un eje a otro se denomina tren de engranajes. Los engranajes se utilizan en cajas automáticas para vehículos para facilitar una mayor velocidad sin perder tiempo y potencia al momento de hacer un cambio de marchas como se lo hace en una caja manual convencional.

Los engranajes que utilizamos para la elaboración de nuestro proyecto son los engranajes rectos como muestran los gráficos 30 y 31 (Interiores). Los engranajes de dientes interiores que poseen las dos coronas debido al contacto interno garantizan que más dientes lleven la carga, puesto que disminuye la intensidad de las tensiones en los dientes e incrementa la vida del engranaje.

Se utilizó engranajes de dientes internos ya que es una maqueta demostrativa el cual no va estar expuesta a grandes esfuerzos. Está diseñada solo para girar a una velocidad máxima de régimen de 500 RPM. En todas sus poleas que están representadas por los motores eléctricos y el de combustión interna.



Gráfico 30.- Fresado de dientes de engranajes (satélites)  
Fuente: (Autores)



Gráfico 31.- Fresado de dientes de engranajes (satélites)  
Fuente: (Autores)

#### 6.6.6. Ensamblaje de la Maqueta

Una vez concluido el tallado de engranajes el siguiente paso fue realizar cada una de las demás piezas que conforman el sistema de transmisión con las cuales vamos a poder armar todo el prototipo como muestra el gráfico 32.



Gráfico 32.- Vista de las coronas con su soporte

Fuente: (Autores)

Para seguir con el armado con forme a los planos se continuo a maquinar el eje del engranaje planetario el mismo que debe ser hueco para que en él aloje un eje de menor diámetro que va a ser el del porta satélites y asegurado con engranaje planetario para que gire solidariamente con él, cómo muestra el gráfico 33.



Gráfico 33.- Vista del eje con el porta satélites

Fuente: (Autores)

A continuación se maquinó el porta satélites teniendo en cuenta el juego que debe quedar entre los engranajes, para esto se tuvo que armar el sistema de engranajes sin ninguna otra pieza armada y se dividió en cinco al número de dientes tanto la corona como el planetario.



Gráfico 34.- Porta satélites y satélites

Fuente: (Autores)

Se ubicó los satélites en sus respectivas posiciones como muestra el gráfico 34 y lo ensamblamos ya con el engranaje planetario y su eje comprobando así, que giren independientemente y que se encuentren centrados los dos elementos. Para continuar con el ensamblado se procedió a realizar los orificios en las bases como muestran los gráficos 35 y 36 las cuales van a soportar todo el esfuerzo que realice la maqueta.

En el momento de taladrar la corona central se tuvo mucho cuidado ya que esta es frágil y podría romperse, para ello se utilizó brocas pequeñas de tal manera que no se exponga a peligros de ruptura.



Gráfico 35.- Vista de las bases con los orificios de soporte

Fuente: (Autores)



Gráfico 36.- Vista de las bases con los orificios de soporte

Fuente: (Autores)

En los gráficos 37 y 38 se continuo con el ensamblaje de la maqueta se procedió a colocar todos los mecanismos sobre la mesa, las cuales debes de ir con la precisión necesaria para que así no exista cabeceo entre ellos, lo cual permitirá que toda la maqueta gire correctamente. Se tomó en cuenta que también hay que lubricar los elementos que van a girar tales como los planetarios los satélites y la corona. Además q se puede utilizar grasa en los ejes de transmisión para que me evite corrosión y desgaste de estos mismos.



Gráfico 37.- Montaje de las bases  
Fuente: (Autores)



Gráfico 38.- Montaje de las bases  
Fuente: (Autores)

Se comprobó que las coronas, el porta satélites y los satélites funcionan correctamente de acuerdo a lo establecido, volvemos a desmontar la maqueta y procedemos a dar acabados de pulido y pintura, seguido de armar definitivamente el conjunto como muestran los gráficos 39 y 40.



Gráfico 39.- Pintado y armado de la maqueta  
Fuente: (Autores)



Gráfico 40.- Pintado y armado de la maqueta  
Fuente: (Autores)

## 6.7. Condiciones de trabajo del Toyota Prius

### a. Vehículo detenido con Carga suficiente

Cuando el vehículo está detenido y con carga de batería suficiente los motores MG1, MG2, y el motor de combustión están detenidos por lo que hay un ahorro de combustible y no se genera contaminación ambiental, esto no ocurre en un vehículo normal.



Gráfico 41.- Toyota Prius detenido con carga completa

Fuente: (Autores)

El gráfico 41 muestra que el vehículo se encuentra en parking con la batería totalmente cargada y todos sus motores apagados, ya que aquí no hay flujo de energía.

### b. Vehículo detenido arranca motor de combustión Interna

En esta condición de trabajo el motor eléctrico MG1 actúa como el motor de arranque del motor de combustión interna, esto sucede cuando la carga de la batería de alta tensión es baja y necesita recargarse, esto también puede suceder cuando el motor de combustión interna está muy frío y necesita calentarse para poder operar correctamente y no ser forzado. En el gráfico 42 muestra como indica el tablero los sistemas antes de encenderse el motor de combustión interna.



Gráfico 42.- Toyota Prius detenido con batería baja  
Fuente: (Autores)

### c. Vehículo detenido cargando batería

En esta condición el motor de combustión interna está prendido, MG1 actúa como un generador y es el encargado de cargar la batería de alto voltaje, MG1 gira al doble de revoluciones que el motor térmico.

Esta condición se puede observar en la pantalla del vehículo como muestra el gráfico 42.



Gráfico 43.- Toyota Prius cargando batería  
Fuente: (Autores)

El gráfico 43 muestra que el vehículo está totalmente detenido, el motor térmico está encendido y por ende enviando energía mecánica (flecha naranja) al motor eléctrico MG1, el cual está actuando como un generador, este se encarga de convertir la energía mecánica en energía eléctrica (flecha blanca) que es acumulada en la batería de alto voltaje.

#### **d. Movimiento eléctrico modo EV**

En esta condición el motor de combustión interna está apagado, lo mismo ocurre con el motor MG1 y el que mueve el vehículo es el motor eléctrico MG2, este modo trabaja cuando hay suficiente carga de la batería de alta tensión y al vehículo no se le exige mucha fuerza, es decir moverse a una velocidad de 1 a 50 kilómetros por hora y no estar subiendo pendientes muy pronunciadas. Esta condición se muestra en el gráfico 44.



Gráfico 44.- Toyota Prius detenido en movimiento eléctrico

Fuente: (Autores)

#### e. Vehículo en movimiento. Arranca motor de combustión interna

El vehículo está siendo movido por el motor eléctrico MG2, el vehículo necesita fuerza por lo que el motor de combustión interna debe ser encendido, en esta etapa el motor eléctrico MG1 es el que se encarga de arrancar el motor de combustión interna, aquí sucede lo siguiente:

Como el motor MG2 está conectado a la corona del tren epicycloidal esta estará en movimiento como lo estarán los satélites y el planetario o sol, ahora para que el motor de combustión interna (que está conectado al porta satélites) arranque debe ser frenado el sol el cual está conectado al motor MG1.

MG1 al actuar como un generador frena un poco al planetario por lo que el porta satélites es obligado a girar y por ende el motor de combustión interna es encendido. Esta condición se puede observar en la pantalla del vehículo como se muestra en la figura siguiente.

En el gráfico 45 se puede observar que el motor térmico ha sido encendido y parte de la energía producida se va a las ruedas del vehículo y la energía restante producida por el motor térmico se va hacia el motor eléctrico MG1 (MG1 no se muestra en el monitor pero siempre se encuentra en operación).



Gráfico 45.- Toyota Prius encendido motor térmico

Fuente: (Autores)

El gráfico 45 muestra que el motor térmico ha sido encendido y parte de la energía producida se va a las ruedas del vehículo y la energía restante producida por el motor térmico se va hacia el motor eléctrico MG1 (MG1 no se muestra en el monitor pero siempre se encuentra en operación).

**f. Vehículo en movimiento, cargando baterías baja carga**

En esta condición el motor térmico es el que empuja el vehículo y a la vez hace funcionar al motor MG1 el cual genera energía eléctrica para recargar la batería, MG2 es desconectado por lo tanto no hay consumo de energía eléctrica, esta condición se muestra en el gráfico 46.

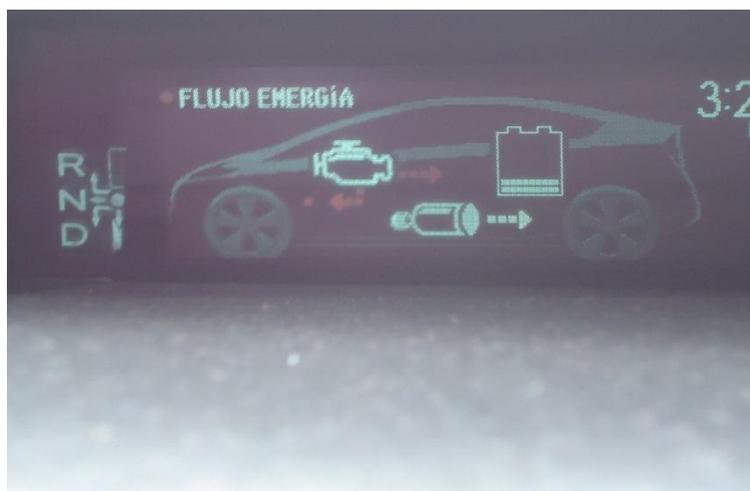


Gráfico 46.- Motor térmico moviendo el vehículo y cargando la batería

Fuente: (Autores)

**g. Vehículo en movimiento. Media carga o media potencia**

El motor MG2 y el motor de combustión interna cooperan para arrastrar el vehículo, mientras que MG1 genera electricidad para recargar la batería, como muestra el gráfico 47, esta condición se puede observar a una velocidad de 30 a 70 kilómetros por hora.

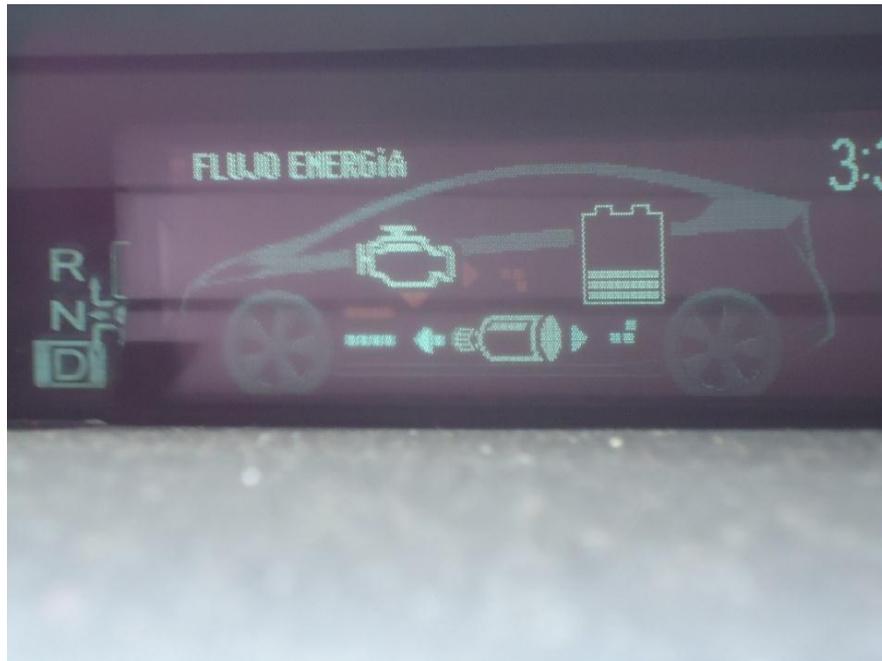


Gráfico 47.- Toyota Prius a media potencia

Fuente: (Autores)

#### **h. Vehículo en movimiento. Aceleración fuerte**

Esta condición se hace evidente cuando se quiere rebasar un vehículo o está trabajando a la máxima potencia. Cuando se le exige al sistema dar su máxima potencia, la estrategia del sistema es hacer funcionar el motor térmico, el motor MG2 y enviar toda la fuerza a las ruedas del vehículo, pero como aún no se consigue la máxima potencia MG1 también es activado como motor es decir que en vez de cargar la batería consume la energía de la misma y así se consigue la máxima potencia del vehículo.

El gráfico 48 muestra que toda la energía es enviada a las ruedas tanto del motor térmico como la energía de los dos motores eléctricos MG1 y MG2 ya que se puede observar que la energía de la batería es enviada a los motores eléctricos y no hay regeneración de carga, esta condición opera hasta que la batería de alta tensión se descargue al nivel mínimo, al

suceder esto MG1 vuelve ser un generador y por ende empezará recargar la batería de alta tensión.



Gráfico 48.- Toyota Prius a máxima potencia  
Fuente: (Autores)

### i. Freno Regenerativo

El freno regenerativo empieza desde el momento en que el conductor suelta el acelerador, el motor térmico se apaga automáticamente, en esta condición MG2 se comporta como un generador, es decir que MG2 es el que hace la función de freno regenerador, mientras que MG1 empieza a operar como motor, este consume energía insignificante comparada con la energía producida por MG2.

MG1 actúa como motor con el fin de aprovechar toda la energía producida por el movimiento sonético del vehículo. La condición de freno regenerativo como muestra el gráfico 49.



Gráfico 49.- Toyota Prius en freno regenerativo (posición D)  
Fuente: (Autores)

El gráfico 50 muestra que la energía cinética de las ruedas es enviada al motor MG2 el cual se encarga de convertir esa energía en energía eléctrica, la cual es enviada a la batería.

El freno regenerativo tiene otra fase que es la posición B de la palanca de mando, la cual se utiliza en pendientes pronunciadas, en esta selección el freno regenerativo es más fuerte y ocurre lo mismo que ha sido explicado anteriormente.



Gráfico 50.- Toyota Prius en freno regenerativo (posición B)  
Fuente: (Autores)

## j. Reversa

El gráfico 51 muestra que el que da el movimiento para la reversa es el motor eléctrico MG2 ya que este motor tiene la capacidad de dar el giro hacia los dos sentidos de las manecillas del reloj, mientras que el motor térmico carece de esta capacidad ya que para realizar la reversa necesita de una caja de cambios, por lo tanto el motor térmico en la condición de reversa es solamente utilizado para hacer funcionar MG1 y hacer cargar la batería de alta tensión y así hacer trabajar a MG2. Este tipo de trabajo no ocurría en los modelos anteriores de los vehículos Toyota Prius ya que estos al agotarse la batería se detenían automáticamente.



Gráfico 51.- Toyota Prius en freno reversa

Fuente: (Autores)

Tabla 9.- Condiciones de Trabajo

	Condición	MCI	MG1	MG2
<b>A</b>	Vehículo detenido con carga suficiente	A	A	A
<b>B</b>	Vehículo detenido arranca MCI	A	M	A
<b>C</b>	Vehículo detenido cargando batería	M	G	A
<b>D</b>	Movimiento Eléctrico EV	A	A	M
<b>E</b>	Vehículo en movimiento arranca MCI	A	M	M
<b>F</b>	Vehículo en movimiento cargando baterías baja carga	M	G	A
<b>G</b>	Vehículo en movimiento media carga	M	G	M
<b>H</b>	Vehículo en movimiento aceleración fuerte	M	M	M
<b>I</b>	Freno regenerativo	A	M	G
<b>J</b>	Reversa (cargando batería)	M	G	Minv.

Fuente: (Autores)

### Nomenclatura de la Tabla N 1

**A** = Apagado

**G** = Generador

**M** = Motor

**Min** = Motor inverso.

## **6.8. IMPACTOS**

En la Universidad Técnica del Norte debe abanderarse como material esencial de las transformaciones que se operan en lo individual y lo colectivo y que repercuten significativamente en la vida social y en el desarrollo de la mecánica automotriz, un impacto, de tal manera que rompa los paradigmas tradicionales, y se convierta en una alternativa para mentalizar al estudiante a mejora su capacidad creativa , y se convierta en un pretexto para la integración social, y la Universidad, se convierta en un semillero para que las autoridades sepan de que somos capaces de hacer.

## **6.9. DIFUSIÓN**

La maqueta de la transición del vehículo Toyota Prius en aluminio y fibra, se la diseño con el objetivo de dar a conocer el funcionamiento de la misma, y a la vez mejorar el aprendizaje. Fue difundida mediante la socialización en un Seminario–Taller en la Escuela de Educación Técnica, de la Universidad Técnica del Norte, que fue el punto de apoyo para el trabajo bibliográfico, documental, este trabajo está orientado en beneficio del mejoramiento del proceso enseñanza–aprendizaje, en los estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, este material se constituye en una herramienta de ayuda dentro de la labor educativa cuando sea puesta en práctica, en los talleres de la Universidad.

## **6.10. SOCIALIZACIÓN**

### **a). TEMA:**

“Diseño y construcción de una maqueta de la transmisión del vehículo Toyota Prius en fibra de vidrio y aluminio”.

### **b). Objetivo:**

Socializar el tema de trabajo de grado con los estudiantes de 8 y 10 semestre de la carrera de Ingeniería de Mantenimiento Automotriz.

### **c). Desarrollo:**

La socialización dio inicio a las 8h00 pm con las palabras de bienvenida por parte del Ing. Geovanny Guevara, tutor de trabajo de grado y docente de la Universidad Técnica del Norte, la socialización estuvo a cargo de los autores del trabajo de grado dando como finalizado a las 9h00 pm del día Viernes 26 de Abril del 2013, con una duración de una hora.

### **d). Temas tratados:**

- Diseño de los engranajes y ejes de transmisión
- Materiales de construcción para la maqueta
- Fundición de la corona y el reductor de velocidad en fibra
- Fundición del aluminio para los satélites, planetarios y las bases
- Introducción a los vehículos híbridos
- Funcionamiento del sistema transmisión del Toyota Prius
- Función del motor MG1
- Función del motor MG2
- Motor de combustión interna

- Funcionamiento
- Sistema de carga al MG1
- Sistema de control de energía
- Circuito en serie
- Circuito en paralelo
- Circuito en mixto
- Sistema de carga y arranque
- Ensamblaje de la maqueta
- Ejes
- Engranajes solares.
- Engranajes satélites.
- Corona.
- Reductor de velocidad.
- Ubicación de los motores generadores MG1 y MG2.

**e). Participación:**

La socialización fue dirigida a los estudiantes del Octavo y Decimo semestre de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.

**CONCLUSIONES:**

- La socialización con los estudiantes de octavo y decimo semestre permitió identificar como se funciona un vehículo híbrido y los diferentes sistemas que tiene un vehículo híbrido.
- Otra cuestión relevante de la socialización es que los estudiantes conozcan el material didáctico que se les entrega, y con el que van a trabajar y la correcta manipulación de los mismos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- 1.-GERLING, H. (1979). moldeo y conformacion. barcelona: REVERTE, S.A 1979.
- 2.- JOHN, D. (2004). Diseño de sistemas de Control. In D. JOHN, Diseño de sistemas de Control. Mexico: Mcgraw.
- 3.- MARTINEZ, J. (2010, marzo 23). Retrieved enero 16, 2013, from
- 4.- MOOT, R. (2006). diseño de elementos de maquinas. mexico: pearson educacion, Mexico 2006.
- 5.- MORGADO, I. (2009). diseño y cálculo de transmisiones por engranajes. mexico: escuela tecnica superior ingenieros.
- 6.- TULIO, I. (2004, enero 27). Retrieved enero 12, 2013, from
- 7.- ZELAYA, A. (2006). analisis general de los vehiculos hibridos y su funcionamiento. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- 8.- MANUAL DE LA TOYOTA, "Trans eje Y Transmisiones Automáticas", Toyota, Motor,Corporation.
- 9.- ALONSO, J. M. (2001). Sistemas de Transmision y Frenado. MADRID: PARANINFO.
- 10.- ARIAS, J. M. (2009). Soldaura Eléctrica T.I.G Y M.A.G. MADRID: REVERTÉ.
- 11.- R.H.JONES, M. F. (2008). MATERIALES PARA INGENIERIA 1. Barcelona: REVERTÉ, S.A.

- 12.- GERLING, H. (1972). ALREDEDOR DE LAS MÁQUINAS  
HERRAMIENTAS. Baecelona, Buenos Aires y México:  
REVERTÉ,S.A. Cod. 621.903/647/Alr

# ANEXOS

## ANEXO 1. MATRIZ DE COHERENCIA

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL
<p>¿Cómo diseñar y construir una maqueta didáctica de la transmisión del Toyota Prius en aluminio y fibra para conocer el funcionamiento y mejorar el aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte?</p>	<p>Diseñar y construir una maqueta de la Transmisión de un Vehículo Toyota Prius, en aluminio y fibra” para conocer su funcionamiento y mejorar el aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte.</p>
SUBPROB. E INTERROGANTES	OBJETIVOS ESPECÍFICOS
<p>1. ¿Cómo investigar las condiciones del funcionamiento de la transmisión del Toyota Prius?</p> <p>2. ¿Cómo diseñar y construir una maqueta de la transmisión de un vehículo Toyota Prius, en aluminio y fibra?</p> <p>3. ¿Paraqué Facilitar la maqueta de la transmisión del vehículo Toyota Prius al taller de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la escuela de Educación Técnica de la Universidad Técnica del Norte?</p>	<p>1. Investigar las condiciones de funcionamiento de la transmisión del Toyota Prius</p> <p>2. Diseñar y construir una maqueta de la transmisión de un vehículo Toyota Prius, en aluminio y fibra.</p> <p>3. Facilitar la maqueta de la transmisión del vehículo Toyota Prius al taller de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la escuela de Educación Técnica de la Universidad Técnica del Norte</p>

## ANEXOS 2













**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

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

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401185632		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Pozo Guzmán Rubén Darío		
DIRECCIÓN:	Barrio el Olivo		
EMAIL:	rooben_dario@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	062604858	TELÉFONO MÓVIL:	0985016659

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DE LA TRANSMISIÓN DE UN VEHICULO TOYOTA PRIUS, EN ALUMINIO Y FIBRA.
AUTOR (ES):	Pozo Guzmán Rubén Darío Yandún Godoy Jonathan Marcel
FECHA: AAAAMMDD	2013-06-19
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingenieros en Mantenimiento Automotriz.
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Geovanny Guevara

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

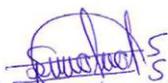
Yo, Pozo Guzmán Rubén Darío , con cédula de identidad Nro. 0401185632, en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 19 días del mes de Junio de 2013

### EL AUTOR:



(Firma).....

Nombre: Pozo Guzmán Rubén Darío

C.C.: 0401185632



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Pozo Guzmán Rubén Darío , con cédula de identidad Nro. 0401185632, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DE LA TRANSMISIÓN DE UN VEHICULO TOYOTA PRIUS, EN ALUMINIO Y FIBRA.que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros en Mantenimiento Automotriz, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 19 días del mes de Junio de 2013

(Firma) .....

Nombre: Pozo Guzmán Rubén Darío

Cédula: 0401185632



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

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

**4. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003413562		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Yandún Godoy Jonathan Marcel		
DIRECCIÓN:	San Isidro Carchi		
EMAIL:	jyandungodoy@yahoo.es		
TELÉFONO FIJO:	062974470	TELÉFONO MÓVIL:	0985891287

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DE LA TRANSMISIÓN DE UN VEHICULO TOYOTA PRIUS, EN ALUMINIO Y FIBRA.
AUTOR (ES):	Pozo Guzmán Rubén Darío Yandún Godoy Jonathan Marcel
FECHA: AAAAMMDD	2013-06-19
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingenieros en Mantenimiento Automotriz.
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Geovanny Guevara

#### 5. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Yandún Godoy Jonathan Marcel , con cédula de identidad Nro. 1003413562, en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

#### 6. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 19 días del mes de Junio de 2013

#### EL AUTOR:

(Firma) 

Nombre: Yandún Godoy Jonathan Marcel  
C.C.: 1003413562



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Yandún Godoy Jonathan Marcel , con cédula de identidad Nro.1003413562, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUETA DE LA TRANSMISIÓN DE UN VEHICULO TOYOTA PRIUS, EN ALUMINIO Y FIBRA.que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros en Mantenimiento Automotriz, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 19 días del mes de Junio de 2013

(Firma) 

Nombre: Yandún Godoy Jonathan Marcel

Cédula: 1003413562