Licenciatura: Ingeniería mecánica.
Nombre del Proyecto de Integración (PI): Diseño e implementación del sistema de potencia ligero para el vehículo BAJA SAE UAM 2022.
Modalidad: Proyecto Tecnológico.
Versión: Segunda.
Trimestre Lectivo: 22 I.

Datos del Alumno:

Nombre: Franco Suárez Cristhian Ramón.
Matrícula: 2162001285
Correo electrónico: al2162001285@azc.uam.mx

_____
Firma.

Nombre: García Mendoza Daniel.
Matrícula: 2142000246
Correo electrónico: al2142000246@azc.uam.mx

_____
Firma.

Nombre: Romero Saavedra Orlando.
Matrícula: 2153034561
Correo electrónico: al2153034561@azc.uam.mx

_____
Firma.

Datos del asesor y del co-asesor.

Ing. Romy Pérez Moreno.
Categoría: Asociado.
Departamento de adscripción: Energía.
Teléfono: (55) 5318 9069.
Correo: bajasaeuam@azc.uam.mx

_____
Firma.

Dr. Israel Barragán Santiago.
Categoría: Asociado.
Departamento de adscripción: Energía.
Teléfono: (55) 5318 9068.
Correo: isbasa@azc.uam.mx

_____
Firma.

Fecha: 19/mayo/2022

En caso de que el Comité de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica apruebe la realización de la presente propuesta, otorgamos nuestra autorización para su publicación en la página de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería.

_____

Franco Suárez Cristhian Ramón

_____

García Mendoza Daniel

_____

Romero Saavedra Orlando

_____

Ing. Romy Pérez Moreno

_____

Dr. Israel Barragán Santiago

1. Introducción.

BAJA SAE es una competencia organizada por la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE, del inglés *Society of Automotive Engineers*), a nivel internacional donde estudiantes de ingeniería diseñan y construyen un vehículo todo terreno.

El sistema de potencia es un conjunto de componentes que desplazan al vehículo. El motor genera energía y se transmite a las llantas en el suelo. Los componentes clave incluyen: (1) depósito de gasolina, (2) motor, (3) soporte de motor, (4) CVT, (5) cubierta de la CVT, (6) diferencial y (7) flechas de transmisión, como se muestra en la Figura 1.

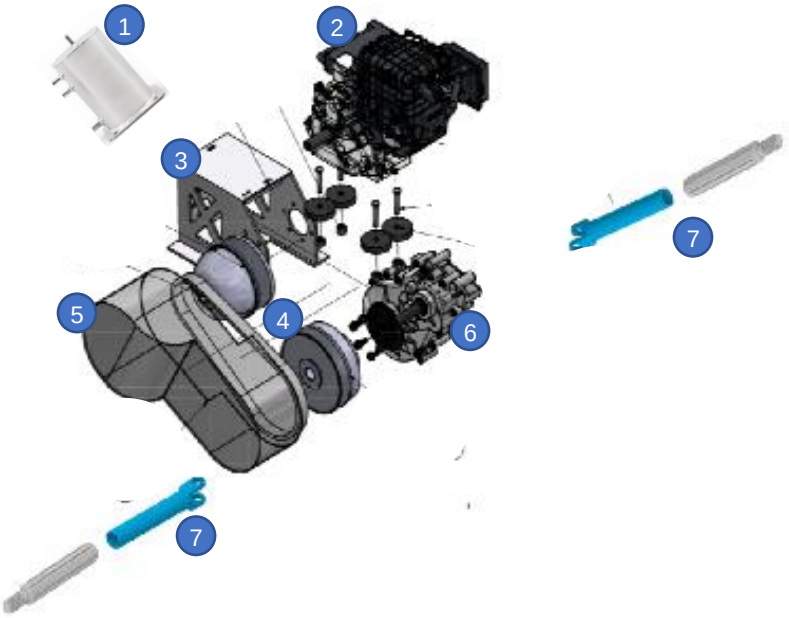


Figura 1. Componentes del sistema de potencia.

El motor cuenta con un soporte que debe mantener su rigidez y forma bajo condiciones extremas de fatiga provocada por vibraciones propias del motor y del terreno donde circula el vehículo. Además mantiene la distancia de los elementos conectados en él.

La Transmisión Variable Continua (CVT, del inglés *Continuously Variable Transmission*), es una caja de velocidades automática la cual no utiliza engranes sino una banda que conecta dos poleas para transmitir el par motriz que genera el motor. Por seguridad estas poleas deben tener una protección.

Un diferencial transmite la potencia de la CVT a las ruedas, permitiendo girar a diferentes velocidades y por último, las flechas de transmisión son las encargadas de proporcionar tracción en el automóvil, entregando la torsión del diferencial a las ruedas.

En el análisis realizado al vehículo BAJA SAE UAM 2019, se observó que el área de oportinidad principal es el peso excesivo debido al sobredimensionamiento de sus componentes. En este proyecto se propone aligerar el sistema de potencia diseñando y fabricando los siguientes elementos: flechas de transmisión, la protección de la CVT y el diferencial, procurando el menor peso posible y que cumplan con el rendimiento necesario en las pruebas de aceleración, pendientes y trampas de lodo. En el mismo sentido, también se realizará el diseño para el soporte del motor eligiendo un material que no aumente el peso.

Para garantizar el funcionamiento de la CVT se propone seleccionar la polea que se ensambla al diferencial, con la finalidad de tener un mecanizado adecuado en el diámetro interno de la polea, descartando las cuñas con un espesor inadecuado y así evitar el mal funcionamiento y accidentes.

En las piezas que se diseñen se realizarán análisis de esfuezos y fatiga empleando el software ANSYS proporcionado en patrocinio por el Grupo SSC para dimensionar los elementos requeridos.

2. Antecedentes.

En el año 2014, Dakota Kirtland, alumno de la Universidad de Cincinnati, realizó el reporte titulado “2014 University of Cincinnati Baja SAE Drivetrain”, en donde uno de los objetivos fue la reducción del peso del sistema de potencia. Para ello utilizaron una CVT más ligera (serie Gaged GX99) [1]. Por lo tanto, resulta de interés para esta propuesta considerar el análisis del cambio de la CVT actual por alguna semejante a la mencionada anteriormente para ayudar con la reducción del peso en el sistema de potencia.

En el año 2015, Eric T. Payne, alumno de la Universidad de Akron, realizó el reporte titulado “Design of an SAE Baja Racing Off-Road Vehicle Powertrain”, en donde se enfocaron a la reducción de peso del sistema y el aumento de la velocidad en el vehículo. De acuerdo con los resultados obtenidos para la reducción de peso implementaron algunas medidas como el reducir el diámetro de las flechas de ½ a ⅜ de pulgada [2]. Por lo tanto, resulta de interés para esta propuesta considerar el cambio de las flechas por unas de menor área transversal.

En el año 2019, Luis Gerardo Martínez Reyes y Pedro Zúñiga Sánchez, alumnos de la UAM Azcapotzalco, realizaron el reporte titulado “Diseño, construcción y evaluación del sistema de potencia para el vehículo Baja SAE 2019”. Algunos de los objetivos son: el diseño y construcción del soporte para mantener una distancia adecuada entre centros de las poleas de la CVT, y el cálculo del apriete adecuado en el ensamble de las poleas de la CVT. [3]. De acuerdo con los resultados obtenidos, el diseño del soporte resultó óptimo para mantener la distancia entre centros, sin embargo, la soldadura de la parte inferior del soporte se desprendió, por lo cual, se analizará las cargas y esfuerzos que presenta el soporte para proponer un nuevo diseño.

3. Justificación.

El vehículo BAJA SAE UAM 2019 presentó un peso excesivo por el sobredimensionamiento en todos los sistemas que lo conforman, en el caso particular del sistema de potencia el peso extra hace que el vehículo no tenga un buen rendimiento debido a que la relación potencia/peso es grande.

Por lo anterior, se propone diseñar e implementar las flechas de transmisión, la cubierta de la CVT, el soporte del motor, y el diferencial, analizando las cargas y esfuerzos para seleccionar materiales y geometrías adecuadas que permitan contar con elementos más ligeros.

4. Objetivos.

Objetivo general.

Diseñar, construir y evaluar las flechas de transmisión y el soporte del motor para el sistema de potencia del vehículo BAJA SAE UAM 2022.

Objetivos particulares.

Recopilar y analizar datos obtenidos mediante pruebas del sistema de potencia BAJA SAE UAM 2019.

Diseñar, simular y analizar mediante el software computacional ANSYS, los esfuerzos y fatiga para diferentes elementos del sistema.

Diseñar y construir el soporte para el depósito de gasolina de acuerdo al reglamento de BAJA SAE.

Diseñar y construir un selector de velocidades para el vehículo BAJA SAE UAM 2022.

Diseñar y construir la cubierta de la CVT para el vehículo BAJA SAE UAM 2022.

Probar el funcionamiento y corregir lo necesario en la competencia BAJA SAE México 2022.

5. Descripción técnica.

Potencia del motor: 10 hp.

Velocidad máxima de entrada al reductor: 3600 rpm.

Peso del motor: 26.4 kg.

Relación de velocidad de la CVT: 3:1.

Velocidades requeridas del diferencial: 2.

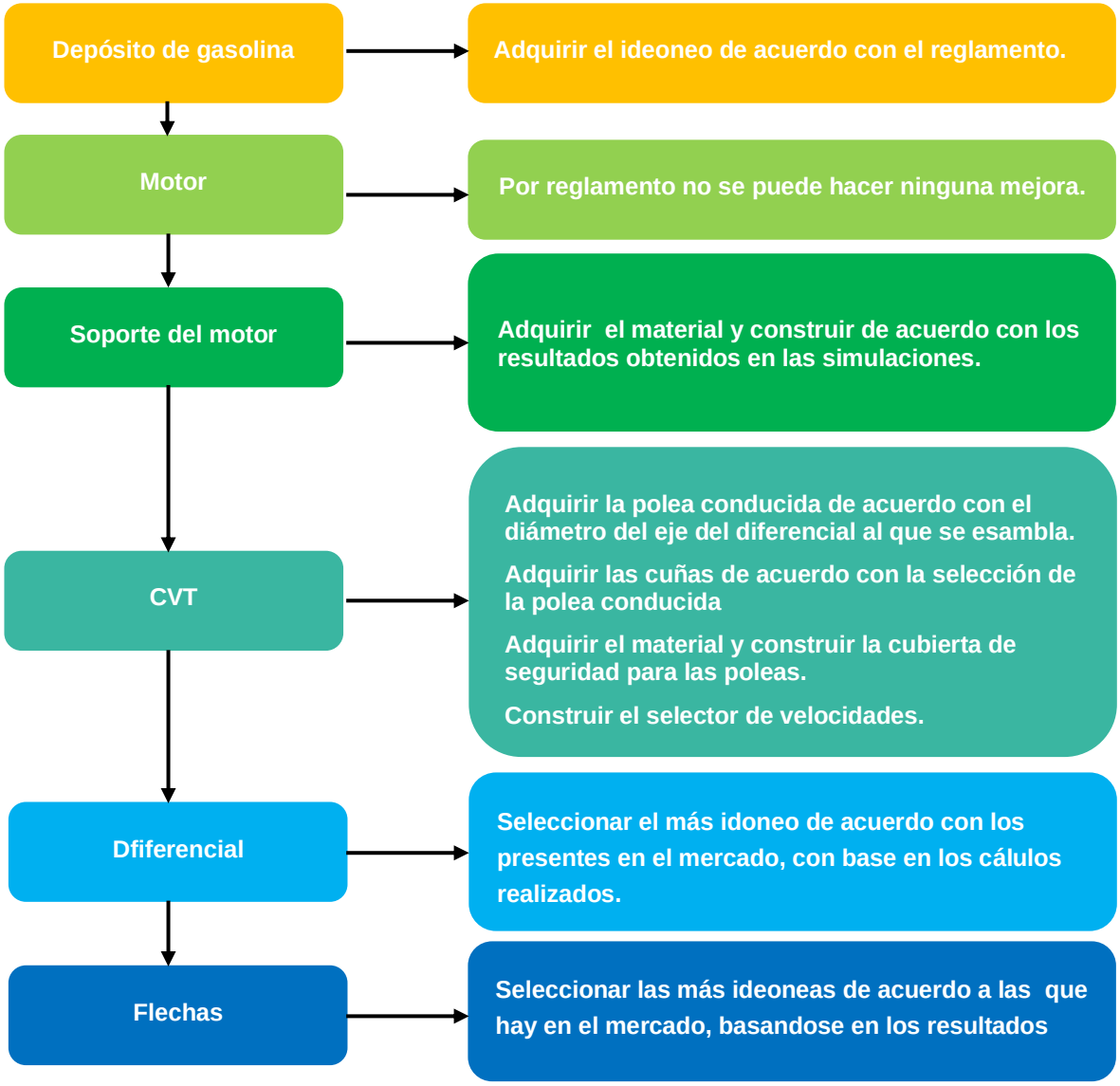
Flechas de transmisión telescópicas con doble yugo.

Longitud estimada: 56 cm.

Velocidad máxima del vehículo: 30 km/h.

Distancia para alcanzar la velocidad máxima: 19 m.

A continuación se muestra un diagrama de bloques, con las actividades a realizar en cada parte del sistema



6. Normatividad.

Collegiate Design Series Baja SAE Rules, en donde se establecen todas las especificaciones de construcción necesarias para que el vehículo pueda participar en la competencia BAJA SAE México 2022 [4].

ANSI B11.19-2019: Protección y reducción de riesgos de maquinaria. Esta norma proporciona requisitos de desempeño para el diseño, construcción, instalación, operación y mantenimiento de las medidas de reducción de

riesgos cuando se aplican a máquinas inherentemente seguras por diseño, controles de ingeniería, protecciones, funciones de control, y otros dispositivos [5].

Esta norma es aplicable al proyecto, ya que se emplea un sistema de transmisión de potencia por poleas y requiere una protección para minimizar accidentes.

ASME B18.2.2 : Tuercas cuadradas y hexagonales (serie en pulgadas): esta norma está diseñada para cubrir los datos generales y dimensionales completos de los distintos tipos de tuercas cuadradas y hexagonales de la serie en pulgadas, incluidas las tuercas de tornillo de máquina y las tuercas de acoplamiento [6].

Esta norma es aplicable al proyecto, ya que se emplean tuercas y tornillos para sujetar el sistema de potencia a la jaula.

7. Cronograma de actividades.

UEA para las que se solicitan autorización.

- Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I.

	Actividades del trimestre 22-P	Semana											
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
1	**Realizar pruebas físicas al vehículo 2019.**	X											
2	**Analizar los datos experimentales del vehículo 2019.**	X	X										
2	**Diseñar los componentes del sistema de potencia.**		X	X	X	X	X						
3	**Dibujar en CAD los elementos del sistema de potencia.**				X	X	X	X	X	X			
	Realizar el análisis de esfuerzos y fatiga empleando ANSYS.							X	X	X	X		
4	**Obtener los componentes que integran el sistema de potencia.**								X	X	X	X	
5	**Maquinar las piezas necesarias y algunas para refacción.**						X	X	X	X	X	X	
4	**Montar el nuevo sistema de potencia para el BAJA SAE México 2022.**										X	X	X

	Actividades del trimestre 22-O	Semana											
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
1	**Realizar pruebas en el vehículo BAJA SAE UAM 2022.**	X	X										
2	**Realizar ajustes al vehículo BAJA SAE UAM 2022.**		X	X									
3	**Probar el funcionamiento y corregir lo necesario en la competencia BAJA SAE México 2022.**			X	X								
4	**Elaborar y entregar el Reporte Final.**	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

8. Entregables.

Reporte final de proyecto de integración.

Sistema de potencia funcionando en el vehículo.

9. Referencias bibliográficas.

[1] Dakota Kirtland, 2014, “2014 University of Cincinnati Baja SAE Drivetrain”, de https://drc.uc.edu/bitstream/handle/2374.UC/731831/MET2014_Kirtland_Dakota.pdf?sequence=1

[2] Eric T. Payne, 2015, "Design of an SAE Baja Racing Off-Road Vehicle Powertrain", de http://ideaexchange.uakron.edu/honors_research_projects/3

[3] Luis G. Martínez Reyes y Pedro Zúñiga Sánchez, 2020, “Diseño, construcción y evaluación del sistema de potencia para el vehículo Baja SAE 2019”, Proyecto de integración, (Lic. en Ingeniería Mecánica) Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, DCBI, Unidad Azcapotzalco.

[4] BAJA SAE, 2022, Colligiate Design Series Baja SAE® Rules, de https://www.bajasae.net/cdsweb/gen/DownloadDocument.aspx?DocumentID=b4de541c-adfe-403f-a036-67d0018efed0

[5] ANSI, 2022, Standars, de https://www.b11standards.org/storeitems/ansi-b1119

[6] ASME, 2019, Standards, de https://www.asme.org/shop/standards

10. Terminología.

BAJA SAE es una competencia organizada por la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE, del inglés *Society of Automotive Engineers*), a nivel internacional donde estudiantes de ingeniería diseñan y construyen un vehículo todo terreno. El vehículo que participó en la competencia 2019 por parte de la UAM se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Vehículo BAJA SAE UAM 2019.

Soporte ABS (por sus siglas en inglés de *Aluminium Supporting Base*), forma parte de la suspensión del motor y lo conecta con la carrocería del vehículo. Su función es absorber las vibraciones que se generan en el motor o las generadas por el terreno, con la finalidad de proteger la carrocería. El soporte también restringe el movimiento de las piezas que carga lo que disminuye las averías de los componentes.

La Transmisión Variable Continua (CVT, del inglés *Continuously Variable Transmission*), es una caja de velocidades automática, la cual no utiliza engranes sino una banda que conecta dos poleas para transmitir el par motriz que genera el motor como se muestra en la Figura 3. Una de las poleas cuenta con un diámetro variable, lo cual permite que la transmisión ajuste el radio de la banda con distintas posibilidades de cambio, buscando siempre estar en marcha óptima. Las poleas están sujetas por cuñas lo que les impide salirse de su lugar.

Figura 3. Ejemplo de una CVT.

Los diferenciales de deslizamiento limitado evitan la pérdida de tracción ya que distribuyen el torque necesario para cada rueda como se muestra en la Figura 4.

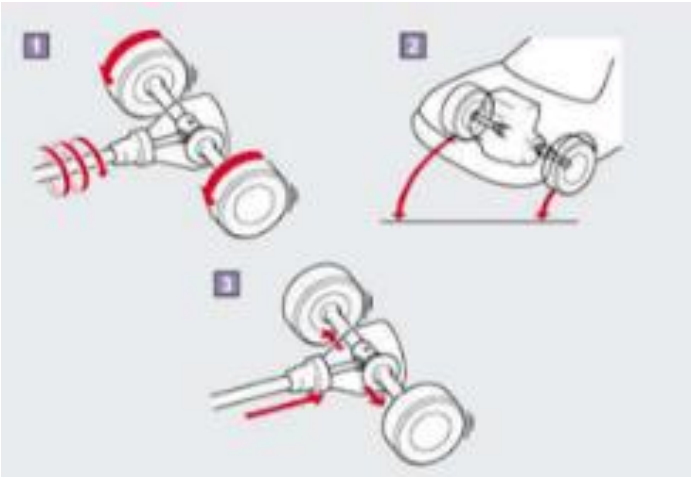


Figura 4. Función de un diferencial.

11. Infraestructura.

Nombre del laboratorio.	Ubicación.	Equipo o Material.
Taller mecánico (TMEC).	Mecánica. Edificio 2P, Planta Baja.	Máquinas del área.
Centro de Desarrollo Asistido por Computadora (CEDAC).	Mecánica. Edificio 2P, Primer Piso.	Computadoras con Software CAD.

12. Asesoría complementaria.

No es necesaria.

13. Publicación o difusión de los resultados.

Competencia Baja SAE México 2022.

Gaceta de la DCBI.

Página oficial de la Universidad Autónoma Metropolitana.

Diseño e implementación del sistema de potencia ligero para el vehículo BAJA SAE UAM 2022

COMENTARIO DEL CEIM		ACCIÓN REALIZADA EN LA PPI	
Pág.	**Cometario del CEIM.**	**Pág.**	**Descripción del cambio realizado o justificación del cambio.**
1	El termino Rediseño es muy ambiguo	1	Se cambio la palabra de Rediseño por Diseño.
3	Primer párrafo con demasiadas ideas	3	Se mejoró la redacción de lo que trata la competencia.

3	Frase mal redactada respecto a la CVT	3	Se cambió la descripción sobre lo que es una CVT.
3	Revisar la puntuación, para conectar la frase, respecto al diferencial	3	Se cambió la redacción del diferencial.
3	Redactan partiendo de la idea que el lector sabe de qué están hablando, y eso no es cierto. Incluir alguna imagen que permita entender la idea.	3	Se mejoró la redacción, además, se incluyó una breve descripción de los elementos que compone el sistema de potencia y se colocaron imágenes alusivas al mismo, por último, se colocó en termonología conceptos más amplios que complemental la introducción.
3	En mi opinión se debe reconsiderar la forma en que están presentados los antecedentes. En algunos de ellos no hay relación con lo que se pretende hacer. Parece que se pusieron para cumplir.	4	En general, se analizó meticulosamente el aporte de cada proyecto y se reescribieron para que estos concordaran con lo que se va a realizar.
4	En la propuesta nunca más vuelven a hablar del análisis de la viabilidad económica que mencionan.	4	Se decidió modificar la redacción y la aportación que éste brinda al proyecto.
4	Modificar la redacción del tercer antecedente.	4	Se decidió quitar el segundo antecedente ya que no aportaba al proyecto, por lo cual se recorrieron (el tercero ahora es el segundo y así sucesivamente). Se modificó la redacción de este antecedente.
4	Modificar la redacción del cuarto antecedente.	4	Se modificó la redacción de este antecedente.
5	Debe ser más puntual o precisa la redacción.	4	Se mejoró la redacción, explicando el problema que presentaba el carro y posteriormente en particular el sistema de potencia, posteriormente se presentan las soluciones en las que se trabajara el proyecto.
5	Diseñar o rediseñar.	4	Se cambiaron todas las palabra de Rediseñar por Diseñar.
5	Explicitar los elementos a diseñar.	4	Se anexaron los elementos del sistema a diseñar.
5	Falta el análisis de esfuerzos y cargas con ANSYS.	4	Se replantearon los objetivos particulares, anexando el comentario anterior.

5	¿Mejorar?	4	Se cambió la redacción y se englobó con otros elementos del sistema se van a diseñar, simular y analizar mediante el software computacional ANSYS.
5	Se marcaron varios errores en los objetivos particulares.	4	Se atendieron las correcciones mencionadas.
5	Probar el funcionamiento y corregir lo necesario en la competencia BAJA SAE México 2022.	4	Se cambió el objetivo que menciona “Participar con el vehículo…” por el mencionado anteriormente.
5	Faltan las características de la flechas y del soporte o lo que se vaya a diseñar.	4	Se mejoró la descripción técnica del sistema de potencia.
7	Cambiar la actividad de “Participar en la competencia” por “Probar el funcionamiento y corregir lo necesario en la competencia BAJA SAE México 2022”	7	Se cambió la actividad.