

Universidad Internacional del Ecuador



Escuela de Ingeniería Automotriz.

Proyecto de Grado para la obtención del Título de Ingeniero en Mecánica Automotriz.

**Análisis de esfuerzo estructural por elementos finitos del tren alternativo en la
motobomba HONDA GX160.**

Autor: Stalin Omar Ronquillo Ruiz.

Director: Ing. Edgar Vera Puebla.

Guayaquil, Agosto 2020.

CERTIFICACIÓN Y ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD

Yo, Stalin Omar Ronquillo Ruiz, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí presente es de mi autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

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

Stalin Omar Ronquillo Ruiz

CI: 0920972452

DEDICATORIA

La siguiente tesis está dedicada a mi Madre e Hijo.

Para mi señora Madre Blanca Ruiz Silva, por ser un pilar fundamental en mi vida, que siempre como madre está dándome ejemplo de valor, entrega, compromiso y perseverancia, es la persona que a pesar que se presentan momentos difíciles en la vida ella siempre está dando el ejemplo, tomando decisiones en momentos difíciles y dándome fuerzas para seguir adelante y no desmayar en momentos duros que se presentan en el camino.

A mi Hijo Cristopher Ronquillo Lucín por ser mi fortaleza en momentos difíciles, por ser mi inspiración cada día de mi vida, por pedirle prestados momentos suyos para seguir adelante con mi meta.

Valoro mucho cada momento de entrega y apoyo incondicional que me brindan, confianza, lealtad y entrega total con cada momento.

AGRADECIMIENTO

Con un profundo agradecimiento principalmente a Dios por ser mi guía, por ser quien me da la fuerza de empezar cada día, por darme una entera salud en un nuevo día que empieza, por no abandonarme cuando más necesito de su apoyo y ayuda incondicional.

A la Institución a la que pertenezco por formarme como profesional, como hijo, y como padre, por inculcar valores, principios en mi vida y por la entrega de su enseñanza. A mis profesores quienes estuvieron dándome aprendizaje y formándome como profesional para así estar con conocimientos establecidos y preparado para las oportunidades y dificultades que se presentan en las labores diarias.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN Y ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE FÓRMULAS	xix
RESUMEN	xx
Palabras clave:	xxi
ABSTRAC.....	xxii
Keywords:	xxiii
CAPÍTULO I	1
1 ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN Y MARCO REFERENCIAL.	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3 Destino del cultivo de arroz y uso de motobomba HONDA GX160 (Salitre)	2
1.4 Terreno agrícola donde se utiliza la motobomba Honda GX160 y se presentó el inconveniente con el brazo de biela.	3
1.5 Coordenadas de terrenos agrícolas y la utilización de la motobomba Honda GX160.	4
1.6 Estudio y Análisis de los esfuerzos generados en el brazo de biela.	5
1.7 Software de diseño.	7

1.8	Objetivos de la Investigación.....	10
1.8.1	Objetivo general.....	10
1.8.2	Objetivos específicos.	10
1.9	Alcance.....	11
1.10	Motobomba Honda GX160.....	11
1.10.1	Características principales de los motores.....	12
1.10.2	Características principales del motor Honda GX160.....	13
1.11	Potencia de salida en el motor Honda GX160.....	13
1.12	Declaración ambiental de HONDA.	14
1.13	Justificación e importancia de la investigación.	16
CAPÍTULO II.....		17
2	MARCO TEÓRICO.....	17
2.1	Conceptos básicos de elementos finitos.	17
2.2	Método de elementos finitos.....	20
2.3	Historia.....	20
2.4	Delimitaciones del método de elementos finitos.	21
2.5	Mecánica computacional.	22
2.6	Estática y dinámica.	23
2.7	Lineales vs no lineales.....	24
2.8	Mallado.....	25
2.8.1	Características de la malla.....	25
2.8.2	Malla sólida.	27

2.8.3	Malla de vaciado	27
2.9	Malla de viga	28
2.9.1	Malla mixta.....	28
2.10	Propiedades de los materiales	28
2.10.1	Aplicación de materiales	29
2.10.2	Creación de un material personalizado	29
2.11	Propiedades de los materiales utilizados en SolidWorks	29
2.11.1	Módulo de elasticidad	29
2.11.2	Modulo cortante.....	29
2.11.3	Coefficiente de Poisson	29
2.11.4	Coefficiente de expansión térmica	30
2.11.5	Conductividad térmica	30
2.12	Condiciones de diseño en programa	31
2.13	Croquizado.....	32
2.14	Sistema de rejilla.....	32
2.15	Modelado de piezas.....	32
2.16	Función principal del brazo de biela	32
2.17	Apoyo de la biela	33
2.18	Cargas aplicadas.....	34
2.19	Material del brazo de biela de la motobomba.....	35
2.20	Diseño del brazo de biela en la motobomba.....	36
2.21	Biela aligerada	36
2.22	Biela de aleación de aluminio de cabeza inclinada.....	37

2.23	Algunos materiales del brazo de biela	37
2.24	Brazo de biela en aleación de aluminio	37
2.25	Vida útil	38
2.26	Lubricación.....	39
2.27	Lubricación por salpicadura	40
2.28	Tolerancias.....	40
2.29	Medidas y tolerancias. términos y definiciones.....	41
2.29.1	Montaje de pistón y biela.	41
2.29.2	Bulones flotantes.....	41
2.29.3	Tolerancias y referencias de montaje.....	42
2.30	Lubricante.....	43
2.30.1	Tipo de lubricante	43
2.31	API	43
2.32	SAE	44
2.33	Combustible.....	45
2.34	Gasolina.....	45
2.35	Gasolina con alcohol.....	46
CAPÍTULO III.....		47
3.	METODOLOGÍA Y APLICACIÓN DE ELEMENTOS FINITOS EN EL BRAZO DE BIELA DE LA MOTOBOMBA HONDA GX160.	47
2.36	Aplicación de SolidWorks simulación.....	48
2.37	Modelización del diseño con SolidWorks.	49

3	Geometría del elemento para el estudio.	50
3.1	Aplicación del método de elementos finitos.....	52
3.2	Análisis de esfuerzo estructural por elementos finitos del bazo de biela.....	53
CAPÍTULO IV		55
4	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.....	55
4.1	Material de diseño del brazo de biela.....	55
4.2	Diseño del brazo de biela.	56
4.3	Diseño del pistón.....	59
4.4	Diseño del cigüeñal.	61
4.5	Esfuerzos al que se encuentra sometido el brazo de biela.....	62
4.6	Tensiones.....	65
4.7	Esfuerzo de tracción.....	66
4.8	Esfuerzo de compresión.	66
4.9	Desplazamiento.....	66
4.10	Deformación.	67
4.11	Puntos críticos del brazo de biela en su trabajo.....	68
4.12	Fractura.....	71
4.13	Pruebas de esfuerzos con simulador.	72
4.14	Esfuerzos del brazo de biela usando como combustible gasolina.	73
CAPÍTULO V.....		74
5	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	74

5.1	Cálculo a realizar por presión de Gases.	74
5.2	Presión del gas en el cilindro.	74
5.3	Primer tiempo admisión	74
5.4	Segundo tiempo compresión	75
5.5	Tercer tiempo explosión trabajo	76
5.6	Cuarto tiempo escape	77
5.7	Fuerza sobre el embolo	78
5.8	Notaciones:	79
5.9	Cálculo de presión de gases.	79
5.9.1	Fuerza aplicada sobre el Embolo.	79
5.9.2	Fuerza Máxima aplicada sobre el Embolo.	79
5.10	Análisis de las cargas aplicadas con SolidWorks simulación.	80
5.11	Análisis estático	80
5.12	Sujeción	80
5.13	Cargas	81
5.14	Propiedades del material	82
5.15	Aplicación de esfuerzos sobre el pistón.	82
5.16	Resultados de las deformaciones al momento de usar el simulador.	82
5.17	Brazo de biela.	83
5.18	Bulón.	83
5.19	Pistón.	84

5.20	Análisis de los Esfuerzos en el Brazo de Biela. Distribución de Esfuerzos de Von Mises	85
5.20.1	Tensiones.....	85
5.20.2	Deformaciones	86
5.20.3	Desplazamiento.....	87
5.21	Asistente para el Factor de seguridad en el brazo de biela mediante el Análisis de Von Mises	89
5.21.1	Factor de seguridad.	89
5.22	Resultado del factor de seguridad del brazo de biela.	91
5.23	Factor de seguridad para esfuerzo máximo en el brazo de biela mediante el análisis de Von Mises.....	93
5.24	Resultado del factor de seguridad del brazo de biela para esfuerzo máximo aplicados sobre el pistón.....	93
5.25	Mejoras en el brazo de biela según el factor de seguridad.....	94
5.26	Mantenimiento preventivo.....	95
5.27	Herramientas.....	95
5.27.1	Ventajas del mantenimiento preventivo.....	97
5.27.2	Desventajas de mantenimiento preventivo.....	98
5.28	Mantenimiento correctivo.	98
5.29	Programa de mantenimiento.....	99
5.29.1	Ventajas del mantenimiento correctivo.....	99
5.29.2	Desventajas del mantenimiento correctivo.....	100
5.30	Manual del propietario de la motobomba Honda.	100

5.31 Conclusiones.....	101
5.32 Recomendaciones.....	101
BIBLIOGRAFÍA.....	102
6 Bibliografía.....	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Biela de cabeza inclinada de aleacion de aluminio de motobomba Honda GX160.1	
Figura 2. Ensamblaje del tren alternativo en el Software SolidWorks 2018.....	2
Figura 3. Lugar donde nace la necesidad de realizar el estudio al brazo de biela.	3
Figura 4. Salitre, Campos agrícolas lugar de uso de la motobomba Honda GX160.	4
Figura 5. Salitre, coordenadas de cultivos de arroz y la utilización de la motobomba.....	5
Figura 6. Brazo de biela en fractura motor Honda GX160.	7
Figura 7. Avance del diseño del brazo de biela.	8
Figura 8. Mallado generado por el programa para su estudio.	9
Figura 9. Motobomba Honda GX160.	12
Figura 10. Características principales del motor Honda GX160.	13
Figura 11. Imagen de la potencia entregada por el motor honda.....	14
Figura 12. Cielos azules para nuestros Hijos, declaración Ambiental de Honda.	15
Figura 13. Diseño de malla en SolidWorks 2018	18
Figura 14. Mallado automático del tren alternativo de la motobomba Honda GX160.....	19
Figura 15. Arquímedes.	20
Figura 16. Ramas de la mecánica.	22
Figura 17. Ramas de la mecánica computacional.	22
Figura 18. Ramas de la mecánica del continuo.	23
Figura 19. División de problemas estáticos.....	24
Figura 20. Mallado del software por Elementos Finitos.	25

Figura 21. Mallado automático con tetraedros en SolidWorks del tren alternativo de motobomba Honda	26
Figura 22. Superficie media de la chapa	27
Figura 23. Elemento de vaciado creado en la superficie media con sus nodos.....	27
Figura 24. Brazo de biela Honda GX160.....	31
Figura 25. Brazo de biela, pistón y cigüeñal de motobomba HONDA GX160 diseño en SolidWorks 2018.	33
Figura 26. Biela de cabeza inclinada de aleación de aluminio de motobomba Honda GX160.	36
Figura 27. Biela aligerada Honda GX 160.....	36
Figura 28. Diseño del brazo de biela de motobomba Honda GX160 en aleación de Aluminio.	37
Figura 29. Biela diseñada en aleación aluminio mediante SolidWorks.....	38
Figura 30. Imagen de brazo de biela diseñado para lubricar por salpicadura.	40
Figura 31. Ajustes y tolerancias.....	43
Figura 32. Clasificación del API de los Aceites.	44
Figura 33. Clasificación de Viscosidad SAE J-300-09.....	45
Figura 34. Imagen del tren alternativo diseñado en SolidWorks.....	47
Figura 35. Sistema de la utilización del programa de diseño SolidWorks.....	48
Figura 36. Modelización en SolidWorks.....	50
Figura 37. Mallado de elementos finitos.	51

Figura 38. Imagen de nodos y elementos en un enmallado por elementos finitos.	51
Figura 39. Simulación realizada con ayuda del análisis de elementos finitos.....	52
Figura 40. Diseño del brazo de biela de motobomba Honda GX 160 en SolidWorks 2018.	53
Figura 41. Brazo de Biela en aluminio diseñado en programa SolidWorks original.	56
Figura 42. Inicio del diseño del Brazo de biela Honda GX160 mediante SolidWorks 2018.	57
Figura 43. Diseño y construcción del brazo de biela Honda GX160 en SolidWorks 2018.	58
Figura 44. Brazo de biela Honda GX160 terminado en SolidWorks 2018.....	58
Figura 45. Acotaciones y Diseño Pistón Honda GX160 en Solidworks 2018.	59
Figura 46. Diseño y construcción en Solidworks de Piston Honda GX160.....	60
Figura 47. Piston terminado en diseño y construcción Honda GX160 mediante Solidworks 2018.....	60
Figura 48. Acotaciones del modelo del cigüeñal mediante SolidWorks 2018.....	61
Figura 49. Diseño del solido a escala real en SolidWorks 2018.....	61
Figura 50. Cigüeñal Honda GX160 diseñado en SolidWorks 2018.....	62
Figura 51. Brazo de biela sometido a esfuerzo de tensión.	63
Figura 52. Esfuerzos de tracción al que se somete un brazo de biela.	64
Figura 53. Tensiones generadas en el cuerpo de biela.	65
Figura 54. Imagen del desplazamiento sobre la cabeza del pistón.	67
Figura 55. Imagen de las deformaciones sobre el brazo de biela.	68
Figura 56. Brazo de Biela fracturada	70
Figura 57 . Puntos críticos en cuerpo de biela Honda GX160.....	70

Figura 58. Diseño bajo programa de análisis en SolidWorks de posibles fracturas.	72
Figura 59. Imagen diseñada en SolidWorks 2018 bajo esfuerzos.	73
Figura 60. Aplicación de esfuerzos en brazo de biela honda GX160	73
Figura 61. Imagen de la curva en verde de su admisión.	75
Figura 62. Imagen de la curva en naranja del tiempo de compresión.	76
Figura 63. Imagen de la curva en rojo de su tiempo de explosión.....	77
Figura 64. Imagen de la curva en color vino de la salida de gases	78
Figura 65. Imagen de las curvas de las fuerzas sobre el embolo.	78
Figura 66. Fijaciones realizadas por el programa para aplicar esfuerzos.....	81
Figura 67. Aplicación de esfuerzos sobre la cabeza del pistón	81
Figura 68. Tabla de propiedades de materiales en SolidWorks 2018.....	82
Figura 69. Brazo de biela y aplicación de las fuerzas sobre el pistón.....	83
Figura 70. Imagen que permite visualizar los esfuerzos sobre el pistón.....	84
Figura 71. Imagen de las fuerzas aplicadas sobre el pistón.....	84
Figura 72. Informe de las tensiones y distribución de esfuerzos de Von Mises.....	86
Figura 73. Imagen indicadora de las deformaciones.....	87
Figura 74. Informe del desplazamiento sobre el pistón y la biela.	88
Figura 75. Informe del factor de seguridad mediante Análisis Estático de Von Mises.	90
Figura 76. Imagen del factor de seguridad sobre el brazo de biela.....	92
Figura 77. Imagen del factor de seguridad sobre el brazo de biela.....	93
Figura 78. Imagen del esfuerzo maximo y factor de seguridad sobre el brazo de biela.	94

Figura 79. Imagen del cronograma de mantenimiento de Honda..... 99

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Presión = Fuerza /Área.....	74
$F_e = 10 \times p_e \times A_e$ [N].....	79
$F_{e\max} = 10 \times p_{\max} \times A_e$ [N].....	79

RESUMEN

El siguiente proyecto que se detalla a continuación consiste en el análisis de esfuerzos estructurales del tren alternativo en la motobomba HONDA GX160, específicamente en el brazo de biela mediante el método de Elementos Finitos (MEF), con la finalidad de analizar los esfuerzos a los que se encuentra sometido en su régimen de trabajo, esfuerzos tales como compresión, tracción, deformaciones y desplazamientos soportados por el brazo de biela.

Generalmente, este método es muy aplicable en un gran campo como es la ingeniería, y en su mayoría son los análisis de las deformaciones de los elementos o estructuras, la transmisión de temperatura, y el movimiento de los fluidos.

El método por Elementos Finitos nos ayuda con diseño, análisis y cálculos matemáticos reales, y a su vez es más fácil de corregir y rediseñar que un prototipo real. En el estudio se tendrá como punto principal el análisis estático de los elementos del tren alternativo, teniendo como punto principal los esfuerzos a los que se encuentra sometido el brazo de biela en tiempo de trabajo.

Teniendo en consideración las temperaturas más elevadas y las fuerzas que recibe el pistón aplicadas sobre el brazo de biela, se espera obtener resultados que indiquen el punto crítico de mayor tensión y deformación en el brazo de biela.

Se tendrá en cuenta los posibles daños o a su vez los puntos más críticos del tren alternativo que son causados por las cargas aplicadas al pistón cargas resultantes de la combustión dentro del cilindro.

Se debe tener en cuenta que por ser un proyecto de fin de carrera no podremos realizar un análisis completo en todo el tren alternativo de una motobomba, basaremos nuestro estudio en el Brazo de Biela esfuerzos soportados y deformaciones a tener muy en cuenta.

Este análisis surge de la necesidad de poder encontrar los esfuerzos más comunes que se encuentran en los motores al momento de su régimen de trabajo, se diseñara el tren alternativo y se le aplicara esfuerzos que son resultados de la combustión dentro del cilindro en el software de diseño SolidWorks con la única finalidad de poder estudiar las partes del brazo de biela sometido a mayores tenciones y deformaciones, se puede llegar a tomar decisiones de mejoras luego de realizar análisis y estudiar los resultados productos de los esfuerzos aplicados.

Las mejoras que se realicen serán con el debido estudio y análisis, estas mejoras pueden ser de un rediseño del elemento, cambio después de horas de trabajo, o hacer mantenimiento respetando las indicaciones del fabricante.

Palabras clave:

Brazo de Biela, Método de Elementos Finitos, Diseño del brazo de Biela, Software SolidWorks 2018, Estático, Tracción, Compresión, Desplazamiento, Fatiga, Puntos Críticos, Rediseño, Aluminio.

ABSTRAC

The next project that is detailed below consists of the analysis of structural efforts of the alternative train in the HONHA GX160 motor pump, specifically in the connecting rod arm using the Finite Element method (MEF), in order to analyze the stresses at which it is subjected in its working regime, stresses such as compression, traction, deformations and displacements supported by the connecting rod arm.

Generally, this method is very applicable in a large field such as engineering, and most of them are the analysis of the deformations of the elements or structures, the transmission of temperature, and the movement of fluids.

The Finite Element Method helps us with design, analysis and real mathematical calculations, and at the same time it is easier to correct and redesign than a real prototype.

The study will have as its main point the static analysis of the elements of the alternative train, having as its main point the efforts to which the connecting rod arm is subjected in working time.

Taking into consideration the higher temperatures and the forces received by the piston applied on the connecting rod arm, it is expected to obtain results that indicate the critical point of greatest tension and deformation in the connecting rod arm.

Possible damages or in turn the most critical points of the alternative train that are caused by the loads applied to the piston, loads resulting from the combustion inside the cylinder will be taken into account.

It should be borne in mind that as it is an end of degree project, we will not be able to carry out a complete analysis of the entire alternative train of a motor pump, we will base our study on the connecting rod supported forces and deformations to be taken into account.

This analysis arises from the need to be able to find the most common stresses found in the engines at the time of their operating regime, to design the alternative train and to apply stresses that are the results of combustion within the cylinder in the SolidWorks design with the sole purpose of being able to study the parts of the connecting rod arm subjected to greater stresses and deformations, it is possible to make improvement decisions after carrying out analyzed and studying the results of the applied stresses.

The improvements that are made will be with due study and analysis, these improvements may be a redesign of the element, change after hours, or maintenance according to the manufacturer's instructions.

Keywords:

Crank Arm, Finite Element Method, Crank Arm Design, SolidWorks 2018 Software, Static, Traction, Compression, Displacement, Fatigue, Critical Points, Redesign, Aluminum.

CAPÍTULO I

1 ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN Y MARCO REFERENCIAL.

1.1 Introducción.

El presente proyecto tiene como finalidad simular el comportamiento del brazo de biela de la motobomba HONDA GX160, aplicando esfuerzos reales a los que está sometido al momento de su trabajo, con la finalidad de realizar mejoras a futuro en su diseño o propiedades del material.

En el desarrollo del proyecto para el análisis del brazo de biela, en primera instancia se diseña el brazo de biela, bulón, pistón y Cigüeñal de la Motobomba HONDA GX160 mediante software SolidWorks 2018, teniendo presente las medidas originales que nos brinda el fabricante de la motobomba, como se visualiza en la figura 1 el brazo de biela como primer elemento a ser diseñado en el Software SolidWorks 2018.



Figura 1. Biela de cabeza inclinada de aleación de aluminio de motobomba Honda GX160.

(Todomecanica, 2018)

Se continua con el diseño de los otros elementos pistón, bulón y cigüeñal para luego seguir con el ensamble del tren alternativo de la Motobomba como se visualiza en la figura 2, y con el análisis de resistencia mediante el método de los Elementos Finitos.

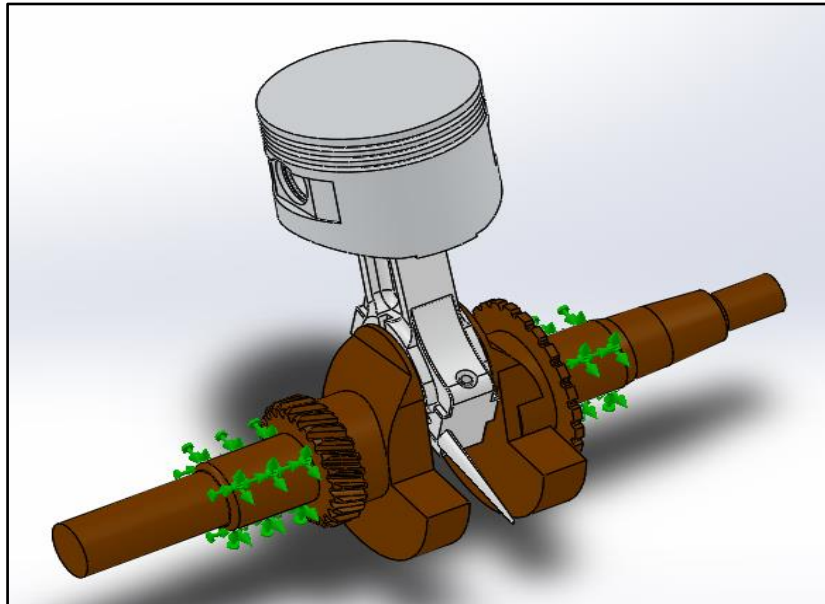


Figura 2. Ensamblaje del tren alternativo en el Software SolidWorks 2018.

Dibujado por Stalin Ronquillo R.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.3 Destino del cultivo de arroz y uso de motobomba HONDA GX160 (Salitre)

La siguiente figura 3 está el lugar donde se llevan a cabo cultivos de arroz, el lugar está situado en el Cantón Salitre de la Provincia del Guayas, Parroquia San Roque. Los cultivos de arroz se inician por los meses de junio y Julio, debido a que son terrenos bajos por lo que en época de invierno recogen aguas de crecientes y además aguas lluvias.

Para cuando bajan los niveles de agua indicado en los meses de junio y Julio se inician con limpieza de los terrenos ya que estos recogen maleza en época de invierno, luego de realizar la limpieza de la maleza preparan el suelo con maquinarias agrícolas como fanguadoras y motocultores, para proceder con la siembra del arroz.

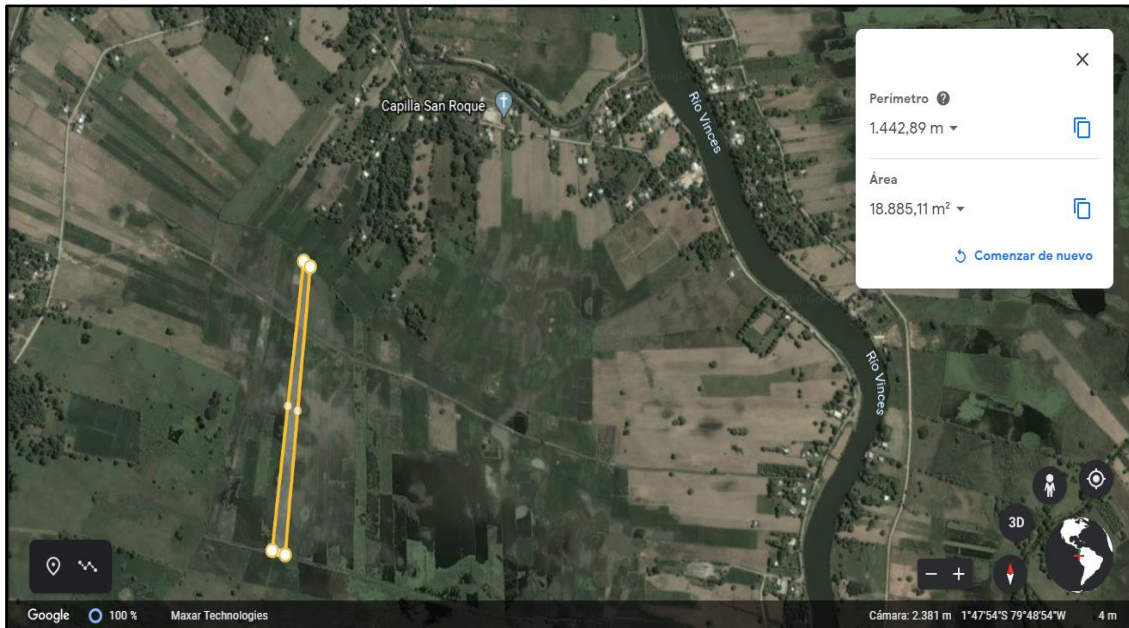


Figura 3. Lugar donde nace la necesidad de realizar el estudio al brazo de biela.

(Earth, google, 2020)

1.4 Terreno agrícola donde se utiliza la motobomba Honda GX160 y se presentó el inconveniente con el brazo de biela.

Para cuando se realiza la siembra de arroz el terreno debe de estar previamente preparado con un margen de agua que facilite al agricultor la siembra de la planta, de deja sembrado completamente el terreno, luego de un periodo de tiempo de 8 días aproximadamente se inicia con los riegos al cultivo.

Al momento de empezar con los riegos el agua se obtiene mediante pozos profundos realizados en la misma área estos pozos tienen un diámetro de 15 Centímetros y una profundidad de 35 metros, pozos que se hicieron con máquinas especializadas.

Una vez que se inician los riegos en el cultivo serán poco frecuente ya que el terreno está muy húmedo por que fue debidamente preparado, se muestra en la figura 4 el lugar de uso de la motobomba quedando de manera fija en su punto de riego por un periodo de tiempo en funcionamiento de 2.5 meses que dura el tiempo de riego del cultivo.

Este equipo está instalado en su respectivo pozo y abastece a una hectárea de cultivo ya que su riego debe de ser de manera permanente manteniendo el cultivo con un margen de agua establecido, no dejando en seco por completo el área.

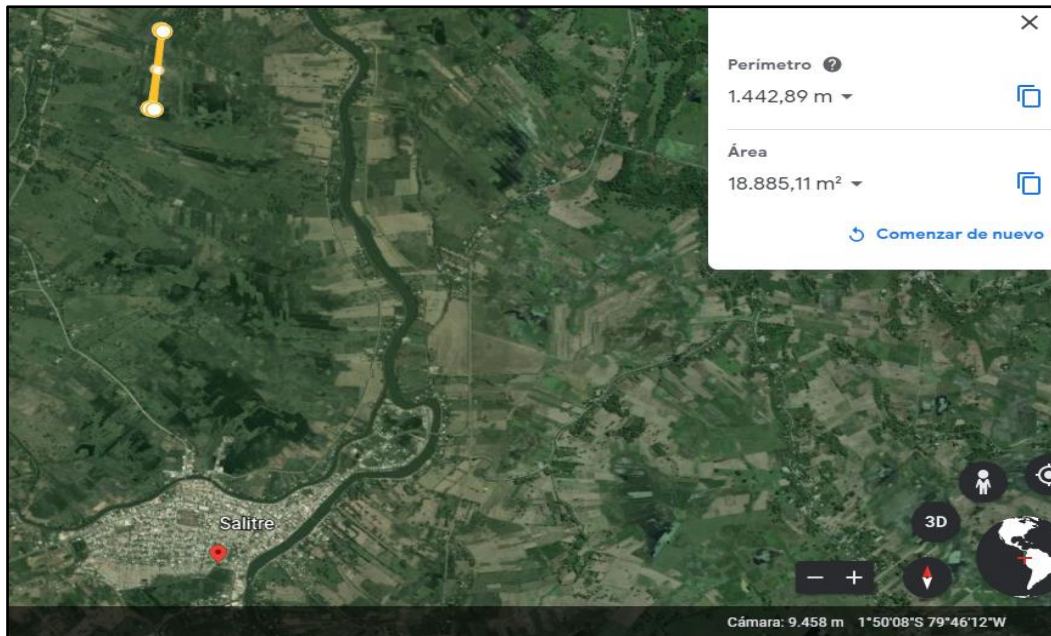


Figura 4. Salitre, Campos agrícolas lugar de uso de la motobomba Honda GX160.

(Earth, google, 2020)

1.5 Coordenadas de terrenos agrícolas y la utilización de la motobomba Honda GX160.

Para cuando los riegos se los requiere con mayor frecuencia, es entonces que la motobomba HONDA GX160 entrara en operación desde el inicio del cultivo hasta pocos días antes de la cosecha, es por esto que la motobomba es de vital importancia en el cultivo de arroz ya que es muy frecuente su utilización.

A continuación, se aprecia en la figura 5 de las coordenadas exactas del terreno donde se utiliza la motobomba el área es de tres cuadras aproximadamente en las cuales solo se le realiza una cosecha por año, debido a que el tiempo que dura el cultivo no permite que la segunda cosecha se dé correctamente ya que son tierras bajas y en época de invierno las crecientes de agua y las aguas lluvias ahogarían el cultivo.

Este estudio nace de la necesidad que en ocasiones mientras que la motobomba está en operación en los cultivos de arroz luego de largas jornadas de trabajo de manera repentina el motor se detiene dejando de operar por completo, para cuando se revisa el motivo del paro repentino del motor, en un simple análisis se determina que ha sufrido daños en la parte interna.

Para cuando se revisa el motor en ocasiones el bloque se ve afectado por la fractura de algún componente dentro del motor, por lo que se verifica y se determina que dicho componente es el brazo de biela que se ha fracturado ocasionando daños graves al motor y de demás componentes.

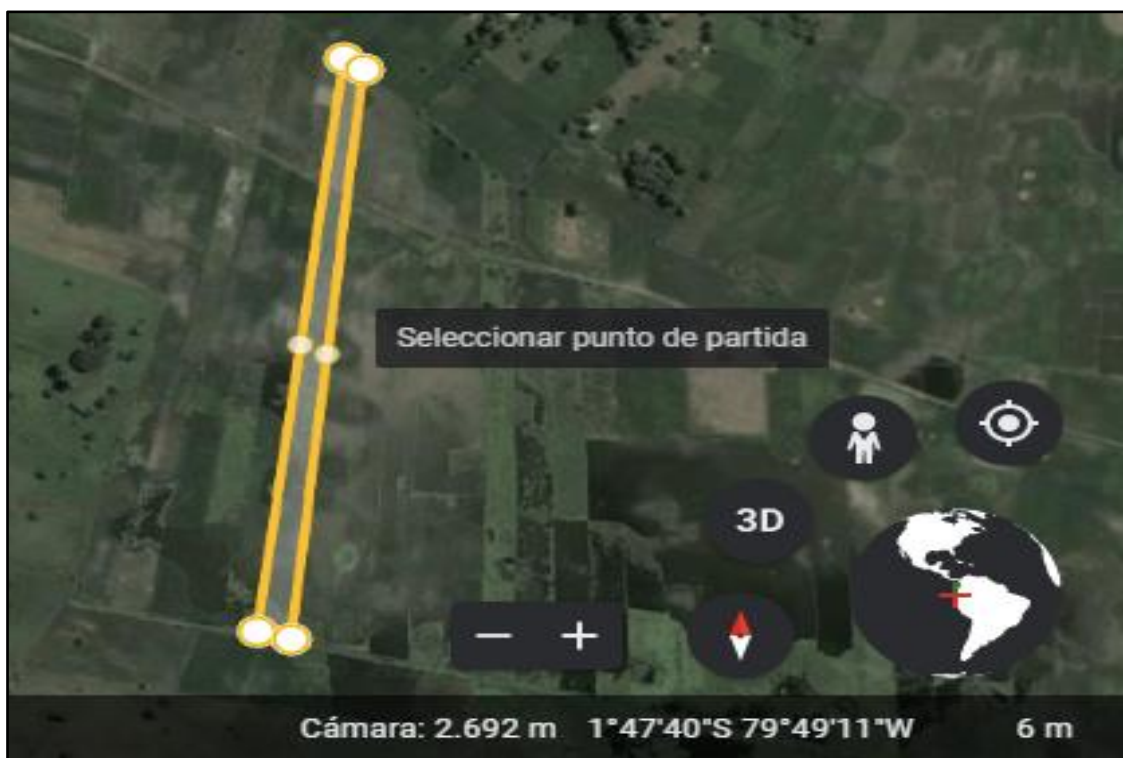


Figura 5. Salitre, coordenadas de cultivos de arroz y la utilización de la motobomba
(Earth, google, 2020)

1.6 Estudio y Análisis de los esfuerzos generados en el brazo de biela.

El siguiente estudio nace de la necesidad de poder apreciar los esfuerzos de manera visible a los que se encuentran sometido el brazo de biela para ser más específico, esta necesidad se la lleva a cabo ya que en trabajos de agricultura y sembríos de arroz los motores

Honda (motobombas) son de gran demanda, debido a su facilidad para operar y su buena potencia y desarrollo en un buen caudal de riego, bajo consumo de combustible y fiabilidad de trabajo.

El brazo de biela como parte del tren alternativo es parte principal del motor Honda GX160 ya que como se menciona es un componente esencial en el mecanismo del motor para su correcto funcionamiento, este debe de estar bien lubricado, su estructura debe de tener buenas propiedades a la fatiga, soportar altas tensiones que sus desplazamientos no excedan el límite elástico, es por ello que para apreciar su estructura y su funcionamiento se determinara analizar el componente con la ayuda de programa de diseño SolidWorks 2018.

Programa que en la actualidad logra realizar simulaciones reales y aproximarse lo más posibles a la parte que soporta mayores tensiones, y a la que ésta recibiendo el mayor esfuerzo, este programa realiza un enmallado permitiendo que todo el componente sea analizado y mostrándose en los resultados con colores distintivos que indican los esfuerzos.

El análisis principal es sobre el brazo de biela, que con el programa de diseño SolidWorks 2018 construirá todo el tren alternativo que lo componen, pistón, biela y cigüeñal, se construirán en el programa de diseño a la escala real tomando medidas precisas de cada componente.

Luego de diseñar el tren alternativo se ensamblan las piezas para iniciar el proceso de simulación, aplicando los esfuerzos reales luego de obtenerlos de los cálculos realizados, una vez realizada la simulación el programa nos indicará las partes sometidas a mayores esfuerzos además se visualizará con colores indicativos partes con posibles riesgos a causar fractura.

Es por eso que este estudio se lleva a cabo, como se indicó anteriormente son motores de alto régimen de trabajo utilizados en agricultura, motivos por el cual el material de algunos componentes llega a su punto de fractura, por altos niveles de fatiga producto de un alto

régimen de trabajo, mala lubricación de los componentes, mantenimientos inadecuados, etc. Como se puede apreciar en la figura 6, brazo de biela fracturado en su tiempo de trabajo causando daños a otros componentes en el motor.



Figura 6. Brazo de biela en fractura motor Honda GX160.

(Tasyap.org, 2020)

El programa a ser utilizado para el siguiente análisis será SolidWorks 2018, este análisis servirá de estudios para futuras pruebas de diseño y recambios al estudiar diferentes componentes y partes del motor.

1.7 Software de diseño.

El software de diseño a utilizar es SolidWorks 2018, el cual permite dibujar de manera precisa las partes y los componentes del motor que serán utilizados para el correspondiente estudio, como se presenta en la figura 7 el avance de la construcción del brazo de biela, una vez terminado el diseño este programa permite realizar análisis en base a simulaciones aplicando esfuerzos reales, y además mostrara las partes del elemento que están soportando mayor esfuerzos.

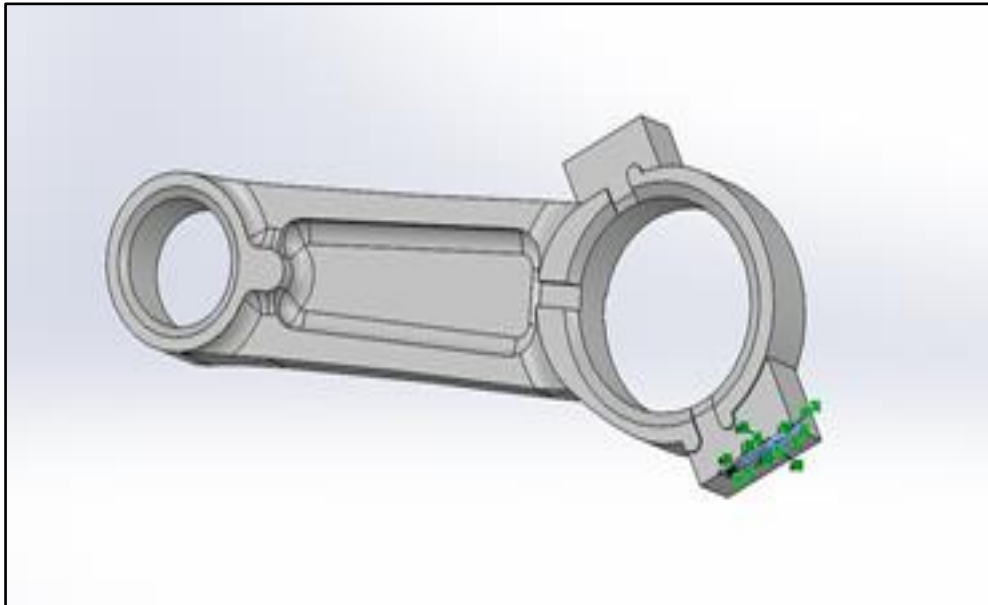


Figura 7. Avance del diseño del brazo de biela.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

La simulación por el Método de elementos finitos es una herramienta importante y muy utilizada en la aplicación de un gran número de problemas, estos análisis permiten el estudio de deformaciones de estructuras, esfuerzos estructurales, desplazamientos, tensiones etc.

Al momento del análisis del brazo de biela se determinarán las diferentes ubicaciones en las que se encuentra, mientras está el brazo de biela en su tiempo de trabajo y se analizará las ubicaciones más desfavorables o puntos críticos en cuanto a la resistencia del brazo de biela.

Se muestra en figura 8 el mallado correspondiente en el pistón, biela y cigüeñal, este mallado es generado por el programa para realizar el estudio correspondiente, este mallado se genera para dar cobertura a cada parte de los elementos, esto permite que en la simulación cada parte de los elementos sean de estudio y generar un informe de resultado de todo el elemento analizado.

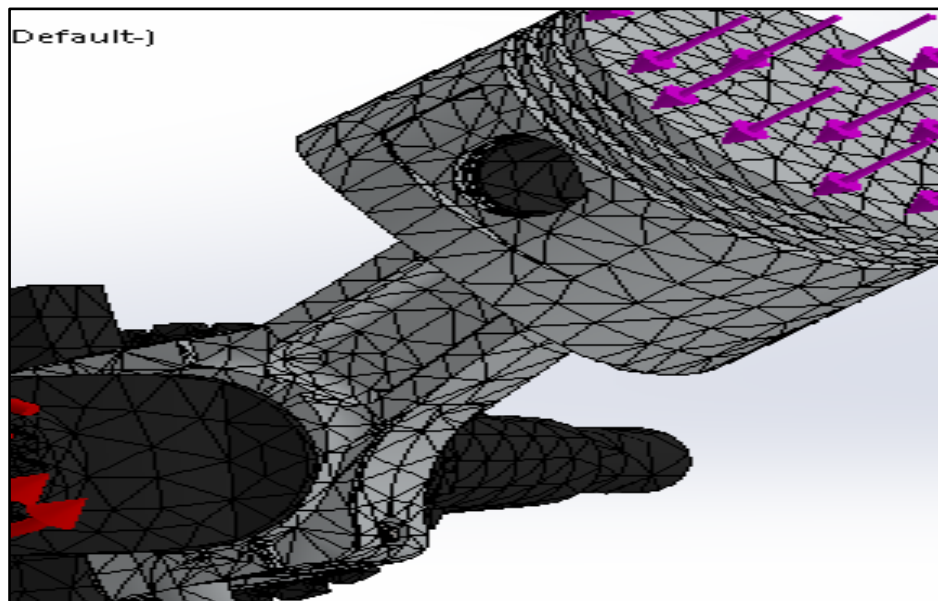


Figura 8. Mallado generado por el programa para su estudio.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

Se tendrá en cuenta también, que el brazo de biela al estar operativo en el motor, existe puntos de fricción, por lo tanto, esto logra generar calor, siendo desfavorable para todo el tren alternativo, y debido a esta temperatura del motor el sistema de refrigeración no abastece por completo, ya que el motor es refrigerado por aire forzado, lo que permite que partes en movimiento alcancen temperatura desfavorable para el motor y causen posibles averías en las partes internas del mismo.

Finalmente, cuando se logra obtener los resultados de tensiones y deformaciones que nos indiquen cuales son los puntos más críticos, nuestro siguiente paso a seguir será analizar la fatiga en dichos puntos. Este análisis es necesario realizarlo debido a que cuando se diseñan partes mecánicas que estén sometidos a cargas cíclicas, esto quiere decir, cargas que presenten un comportamiento secuencial a través del tiempo, esto permite cambios estructurales en su parte interna del material, pudiendo causar fracturas en partes mecánicas en movimiento de manera progresiva.

1.8 Objetivos de la Investigación.

1.8.1 Objetivo general.

En la realización de este trabajo se analiza el comportamiento y la resistencia del brazo de biela de un motor HONDA GX160 de cuatro tiempos, mediante la implementación del Método de Elementos finitos, los estudios que se llevarán a cabo para este caso serán los siguientes:

- Uno de los primeros estudios será el análisis estático que será realizado al brazo de biela con la finalidad de obtener indicadores de tensiones e indicadores de desplazamiento que se dan en sus condiciones de trabajo y se determinarán partes específicas tensionadas.
- El siguiente estudio será la simulación correspondiente al análisis de la fatiga causado en su momento de trabajo, usando como resultados el primer análisis, este nos permitirá verificar las partes de mayor fatiga.

1.8.2 Objetivos específicos.

- Aplicar esfuerzos obtenidos de los cálculos para lo cual nos ayudaremos de las características y dimensiones del cilindro, pistón y el recorrido del brazo de biela.
- Determinar los puntos más críticos del brazo de biela una vez sometido a los esfuerzos aplicados en su momento de trabajo.
- Analizar si el brazo de biela puede soportar un mayor esfuerzo que el generado normalmente en el momento de la combustión

1.9 Alcance

El alcance de este proyecto tiene como parte principal determinar la resistencia del brazo de biela una vez sometido a esfuerzos causados por la explosión de la mezcla aire combustible dentro del cilindro sobre la cabeza del pistón, las condiciones de temperatura máxima que alcanza en su régimen de operación se analizará también los daños que puedan ser ocasionados debido a la fatiga como consecuencia de los esfuerzos resultantes de la explosión sobre el brazo de biela.

Se debe tener en claro, que este proyecto está más centrado en el estudio y análisis de tensiones y deformaciones, no se le realizarán todos los estudios y análisis debidos que como proyecto abarcarían hacerlos, por lo que no se tendrán presentes análisis de vibraciones, efectos dinámicos, resistencia y sugerencias de materiales, etc. Cuando se determine hacer estudios de mayor complejidad se tendrán en cuenta todos estos análisis.

1.10 Motobomba Honda GX160

La gama de motores Honda GX160 pueden ser implementados en muchas aplicaciones industriales: Bombas, soldadoras, generadores, motocultores, compresores, etc.

En los sectores de mayor uso y aplicación son utilizados como motobombas en campos agrícolas para el riego de cultivo de arroz, u otros cultivos, siendo estos motores de alta fiabilidad, bajo consumo de combustible y un peso ideal para ser transportado por una sola persona, en figura 9 se observa un motor Honda GX160, que en ocasiones esta implementado con una turbina autocebante por lo cual no se requiere de algún cheque en la succión que permita mantener el agua en el sistema.

1.10.1 Características principales de los motores.

Tomado de: (Honda, 2020)

- El diseño del motor OHV entrega una mejor eficacia al momento de la combustión.
- La elevada potencia del motor va en relación con su cilindrada.
- Ágil arranque del motor que permite el sistema incluido de descompresión automático.
- Sus materiales y componentes de elevada calidad aseguran un alto rendimiento y mayor tiempo de uso.
- Los motores cumplen las más rigurosas leyes medio ambientales.
- Moderado consumo de combustible y aceite.
- Reducidos niveles de ruido y vibraciones.



Figura 9. Motobomba Honda GX160.

(Honda, 2020)

1.10.2 Características principales del motor Honda GX160

GX 160UT1

Modelo	GX 160UT1
Motor	
Tipo	QPU
Válvulas	OHV
Número de Cilindros	Único inclinado 25 °
Eje Horizontal	✓
Enfriamiento	Aire forzado
Lubricación	Resalpique
Alerta de aceite	-
Diámetro por carrera (mm)	68 x 45 mm
Desplazamiento	163cm ³
Relación de compresión	8,5:1
Potencia Bruta *	5,5 hp / 3600 rpm
Potencia Neta Max **	4,9 hp @ 3600 rpm

Figura 10. Características principales del motor Honda GX160.

(Dimarsa.cl, 2019)

1.11 Potencia de salida en el motor Honda GX160.

La potencia que entrega este motor es la potencia total probada en un motor en producción del modelo GX160, y su potencia se obtiene de acuerdo a la norma SAE J1349 a las revoluciones de funcionamiento especificadas del motor, la figura 11 permite visualizar la potencia, en los motores que son fabricados en serie este valor puede variar. (Honda, 2020)

El valor que entrega el motor en la potencia de salida cuando está instalado en la maquina varía dependiendo de numerosos factores como el régimen de velocidad cuando se encuentre en funcionamiento, el trabajo que este desempeñando, condiciones del ambiente, un mantenimiento adecuado y otros puntos a tener en cuenta. (Honda, 2020)

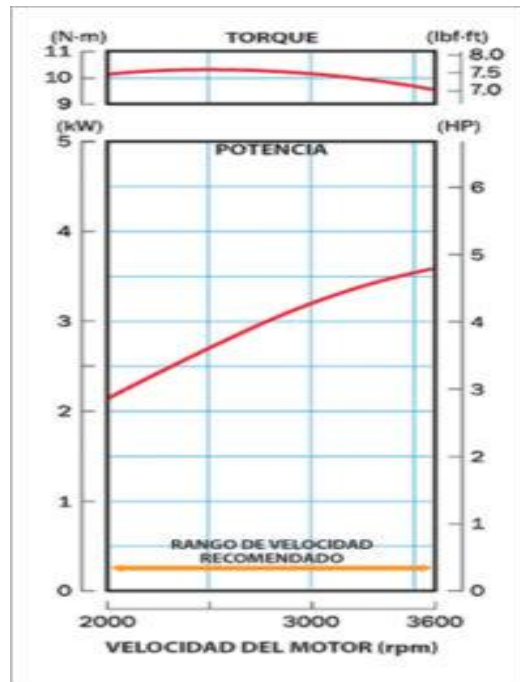


Figura 11. Imagen de la potencia entregada por el motor honda.

(Honda, 2020)

1.12 Declaración ambiental de HONDA.

Honda se ha esforzado para realizar mejoras en los problemas Ambientales desde 1960. Introdujeron el motor de combustión controlada de componentes Vortex (CVCC) llegando a ser el primer fabricante de automóviles del mundo para cumplir en 1970 con el acto de aire limpio en Estados Unidos, un desafío considerados por muchos como insuperables en aquellos tiempos. En 1992 publicaron la declaración ambiental de Honda para articular la postura básica que se había desarrollado hasta el momento para reducir los impactos ambientales en todas las fases de los ciclos de vida de sus productos. (Honda, 2020)

Hoy en la actualidad esta declaración Ambiental de Honda es la base para que lleven a cabo todos los esfuerzos ambientales (Honda, 2020)

Honda muestra su imagen a continuación en la figura 12 de la declaración Ambiental que tiene como meta principal mejorar las contaminaciones ambientales en la producción de motores.

- Honda realiza todos los esfuerzos para reciclar materiales y conservar los recursos y la energía en cada etapa del ciclo de vida de sus productos desde la investigación, el diseño, la producción, las ventas los servicios y la eliminación.
- Honda hace todo lo posible para encontrar los métodos adecuados para minimizar y deshacerse de residuos y contaminantes que se producen mediante el uso de nuestros productos y en cada etapa del ciclo de vida de estos.
- Como miembro de la empresa y de la sociedad, cada asociado se centrará en la importancia de hacer esfuerzos para preservar la salud humana y el medio ambiente global, y hará su parte asegurar que la compañía y su conjunto actúa con responsabilidad.
- Tendrán en cuenta las influencias que tienen nuestras actividades empresariales en la sociedad y medio ambiente locales. Y se esforzarán en mejorar la situación social de la empresa.

Establecido y anunciado en Junio de 1992 (Honda, 2020)



Figura 12. Cielos azules para nuestros, declaración Ambiental de Honda.

(Honda, 2020)

1.13 Justificación e importancia de la investigación.

Se debe tener presente que a determinadas horas de uso y la combinación de combustibles ya sean estos Gasolina o Gas Licuado de Petróleo (GLP), los cuales son usados como alimentación para el funcionamiento de la motobomba HONDA GX 160 en campos agrícolas, dentro del tren alternativo, el brazo de biela termina en fractura por ciertas ocasiones, después de determinadas horas de trabajo y con largos régimen de uso, y a su vez también causa grave daños en otros componentes del motor.

Es debido a estas fracturas ocasionada en el brazo de biela de la motobomba HONDA GX160 que realizaremos el siguiente Análisis de esfuerzos estructurales mediante simulación al tren alternativo, y así poder determinar las partes más críticas o sometidas a mayores esfuerzos en el brazo de biela que ocasionen fracturas en el mismo.

Con la tecnología actual y la gama de software que existen se facilita el estudio de los esfuerzos de mecanismos, estudios que permiten hacer mejoras en elementos y evitar posibles daños a futuro. Los equipos Honda sean estas motobombas o generadores demandan de altos régimen de trabajo por lo que se recomienda hacer uso del manual del propietario como se indica, no descuidar su debido mantenimiento, el recambio de componentes de ser necesario.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Conceptos básicos de elementos finitos.

El diseño que estudia la ingeniería es auxiliado por los cálculos del funcionamiento de un prototipo, para anticiparnos al funcionamiento es práctica muy común el tener que realizar cálculos a los campos, el cual se lo define como una cantidad que varía de acuerdo a la ubicación que ocupa dentro del diseño que se esté estudiando. (Rdz, 2020)

Ahora se tendrán en cuenta los pasos que requiere un análisis con elementos finitos, considerando nuevamente al análisis estructural y la transferencia de calor como aplicaciones típicas, los pasos 1, 4 y 5 requieren de decisiones por parte del diseñador o analista y darán los datos de entrada para el programa computacional, los pasos 2, 3, 6 y 7 se llevan a cabo automáticamente por el programa computacional. (Rdz, 2020)

Pasos: Que se requieren en la implementación de elementos finitos en el estudio del brazo de biela a ser analizado. (Rdz, 2020)

1. Dividir la estructura del material o el cuerpo que lo compone en elementos finitos, existen programas que generan redes llamados actualmente procesadores, los que son auxiliares en esta tarea.
2. Formular las partes y propiedades del elemento en análisis de estructura, esto nos indica que se deben determinar las cargas en los nodos asociados con todos los estados de deformaciones del elemento que sean posible, en transferencia de calor, esto nos quiere decir determinar los flujos de calor en los nodos asociados con todas las temperaturas que sean posible.
3. Realizar el ensamble de los componentes y tren alternativo para obtener el modelo con elementos finitos de la estructura.

4. Aplicar las cargas requeridas, fuerzas nodales y momentos, en análisis de la estructura, el flujo de calor en los nodos y transferencia de calor.
5. En el análisis estructural se requiere especificar como esta soportada la estructura, este paso requiere que se establezcan algunos desplazamientos nodales para conocidos (los cuales generalmente son cero). Es en el momento que se transfiere el calor donde se conocen ciertas temperaturas, se requieren poner todos los valores de temperatura conocidos en los nodos.
6. Resolver las ecuaciones algebraicas lineales simultaneas para determinar cuáles son los grados de libertad de los nodos. (desplazamientos de los nodos en el análisis estructural, temperaturas nodales en transferencia de calor).
7. En análisis estructural, se debe calcular las deformaciones del elemento a partir de los grados de libertad nodales y la interrelación de campo del desplazamiento del elemento, para finalmente calcular los esfuerzos a partir de las deformaciones.

A continuación, se muestra el mallado del tren alternativo en la figura 13 generado antes de empezar automáticamente con el análisis en el programa SolidWorks, que será estudio en este análisis.

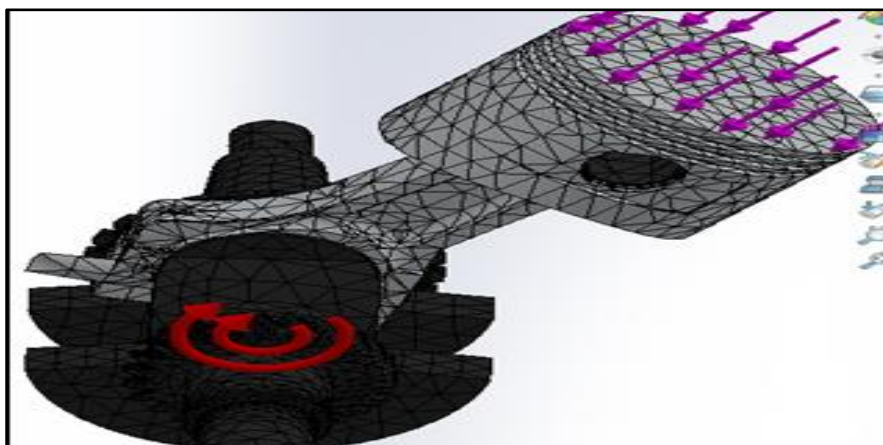


Figura 13. Diseño de malla en SolidWorks 2018

Dibujado por Stalin Ronquillo R

En transferencia de calor se calculan los flujos de calor del elemento a partir de las temperaturas nodales y la interpretación de campo de la temperatura del elemento. Finalmente, los programas que interpretan los resultados llamados post-procesadores, ayudan al usuario a verificarlos y desplazarlos en forma gráfica. (Rdz, 2020)

El potencial que tiene el análisis de los elementos finitos reside principalmente en su versatilidad, como se visualiza un mallado en figura 14 este método puede ser aplicado a varios problemas de la física, esta gran versatilidad esta contenido dentro de los diversos programas computacionales existente, el usuario prepara los datos que ingresará al programa, controla la selección del tipo de problema, la geometría, las condiciones de frontera, la selección de elementos y así sucesivamente hasta llegar a la solución de su problema con el uso de los programas. (Rdz, 2020)

Ahora se debe tener en cuenta que el método de elementos finitos también tiene sus desventajas, al momento del análisis se encuentra un resultado numérico específico para un problema específico, al realizar el análisis con elementos finitos no nos da la solución que permita hacer un estudio analítico de los efectos de cambiar varios parámetros a la vez. (Rdz, 2020)

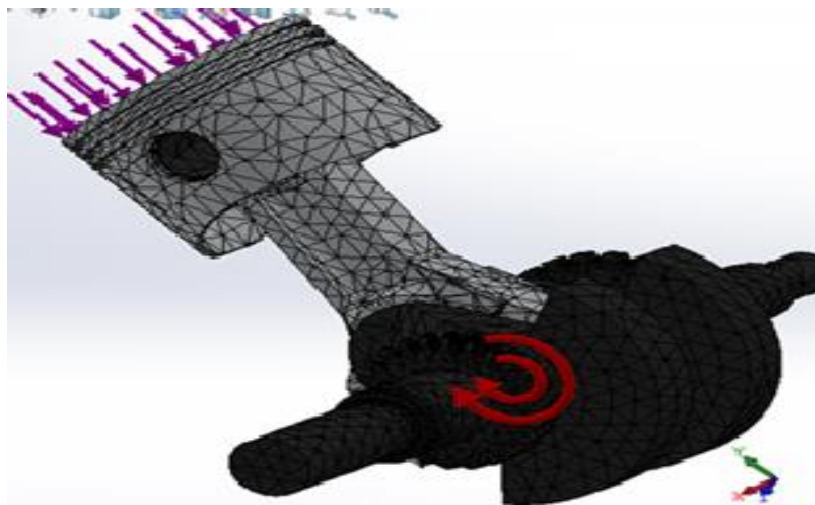


Figura 14. Mallado automático del tren alternativo de la motobomba Honda GX160.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

2.2 Método de elementos finitos

2.3 Historia

Algunos autores consideran que Arquímedes mostrado en la figura 15 utilizó un método semejante al del método por elementos finitos, para conseguir el volumen de algunos sólidos. Aunque el cálculo de áreas, longitudes y volumen de objetos geométricos, haciendo división de ellos más sencillos para luego sumar los resultados de cada uno de ellos. (Ptolomeo, 2020)



Figura 15. Arquímedes.

(Ptolomeo, 2020)

El concepto de aproximación y variación no se observa por algún otro lado la relación con lo que se define como el método de elementos finitos es muy poca, se puede decir que la medida del volumen (área, longitud) de un objeto es una función escalar de su geometría. Cambiando ‘medida’ por energía y ‘objeto’ por elemento en las líneas anteriores la descripción se aproxima a lo establecido por el Método de Elemento Finitos, la energía de un sistema es igual a la suma de la energía de cada elemento. Sin embargo, Arquímedes necesitaba la definición de las derivadas para realizar sus cálculos de energía y el cálculo se lo inventó 20 siglos después. (Ptolomeo, 2020)

En el año 1941 Hrenikoff presento un método de solución para problemas elásticos usando este el método de trabajo del marco. En un artículo que fue publicado en 1943, Courant

uso interpolación polinomial por partes sobre subregiones triangulares para modelar problemas de torsión. Las ideas básicas del método de elementos finitos se originaron en el análisis estructural de las aeronaves. En los años 1950 y 1962, Turner como trabajador de Boeing formula y perfecciona el método por rigidez directa. Turner y otros trabajadores obtuvieron matrices de rigidez para armaduras, vigas y otros elementos y mostraron sus resultados en 1956. Clough fue el primero en hablar sobre el término elementos finitos en 1960. (Ptolomeo, 2020)

Al inicio de la década de los 1960 algunos ingenieros aplicaron el método para conseguir soluciones aproximadas en problemas de análisis de esfuerzos, flujos de fluidos, transferencia de calor y otras áreas. Un libro que se publicó por Argyris en 1955 sobre teoremas de energía y métodos matrices, cimento métodos adicionales en los estudios de elementos finitos. (Ptolomeo, 2020)

El primer libro sobre elementos finitos por Zienkiewicz y Cheng fue publicado en 1967. A finales de la década de 1960 e inicios de la siguiente década el análisis por elementos finitos se aplicó a problemas no lineales y de altas deformaciones. (Ptolomeo, 2020)

2.4 Delimitaciones del método de elementos finitos.

El área de la mecánica se lo puede dividir en tres áreas. La mecánica teórica estudia las leyes y los principios de la mecánica mostrando un diagrama en la figura 16, pero considerando solo su valor científico. La mecánica que es aplicada transfiere el conocimiento teórico hacia aplicaciones científicas y de energía, atendiendo principalmente los trabajos de modelos matemáticos que representen fenómenos físicos. La mecánica computacional resuelve problemas específicos aplicando métodos numéricos implementados en computadores digitales, (simulación). (Ptolomeo, 2020)

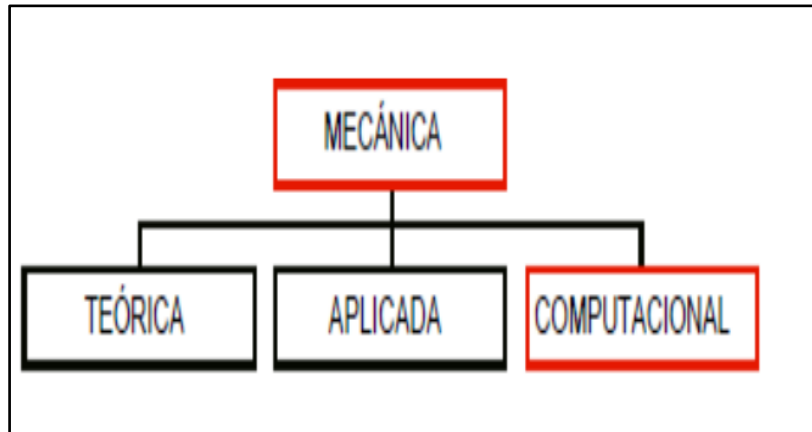


Figura 16. Ramas de la mecánica.

(Ptolomeo, 2020)

2.5 Mecánica computacional.

Varias ramas de la mecánica computacional pueden distinguirse de acuerdo a la escala en que se enfocan como se muestra en la figura 17 el esquema de la mecánica computacional.

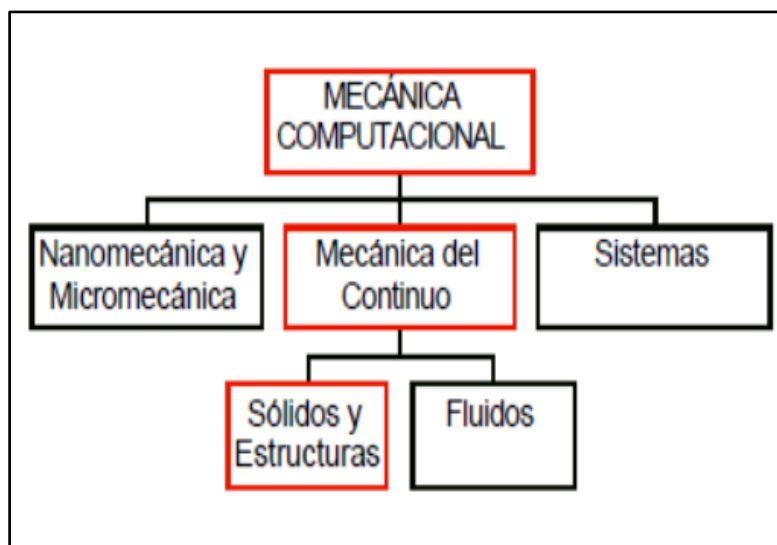


Figura 17. Ramas de la mecánica computacional.

(Ptolomeo, 2020)

La mecánica del continuo estudia los cuerpos a nivel macroscópicos, con la utilización de modelos continuos en los cuales la micro se considera como homogénea gracias a promedios

cualitativos. Las áreas de mayor aplicación son la mecánica de sólidos y de fluidos. Se incluyen las estructuras debido a que son fabricadas con sólidos. (Ptolomeo, 2020)

2.6 Estática y dinámica.

Los problemas del continuo se los puede subdividir de acuerdo a que, si sus efectos de inercia son considerados o no, como se muestra en figura 18 el siguiente diagrama, En la dinámica la dependencia del tiempo actual debe ser considerado explícitamente, porque el cálculo de fuerzas de inercia requiere tomar derivadas con respecto al tiempo actual. (Ptolomeo, 2020)

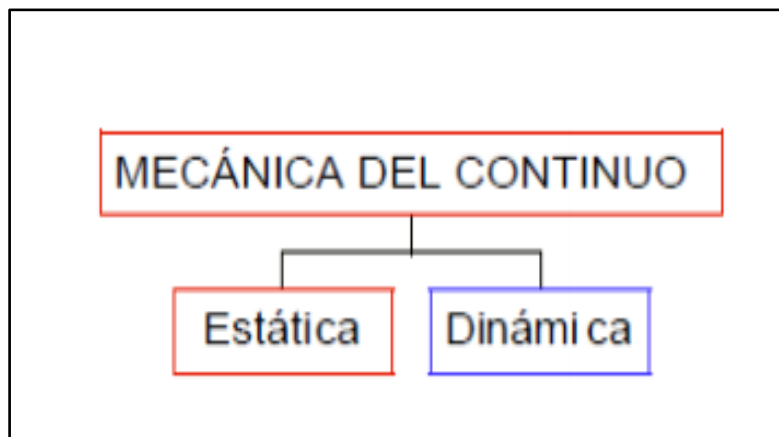


Figura 18. Ramas de la mecánica del continuo.

(Ptolomeo, 2020)

Los problemas de estática pueden depender también del tiempo actual, pero ignoran o desprecian las fuerzas de inercia. Los problemas estáticos pueden ser clasificados en estrictamente estáticos y cuasiestáticos. En los estáticos el tiempo no necesita ser considerado explícitamente. En los problemas cuasiestáticos tales como la edificación de cimientos, fluencia del metal, plasticidad o fatiga cíclica se requiere la medida real es requerida pero las fuerzas de inercia aún son despreciables. (Ptolomeo, 2020)

2.7 Lineales vs no lineales

La clasificación de los problemas estáticos, particularmente relevante para estas notas se dividen en problemas lineales y no lineales, como se ilustra en la figura 19. El análisis estático lineal involucra problemas estáticos en los cuales su respuesta resultará lineal, en el sentido de causa y efecto. Esto nos quiere decir si las fuerzas aplicadas se duplican, ocasiona que los desplazamientos y las fuerzas internas también se dupliquen, los problemas que resultan fuera de este dominio son clasificados como no lineales. (Ptolomeo, 2020)

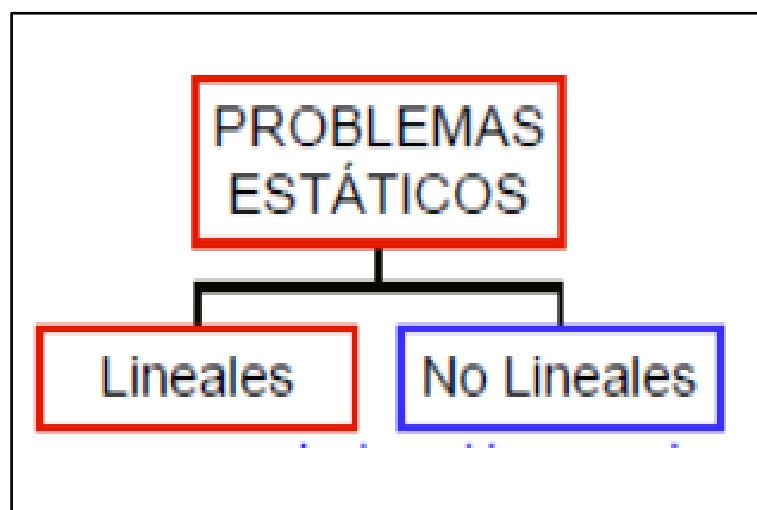


Figura 19. División de problemas estáticos.

(Ptolomeo, 2020)

Con la utilización de las clasificaciones anteriores, se podrá establecer el tema principal de estas notas: Análisis computacional por elementos finitos de los problemas estáticos lineales. De las variantes que se muestran se pondrá atención en la formulación por desplazamiento y la solución por rigidez. (Ptolomeo, 2020)

La simulación por computadora se utiliza ampliamente en las empresas o fábricas para realizar análisis en nuevos diseños o mejorar la calidad de los productos y proyectos, en su gran mayoría estos análisis se los realiza mediante la utilización de software que utilizan el método

de elementos finitos, la figura 20 muestra que este análisis permiten obtener resultados para numerosos problemas de ingeniería. (Esss, 2020)

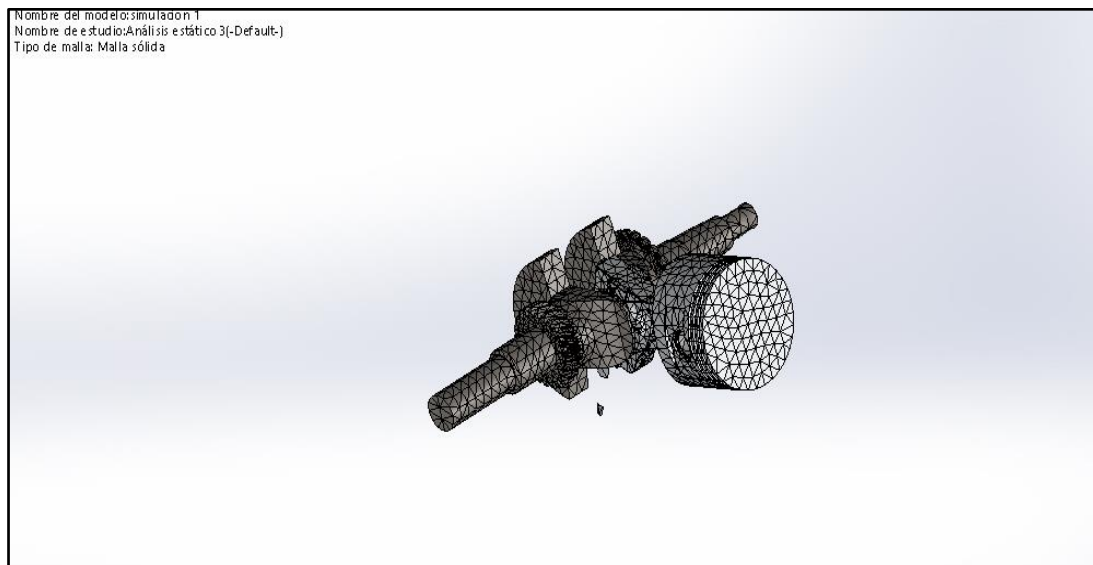


Figura 20. Mallado del software por Elementos Finitos.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

2.8 Mallado

2.8.1 Características de la malla

En el método de elementos finitos, se deberá escoger la malla apropiada que nos brinde una mejor solución a los problemas, dependerá mucho de la elección de la maya que se elija para así poder alcanzar resultados con mayor o menor rangos de aproximación a los esfuerzos real que se desean encontrar. (Metodo de los elementos finitos, 2019)

Dentro de nuestro análisis del brazo de biela hemos aplicado varias opciones de mallado en la pieza completa, para así poder determinar la mejor maya que pueda adecuarse a las necesidades del sistema y que nuestro estudio sea eficaz en los resultados al final que se lo requiera.

Al empezar con nuestro mallado la opción que nos da el sistema es un mallado automático que involucra a la pieza completa, esta opción nos involucra en un problema de mucha importancia, lo cual este tipo de mallado involucra elementos de tipo tetraédricos, por lo que dicha precisión es menor al mallado de tipo hexaédrico, esto lo que nos permite es elegir la opción mallados por elementos hexaédricos.

EL mallado genera elementos solidos tetraédricos en 3D mostrándonos un ejemplo en la figura 21, elementos de vaciado triangular en 2D y elementos de viga en 1D. Una malla está compuesta por un tipo de elementos a no ser que se especifique la utilización del tipo de malla mixta. Los elementos sólidos son apropiados para modelos de gran tamaño. Los elementos de vaciado resultan adecuados para modelar piezas delgadas, las vigas y cabezas de armadura son apropiadas para modelar miembros estructurales. (Systemes, dassault, 2020)

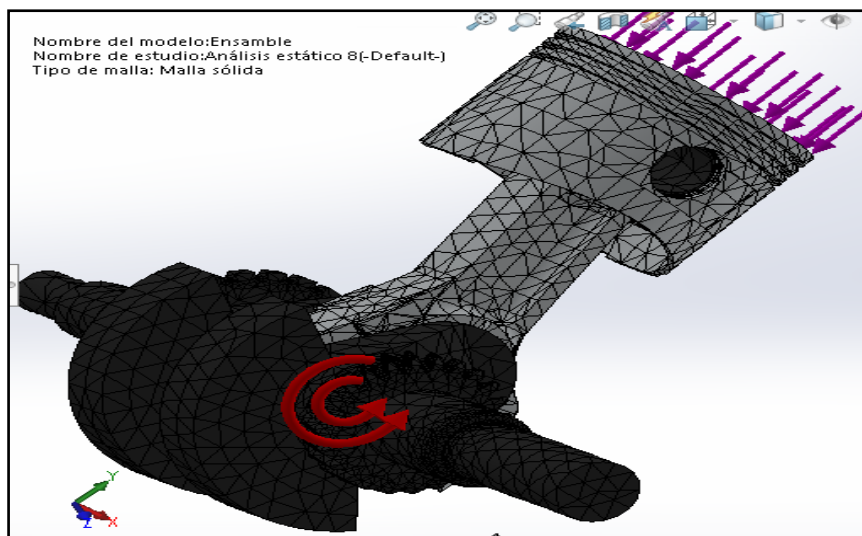


Figura 21. Mallado automático con tetraedros en SolidWorks del tren alternativo de motobomba Honda GX160.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

Al generar la malla de un modelo, el software genera una mezcla de elementos sólidos, de vaciado de muelle y de contacto sobre la base de la geometría creada. El programa crea automáticamente las siguientes mallas: (Systemes, dassault, 2020)

2.8.2 Malla sólida.

El programa crea una malla solida como se ilustra en la figura 22 con elementos sólidos tetraédricos 3D para todos los elementos Sólidos de la carpeta piezas. Los elementos tetraédricos son apropiados para objetos de gran tamaño. (Systemes, dassault, 2020)

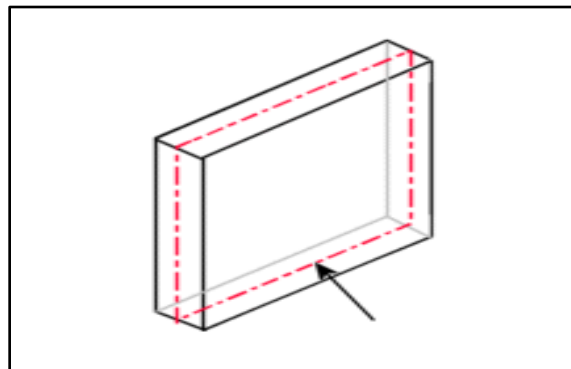


Figura 22. Superficie media de la chapa

(Systemes, dassault, 2020)

2.8.3 Malla de vaciado

El programa crea de manera automática una malla de vaciado para chapas metálicas con espesor uniforme (excepto en el estudio de caída) y geometría de la superficie, como se muestra en la figura 23. Para las chapas metálicas, la malla se genera automáticamente en la superficie media. El programa extrae el espesor de vaciado a partir del espesor de la chapa metálica. (Systemes, dassault, 2020)

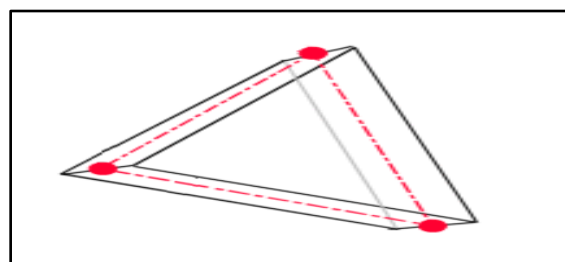


Figura 23. Elemento de vaciado creado en la superficie media con sus nodos.

(Systemes, dassault, 2020)

2.9 Malla de viga

El programa utiliza automáticamente una malla de viga e identifica juntas para miembros estructurales que se tocan o interfieren o miembros estructurales que no se tocan dentro de una cierta distancia. Un elemento de viga es un elemento de línea definido por dos puntos finales y una sección transversal. Los elementos de vigas pueden resistir cargas axiales, de flexión, cortantes y de torsión. Las cabezas de armaduras solo resisten cargas axiales, si se usan como piezas soldadas el software define las propiedades transversales y detecta las juntas. (Systemes, dassault, 2020)

2.9.1 Malla mixta

El programa utiliza automáticamente una malla mixta cuando hay diferentes geometrías en el modelo.

2.10 Propiedades de los materiales

Antes que se ejecute un estudio se debe definir todas las propiedades de materiales necesarias para el tipo de análisis correspondiente. Por ejemplo, el módulo de elasticidad se requiere para estudios estáticos, de frecuencia y de pandeo, mientras que la conductividad térmica es necesaria para estudios térmicos. Puede definir las propiedades de materiales cuando lo desee antes de ejecutar el análisis, todas las propiedades de materiales se definen mediante el cuadro de diálogo materiales. (Systemes, dassault, 2020)

Se debe usar el cuadro de diálogos material para crear y editar biblioteca o material personalizados, para aplicar materiales de la biblioteca de materiales de SolidWorks o para establecer favoritos entre los materiales. (Systemes, dassault, 2020)

2.10.1 Aplicación de materiales

Puede aplicar un material a una pieza, a uno o varios sólidos de una pieza multicuerpo o a varios componentes de pieza en ensamblaje. (Systemes, dassault, 2020)

2.10.2 Creación de un material personalizado

Al iniciar con un material personalizado, comience con un material existente similar al material que desea crear. (Systemes, dassault, 2020)

2.11 Propiedades de los materiales utilizados en SolidWorks

2.11.1 Módulo de elasticidad

Módulo elástico en las direcciones globales X, Y y Z para un material elástico lineal, el módulo elástico en una determinada dirección se define como el valor de tensión de dicha dirección que origina una deformación unitaria en la misma dirección. (Systemes, dassault, 2020)

2.11.2 Modulo cortante

El módulo cortante también denominado módulo de rigidez, es el cociente entre la tensión de cortadura en un plano dividido por la deformación unitaria de cortadura. Los módulos cortantes se utilizan en análisis estático, no lineales, de frecuencias, dinámicos y de pandeo. (Systemes, dassault, 2020)

2.11.3 Coeficiente de Poisson

Los coeficientes de Poisson son cantidades sin cotas. Para los materiales isotrópicos, los coeficientes de Poisson en todos los planos son iguales ($\nu_{XY}=\nu_{XZ}=\nu_{YZ}$). Los coeficientes de Poisson se utilizan en análisis estáticos, no lineales, de frecuencia, dinámicos y de pandeo. (Systemes, dassault, 2020)

2.11.4 Coeficiente de expansión térmica

Este coeficiente se define como el cambio en la longitud por unidad de longitud por cambio de un grado en la temperatura, estos coeficientes se utilizan en análisis estático, de frecuencia y de pandeo, si se utilizan las cargas térmicas. El análisis de frecuencia utiliza esta propiedad solo si se considera el efecto de las cargas en la frecuencia. (Systemes, dassault, 2020)

2.11.5 Conductividad térmica

La conductividad térmica indica la efectividad de un material en la transferencia de energía térmica por conducción. Se define como la velocidad de transferencia de calor a través del espesor de una unidad del material por diferencia de temperatura de unidad. (Systemes, dassault, 2020)

Los materiales implementados para la construcción de brazos de biela son de gran variedad su principal función es el tamaño y también se debe tener muy en cuenta factores de velocidad y potencia que el motor desarrolle, material presentado en la figura 24. Por los factores antes mencionados las condiciones con las que debe contar el material serán las siguientes.

- Límite de elasticidad elevado que permita transmitir el par motor y a su vez sin requerir dimensiones de construcción extraordinarias pueda soportar esfuerzos.
- El coeficiente de fricción entre materiales debe de ser lo menor posible para así no ocasionar un desgaste excesivo.
- Que tenga una elevada resistencia a los golpes producidos por la combustión y poder evitar los agrietamientos.
- Excelentes construcciones de maquinado y forja.

- Un alto coeficiente al amortiguamiento y a la fatiga con la finalidad de poder reducir consecuencias de las vibraciones.

Estas propiedades que mencionamos nos permiten que sean muy diversos los diferentes materiales que se utilizan en la construcción de los brazos de biela. Normalmente los brazos de biela se los construye de aluminio este puede darse mediante forja o fundición, y su diseño está basado exclusivamente en los esfuerzos y vibraciones que estará soportado.



Figura 24. Brazo de biela Honda GX160.

(Aliexpress, 2020)

2.12 Condiciones de diseño en programa

Se debe de tener claro cuáles deben de ser las condiciones que puedan afectar al modelo diseñado por elementos finitos, esto se da porque cuando diseñamos debemos especificar cuáles serán las partes de soporte del brazo de biela.

Al llevarse a cabo la simulación de los esfuerzos ejercidos sobre el brazo de biela por el pistón producto de la combustión, debe de tenerse en cuenta las mismas o mayores condiciones que está sometido mientras está en funcionamiento.

Cuando se realice en análisis en cada caso se estudiarán las situaciones con mayor riesgo de sufrir daños al momento del trabajo esto se realizará debido a que serán las partes con mayor posibilidad de fractura lo cual nos ocasiona riesgo de daño a nuestro motor.

El diseño a gran escala proporciona las herramientas necesarias para diseñar con efectividad maquinaria, equipamiento pesado, plantas, pequeños barcos y otros objetos grandes, esta sección describe las herramientas de SolidWorks necesarias para llevar a cabo ciertas tareas. Además, se proporciona información sobre algunas herramientas de SolidWorks que se utilizan frecuentemente en el diseño a gran escala. (Systemes, dassault, 2020)

2.13 Croquizado

El croquis es la parte principal para la iniciación de un modelado y diseño en 3D. Al abrir un nuevo documento para pieza nueva se tiene que crear primero un croquis. (Systemes, dassault, 2020)

2.14 Sistema de rejilla

Este sistema de rejilla está disponible en geometría de referencia y permite la creación de croquis de rejilla en 3D. (Systemes, dassault, 2020)

2.15 Modelado de piezas

La pieza en 3D es el bloque de construcción básica de cualquier diseño a gran escala. (Systemes, dassault, 2020)

2.16 Función principal del brazo de biela

La biela está unida por uno de sus extremos al codo del cigüeñal y en su otro extremo al pistón. Esta debe de ser resistente y rígida, y tan ligera como sea posible ya que se encarga de transmitir los impulsos de potencia del pistón, al codo del cigüeñal, al mismo tiempo que

tiene un movimiento excéntrico que le ayuda a minimizar las vibraciones y las cargas del cojinete, como se muestra en la figura 25 la biela debe de ser liviana. (Crouse, 1993)

La parte de la biela que está unida al codo del cigüeñal mediante un sombrerete y pernos es denominada cabeza de biela. Entre la cabeza de la biela, el codo del cigüeñal y el sombrerete está montado un cojinete de dos partes el cual es un elemento de sacrificio. (Crouse, 1993)

El otro extremo del brazo de la biela que este acoplado al pistón conjunto con un bulón o ya sea pasador del pistón, es llamado pie de la biela. El bulón pasa a través de la superficie del casquillo o cojinete del pie de biela por los orificios del pistón, el método que más es empleado en la unión del pie de biela y pistón es de ajustar el bulón a presión en la biela. (Crouse, 1993)

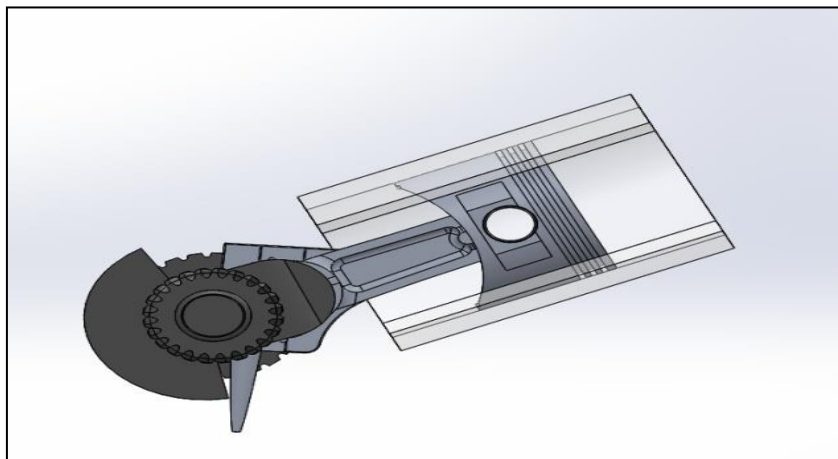


Figura 25. Brazo de biela, pistón y cigüeñal de motobomba HONDA GX160 diseño en SolidWorks 2018.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

2.17 Apoyo de la biela

El motor HONDA que será de estudio su brazo de biela, está sujeto por una parte al pistón y por su otro extremo a una muñequilla del cigüeñal transmitiendo la fuerza resultante del proceso de combustión al cigüeñal, esto debido a que está sujeta de manera directa, convirtiendo el movimiento longitudinal en movimiento circular.

2.18 Cargas aplicadas

En los talleres mecánicos generalmente cuando realizan la reparación de los motores conlleva a la verificación del estado de todas las piezas que están en movimiento y fijas antes de la iniciación de un trabajo de rectificación, pero en la mayoría de los casos los brazos de biela son reutilizados sin una previa revisión de su estado o de un análisis de sus propiedades mecánicas. (UIDE, INNOVA, 2020)

La biela es parte fundamental en la operación de un motor ya que transforma la energía química generada por la combustión en energía cinética, siendo el enlace entre la absorción de la energía mecánica, por lo tanto la biela es el elemento de más tensión en el motor, este elemento genera esfuerzos de tracción, compresión y flexión al momento de realizar su ciclo termodinámico de trabajo, debido a estos esfuerzos la biela es diseñada de forma robusta y la vez lo más ligera posible para reducir la inercia, y poder soportar los esfuerzos mecánicos a los que se encuentra sometida. (UIDE, INNOVA, 2020)

No es muy común que una biela falle pero a través de diferentes tipos de investigación se determinan diferentes causas o motivos del porque algunas bielas sufren algún tipo de falla, esto es ocasionado cuando se supera la tensión de fluencia del material y sufre un pandeo plástico que ocasiona la ruptura del elemento, otra posible falla se da por fatiga que es ocasionada por defecto en la microestructura del material o a su vez por el excesivo desgaste del elemento, otras fallas son generadas por problemas tribológicos entre la biela y el cigüeñal generando un desgaste severo por el enorme aumento del coeficiente de fricción. (UIDE, INNOVA, 2020)

Una biela que se encuentre arqueada o retorcida sobre su eje provoca un nivel alto ruido en el motor y este arqueamiento es ocasionado por un diámetro excesivo en el pie o cabeza de

la biela, porque el diámetro de la cabeza de biela sea deficiente o por un peso inadecuado del elemento. (UIDE, INNOVA, 2020)

El pistón recibe fuerzas resultantes producto de la combustión dentro de la cámara, estas fuerzas son recibidas directamente por el brazo de biela, también se debe de considerar que junto con los esfuerzos también se produce temperaturas elevadas, esto nos deja en claro que producto de los esfuerzos tanto de tracción como compresión y además la temperatura que se genera ocasiona que la vida útil del brazo de biela será corto.

2.19 Material del brazo de biela de la motobomba

Debido al constante esfuerzo que está sometido el brazo de biela, y a que este es un elemento muy difícil de lubricar, la biela es una parte muy crítica del motor y su correcto diseño y construcción son de vital importancia al momento de encontrarse en funcionamiento dentro del motor. (Leon, 2014)

Por lo general y en su gran mayoría las bielas de los motores de combustión interna se construyen en acero templado mediante forja, aunque existen también casos especiales como son los motores de competición los cuales usan bielas de titanio o aleación aluminio, están son construidas por operación de arranque de material. (Leon, 2014)

Para este caso que se está estudiando que es de la motobomba HONDA GX160 su brazo de biela está construido en aleación de aluminio mediante fundición y desbaste de material, presentándose en la figura 26, teniendo en cuenta que dicha lubricación del brazo de biela es realizada mediante salpicadura lo cual no permite que dicha lubricación sea la más adecuada y correcto para el motor al momento en que este se encuentra en funcionamiento. (Leon, 2014)



Figura 26. Biela de cabeza inclinada de aleación de aluminio de motobomba Honda GX160.

(Todomecanica, 2018)

2.20 Diseño del brazo de biela en la motobomba

2.21 Biela aligerada

La descripción técnica de este tipo de biela es algo árida, se trata de una biela aligerada si el plano que divide la cabeza de la biela en dos mitades y el plano que pasa por los ejes del pie y la cabeza, no forman un ángulo recto, presentando en la figura 27 su diseño, en la imagen se puede ver a que se debe esto. (Motor, Acualidad, 2020)



Figura 27. Biela aligerada en aleación de aluminio Honda GX 160.

(Gx160, Biela Honda, 2020)

2.22 Biela de aleación de aluminio de cabeza inclinada

Este modelo de biela es diseñado específicamente para la motobomba HONDA GX160, ya que la disposición del pistón de dicho motor está inclinado 25° llevando en una parte de la cabeza de biela un pivote que permite una lubricación por salpicadura, presentándose en la figura 28, además facilita el desmontaje del brazo de biela del motor con mayor facilidad sin llegar a desmontar el cigüeñal. (Todomecanica, 2018)

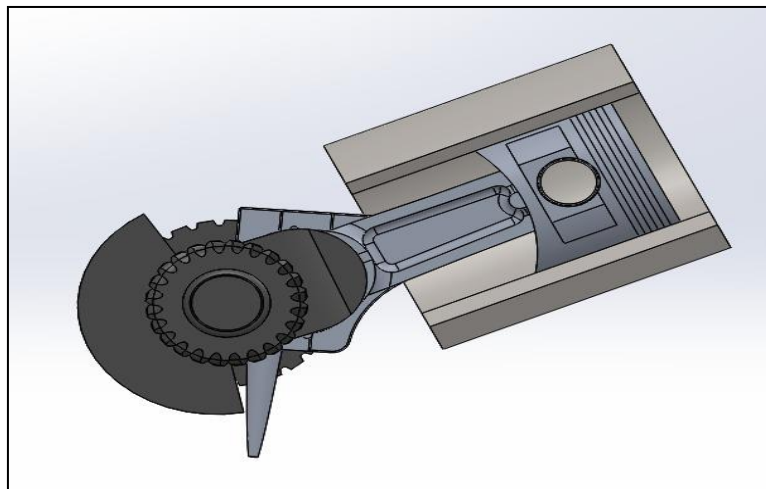


Figura 28. Diseño del brazo de biela de motobomba Honda GX160 en aleación Aluminio.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

2.23 Algunos materiales del brazo de biela

El brazo de biela es uno de los primeros elementos que absorbe la energía mecánica, por lo que necesita una estabilidad mecánica para obtener dicha resistencia, son diseñados generalmente en acero templados estos son aceros semiduros y aceros templados, que en este caso está diseñado en aleación de aluminio mediante proceso de fundición. (UIDE, INNOVA, 2020)

2.24 Brazo de biela en aleación de aluminio

Para el caso que estaremos estudiando que se trata de un motor HONDA GX160 el cual es de 5.5HP, el brazo de biela es de aleación aluminio fundido y mecanizado en sus partes de

cabeza y pie de biela, adicional viene incluido en la cabeza una saliente que ayuda con la lubricación al momento de encender el motor que lo hace mediante salpicaduras, como se muestra en la figura 29, en estos motores Monocilindrico que no cuentan con bomba de aceite para su lubricación, se incorpora una saliente en la cabeza de biela lo que permite que con el constante movimiento en su funcionamiento genera que se lubriquen las partes internas del motor mediante salpicadura.

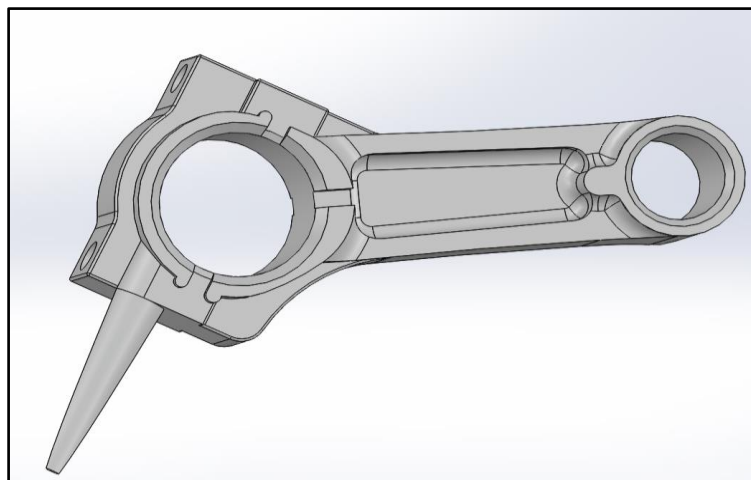


Figura 29. Biela diseñada en aleación de aluminio mediante SolidWorks.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

2.25 Vida útil

Con la finalidad de poder alargar la vida útil del brazo de biela y partes del motor se deben de evitar las posibles causas como pueden ser: (Motorservice, 2020)

- Un montaje sucio debido a la falta de atención o a una insuficiente limpieza de los componentes del motor durante el montaje.
- Los residuos como por ejemplo viruta de metal o material de la limpieza por chorro que queda de la fabricación o del reacondicionamiento.
- Daños en las juntas en las zonas del motor, si una junta se somete a demasiado esfuerzo o se daña en el montaje esta ya no cumple su función y pueden penetrar partículas.

- Mantenimiento deficiente del sistema de lubricación, exceder los intervalos de inspección o los filtros de aceite obstruidos pueden ocasionar la acumulación de suciedad en el aceite.

Es importante darle un buen mantenimiento al motor para así alargar la vida útil del mismo, tener en cuenta los pasos a continuación. (Motorservice, 2020)

- En el momento de realizar el montaje es importante limpiar bien los orificios de aceite en el árbol y en la caja antes de la puesta en funcionamiento para eliminar las virutas y partículas procedentes de la fabricación o del reacondicionamiento.
- Comprobar que las juntas estén sellando correctamente.
- Cambiar el aceite según el tiempo que indique el fabricante.
- Reemplazar el filtro de aire en las horas indicadas por el fabricante.
- Comprobar si otras partes del motor presentan daños como cavitación fatiga o gripado, con frecuencia los daños ocasionados en el cojinete son causados por la acción de partículas.

2.26 Lubricación

El principal objetivo de la lubricación es acuñar el lubricante generando una presión hidrodinámica para separar al eje del cojinete, lo cual reduce la fricción, el desgaste, recalentamiento, eliminando las fatigas y corrosión del material. (lubricacion, 2016)

La fricción contrarresta gran parte de la energía generada o transmitida a la máquina, en el caso del desgaste altera de manera dimensional los elementos, altera el apriete de las piezas, causa vibraciones y puede causar daños por completos en la máquina. (lubricacion, 2016)

Las diferentes formas y maneras por las cuales se realiza la lubricación dependen de algunos factores tales como la viscosidad, temperatura a la que trabaja el lubricante, tipos de

cargas y la velocidad con la que puede deslizarse la superficie de contacto. Los lubricantes pueden ser: gaseoso, líquido, pastoso y sólido. (lubricacion, 2016)

2.27 Lubricación por salpicadura

A medida que el motor está en funcionamiento y la lubricación la realiza de manera de salpicadura, el aceite expulsa las partículas de polvo y desgaste, y al mismo tiempo ayuda a disipar el calor, puede ser que el sistema cuente con paletas o esparcidores de lubricante para difundir el aceite, como se muestra en la figura 30, y con depósitos para acumularlo y tenerlo listo al momento de necesitarlo. (Sena, 1995)

En algunos casos se implementan protectores para cubrir los cojinetes del exceso de lubricación por salpicadura, (Sena, 1995)

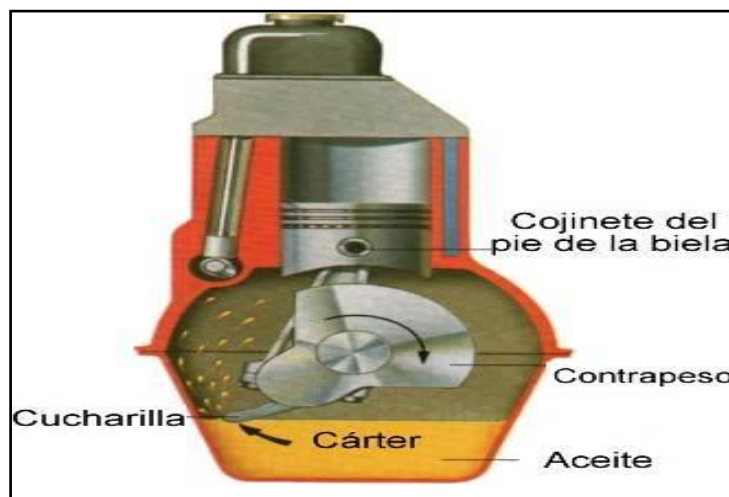


Figura 30. Imagen de brazo de biela diseñado para lubricar por salpicadura.

(Sena, 1995)

2.28 Tolerancias

La tolerancia admisible referidas principalmente a las medidas de un elemento, dado que debe construirse, también puede incluir el diseño y posición de la superficie que lo limitan, puesto que, según las razones ya expuestas, el diseño o forma de la superficie mecanizada no

será nunca absolutamente plana, cilíndrica, circular o esférica. (Grupo Tecnología Mecánica, 2009)

Se debe de tener en cuenta que, aunque el mecanizado sea muy preciso, no es posible conseguir superficies perfectamente paralelas, perpendiculares o coaxiales entre sí, esto quiere decir que es muy difícil conseguir perpendicularidad perfecta entre caras adyacentes de un cubo ya sea mecanizado a mano o en maquina ni paralelismo perfecto entre sus caras opuestas. (Grupo Tecnología Mecánica, 2009)

2.29 Medidas y tolerancias. términos y definiciones

Nos referimos a diámetros pudiendo también aplicarse a otras cotas tales como pueden ser, las longitudes los espesores, como se muestra en la figura 31 las medidas y las acotaciones reales en la construcción de elementos o piezas.

2.29.1 Montaje de pistón y biela.

En el ensamblaje de pistón y biela contar con un comprobador apropiado que permita verificar si se encuentran torsionadas o flexionadas, ubicar el pistón y la biela siguiendo la dirección de montaje, ingresando el bulón en el pistón previamente lubricado y adjuntar la biela para su correcto montaje. (MS Motorservice International, 2020)

2.29.2 Bulones flotantes.

Para el caso del motor en estudio el bulón es flotante, se recomienda que los anillos usados para fijar el bulón en su lugar una vez retirados no se debe volver a utilizar, evite comprimirlos demasiado al momento de ubicarlos ya que podría sufrir deformaciones que causen daños a futuro. (MS Motorservice International, 2020)

2.29.3 Tolerancias y referencias de montaje.

En el momento de que el motor se esté desarmando para un rectificado o para el recambio de algún elemento en este proceso tomar en cuenta el orden y el lugar de donde se retira cada elemento, esto es de vital importancia ya que de no ser como se indica se corre el riesgo de que algún elemento se monte en malas condiciones lo cual va a ocasionar fallos posteriores en el motor. (E-auto, 2020)

Eje: Es el término que se usa por convención, para indicar una cota cuando es externa de una pieza incluyendo las cotas no cilíndricas.

Agujero: Es el término usado más usualmente, para describir cuando una cota es interna de una pieza, incluyendo las cotas no cilíndricas.

Medidas nominales: Es el valor numérico de las dimensiones lineales o cota que es aplicada en el plano y a la que se le refieren las diferencias o discrepancias (estos pueden ser valores enteros o con decimales). Se designa como D_n , siendo común al agujero y al eje. (Grupo Tecnología Mecánica, 2009)

Medida real: Es la que se le da a la cota como medida directa (al valor original).

Medidas límites: Estas medidas son las dos extremas máximas, entre las cuales puedes variar las medidas, y éstas son consignadas en el plano.

Medidas máximas: Esta medida es la mayor de las medidas límites. D_{max} a y D_{max} e (para cilindro y eje respectivamente).

Medida mínima: Esta medida es mucho menor que las otras medidas en el plano. D_{min} a y D_{min} e (para cilindro y eje respectivamente).

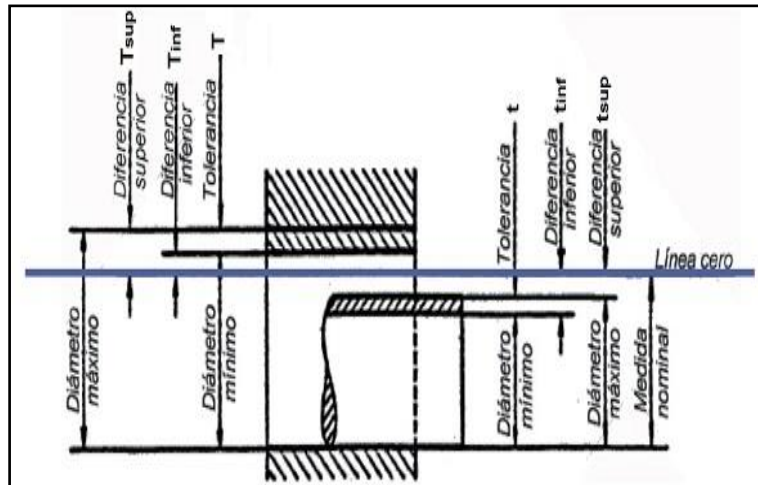


Figura 31. Ajustes y tolerancias.

(Grupo Tecnología Mecánica, 2009)

2.30 Lubricante

2.30.1 Tipo de lubricante

Honda recomienda que el lubricante que debe ser empleado para el motor en estudio debe ser de alto grado detergente y máxima calidad certificada para que cumpla o supere los rendimientos de los fabricantes de automóviles de los Estados Unidos. Para su clasificación de servicio SG, SF. (Honda, 2010)

Los aceites para motores SG, SF mostrarán esta designación en su recipiente.

Los aceites y lubricantes se clasifican de acuerdo al nivel de servicio (API) y al grado de viscosidad (SAE)

2.31 API

El API clasifica los aceites que serán utilizados por motores a gasolina con la letra S (servicio) y una segunda letra que indica el nivel de desempeño del aceite referido al año, o modelo de fabricación de los vehículos como se muestra en la figura 32 la siguiente imagen establece de manera más detallada: SA, SB, SC, SD, SE, SF, SG, SH, SJ. (Nelson, s.f.)

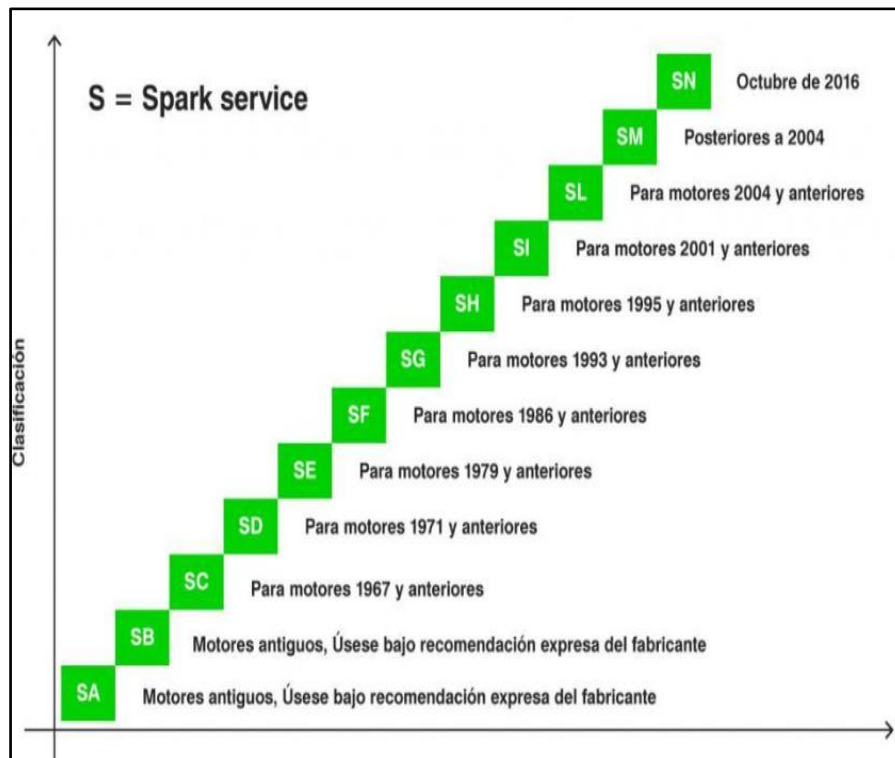


Figura 32. Clasificación del API de los Aceites.

(Lubral, 2020)

2.32 SAE

La SAE clasifica los aceites de motores de acuerdo con su viscosidad en:

UNIGRADOS. Los cuales se detallan a continuación. SAE 40 Y SAE 50.

MULTUGRADOS. Los cuales son: SAE 20W-40, SAE 20W-50 Y SAE 15W-40.

De los siguientes aceites antes mencionados los MULTIGRADOS brindan mayores beneficios, tales como:

Facilitan el arranque en frío del motor protegiéndolo contra el desgaste.

El aceite SAE 10W-30 es el recomendado para usos generales en los motores bajo todas las temperaturas, como se muestra en la figura 33, si se llegase a usar aceite de una sola viscosidad, seleccionar el aceite que tenga la viscosidad adecuada para la temperatura media existente en su zona de residencia. (Honda, 2010)

Grado de Viscosidad SAE	Viscosidad a Baja Temperatura (°C) , cP		Viscosidades en alta temperatura (°C)		
	Máx. Arranque	Máx. de Bombeo (Sin esfuerzo)	Cinemática (cSt) a 100°C min.	Cinemática (cSt) a 100°C máx.	Alta Tasa de Corte (cP) a 150°C D4683, D4741 y D5481
0W	6 200 a -35	60 000 a -40	3,8	-	-
5W	6 600 a -30	60 000 a -35	3,8	-	-
10W	7 000 a -25	60 000 a -30	4,1	-	-
15W	7 000 a -20	60 000 a -25	5,6	-	-
20W	9 500 a -15	60 000 a -20	5,6	-	-
25W	13 000 a -10	60 000 a -15	9,3	-	-
20	-	-	5,6	< 9,3	2,6
30	-	-	9,3	<12,5	2,9
40	-	-	12,5	<16,3	3,5 (0W-40, 5W-40, 10W-40)
40	-	-	12,5	<16,3	3,7 (15W-40, 20W-40, 25W-40, 40)
50	-	-	16,3	< 21,9	3,7
60	-	-	21,9	< 26,1	3,7

Figura 33. Clasificación de Viscosidad SAE J-300-09

(Noriawebmanager, 2020)

2.33 Combustible

2.34 Gasolina

La gasolina es una mezcla de varios Hidrocarburos lo cual es obtenida del petróleo por el método de destilación fraccionada, que es utilizada principalmente como combustible para los motores de combustión interna.

La densidad de la gasolina es de 680 kg/ m³, esto nos indica que un litro de gasolina proporciona al quemarse una energía de 34,78 Megajulios (MJ). (Fisicanet, 2020)

Se recomienda el uso de gasolina de automóvil (de preferencia sin plomo o con poco plomo para minimizar los depósitos en la cámara de combustión). No utilizar nunca una mezcla de aceite/gasolina o una gasolina sucia. (Honda, 2010)

2.35 Gasolina con alcohol

Si decide utilizar gasolina con alcohol (gasohol), asegúrese que el octanaje sea muy elevado como el recomendado por HONDA. Existen dos tipos de gasohol, uno que contiene etano y otro que contiene metanol. Es recomendable usar gasohol con más del 10% de etano. Tampoco hacer uso de gasolina que contenga metanol sin tener disolventes e inhibidores contra la corrosión, no usar gasolina con más del 5% de metanol, incluso cuando esta tenga disolventes e inhibidores contra la corrosión. (Honda, 2010)

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA Y APLICACIÓN DE ELEMENTOS FINITOS EN EL BRAZO DE BIELA DE LA MOTOBOMBA HONDA GX160.

El estudio principal consiste en simular esfuerzos aplicados al pistón y transmitidos al brazo de biela junto al tren alternativo de la motobomba Honda GX160, se diseña con medidas propias del brazo de biela junto con el tren alternativo de la motobomba en el programa de diseño SolidWorks 2018, programa que sirve de soporte principal para realizar diseño y análisis del Brazo de Biela, al que se le aplican esfuerzos, simulaciones de esfuerzos, tenciones del material, desplazamiento de los elementos internos del motor, apreciar las deformaciones reales al momento que los esfuerzos están siendo aplicado.

En la figura 34 se aprecia el diseño del tren alternativo de la motobomba, junto con los esfuerzos que se generan en el momento que ocurre la explosión dentro de la cámara de combustión, estos esfuerzos generados en un inicio los soporta el pistón, elemento de mayor sacrificio en el momento que ocurre la explosión dentro del cilindro, transmitiendo los esfuerzos al brazo de biela junto con el cigüeñal.

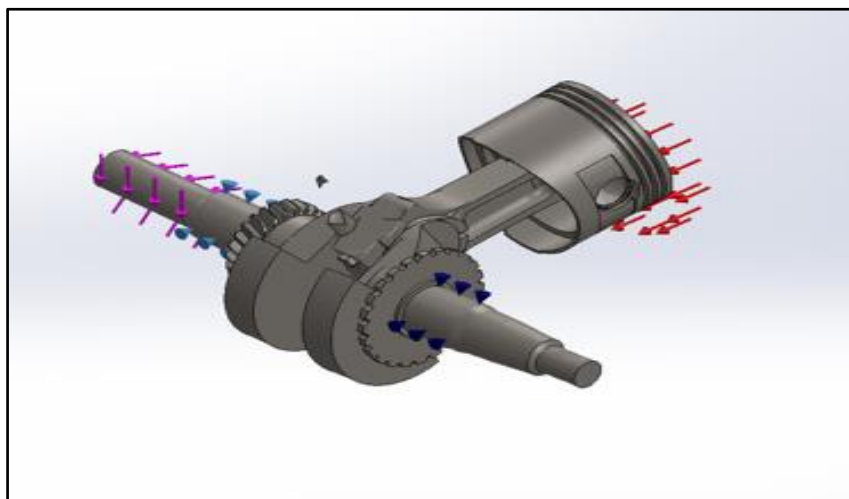


Figura 34. Imagen del tren alternativo diseñado en SolidWorks.

Dibujado por Stalin Ronquillo R.

2.36 Aplicación de SolidWorks simulación

SolidWorks Simulación es un sistema de análisis de diseño que está completamente integrado con SolidWorks. Simulación proporciona una solución de pantalla para los análisis de tensión, frecuencia, pandeo, térmicos y de optimización. Alimentados por programas de resolución de problemas rápidos (Solvers), SolidWorks Simulación permite resolver grandes problemas de manera rápida con la utilización de su computadora personal. SolidWorks Simulación viene en varios paquetes para satisfacer sus necesidades de análisis.

SolidWorks Simulación reduce el tiempo de salida al mercado de algún producto nuevo o la reposición de algún repuesto rediseñado, como se muestra en la figura 35 el proceso de diseño y construcción, ahorrando tiempo y esfuerzo en la búsqueda de resultados óptimos. (Systemes, dassault, 2020)

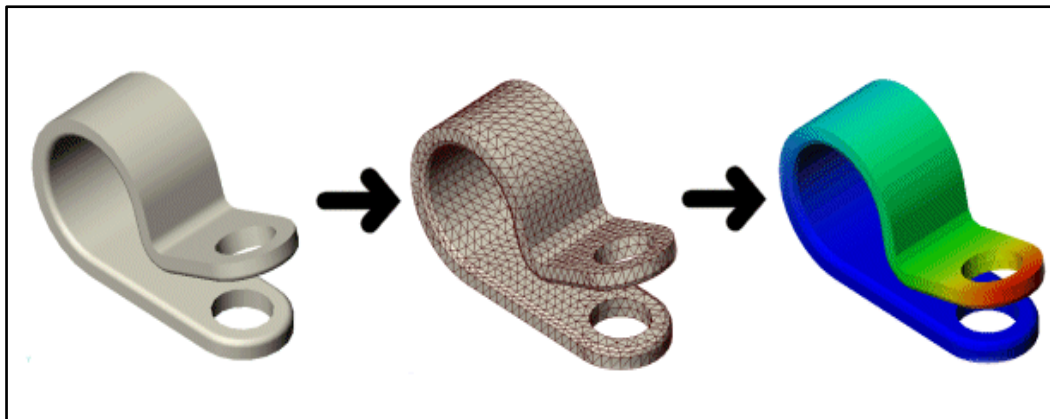


Figura 35. Sistema de la utilización del programa de diseño SolidWorks.

(Systemes, dassault, 2020)

A continuación, podemos visualizar en la imagen que dicho programa antes de realizar el análisis cumple un enmallado para así poder cubrir y analizar cada una de las partes de dicho elemento, estos elementos serán definidos como brazo de biela, cigüeñal, pistón.

2.37 Modelización del diseño con SolidWorks.

Construir un buen diseño sobre el que se pueda trabajar es la parte principal y fundamental al momento de estudiar el comportamiento de una pieza. Se tendrá claro que, al realizar un buen trabajo de diseño asistido por ordenador, es de gran importancia para los futuros ensayos que se apliquen sobre él. (Sanchez, 2020)

Este estudio se ha empezado con la gran finalidad de reconocer los esfuerzos estructurales que se encuentran en el tren alternativo del motor Honda GX160 principalmente en el brazo de biela, debido a constante fracturas en la mismas. (Sanchez, 2020)

Como es de conocimiento general los diseñadores y fabricantes en la industria de motores no entregan información detallada de sus productos: como planos de diseño, procesos de mecanizados, materiales. En ese lugar ofrecen información general enfocándose en posibles clientes que demanden de los productos. (Sanchez, 2020)

Con la necesidad de lograr obtener respuestas a el inconveniente presentado en el motor Honda Gx160 se planteó la siguiente forma de resolverlo, se determinó crear un modelo que tenga las mismas medidas y características del diseño original del tren alternativo para si implantarlo en nuestro software. (Sanchez, 2020)

El software que se eligió para el diseño, construcción y estudio es SolidWorks 2018, una herramienta de modelado mecánico que trabaja en 2D y 3D, como se muestra en la figura 36, este software es muy completo ya que además de diseñar piezas incluye una gran gama de ingeniería asistida por ordenador para estudiarlas. Esta es la gran ventaja que ofrece SolidWorks ya que otros programas solo se puede crear modelos y piezas para luego estudiarlos en otros programas. (Sanchez, 2020)

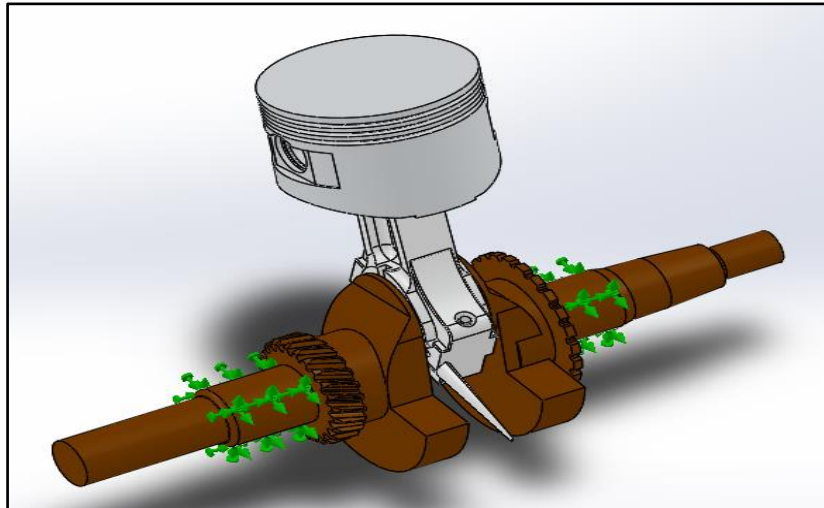


Figura 36. Modelización en SolidWorks

Dibujado por Stalin Ronquillo R.

3 Geometría del elemento para el estudio.

La geometría de cada pieza al momento de soportar cargas y restricciones se la subdivide en partes más pequeñas, estas partes se las conoce como elementos, que representan una parte del componente a ser analizado, la división del componente en varios elementos resuelve un problema que puede ser muy complejo, como se muestra en la figura 37 al subdividirlo en problemas que puede ser más simples lo que permite que cuando se realice el análisis se lo haga con eficiencia. (Esss, 2020)

Este método nos propone que un número de variables desconocidas sean remplazadas por un número limitado de elementos de comportamiento bien definido, esas divisiones realizadas al componente pueden tener diferentes formas, tales como triangular, cuadrangular, entre otras formas, esto depende del tipo y tamaño que sea el elemento a ser estudiado, como el número de elementos en que se subdivide la pieza es limitado por eso obtiene el nombre de elementos finitos, palabra que da nombre al método. (Esss, 2020)

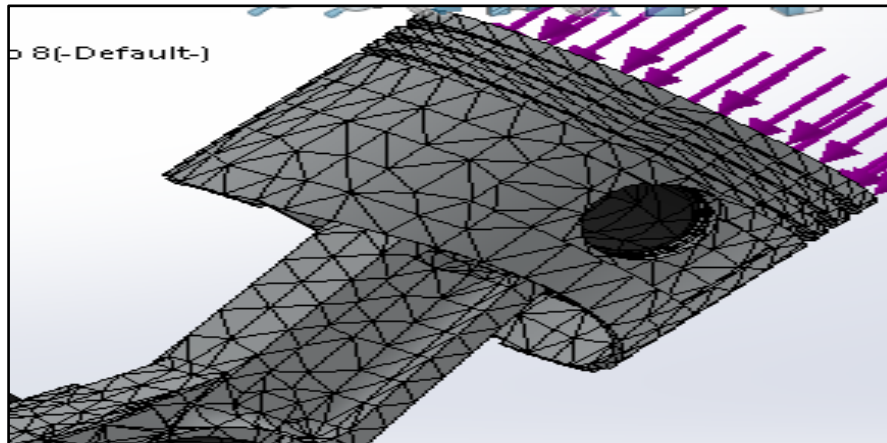


Figura 37. Mallado de elementos finitos.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

Los elementos finitos se los encuentra conectados entre sí por puntos, estos a su vez son llamados nodos o puntos nodales, a la unión de todos estos elementos y nodos se los denomina malla. Debido a que se subdivide la geometría del componente, las ecuaciones matemáticas que estudian el comportamiento físico no se resolverán de manera precisa, sino que será aproximado por este método numérico. (Esss, 2020)

La precisión en estudio por elementos finitos depende en gran mayoría por la cantidad de nodo y elementos en que subdivide la pieza, el tamaño y los tipos de cada elemento de la malla, como se presenta en la figura 38 por lo tanto, mientras menor sea el tamaño y mayor el número de elementos en una malla, con mayor precisión se obtendrá el resultado del análisis. (Esss, 2020)

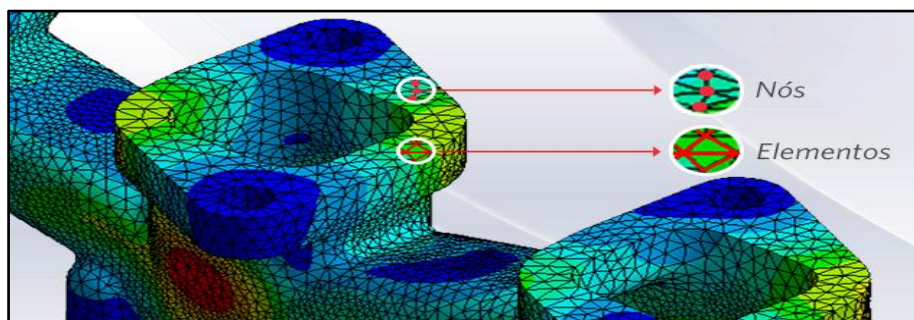


Figura 38. Imagen de nodos y elementos en un enmallado por elementos finitos.

(Esss, 2020)

Los softwares de simulación computacional actualmente están mejorando y evolucionando con la finalidad de mejorar los análisis con base en el método, promoviendo la mejora en selección de tipos y generación de malla de elementos, las técnicas usadas para el modelado, criterio de aceptación, los errores y las presentaciones de los resultados, permitiendo la utilización más fácil de las herramientas. Por lo que el conocimiento de los fundamentos del método es necesario para que en conjunto con el dominio del software se desarrollen las mejoras en prácticas para la aplicación de este gran recurso en la implementación y evaluación de productos y proyectos. (Esss, 2020)

3.1 Aplicación del método de elementos finitos.

La aplicación de este método puede darse en la resolución o diagnóstico de problemas de análisis estructural para obtener los desplazamientos, deformaciones y tensiones, además permite analizar diferentes escenarios y evaluar el rendimiento de productos con aplicaciones y criterios de resistencia, rigidez o fatiga. (Esss, 2020)

A su vez las variaciones del método de los elementos finitos, permite realizar análisis térmicos, acústicos, dinámicos, electromagnéticos y de flujo de los casos más simples de comportamiento lineal al no lineal, como se observa en la figura 39 cuando se tiene desplazamiento o contactos entre las partes de un conjunto. (Esss, 2020)

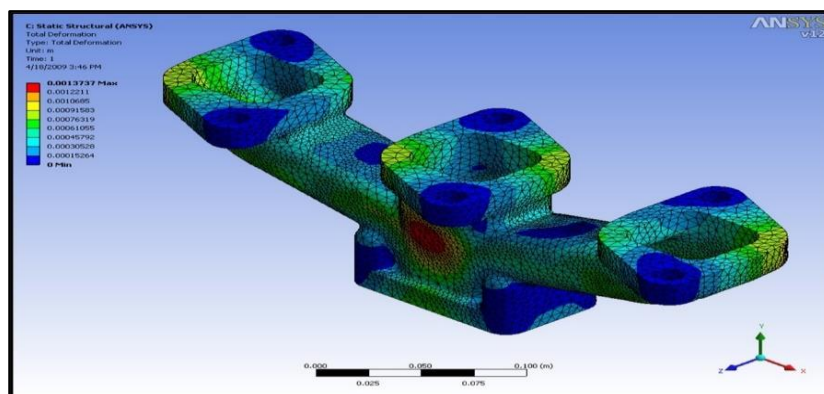


Figura 39. Simulación realizada con ayuda del análisis de elementos finitos.

(Esss, 2020)

3.2 Análisis de esfuerzo estructural por elementos finitos del bazo de biela.

El método de esfuerzos por elementos finitos (MEF) ha llegado hacer de gran importancia en el análisis, estudios y diseños de ingeniería, físicos, etc. Ya que hasta hace poco tiempo era casi imposible resolver casos mediante métodos matemáticos tradicionales, estos métodos obligaban a construir prototipos, ensayos, e ir mejorando de forma progresiva, lo que terminaba en un elevado costo económico y la pérdida del tiempo de desarrollo. (Metodo de los elementos finitos, 2019)

Este método nos permite diseñar y construir modelos reales, más sencillo y de bajo costo al poder realizar modificación, cambios y mejoras a un prototipo ya sea existente o en proceso de diseño. Siendo este un método de cálculo mucho más aproximado a lo real, lo que nos permite obtener resultados rápidos y eficaces. El diseño a ser analizado se presenta en la figura 40, los prototipos por lo tanto se los sigue utilizando, pero con menor frecuencia, ya que el primero puede acercarse bastante más al diseño que se desea. (Metodo de los elementos finitos, 2019)

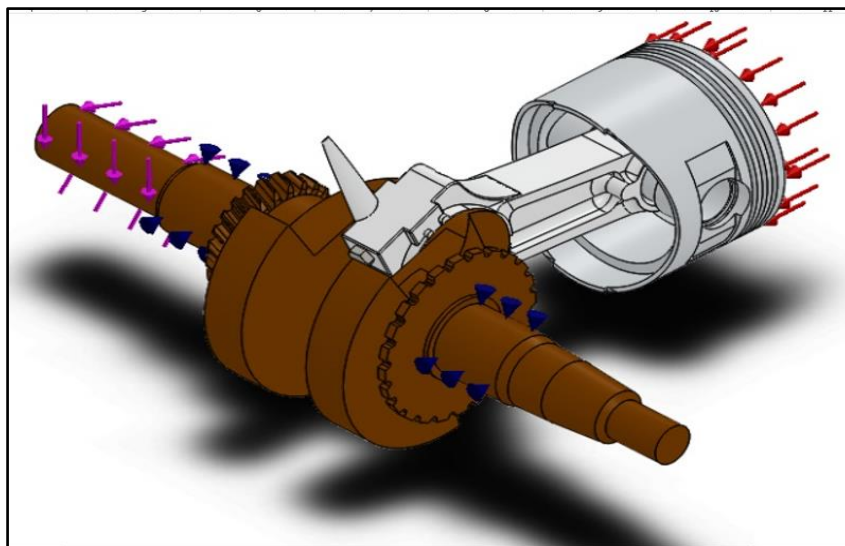


Figura 40. Diseño del brazo de biela de motobomba Honda GX 160 en SolidWorks 2018.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

El método de los elementos finitos es el encargado de implementar un sistema matemático de cálculo del sistema real, Mucho más sencillo de corregir que un prototipo. Sin embargo, no deja de ser un método aproximado de cálculo debido a las hipótesis del método. (Metodo de los elementos finitos, 2019)

La idea principal del método de los elementos finitos es la división de una parte del material en un conjunto de pequeños elementos interconectados por una serie de puntos llamados nodos que se unen entre si los elementos. En cada uno de estos nodos se encuentran las incógnitas que se desea para la resolución del problema, para cuando se analiza elementos estructurales las incógnitas pasarían hacer los desplazamientos en los nodos, esto nos permite poder llegar a encontrar el resto de las incógnitas que sean de nuestro interés, están podrían ser deformaciones para en caso que estamos estudiando como es el brazo de biela o tenciones. (Metodo de los elementos finitos, 2019)

CAPÍTULO IV

4 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.

4.1 Material de diseño del brazo de biela.

Los materiales del cual está diseñado el brazo de biela es de aluminio fundido y algunas aleaciones para que así pueda cumplir con las propiedades y los esfuerzos al que se encuentra sometido al momento del trabajo, como se muestra en la figura 41, en el diseño se especifica el material para su respectivo análisis.

Algunas de las propiedades que el material y el diseño deben de cumplir son las siguientes:

- Debe de tener límite de elasticidad suficiente para que al momento del trabajo pueda transmitir el par motor y soportar los esfuerzos sin que se requiera diseños exagerados.
- El material utilizado debe soportar golpes estos pueden ser resultado de la combustión para evitar roturas y agrietamientos en el material.
- Que los límites a la fatiga y los coeficientes de amortiguamiento sean muy elevados para que así se puedan disminuir los efectos causados por las vibraciones.
- Que el coeficiente de fricción sea lo menor posible para que así ocasione el menor desgaste posible.
- Las condiciones al momento de su construcción sean estas, maquinado y forja sean las más adecuadas.

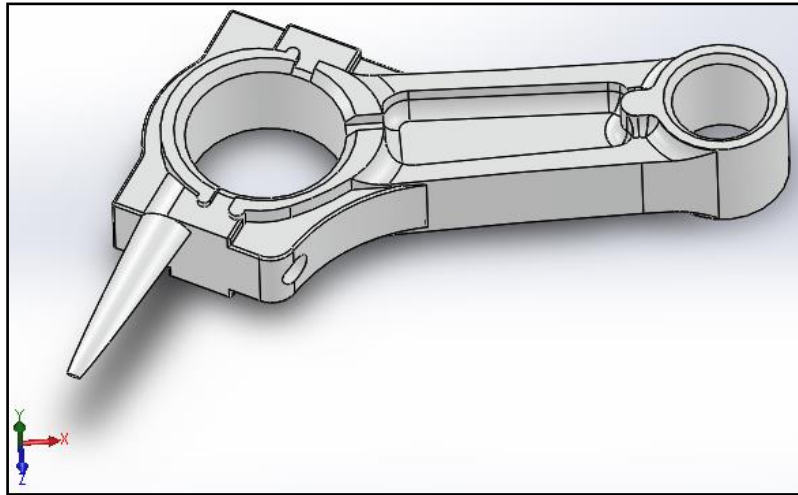


Figura 41. Brazo de Biela de aleación aluminio diseñado en programa SolidWorks original.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

4.2 Diseño del brazo de biela.

El inicio de este análisis ha sido desarrollar el brazo de biela del motor Honda GX160, debido a que la mayor cantidad de los esfuerzos se concentran en este elemento y será de análisis más adelante.

En el momento del diseño un punto muy importante a tener en cuenta es de redondear las aristas vivas que se crean en la construcción. Con el fin de dar uniformidad a la pieza y no dejar puntos débiles a una posible fractura.

El diseño que se sigue no está alterado en ningún modo, su diseño es igual al que se encuentra en el motor para el estudio a realizar, el brazo de biela debe ser de las mismas características tanto en material como en diseño, presente en la figura 42, así los esfuerzos aplicado y los resultados obtenidos serán los mismos que se encuentren en el funcionamiento normal del motor.

El diseño y construcción del brazo de biela realizado en el software SolidWorks 2018 se empieza tomando medidas a la pieza original donde se incluyen medidas como longitud total

de biela, diámetros internos, diámetros externos, medidas del cuerpo de biela en mm, una vez tomadas las medidas los pasos a seguir serán los siguientes.

En el programa las herramientas más comunes a ser utilizadas y los pasos a seguir serán los siguientes, se selecciona un plano con vista alzado se dibujan dos círculos con los diámetros tomados de la pieza original que tendrá diámetro interno y diámetro externo, se alinean los dos círculos con una distancia que será para el cuerpo de biela y se les realiza extrusión tanto a los círculos como al cuerpo de biela.

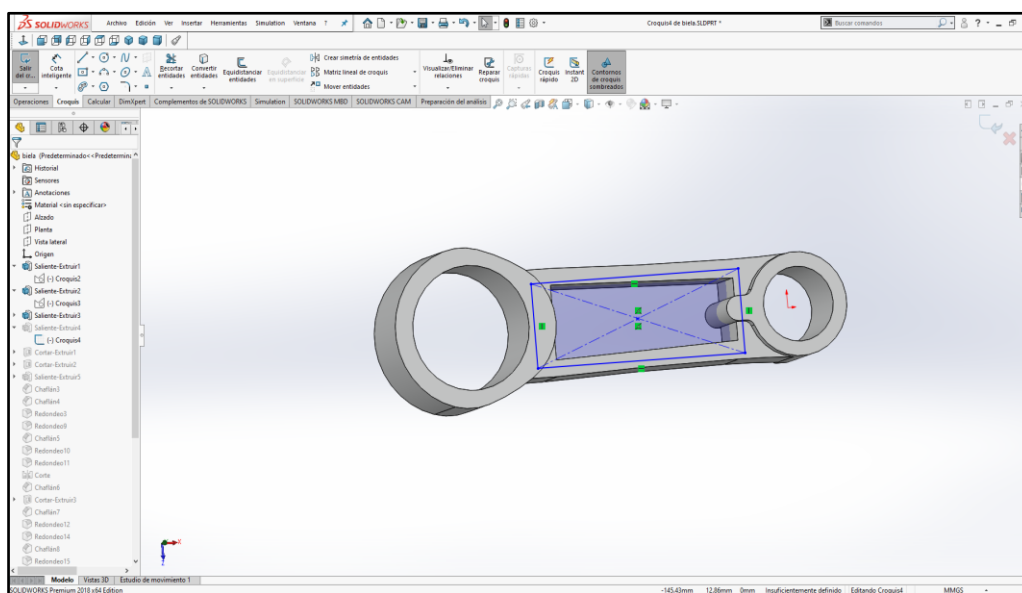


Figura 42. Inicio del diseño del Brazo de biela Honda GX160 mediante SolidWorks 2018.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

En medida que el diseño siga en aumento irá tomando forma el brazo de biela en el programa, se aprecia su pie de biela, cuerpo y cabeza, partes que están diseñada con la misma medida y material que la pieza original, el programa SolidWorks permite un gran diseño de cada pieza a realizar al mismo tiempo que una buena precisión en las medidas, como se muestra en la figura 43 el diseño sigue tomando formas y características de la pieza original.

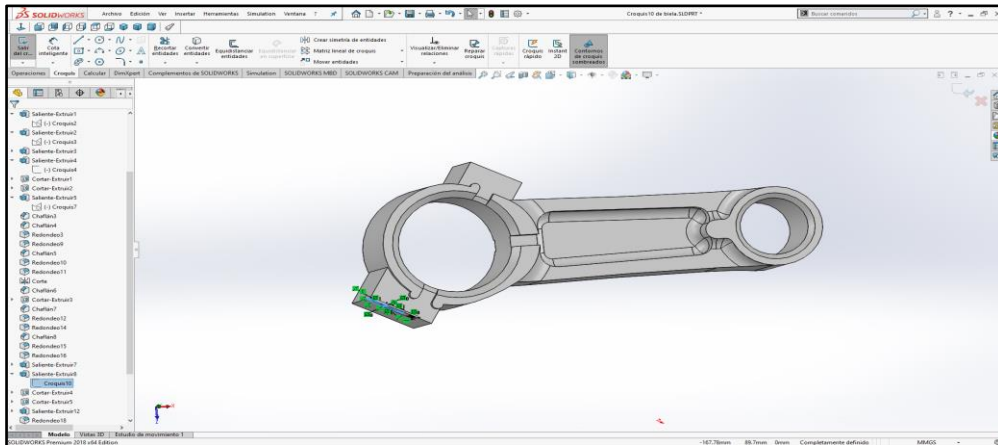


Figura 43. Diseño y construcción del brazo de biela Honda GX160 en SolidWorks 2018.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

La imagen que se muestra a continuación es el diseño final terminado del brazo de biela Honda GX160 dibujado con el programa SolidWorks 2018, como se muestra en la figura 44, el brazo de biela que será de estudio en la aplicación de esfuerzos a los que está sometido en el momento de la combustión dentro del cilindro.

Las partes del brazo de biela que se muestra a continuación están comprendidas por cabeza de biela, cuerpo y pie de biela su estructura está diseñada de aluminio fundido, diseño que será estudiado y sometido a esfuerzos reales mediante el simulador y se mostrarán sus partes críticas al momento de su trabajo.

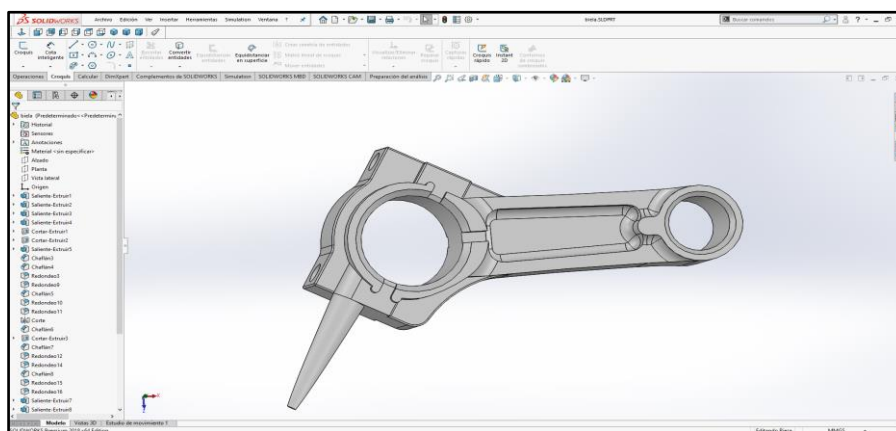


Figura 44. Brazo de biela Honda GX160 terminado en SolidWorks 2018.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

4.3 Diseño del pistón.

La imagen que tenemos a continuación es la representación del inicio de construcción del pistón de la motobomba Honda GX160 en el programa SolidWorks 2018, como se ilustra en la figura 45, se inicia con un círculo del diámetro del pistón original para luego realizar una extrusión de la longitud que nos indique la medida, se le realizan las ranuras donde van los anillos con las medidas correspondientes es lo que podemos realizar este paso como podemos apreciar.

Las dimensiones son tomadas de la pieza original, las medidas se las obtiene con un calibrador tanto medidas internas como externas, medidas de las ranuras para así ser lo más preciso posible.

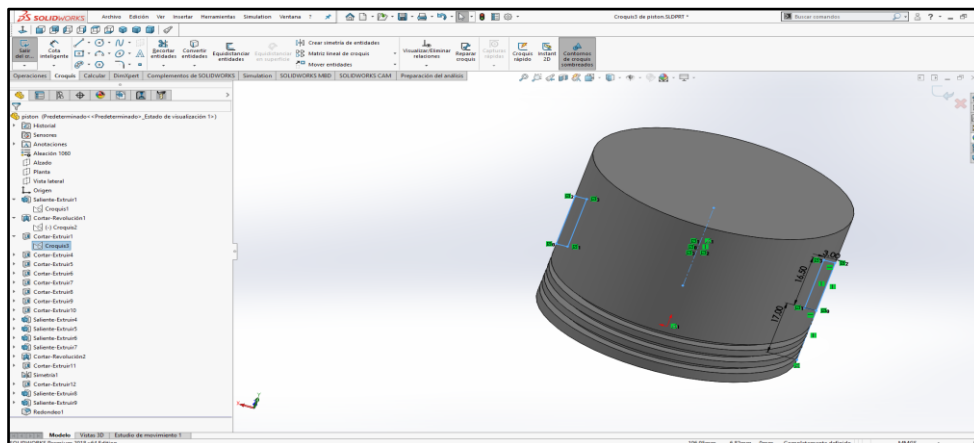


Figura 45. Acotaciones y Diseño Pistón Honda GX160 en SolidWorks 2018.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

En esta parte se aprecia el avance de la construcción del pistón se trabaja en la parte interna permitiendo que el pistón valla tomando forma, en la figura 46 se presenta el avance que se realiza en el programa con el que se está trabajando nos ayuda en gran medida con el diseño dándole la facilidad al diseñador al proporcionar herramientas para llevar un diseño lo más real posible a lo original.

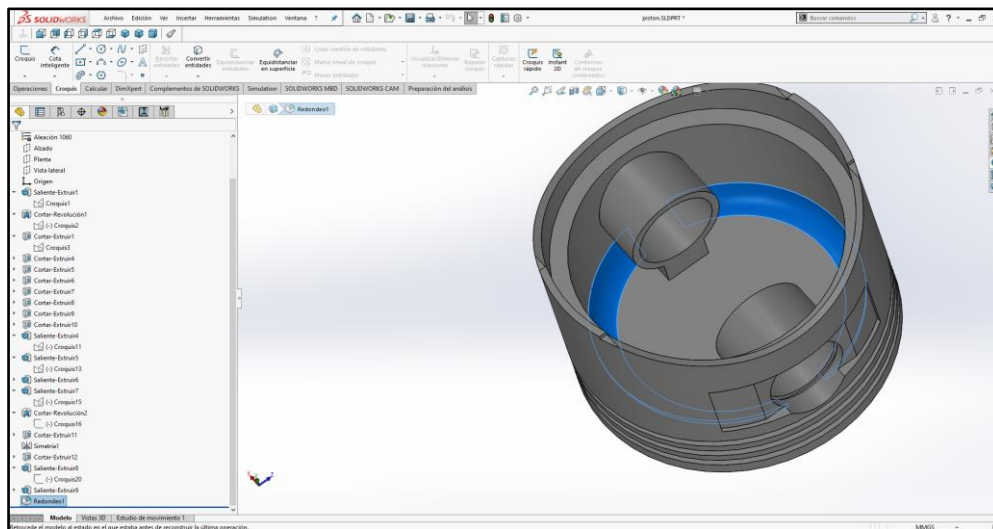


Figura 46. Diseño y construcción en SolidWorks de Pistón Honda GX160.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

Se puede apreciar la calidad del trabajo terminado, pistón de la motobomba Honda GX160 diseñado en SolidWorks 2018, en la figura 47 se aprecia uno más de los componentes del tren alternativo que se termina para ser ensamblado en conjunto con biela y cigüeñal, los acabados y el diseño son iguales al original, al igual que las medidas y el material que para este caso será el aluminio.

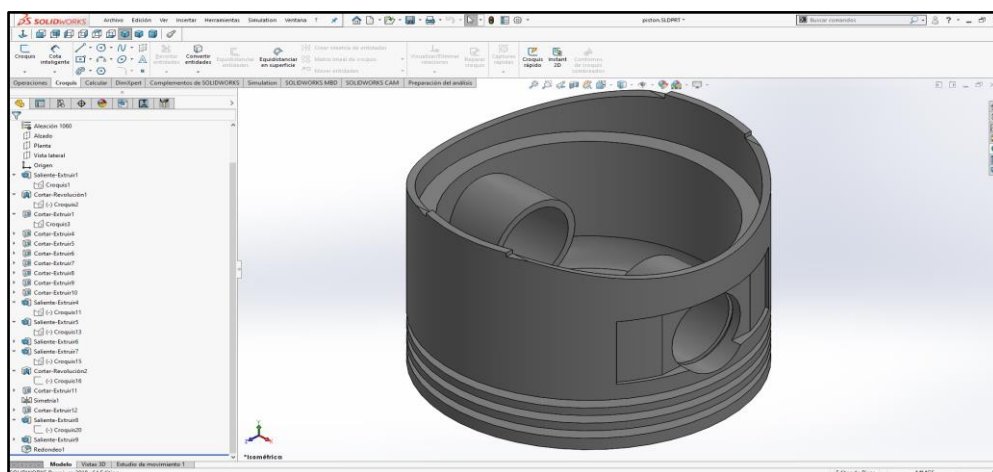


Figura 47. Pistón terminado en diseño y construcción Honda GX160 mediante SolidWorks 2018.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

4.4 Diseño del cigüeñal.

Para el caso del cigüeñal las medidas son las reales el proceso de construcción es como se muestra en la figura 48 se toma una línea longitudinal con el largo total del cigüeñal y se realiza las diferentes acotaciones, para luego pasar a realizar las extrusión y ejes respectivamente.

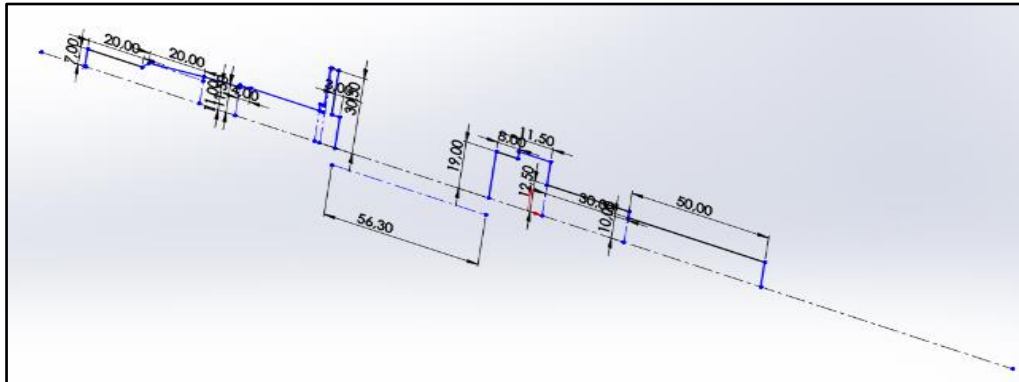


Figura 48. Acotaciones del modelo del cigüeñal mediante SolidWorks 2018.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

A medida que el cigüeñal va tomando forma en su diseño como apreciamos en la figura 49 las partes del cigüeñal son las correctas, medidas reales que se pasan al diseño del cigüeñal, el material es hierro fundido, en el programa aplicamos el material una vez terminado la construcción.

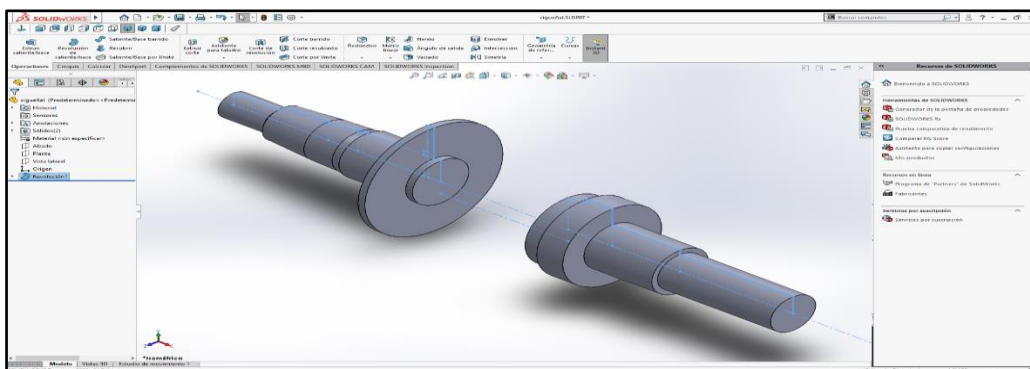


Figura 49. Diseño del solido a escala real en SolidWorks 2018.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

El cigüeñal terminado en su diseño mediante el programa SolidWorks 2018 se muestra a continuación en la figura 50, las medidas del material son las mismas que las originales, una vez que se termina con el diseño el paso a seguir es unir los otros componentes y formar el tren alternativo, Pistón, biela y cigüeñal que estén en funcionamiento.

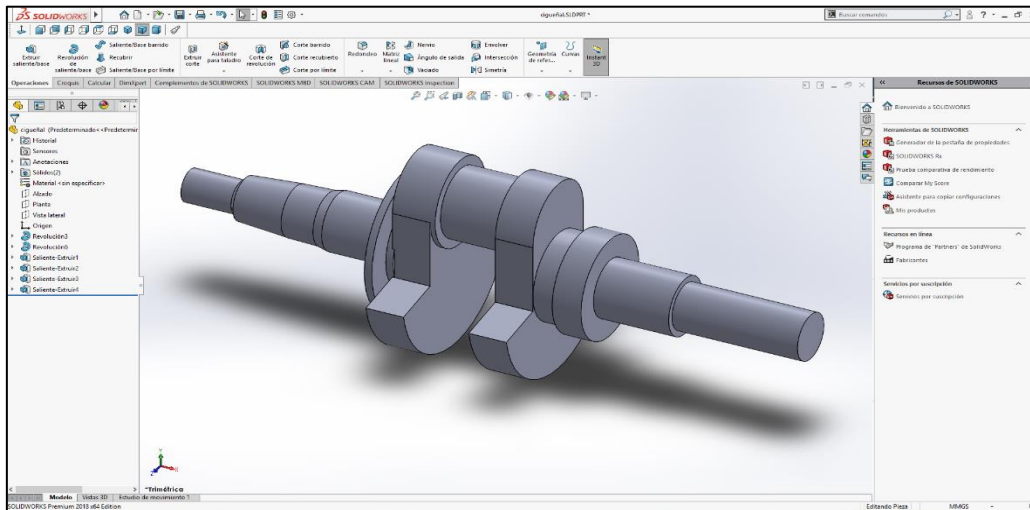


Figura 50. Cigüeñal Honda GX160 diseñado en SolidWorks 2018.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

4.5 Esfuerzos al que se encuentra sometido el brazo de biela.

Le denominamos brazo de biela a una parte del motor de combustión interna que en uno de sus extremos se encuentra unida a un émbolo o pistón, el cual realiza un movimiento en línea recta dentro de un cilindro, y en su otro extremo está unido a un cigüeñal, lo que permite que en su funcionamiento logre convertir un movimiento alternativo en un movimiento de rotación, y viceversa. Esta biela que estudiaremos está construida de aluminio fundido siendo de gran resistencia mecánica a la tensión. (Belen Burgos T, Edwin Freire S, 2008)

Principalmente siendo la biela la que recibe la fuerza que es generada de la combustión de la mezcla aire combustible, es el pistón quien transmite dicha fuerza, con una alta presión de compresión y a su vez originando la mayor fuerza de compresión sobre el brazo de biela, permitiéndose ver en la figura 51, esto se debe a que el área del pistón que recibe la fuerza es

siempre la misma, entonces esta fuerza es la que causa el máximo esfuerzo de compresión sobre el área transversal del brazo de biela. Esto indica que en la fase de expansión es donde el brazo de biela recibe su máximo esfuerzo de compresión. (Belen Burgos T, Edwin Freire S, 2008)

En la parte que el brazo de biela hace su conexión con el cigüeñal, este le transmite la fuerza de codo del mismo a la biela en la etapa de admisión lo que ocasiona que la biela reciba una fuerza de tracción, cambiando está a compresión en la etapa de compresión, expansión y escape. (Belen Burgos T, Edwin Freire S, 2008)

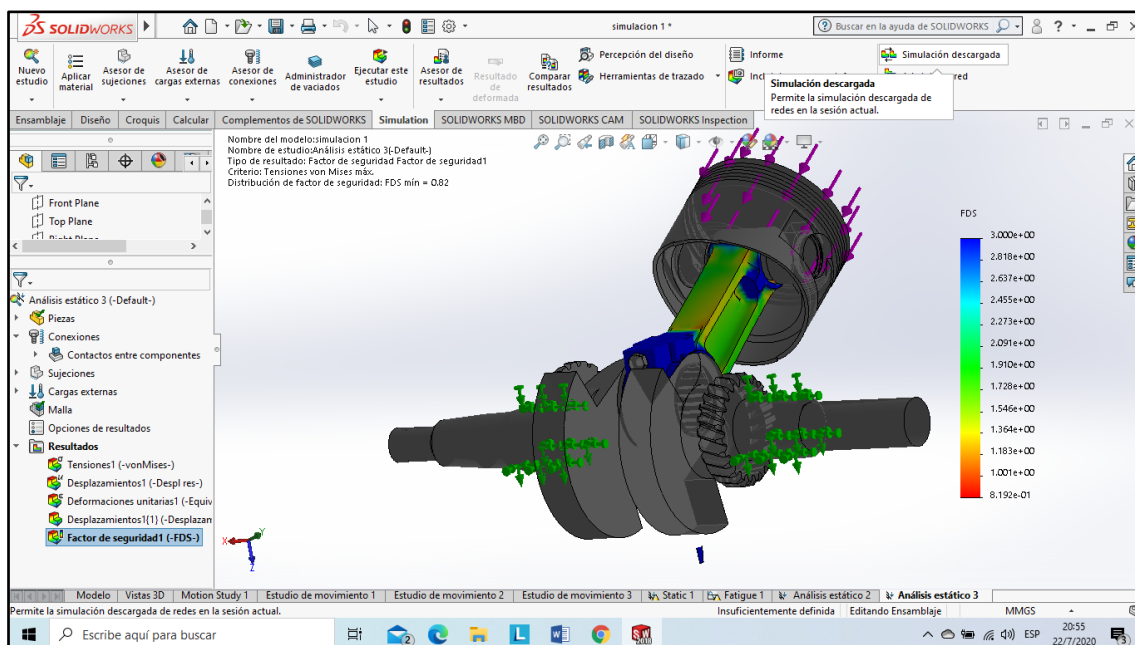


Figura 51. Brazo de biela sometido a esfuerzo de tensión.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

Los esfuerzos son un conjunto de fuerzas que actúan internamente en la estructura del material cuando dicho cuerpo está sometido a acciones que actúan sobre él, como se ilustra en la figura 52, estas fuerzas en el núcleo del material son el resultado de la interacción de una partícula del cuerpo sobre las otras. (Vega, Cesar, 2020)

La fuerza por unidad de área, o la intensidad de las fuerzas distribuida a través de una sección dada, se llama esfuerzo sobre esa sección, el esfuerzo es una sección del material que está sometido a cargas axiales. (Vega, Cesar, 2020)

Se establece que la fuerza de tracción se da cuando un elemento está sometido a un esfuerzo aplicados en una misma dirección y de sentido contrario, esto permite que la estructura del elemento tienda a ser estirado. (Vega, Cesar, 2020)



Figura 52. Esfuerzos de tracción al que se somete un brazo de biela.

(UIDE, INNOVA, 2020)

Existe una compresión cuando el elemento que este trabajado recibe fuerzas en la misma dirección y en sentido contrario tienden a contraerlo. (UIDE, INNOVA, 2020)

Las fuerzas que actúan sobre un objeto sometido a torsión tratan de torcerlo, de hacerlo girar en dos direcciones contrarias. (UIDE, INNOVA, 2020)

4.6 Tensiones.

Tensiones que se generan en el brazo de biela en la siguiente imagen son reflejadas de color amarillo verdoso en el cuerpo del brazo de biela, estas tensiones que se generan producto de la combustión las soporta el brazo de biela, como se muestra en la figura 53, su estructura y material de diseño es de aluminio, material que debe soportar grandes tensiones generadas en su ciclo de trabajo, se concentran en su gran mayoría en el cuerpo del brazo de biela por ser una de los elementos frágil de todo el tren alternativo.

Los esfuerzos, tensiones que se generan en el brazo de biela y pueden causar daños de fracturar sobre el son los siguiente.

Esfuerzos de tracción, compresión y desplazamiento, la imagen siguiente nos muestra la concentración de los esfuerzos generados en un solo punto que es parte del brazo de biela, recordamos que el software genera una malla antes de realizar la simulación de esfuerzo, dicha malla está formada por miles de elementos pequeños y a su vez nodos que es la unión de los elementos, son estos elementos que en la imagen se ven reflejados y afectados por la combustión.

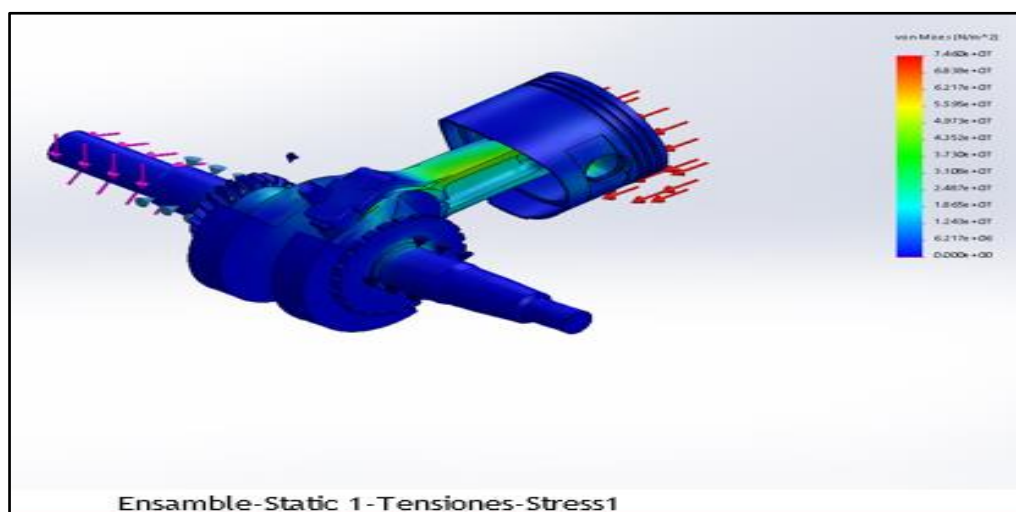


Figura 53. Tensiones generadas en el cuerpo de biela.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

4.7 Esfuerzo de tracción.

Esfuerzo generado en el cuerpo del brazo de biela al momento que el pistón está descendiendo y realizando su trabajo de admisión de la mezcla aire/combustible, este esfuerzo sobre el brazo de biela lo genera en un extremo del pistón que arrastra la mezcla aire combustible y en su otro extremo el cigüeñal ayudándose de sus contrapesos, este esfuerzo generado es mucho menor que el de compresión, por lo que el brazo de biela no se ve afectado.

4.8 Esfuerzo de compresión.

Se produce en el cuerpo de la biela al momento que se realiza el trabajo de compresión, explosión y escape, en el trabajo de compresión el esfuerzo es producido cuando el pistón sube del PMI al PMS siendo empujado por la fuerza acumulada en los contrapeso del cigüeñal, en el trabajo de explosión o expansión es cuando mayor se ve afectado la biela ya que toda la fuerza de explosión de la mezcla aire/combustible se inflama y se la transmite directamente el pistón al brazo de biela ya que al estar unidos mediante el bulón forman un solo elemento, y en ocasiones produce daños de fractura sobre la misma debido a la fatiga del material, en el tiempo de escape el brazo de biela soporta una compresión mínima expulsando los gases de escape hacia el exterior.

4.9 Desplazamiento.

Al estudiar los desplazamientos mediante el análisis de SolidWorks es el pistón que al estar en contacto directo con la combustión es el que mayor sufre desplazamiento viéndose reflejado en la imagen que muestra el simulador, el brazo de biela y el cigüeñal muestran un bajo nivel de desplazamiento.

El desplazamiento que es causado por la combustión sobre la cabeza del pistón ocasionando que la medida original del pistón aumente, como se presenta en la figura 54, esto causa que el pistón tenga mayor roce con el cilindro, lo que genera mayor fricción esto nos

causa un mayor desgaste de los componentes, siendo estos, pistón, cilindro y rines y la elevación de la temperatura.

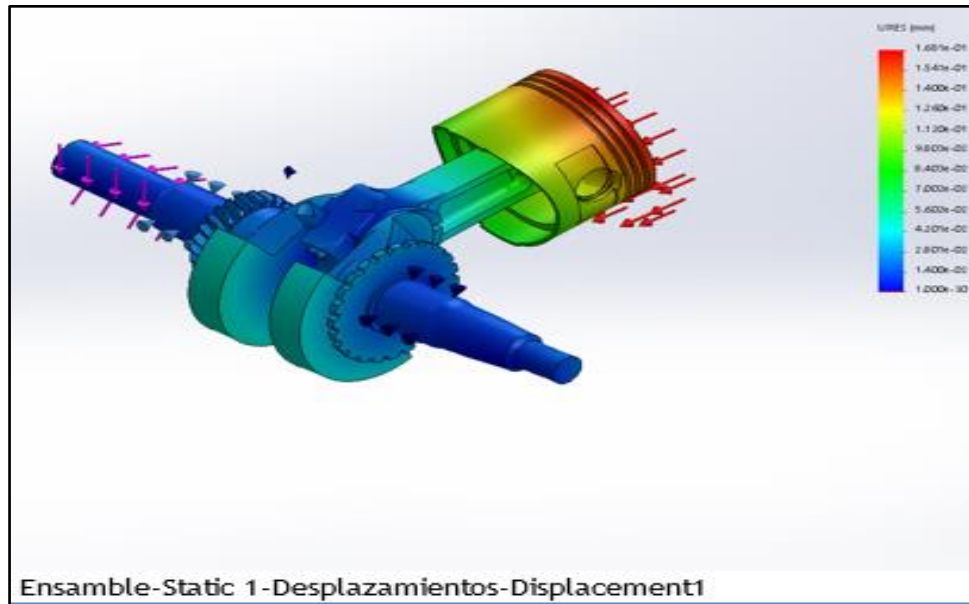


Figura 54. Imagen del desplazamiento sobre la cabeza del pistón.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

4.10 Deformación.

En el análisis de SolidWorks las deformaciones y puntos críticos que se ven reflejados en la imagen son de color amarillo rojizo, estas deformaciones son producidas en el momento que se inflama la mezcla aire/combustible dentro de la cámara de combustión del motor en la figura 55 se aprecia las deformaciones causadas en el trabajo del pistón.

Este último análisis es uno de los más importante, se aprecia en la imagen la parte que es está soportando mayor esfuerzo causando un nivel de deformación dentro de parámetros establecidos, pero muy crítico a su vez, donde estas deformaciones pueden ser causantes de fractura del brazo de biela ocasionando el paro definitivo del motor además causa de posibles daños al motor y la parte interna de los componentes.

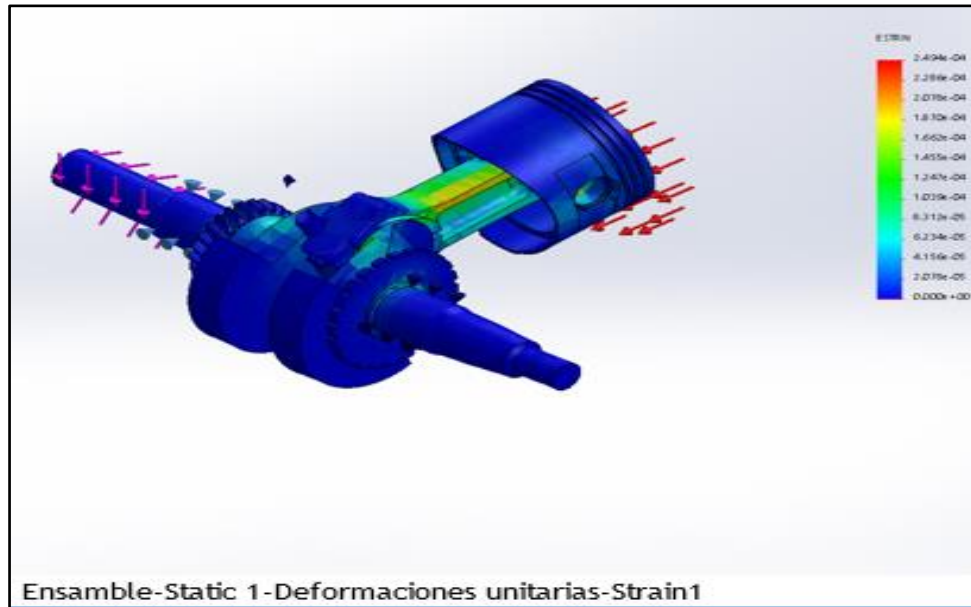


Figura 55. Imagen de las deformaciones sobre el brazo de biela.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

4.11 Puntos críticos del brazo de biela en su trabajo.

El presente estudio del brazo de biela de la motobomba GX160 se realiza en el software de diseño SolidWorks 2018, este software es de gran ayuda en el diseño y el estudio del brazo de biela, software que sirve para el estudio de los esfuerzos a los que está sometido en su régimen de trabajo el brazo de biela, en la simulación de esfuerzos aplicados sobre el pistón en el software este de manera visual indica que partes del brazo de biela es donde se concentran la mayor cantidad de esfuerzos producto de la combustión.

Claramente y de manera visible se puede apreciar que en la simulación la parte donde más se concentran los esfuerzos es en el cuerpo de la biela siendo esta parte la de la biela la que mayor concentra los esfuerzos por lo tanto es la parte de mayor posibilidad a la fractura.

Motivo por el cual se empezó este análisis de esfuerzos estructurales sobre el brazo de biela, de especificar con ayuda de este software las partes más involucradas en los esfuerzos soportados en el brazo de biela.

En su funcionamiento el brazo de biela que une el pistón y cigüeñal se estira y se comprime estas fuerzas a través de otros factores puede ocasionar que se rompa estas partes rotas dentro del motor pueden ir a cualquier lugar del motor arruinando el motor, como se aprecia en la figura 56 algunas de las posibles causas de una biela rota pueden ser las siguientes. (TotalMotors, 2020)

Por fatiga, por lo general esto se da en motores más antiguos o con mayores horas de trabajo, los metales al estar en un constante estiramiento y comprimiéndose desmejoran la estructura interna del metal a nivel molecular, este proceso es muy estudiado en la utilidad de los metales aunque la estructura de la biela de motor está diseñada para soportar las altas fatigas productos de las altas revoluciones en los motores no durará para siempre. (TotalMotors, 2020)

Otro punto que se debe tener en cuenta que el funcionamiento del motor caliente también puede fatigar las bielas, un motor bastante nuevo puede fatigar bielas si se ha reconstruido y el mecánico uso bielas de baja calidad. (TotalMotors, 2020)

El pasador o bulón recibe una gran cantidad de descarga si esta suelta la biela será un fallo de alto riesgo que sufrirá el motor por lo que se verán afectado todo el motor y sus partes internas. (TotalMotors, 2020)

Las altas revoluciones en un motor son la principal causa rotura del brazo de biela, si el tacómetro llega a rojo, aunque brevemente las barras se encuentren en peligro de rotura esto es porque las fuerzas que actúan sobre una barra de conexión aumentan en las altas revoluciones, lo principal de esto es aumentar las revoluciones cuando el motor de encuentre detenido. (TotalMotors, 2020)



Figura 56. Brazo de Biela fracturada

(Tasyap.org, 2020)

Los brazos de biela son elementos móviles que se encuentran en motores de combustión interna con un grado medio de probabilidades a la fractura, pero no se puede descartar que exista la probabilidad de que sufra algún tipo de avería, como se aprecia en la figura 57, esto es debido a que está sometida a constante esfuerzos de tracción, compresión, pandeo y éstas son las causas principales que si no se le realiza su debido mantenimiento se sufrirá fracturas ocasionando daño en su estructura y en partes del motor.

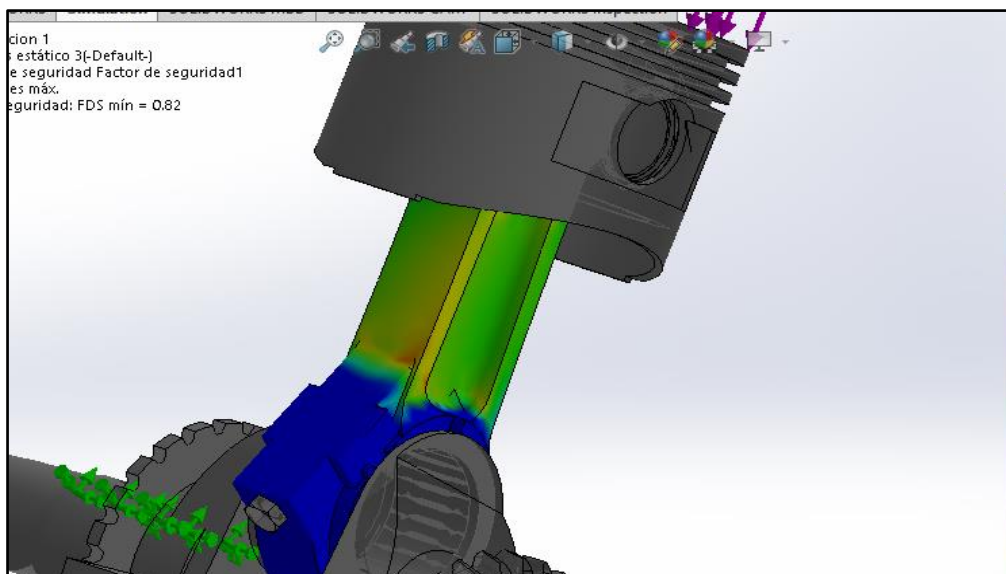


Figura 57 . Puntos críticos en cuerpo de biela Honda GX160.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

4.12 Fractura

La fractura es ocasionada cuando se reciben esfuerzos de la combustión y estos exceden la resistencia del material, y a su vez estos esfuerzos se localizan o se concentran en la parte más débil de dicho elemento, cuando la resistencia de los materiales es superior a los esfuerzos generados por la combustión entonces no se genera fractura alguna, por lo cual al momento que se diseña se debe de tener muy en cuenta esfuerzos y resistencia.

La fractura es provocada debido a que los esfuerzos se concentran en una geometría específica, esto se puede dar en los dientes de un engranaje en funcionamiento como también puede ser en el cigüeñal. Lo principal es que una pequeña deformación concentra los esfuerzos en dicho lugar, esto permite que la resistencia del material no pueda disipar los esfuerzos por lo tanto el material se fractura.

En la simulación del software se visualiza claramente que los puntos donde se concentran los esfuerzos es en el cuerpo del brazo de biela lo más aproximado a la cabeza de biela, como se dice anteriormente la fractura ocurre en un metal sometido a constante fatiga seda cuando los esfuerzos se acumulan en puntos específicos y no existe una buena disipación de los esfuerzos en todo el tren alternativo, mostrando en la figura 58 las partes con mayor esfuerzo, algo importante son los desgaste en cojinetes de biela y en la parte del pie de biela, estos desgaste no permiten el trabajo homogéneo de todo el sistema lo que dificulta que el brazo de biela como es conector entre pistón y cigüeñal los golpes los absorba fatigándose más de lo permitido, causa principal de una fractura.

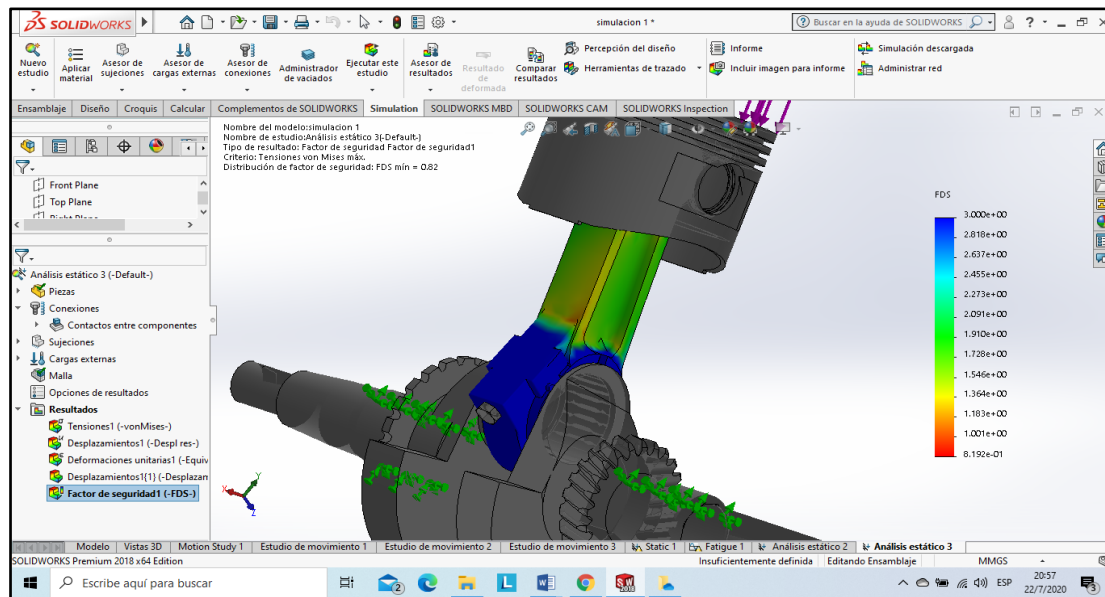


Figura 58. Diseño bajo programa de análisis en SolidWorks de posibles fracturas.

Dibujado por Stalin Ronquillo R.

4.13 Pruebas de esfuerzos con simulador.

Las cargas a ser estudiadas al momento en el cual se llevarán cabo los esfuerzos al que se encuentra sometido el brazo de biela una vez que el motor de combustión entra en funcionamiento, estas cargas serán denominadas carga de tracción y carga de compresión.

La carga de tracción se ve reflejada una vez que el motor realiza su trabajo de admisión, permitiendo que ingresen al cilindro la mezcla aire/combustible, para luego llevar a cabo un proceso de compresión.

La carga de compresión es la que se da una vez obtenida la mezcla dentro del cilindro y es ahí cuando el pistón empieza su carrera de compresión de la mezcla aire/combustible, es en ese momento que el brazo de biela recibe cierta fuerza de compresión en su estructura (cuerpo) terminando o recibiendo su mayor fuerza de compresión al momento que esta recibe la explosión dentro del cilindro, como se presenta en la figura 59, es entonces debido a la fatiga y a los esfuerzos sufridos que dicho brazo de biela termina en fractura.

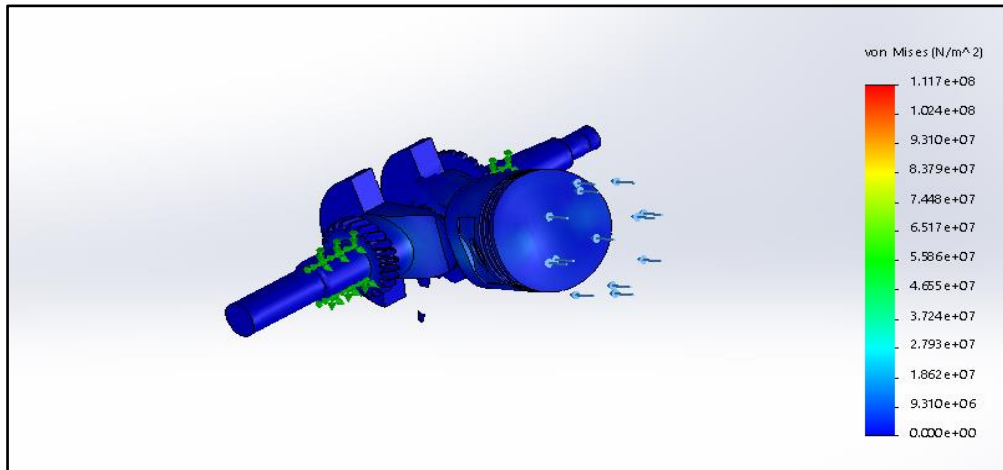


Figura 59. Imagen diseñada en SolidWorks 2018 bajo esfuerzos.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

4.14 Esfuerzos del brazo de biela usando como combustible gasolina.

El brazo de biela es uno de los primeros elementos que se encuentra sometido a los esfuerzos producidos por el motor al momento de la explosión de la mezcla aire combustible por lo que debe de obtener una gran estabilidad mecánica para lograr dicha resistencia, como se muestra en la figura 60, las partes del tren alternativo que están unidas entre si no tiene que haber holgura entre las uniones ya que esos puntos debilitan más a los elementos en el momento que está en funcionamiento.

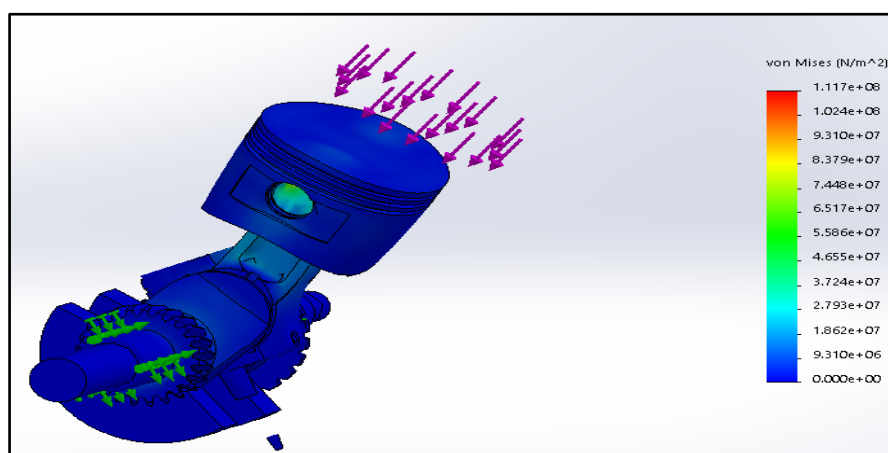


Figura 60. Aplicación de esfuerzos en brazo de biela honda GX160

Dibujado por Stalin Ronquillo R.

CAPÍTULO V

5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Cálculo a realizar por presión de Gases.

Los gases al encontrarse sobre cualquier superficie en contacto estos ejercen una presión, esta presión puede variar dependiendo de varios factores tales como área y fuerza. Además, sus moléculas al estar en movimiento constante estas golpean frecuentemente las paredes internas del cilindro que los contiene, al ocurrir esto inmediatamente rebotan sin perder su energía cinética, pero al cambiar su dirección esto permite que se aplique una fuerza a las paredes del recipiente que lo contiene. Esta fuerza al dividirse sobre toda el área que actúa es la presión del gas. (Científico, texto, 2020)

La presión se define como la fuerza que se aplica por unidad de área, esto quiere decir, una fuerza que es dividida por el área que se distribuye la fuerza.

$$\text{Presión} = \text{Fuerza} / \text{Área}$$

5.2 Presión del gas en el cilindro.

Esta mezcla dentro del cilindro, comprimida dentro de la cámara de combustión es la que reacciona luego de inflamarse por el salto de chispa de la bujía, será esta mezcla la que una vez inflamada se expanda dentro de la cámara de combustión produciendo dentro de la cámara una fuerza de expansión de gases, permitiendo que el pistón reciba esa fuerza presionándolo a que descienda hacia PMI

5.3 Primer tiempo admisión

La figura 61 muestra el desplazamiento del émbolo en su carrera de admisión en un motor de combustión interna, siendo su trayectoria del PMS hasta recorrer al PMI, esto permite que se genere un vacío o succión dentro de la cámara de combustión siendo este un motor atmosférico o también conocido como motor de aspiración natural.

En su carrera de admisión la línea de presión está por debajo de la presión atmosférica de 0.1 – 0.2 bar de depresión. (Matehmáticas, 2020)

Mostrándose de color verde en la imagen el momento que realiza el trabajo de admisión.

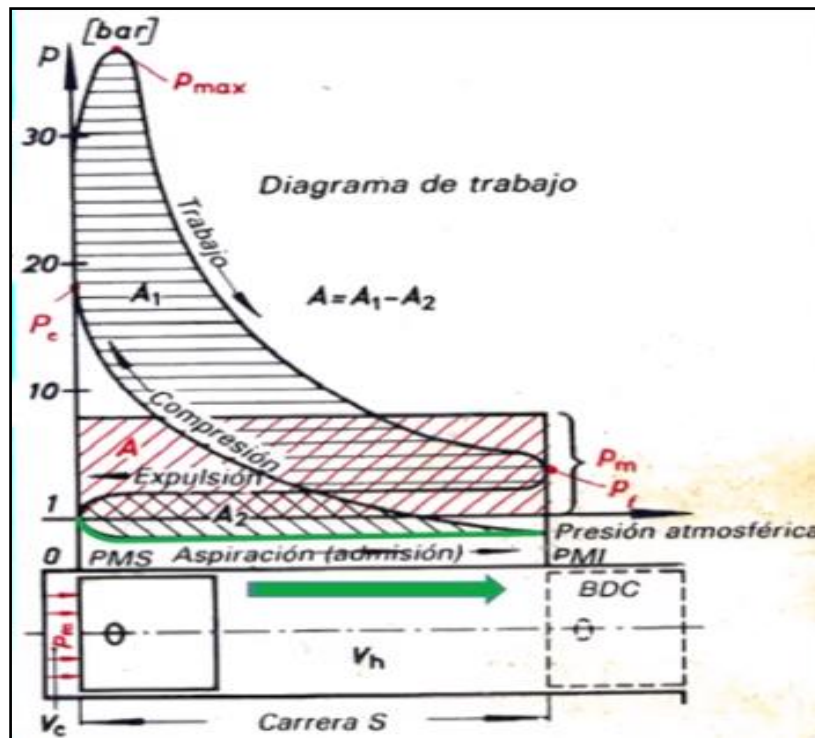


Figura 61. Imagen de la curva en verde de su admisión.

(Matehmáticas, 2020)

5.4 Segundo tiempo compresión

Mostramos a continuación la carrera que realiza el émbolo desplazándose del PMI al PMS comprimiendo en el caso del motor de ciclo OTTO mezcla aire/combustible, como se aprecia en la figura 62.

En el tiempo de compresión se eleva la presión hasta una presión máxima, para motores OTTO de 11 a 18 bares de sobrepresión P_e . (Matehmáticas, 2020)

Visualizamos la curva de color amarillo de ascenso en la imagen realizándose el momento de compresión dentro del cilindro.

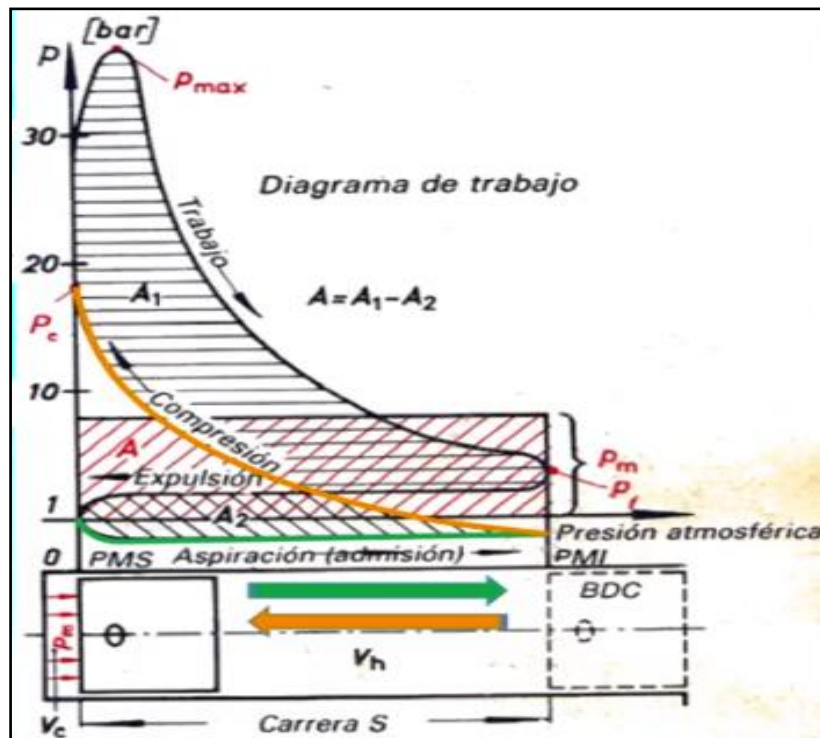


Figura 62. Imagen de la curva en naranja del tiempo de compresión.

(Matehmáticas, 2020)

5.5 Tercer tiempo explosión trabajo

En su tercer tiempo siendo este de explosión se necesita de una chispa para que se pueda inflamar la mezcla ya comprimida y que el pistón descienda del PMS al PMI producto de la explosión y expansión de los gases.

En su tercer tiempo tiene dos partes combustión y expansión. En la combustión la presión se eleva a una presión máxima de combustión P_{max} , para motores OTTO de 40 a 60 bares de sobrepresión, mostrándose en la figura 63 la gráfica respectiva. En la carrera de descenso del pistón la presión disminuye de 2 a 4 Bar de sobrepresión. (Matehmáticas, 2020)

En la imagen apreciamos la curva de color rojo siendo esta la curva de trabajo.

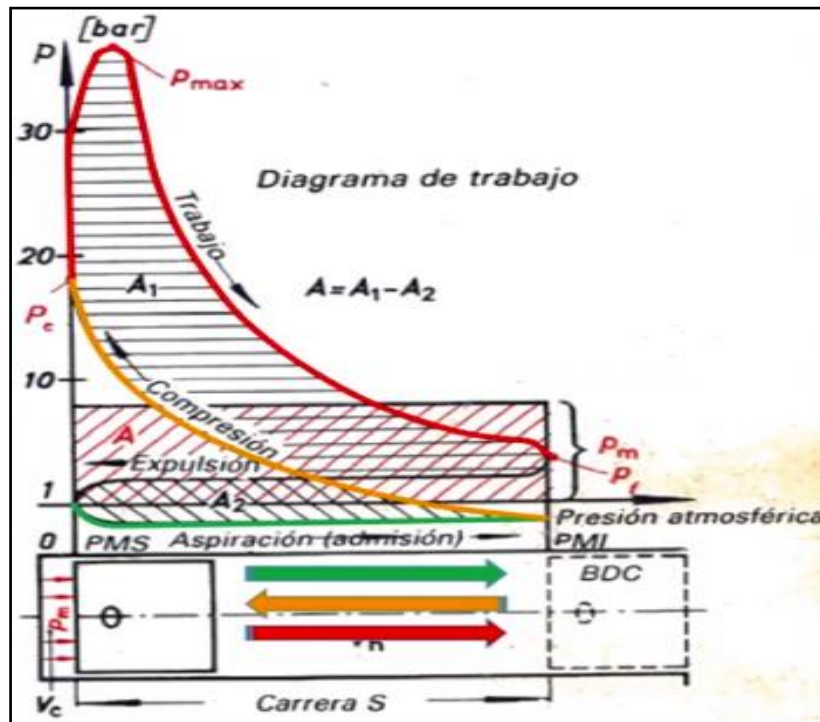


Figura 63. Imagen de la curva en rojo de su tiempo de explosión.

(Matehmáticas, 2020)

5.6 Cuarto tiempo escape

En este tiempo el pistón recorre del PMI al PMS realizando la expulsión de los gases quemados producto de la combustión, como se muestra en la figura 64 el recorrido que realiza el pistón.

En el tiempo de expulsión de gases existe una presión residual de 0.5 bar de sobrepresión. (Matehmáticas, 2020)

Apreciamos en la gráfica la curva de expulsión de los gases de escape.

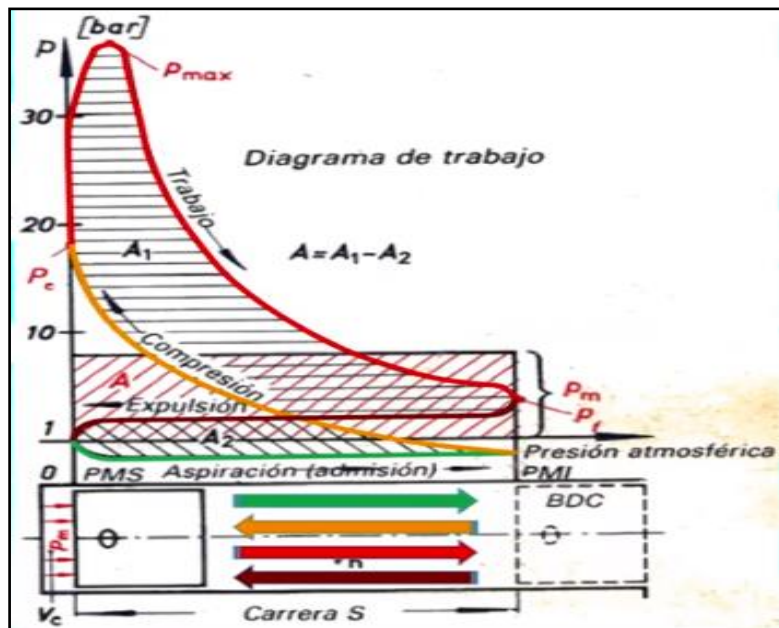


Figura 64. Imagen de la curva en color vino de la salida de gases

((Matecmáticas, 2020)

5.7 Fuerza sobre el embolo

Pe: Presión sobre la cabeza del embolo.

Pmax: Presión máxima sobre la cabeza del embolo.

Pm: Presión media sobre la cabeza del embolo.

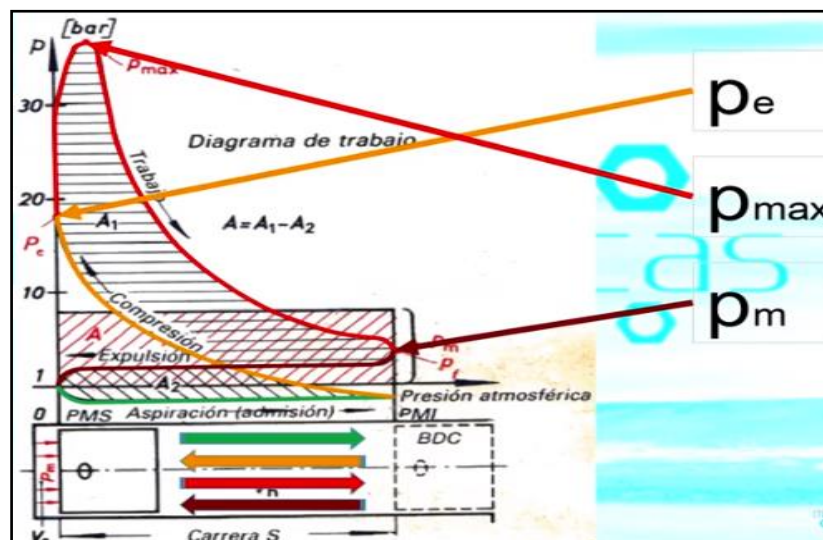


Figura 65. Imagen de las curvas de las fuerzas sobre el embolo.

(Matecmáticas, 2020)

5.8 Notaciones:

- p** = Presión del gas. (bar o da N/cm^2)
- pmax** = Presión máxima de la combustión. (bar de sobrepresión)
- pm** = Presión media de la combustión. (bar de sobrepresión)
- Fe** = Fuerza del embolo. (N)
- Femax** = Fuerza máxima del embolo. (N)
- Fem** = Fuerza media del embolo. (N)
- Ae** = Superficie de la cabeza del embolo. $(cm)^2$

5.9 Cálculo de presión de gases.

5.9.1 Fuerza aplicada sobre el Embolo.

Datos:

$$D = 6,4 \text{ cm}$$

$$Ae = 3.1416 \times (3.2 \text{ cm})^2$$

$$Ae = 32.1699 \text{ cm}^2$$

$$Pe = 11 \text{ bar}$$

$$Pmax = 45 \text{ bar}$$

$$Fe = 10 \times pe \times Ae \text{ [N]}$$

$$Fe = 10 \times 11 \text{ bar} \times 32.1699 \text{ cm}^2$$

$$Fe = 3538,689 \text{ N}$$

5.9.2 Fuerza Máxima aplicada sobre el Embolo.

$$Femax = 10 \times pmax \times Ae \text{ [N]}$$

$$Femax = 10 \times 45 \text{ bar} \times 32.1619 \text{ cm}^2$$

$$Femax = 14476,45 \text{ N}$$

5.10 Análisis de las cargas aplicadas con SolidWorks simulación.

Como se ha mencionado anteriormente SolidWorks es un programa con gran eficacia en la modelización mecánica de piezas en 3D. Entre una alta variedad de módulos que tiene destaca SolidWorks Simulación, que permite generar los siguientes tipos de estudio. (Sanchez, 2020)

- Estudio de diseño
- Estudio de tipología
- Estudio de frecuencia
- Análisis estático
- Análisis térmico
- Pandeo
- Desplazamiento
- Fatiga
- Submodelo
- Caída
- Diseño de recipientes a presión

5.11 Análisis estático

En el estudio del análisis estático lineal se define los siguientes parámetros de entrada que se los mencionamos a continuación. (Sanchez, 2020)

5.12 Sujeción

Son unas de las restricciones que necesariamente se debe aplicar para evitar que el sólido se mueva, como se muestra en la figura 66, los extremos del cigüeñal están fijos mientras que la fuerza se le está aplicando al pistón. (Sanchez, 2020)

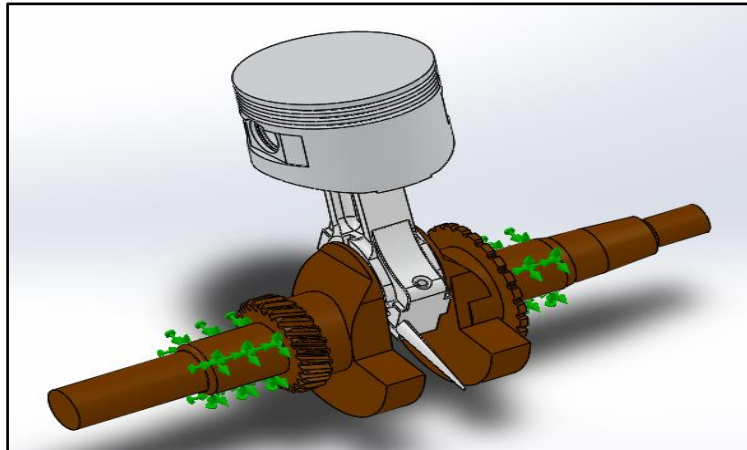


Figura 66. Fijaciones realizadas por el programa para aplicar esfuerzos.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

5.13 Cargas

Al momento de aplicar las cargas, como se muestra en la figura 67 se puede contar con algunas de las siguientes, la carga que se aplicará será fuerza en Newton sobre la cabeza del pistón. (Sanchez, 2020)

- Fuerzas de solidos
- Fuerzas concentradas
- Presión
- Temperatura o presión importada desde Flow Simulación
- Cargas importadas desde SolidWorks Motion
- Desplazamientos
- Térmicas

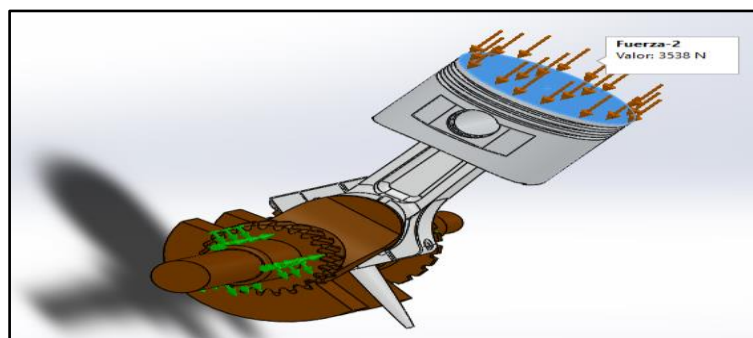


Figura 67. Aplicación de esfuerzos sobre la cabeza del pistón

Dibujado por Stalin Ronquillo R

5.14 Propiedades del material

Al momento del diseño y construcción es necesario aplicar material a la pieza que se necesita ensayar. En la Biblioteca de SolidWorks se encuentra una gran gama de materiales, como se muestra en la figura 68 la lista de material que presenta, también el software permite ingresar datos de un material en el caso de no estar en la biblioteca de SolidWorks (Sanchez, 2020)

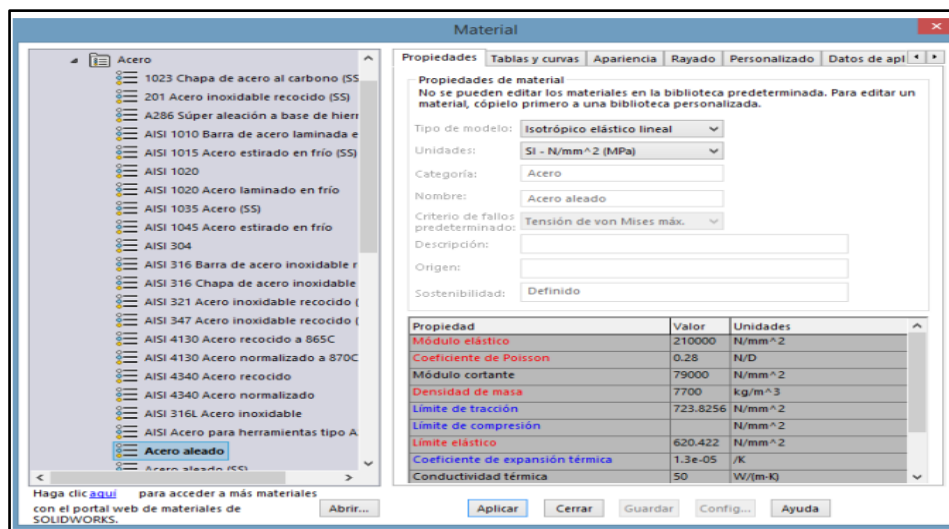


Figura 68. Tabla de propiedades de materiales en SolidWorks 2018.

(Sanchez, 2020)

5.15 Aplicación de esfuerzos sobre el pistón.

Este será el siguiente paso luego de realizar el diseño, la selección del material, las fijaciones de algunos elementos, el mayado respectivo y se pasa con la aplicación de esfuerzos, datos que se obtienen mediante formulación esos resultados serán los que se deberán aplicar sobre el pistón para luego pasar con la simulación y ver los resultados obtenidos.

5.16 Resultados de las deformaciones al momento de usar el simulador.

La fuerza a ser aplicada será en base al cálculo que se obtendrá como resultado de explosión de la mezcla aire combustible al momento de la compresión cuando el pistón alcanza el PMS.

En la siguiente imagen se aprecia las partes que están sometidas a un gran esfuerzo resultado de la compresión al momento de la explosión, el simulador nos permite visualizar de manera clara las partes tales como brazo de biela, bulón y pistón.

5.17 Brazo de biela.

Según podemos visualizar en la imagen en el cuerpo del brazo de biela se muestra una deformación permitiéndonos el programa mostrar un color amarillo verdoso, como se muestra en la figura 69 lo que indica las partes que se encuentran sometidas a un mayor esfuerzo y a su vez con un alto riesgo de sufrir fractura, debido al resultado de las fuerzas de explosión.

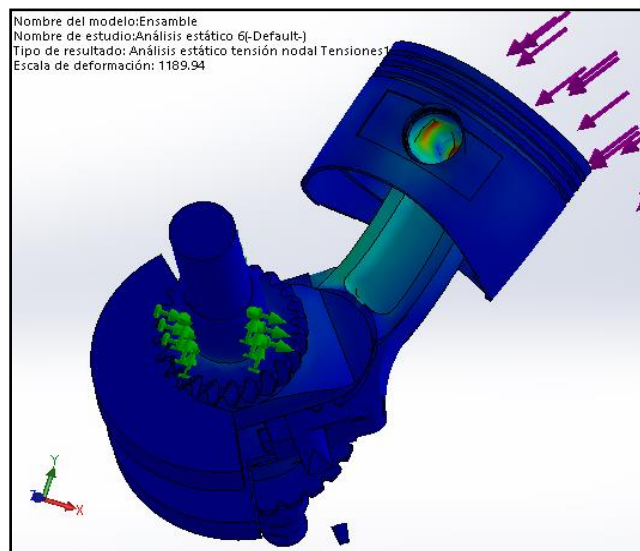


Figura 69. Brazo de biela y aplicación de las fuerzas sobre el pistón.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

5.18 Bulón.

Este elemento que forma la unión entre pistón y brazo de biela se puede apreciar una deformación producto del esfuerzo al que este se encuentra sometido al momento de ocurrir la explosión en el cilindro producto de la compresión, se puede apreciar un color amarillo rojizo producto de la deformación viéndose reflejada en la figura 70 las tensiones acumuladas en el cuerpo de la biela.

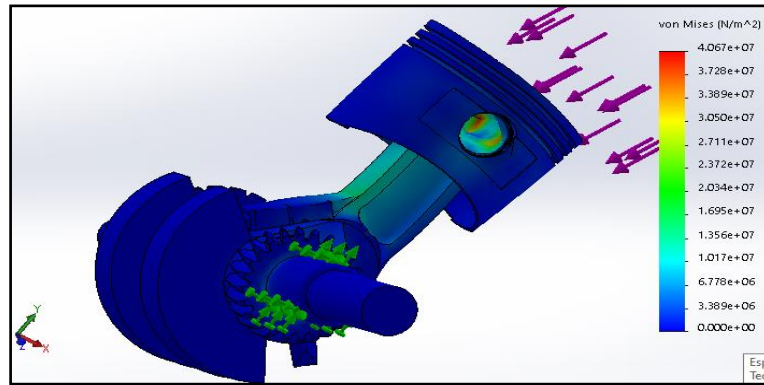


Figura 70. Imagen que permite visualizar los esfuerzos sobre el pistón.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

5.19 Pistón.

Unos de los componentes con mayor exposición a sufrir esfuerzos es el pistón quien recibe de manera directa las fuerzas producto de la explosión, transmitiendo los esfuerzos a sus otros componentes, en la imagen 71 se puede apreciar deformaciones sobre la cabeza del pistón.

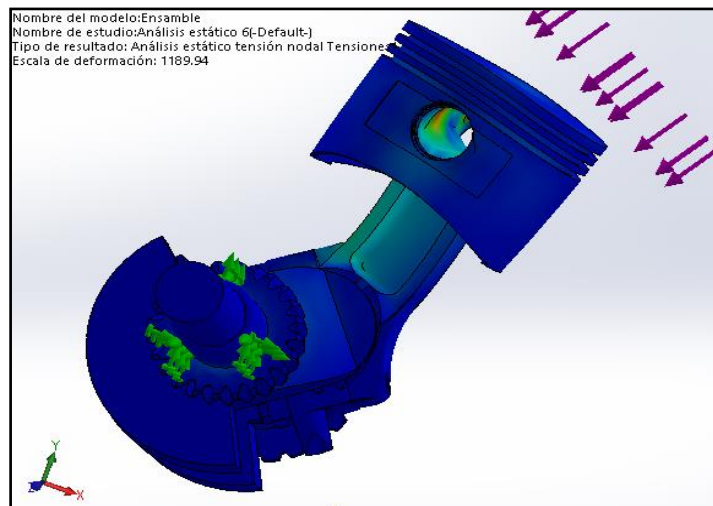


Figura 71. Imagen de las fuerzas aplicadas sobre el pistón.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

5.20 Análisis de los Esfuerzos en el Brazo de Biela. Distribución de Esfuerzos de Von Mises.

5.20.1 Tensiones.

Al realizar la simulación en SolidWorks del tren alternativo, conjunto pistón biela y cigüeñal, los resultados los podemos apreciar de manera visual, las partes que se encuentra sometida a tenciones se muestran de color amarillo verdoso en nuestro brazo de biela con una pequeña deformación y en la parte interna del bulón en conjunto con el pie de biela también nos muestra tensiones siendo estas más pronunciadas y con mayor esfuerzo aumentando de color a amarillo rojizo.

Se aprecia además que ciertas partes del brazo de biela permanece de color azul esto nos indica que son partes que no están sufriendo tenciones mayores, que son tenciones mínimas

En el informe resultante de las tensiones ejercidas en el brazo de biela, el tipo de estudio de Von Mises determina valores mínimos de tensiones y los valores máximos que se encuentra sometido el brazo de biela, este análisis nos indica además de manera visual la tensión soportada por el brazo de biela esta tensión según Von Mises se la mide en N/m^2 lo que nos indica las variables que la parte tensionada está soportando una fuerza.

Esta fuerza soportada por el brazo de biela según el informe entregado por el software indica que el valor mínimo es de $0.0000+00 N/m^2$ como fuerza es ejercida sobre el brazo de biela, a su vez también indica la fuerza máxima que este punto puede soportar que es de $1.117e+08 N/m^2$ como fuerza máxima de tensión soportada en el punto más crítico mostrado en la imagen a continuación.

Se determina que la tensión de Von Mises nos indica el punto del brazo de biela con menos tensión y a su vez el punto de la biela que soporta toda la tensión al momento que ocurre

la explosión dentro del cilindro viéndose reflejada esta fuerza en el brazo de biela tensionado, como se muestra en la figura 72 las tenciones.

La estructura interna del brazo de biela al estar soportando constantemente estos niveles bruscos de tenciones el material se debilita con mayor facilidad en las partes con mayor grado de tensión.

En el grafico nos muestra las partes sometidas a mayor tensión en el la biela con partes amarillo verdoso, pero no quiere decir que esta por romperse, lo que indica el grafico son las partes que más están soportando esfuerzos.

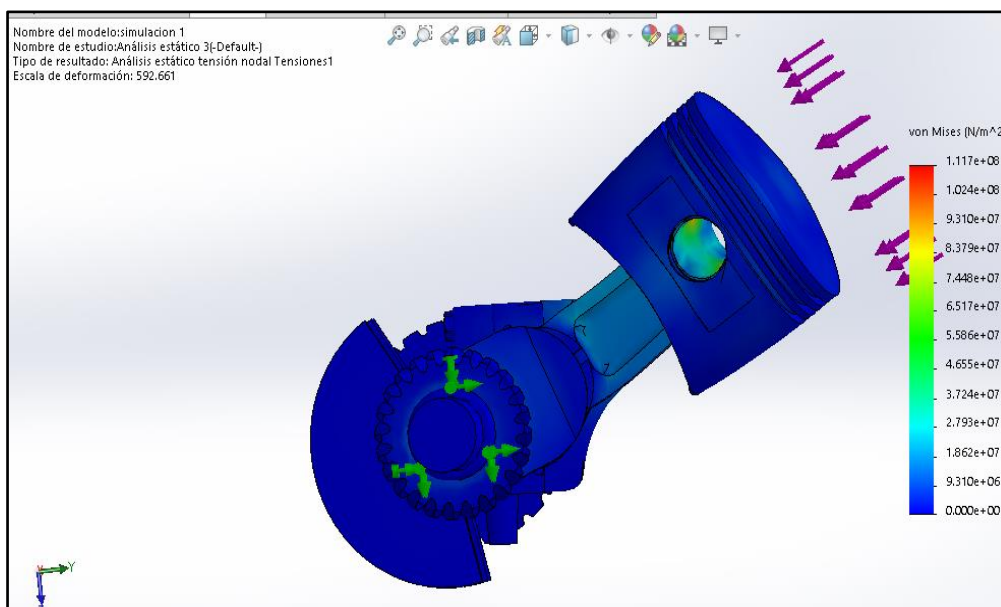


Figura 72. Informe de las tensiones y distribución de esfuerzos de Von Mises.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

5.20.2 Deformaciones

El informe que entrega el programa sobre las deformaciones se muestra en al grafica 73 estas deformaciones causadas por las tenciones en la biela nos dan también valores mínimos y valores máximos de deformaciones ente los valores mínimos tenemos 0.00+00 y como valores máximos de deformaciones tenemos 4.616e-04 estos valores son entregados por el programa de simulación.

También nos muestra los puntos que están soportando las deformaciones como puntos con menor grado de deformación se presentan las partes de color azul intenso, mientras que los puntos de mayores deformaciones se muestran con color amarillo verdoso.

La deformación que se visualiza en el brazo de biela se encuentra en un punto crítico, punto en el cual algunos brazos de biela terminan en fractura, la sección que nos muestra la imagen de color amarillo verdoso según el análisis de deformaciones es el punto que está soportando mayor esfuerzo con posibilidad a la fractura de la cabeza biela.

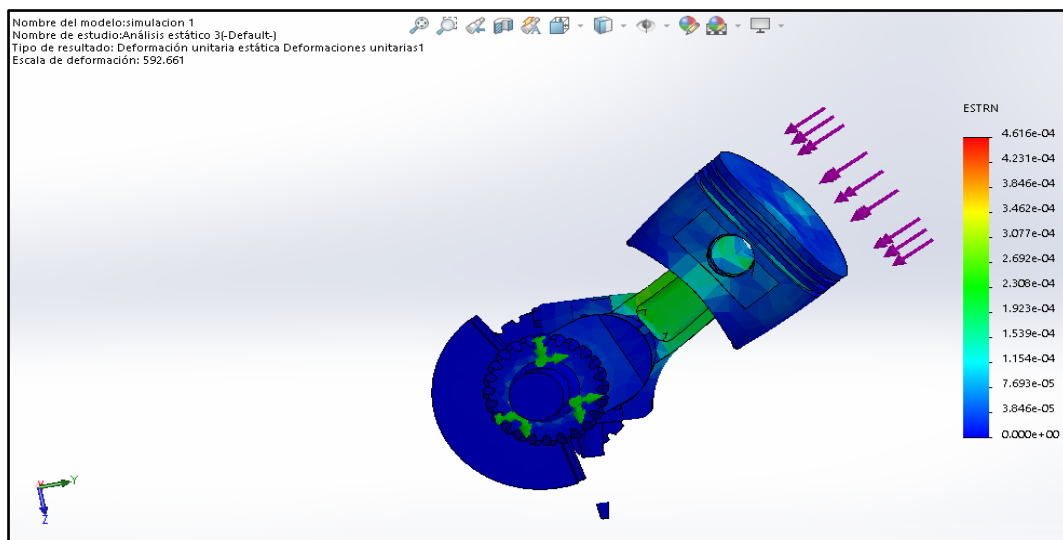


Figura 73. Imagen indicadora de las deformaciones.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

5.20.3 Desplazamiento

Es de valiosa importancia este estudio al darnos cuenta que tanto el pistón como el brazo de biela sufren deformaciones que afectan a la estructura del material en la biela puede causar fractura mientras que en el pistón al deformarse será mayor la fricción con el cilindro, esto puede causar mayor desgaste en el elemento.

Las posibles causas que pueden ocasionar desgaste prematuro entre el pistón y el cilindro y el desgaste entre pie de biela y bulón, es la fricción entre los elementos que al eleva la temperatura en los elementos causando que otras partes del motor se vean afectadas.

Los desplazamientos al igual que las deformaciones son causados por una fuerza elevada que ocasiona que el material salga de su punto de inicio, producto de una fuerza aplicada al cuerpo, esta fuerza al ser de gran valor ocasiona un desplazamiento o pandeo del material a la pieza viéndose afectada y saliendo de su punto de trabajo, como se muestra en la figura 74.

Al momento que se analiza el desplazamiento el programa permite visualizar un recorrido mínimo que ocurre en el pistón y a su vez en el brazo de biela, el conjunto en si se desplaza 1.2 mm lo que indica el programa y de manera visual se lo puede apreciar que cierta parte del pistón y pie de biela cambia su color de amarillo a rojo, siendo esta la parte que más se ve afectada en lo que se refiere al desplazamiento.

Con la facilidad de este software se pueden aplicar varias cargas que al momento que se inicie su construcción y se ponga en funcionamiento se realice una simulación lo que permite visualizar fallos o partes de los componentes que no puedan soportar las cargas aplicadas, es importante estudiar a futuro para otros estudios los esfuerzos de cada elemento con la finalidad de que su desplazamiento sean lo menor posible en su momento de operación.

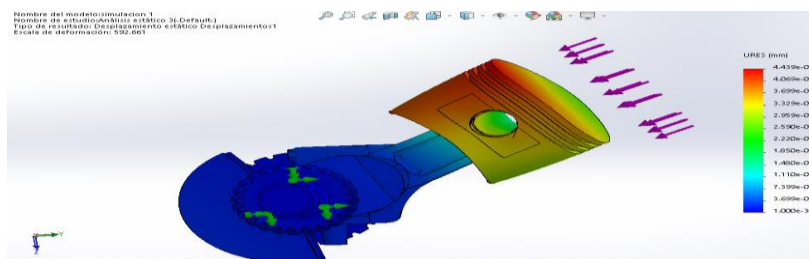


Figura 74. Informe del desplazamiento sobre el pistón y la biela.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

5.21 Asistente para el Factor de seguridad en el brazo de biela mediante el Análisis de Von Mises.

El asistente para el factor de seguridad le permite evaluar la seguridad de su diseño sobre la base de un criterio de fallos, al utilizar el asistente para el factor de seguridad le permite evaluar su diseño indicando las partes con mayor esfuerzo y a su vez con posible deformación plástica terminando en ocasiones en fractura del elemento.

Un factor de seguridad alto al momento del análisis en una región en específico, indica que el material está soportando la carga en su momento de trabajo, muchos diseños requieren un factor de seguridad mínimo de 1.5 y 3.0 con la finalidad de que el elemento soporte los esfuerzos.

- Un factor de seguridad inferior a 1.0 en una ubicación específica significa que el material en ese punto está sufriendo deformación plástica o ha sufrido fractura.
- Cuando el factor de seguridad da como resultado 1.0 en un lugar específico del material indica que esa parte del material está empezando a fallar.
- Un factor de seguridad superior a 1.0 en una ubicación específica determina que el material en ese punto es seguro.
- Un material o elemento que se encuentre en una ubicación empezara a generar fallos si se le aplica nuevas cargas generándose mayor esfuerzo sobre dicho elemento.

5.21.1 Factor de seguridad.

El informe que entrega el software del análisis estático para el factor de seguridad se muestra en una parte del elemento que está soportando una tensión mínima de Von Mises de 3.000, también indica que en el punto de mayor esfuerzo está soportando una tensión de Von Mises de 0.82 como tensión máxima lo que nos indica que dicho factor de seguridad está por debajo del criterio de Von Mises que es 1, lo que es posible que el elemento deforme plásticamente o que pueda sufrir una ruptura.

El factor de seguridad según el estudio de Von Mises indica la parte del elemento que más se ve afectado, analiza la plasticidad del elemento y el punto de quiebre, si este elemento soporta o no los esfuerzos a los que está sometido, el estudio de Von Mises indica que si el factor de seguridad es mayor a uno el elemento está preparado para soportar los esfuerzos a los que está sometido mientras esta en su régimen de trabajo.

En la figura 75 se aprecian los valores según el análisis del factor de seguridad, el resultado obtenido del factor de seguridad para este estudio tiene como resultante 0.82 por lo que indica que esta debajo de lo permitido según el análisis de Von Mises.

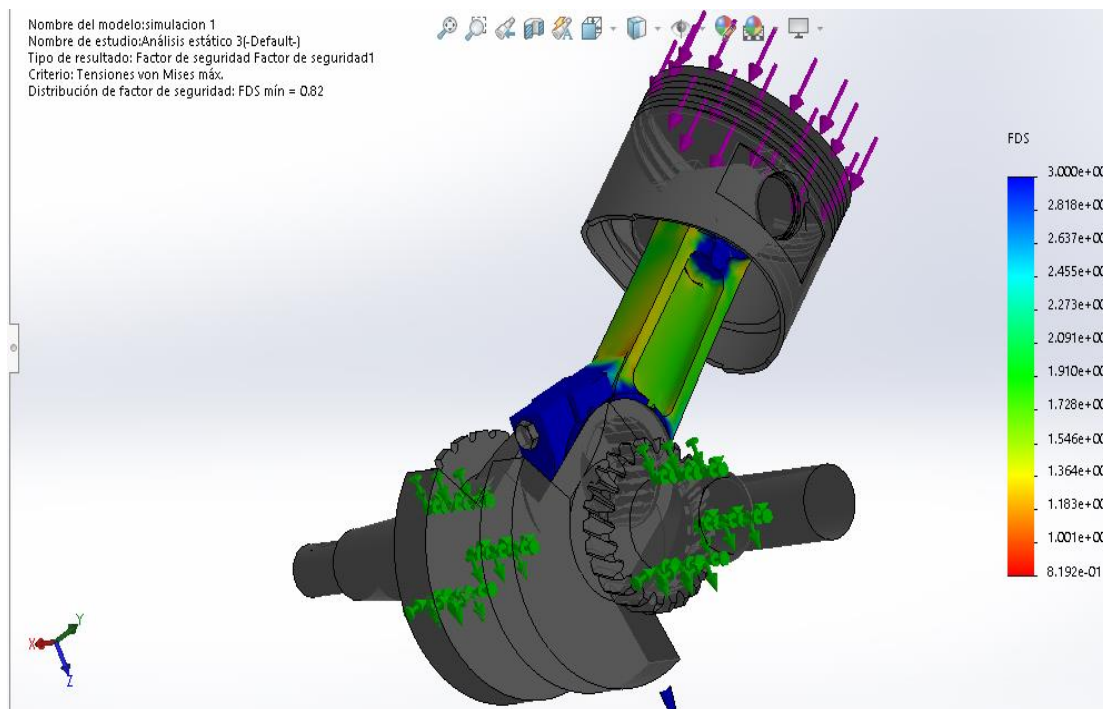


Figura 75. Informe del factor de seguridad mediante Análisis Estático de Von Mises.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

5.22 Resultado del factor de seguridad del brazo de biela.

Es siguiente estudio es de mucha importancia ya que mediante el resultado del análisis del factor de seguridad de Von Mises que entregue el programa, se puede determinar si el elemento de estudio que para este caso es el brazo de biela de la motobomba Honda GX160, soporta el esfuerzo al que está sometido constantemente o se llega a fracturar el elemento.

Existe una manera de cuantificar el esfuerzo y será mediante el factor de seguridad, para este caso en especial el estudio se le realiza al brazo de biela, se define como criterio de seguridad al análisis de Von Mises, el criterio de Von Mises indica que el factor de seguridad se calcula de la siguiente manera será el esfuerzo encontrado en la pieza sobre el límite elástico del material esto nos dará un factor, si el factor es menor que 1 esto quiere decir que el elemento no soporta la carga a la que está sometida en primer caso porque presenta deformación plástica o en segundo caso el elemento presenta la ruptura.

En la gráfica 76 se aprecia que la parte de la cabeza de la biela en los puntos de color rojo está por debajo del factor de seguridad según el criterio de Von Mises lo que está próxima a ocurrir deformaciones plásticas o ruptura del elemento.

Es por este caso en particular que se está realizando este estudio, debido a que en ocasiones mientras el motor está en funcionamiento a alto régimen de trabajo el brazo de biela se termina fracturando, y según este análisis por el criterio de Von Mises indica que el factor de seguridad está por debajo del mínimo permitido lo es probable que el brazo de biela sufra deformación plástica o termine en fracturando.

También se debe tener en cuenta que mientras el brazo de biela está en funcionamiento a su vez está siendo lubricado y refrigerado por el aceite interno en el motor disminuyendo su posibilidad a que sufra deformaciones plásticas o que llegue a la fractura inmediata.

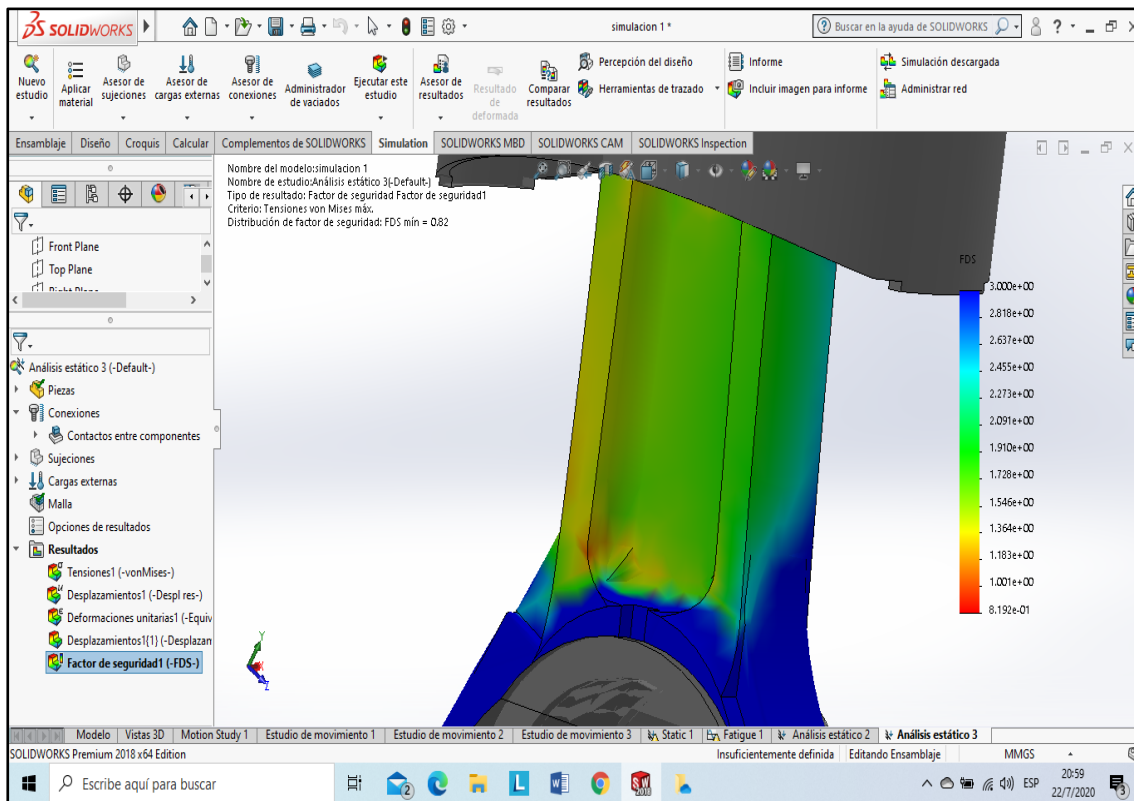


Figura 76. Imagen del factor de seguridad sobre el brazo de biela.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

A continuación en la gráfica 77 se encuentra el factor de seguridad de Von Mises esto indica que las zonas que se presentan en rojo se está presentando un factor de seguridad por menos de 1 permitido, al indicar que el factor de seguridad para este punto es de 0,82 para este caso que como resultado es un número inferior al criterio del Von Mises, lo que se puede mejorar como primera opción es modificar la geometría es decir rediseñar el elemento, como segunda opción para mejorar en factor de seguridad es cambiar el material del elemento, ya que al cambiar el material el límite elástico también cambiaría permitiendo que el factor de seguridad aumente.

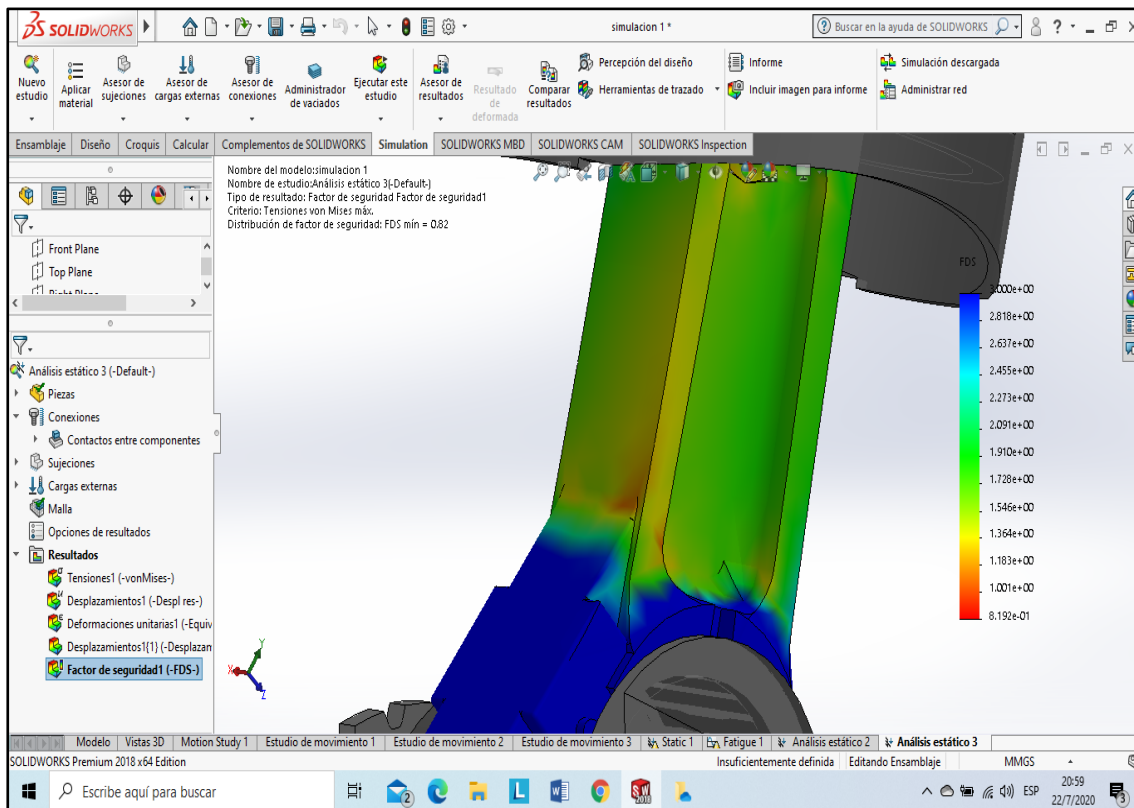


Figura 77. Imagen del factor de seguridad sobre el brazo de biela.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

5.23 Factor de seguridad para esfuerzo máximo en el brazo de biela mediante el análisis de Von Mises.

5.24 Resultado del factor de seguridad del brazo de biela para esfuerzo máximo aplicados sobre el pistón.

En la gráfica 78 se puede apreciar que el factor de seguridad en el brazo de biela según el análisis y el criterio de Von Mises este resultado está muy por debajo de lo permitido, entonces el factor de seguridad resultante para una fuerza máxima aplicada sobre la cabeza del pistón es de 0,12 para el material del brazo de biela, lo que indica que si esta fuerza se aplica sobre el pistón el brazo de biela sufre una deformación plástica excesiva o termina en fractura, ya que no soporta los valores de esfuerzos máximos.

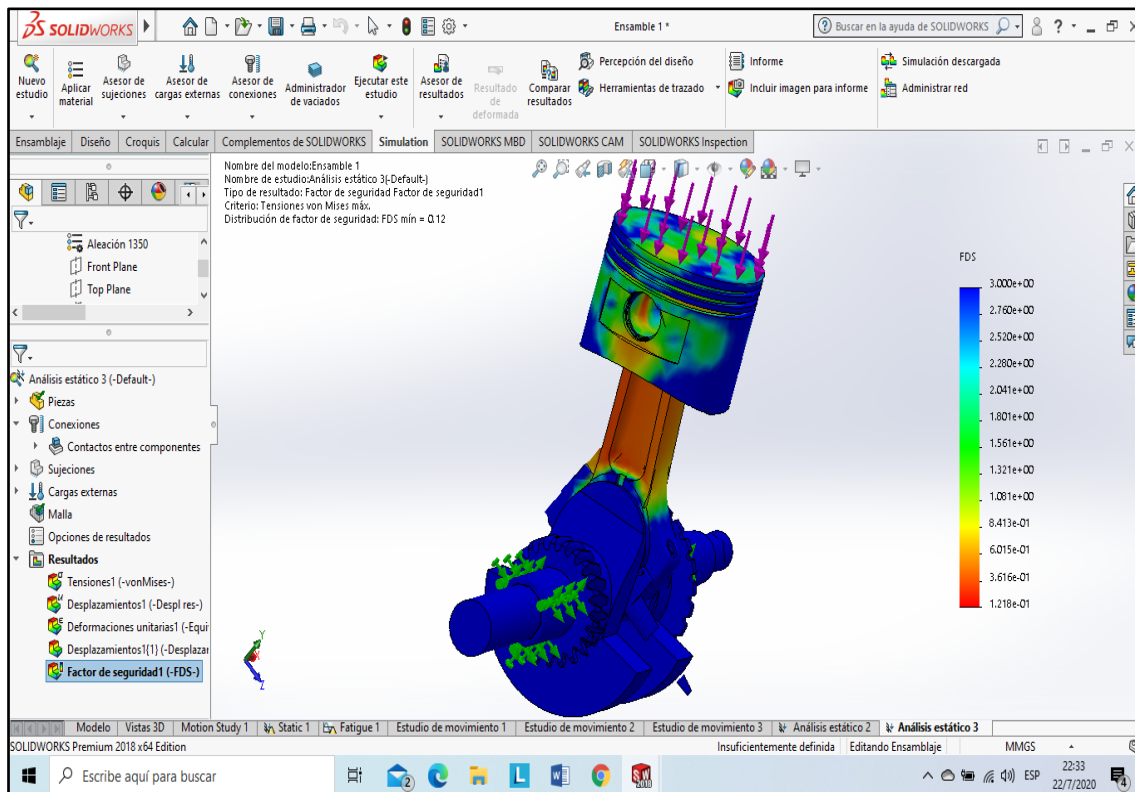


Figura 78. Imagen del esfuerzo máximo y factor de seguridad sobre el brazo de biela.

Dibujado por Stalin Ronquillo R

5.25 Mejoras en el brazo de biela según el factor de seguridad.

Según el análisis de Von Mises realizado al brazo de biela y mediante el criterio del factor de seguridad para mejoras del elemento se puede realizar un rediseño esto puede darse en, un cambio del material y un rediseño del elemento para mejoras y así pueda soportar mejor los esfuerzos.

En lo que respecta al cambio de material se pueden elegir otros materiales tales como, aleaciones de aluminio o en su debido caso hierro fundido, cuando se desee realizar un rediseño esto puede ser en cambiar el diseño inicial de la biela, y realizar algún otro que pueda soportar los esfuerzos.

A caso personal y por experiencia propia con el manejo de equipo de motobombas Honda en campos agrícolas donde los equipos trabajan entre 8 y 14 horas diarias recomiendo

que al empezar un cultivo sea este de arroz o si se da el caso donde la motobomba estará en funcionamiento por varios días, se recomienda lo siguiente, se inicie cambio de aceite, limpieza en la alimentación de combustible, limpieza en el sistema de alimentación de aire, una descarbonización de los conductos de admisión y escape, el recambio del brazo de biela original debido a su fatiga por largas horas de trabajo, las recomendaciones que planteo se dan ya que he tenido experiencias con estos motores.

Ya que son una línea excelente de trabajo en campos agrícolas, por ser livianos para su transportación y fáciles en su encendido, las recomendaciones antes mencionadas las planteo por evitar a futuro posibles daños o fracturas en algún elemento del motor.

5.26 Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento a realizar constas de chequeos periódicos al motor que a su vez son de beneficio para el correcto funcionamiento del equipo, este mantenimiento consta de una revisión periódica de los siguientes componentes. (Maquitec , 2020)

Consta de la revisión periódica de la Bujía, Filtro de Aire, drenaje del Carburador, Tanque de Combustible, revisiones de mangueras de combustibles, cañerías de salidas de gases del Carter, cable de Bujía, Reparación de pérdida de aceite y cambio de aceite. (Maquitec , 2020)

Esto permite fallos repetitivos, alargar la vida útil del motor, disminuir costo en las reparaciones y detectar puntos débiles en las instalaciones, que es de vital importancia llevar a cabo el mantenimiento preventivo. (Maquitec , 2020)

5.27 Herramientas.

Listado de herramientas para realizar el mantenimiento preventivo se necesita un juego de herramientas básicas tales como:

- Juego de destornilladores.
- Llaves número, 8mm, 10mm y 12mm.
- Alicates.
- Pinzas.
- Franela.
- Desengrasante.
- Juntas (empaques).
- Dado de copa para bujía.

Para proceder con el mantenimiento preventivo seguir los siguientes pasos: (Maquitec , 2020)

- Revisar diariamente el nivel de aceite del motor, asegurándose de no sobrepasar el nivel requerido y en caso de hacer falta adicionar la cantidad que se requiera.
- Cambiar el aceite del motor en sus primeras 20 Horas de trabajo.
- Los cambios posteriores se realizan cada 50 Horas de trabajo.
- Se recomienda los lubricantes con clasificación 20W50.
- Lavar diariamente la espuma del filtro de aire con agua y jabón, dejar secar antes de ubicar nuevamente.
- Cambiar los filtros de aire de papel cuando estén saturados o cada 200 horas.
- El reservorio del combustible debe de estar totalmente limpio.
- Revisar tuercas y tornillos y ajustando periódicamente cuando se lo requiera.
- La inclinación del motor no debe ser mayor de 25 grados debido a que este equipo está protegido con un sistema de nivel de aceite el cual actúa cuando la cantidad de este es menor a la recomendada.

- Siempre se debe trabajar el motor a su máxima aceleración para evitar problemas de recalentamiento y picos de vibración.
- Cerrar el paso de combustible cuando no se esté utilizando, en climas muy cálidos o cuando el motor se va a dejar almacenado, dejar el motor encendido al mínimo para agotar el combustible del carburador y conductos.
- El accionamiento de arranque del equipo tiene un punto de partida y una extensión limitada, cuando se encienda el equipo tener en cuenta estos puntos para no dañar el sistema de arranque.

5.27.1 Ventajas del mantenimiento preventivo.

Este mantenimiento permite programar revisiones del motor y de sus partes en base a los estudios realizados y históricos obtenidos del mismo, se realiza un plan de mantenimiento por cada motor que esté operando en el proceso de producción. (Espinosa, 2020)

- Los mantenimientos se los realiza correctamente, exige conocer el motor, estudiar los históricos tomados en anteriores operaciones, esto nos ayudará en gran medida en alargar la vida útil del motor.
- El mantenimiento periódico conlleva un estudio óptimo de conservación por lo que es indispensable una aplicación eficaz para el desarrollo de un correcto sistema de calidad.
- Disminuir los correctivos representa una reducción en los costos de producción lo que aumenta la disponibilidad del equipo en su proceso de producción.

5.27.2 Desventajas de mantenimiento preventivo.

- El mantenimiento y mano de obra se debe realizar por técnicos especializados, lo que determina un gasto por el mantenimiento.
- Si no se realiza un correcto análisis del nivel que el equipo lo requiere con mano de obra calificada, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento.
- El plan de mantenimiento se debe de actualizar cada determinado tiempo, por profesionales y equipo calificado que realice un correcto programa de mantenimiento.

5.28 Mantenimiento correctivo.

El mantenimiento correctivo es el que se ocupa de la reparación una vez producido el daño en el motor, esto ocasiona que el motor pare su funcionamiento causado por el daño repentino. (Espinosa, 2020)

Un buen mantenimiento es esencial para conseguir una operación segura, económica y exenta de problemas, ayudará también a reducir la contaminación. El cronograma de mantenimiento que se realiza ayuda a cuidar adecuadamente el motor además se presenta un programa de mantenimiento, procedimiento de inspección rutinario, y simple procedimientos de reparaciones empleando herramientas manuales básicas, como se presentan en la figura 79. Las tareas de mantenimiento que son más complejas, o que requieren herramientas especiales se recomienda que las realice un profesional especializado y normalmente las lleva a cabo un mecánico de Honda u otro mecánico calificado. (GX160, Honda GX120., 2020)

5.29 Programa de mantenimiento.

PERÍODO DE SERVICIO REGULAR (3) Efectúelo a cada intervalo Indicado de meses o de horas de funcionamiento, lo que primero acontezca.		Cada utilización	Primer mes o 20 horas	Cada 3 meses o 50 horas	Cada 6 meses o 100 horas	Cada año o 300 horas	Consulte la página
ELEMENTO							
Aceite de motor	Comprobar el nivel	○					6
	Cambiar		○		○		7
Filtro de aire	Comprobar	○					8
	Limpiar			○ (1)			8
	Reemplazar					○ *	
Bujía	Comprobar-ajustar				○		8
	Reemplazar					○	
Velocidad de ralenti	Comprobar-ajustar					○ (2)	9
Holgura de válvulas	Comprobar-ajustar					○ (2)	Manual de taller
Cámara de combustión	Limpiar	Después de cada 500 horas (2)					Manual de taller
Depósito y filtro de combustible	Limpiar				○ (2)		Manual de taller
Tubo de combustible	Comprobar	Cada 2 años (Reemplazar si es necesario) (2)					Manual de taller

Figura 79. Imagen del cronograma de mantenimiento de Honda.

(GX160, Honda GX120., 2020)

5.29.1 Ventajas del mantenimiento correctivo.

Cada mantenimiento se realizará con un estudio previo del motor, llevando un análisis de ciertos componentes que representan posibles daños graves al motor una vez que se verifican daños próximos a ser causa de paro repentino del motor, este se debe parar y entrar en fase de reposición de componentes. (Espinosa, 2020)

- Si la maquina está preparada para su intervención en el daño ocasionado este será rápida y la reposición en la mayoría de los casos será con el mínimo de tiempo.

- No se necesita una infraestructura con grandes dimensiones ya que un equipo competente será lo suficiente, por lo tanto, el valor estimado por mano de obra será mínimo.
- Es rentable en motores que no intervienen de manera rápida en la producción, donde el remplazo de otro equipo será de bajo costo.

5.29.2 Desventajas del mantenimiento correctivo.

En el mantenimiento correctivo que se determina el recambio de ciertos componentes también tenemos desventajas que son desfavorables en la producción permitiéndonos hacer las reparaciones en el menor tiempo posible. (Espinosa, 2020)

1. Se ocasionan paradas y daños repentinos en la producción viéndose afectado la planificación de manera incontrolada.
2. La reparación que se lleva a cabo es de baja calidad debido a la rapidez con la que se realizan los cambios de piezas en el equipo.
3. A menudo se generan otros daños al cabo del tiempo por malas reparaciones debido al remplazo de solo ciertas piezas en el motor, por lo que no se le realizan el mantenimiento adecuado.

5.30 Manual del propietario de la motobomba Honda.

El siguiente manual que Honda presenta para la gama de los motores GX120 y GX160 permite conocer de manera más clara partes y componentes de los motores, esto permite que el propietario pueda conocer y operar de manera segura los motores, realizarle mantenimientos y remplazar componentes según amerite hacerlo, además honda extiende un programa de mantenimiento para en propietario. (GX160, Honda GX120., 2020)

5.31 Conclusiones.

Al aplicarle los esfuerzos obtenidos de los cálculos sobre la cabeza del pistón estos se ven reflejados en el brazo de biela, se determina que la parte del elemento en la que más se están concentrando estos esfuerzos es en el cuerpo, cerca de la cabeza de biela esto quiere decir cerca de la parte unida al cigüeñal.

Se determina que mediante el análisis del factor de seguridad según el criterio de Von Mises los puntos más críticos y con mayor posibilidad a sufrir deformación plástica o ruptura del elemento es la parte baja del cuerpo de biela cerca de la cabeza de biela junto al cigüeñal con un factor de seguridad de 0.82.

Al analizar los esfuerzos máximos aplicados sobre el pistón mediante el software SolidWorks 2018 en el brazo de biela se ve reflejado un cambio drástico de coloración lo que indica el criterio de Von Mises es que su factor de seguridad es de 0,12 por lo tanto el elemento no soporta dicha fuerza.

5.32 Recomendaciones.

Se recomienda realizar mantenimiento preventivo antes de empezar con su funcionamiento u operación y de ser necesario un mantenimiento correctivo a las partes principales móviles, para un correcto funcionamiento del equipo.

Los manteamientos correctivos se deben de realizar en el tiempo establecido por el técnico especializado, permitiendo así que el equipo trabaje de manera segura y no ocasione paros repentinos interrumpiendo su trabajo

Se debe cumplir además con el cronograma de mantenimiento del manual del propietario de Honda, donde indica su cambio de aceite según la hora de trabajo, limpieza de los filtros de aire, limpieza del filtro de combustible, etc.

BIBLIOGRAFÍA.

6 Bibliografía

- Aliexpress. (2020). *Biela Honda GX160*. Obtenido de Aliexpress:
https://www.google.com/search?q=brazo+de+biela+honda+gx+160&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjWtbqoocHqAhWJVN8KHXUcDXwQ_AUoAXoECAsQAw&biw=710&bih=620
- Belen Burgos T, Edwin Freire S. (2008). *Fuerzas y Esfuerzos Actuantes en la Biela*. Recuperado el 2019, de Escuela Politecnica Nacional:
[https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/667/1/CD-1610\(2008-07-28-09-59-37\).pdf](https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/667/1/CD-1610(2008-07-28-09-59-37).pdf)
- Cientifico, texto. (14 de Junio de 2020). *Presion de un gas*. Recuperado el 14 de Junio de 2020, de Textos cientificos: <https://www.textoscientificos.com/quimica/gases/presion-gas>
- Crouse, W. H. (1993). Mecánica del automovil. En W. H. Crouse, *Mecánica del automovil* (pág. 114). Barcelona: McGraw Hill.
- Dimarsa.cl. (2019). *Características principales del brazo de biela*. Obtenido de Dimarsa.cl:
<https://www.dimarsa.cl/store/motor-gx-160-ut1-qxu-5-5-hp.html>
- Earth, google. (31 de Julio de 2020). *Cordenadas de terreno*. Obtenido de Herth, Google:
<https://earth.google.com/web/search/SALITRE/@-1.79270655,-79.81368978,4.91744276a,2375.6256868d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCZYVCpW-hDRAEYJVCpW-hDTAGRBHztFyvkJAIAAYpRxX9WLA>

E-auto. (2020). *Normas de ajuste y tolerancia*. Obtenido de Ajuste de Motor: <https://www.e-auto.com.mx/enuw/index.php/85-boletines-tecnicos/6388-ajuste-de-motor-normas-de-ajuste>

Espinosa, M. A. (28 de Junio de 2020). *Mantenimiento a un motor de combustion interna*. Obtenido de Studylib: <https://studylib.es/doc/7523651/mantenimiento-correctivo-a-un-motor-de-combustion-interna>

Esss. (9 de Julio de 2020). *Metodo de los elementos finitos*. Obtenido de Mirlisenna, Giuseppe: <https://www.esss.co/es/blog/metodo-de-los-elementos-finitos-que-es/>

Fisicanet. (5 de Julio de 2020). *Estatica* . Obtenido de Fisicanet: www.fisicanet.com

Grupo Tecnología Mecánica. (2009). *Proceso de Fabricación*. Recuperado el 16 de mayo de 2019, de Ajustes y tolerancias: <http://www3.fi.mdp.edu.ar/tecnologia/archivos/TecFab/11.pdf>

Gx160, Biela Honda. (10 de Julio de 2020). *Biela Honda*. Obtenido de Honda: https://www.google.com/search?q=biela+honda+gx160&tbm=isch&ved=2ahUKEwjP5qK6qcPqAhWBjFkKHyrMBBYQ2-cCegQIABAA&oq=biela+honda+gx160&gs_lcp=CgNpbWcQAzIECAAQGFDsmwFY4LABYIG6AWgAcAB4AIABlgSIAeUokgELMC4yLjQuNi4zLjGYAQCgAQQgAQtnD3Mtd2l6LWltZw&sclient=img&ei=s7QI

GX160, Honda GX120. (28 de Junio de 2020). *Manual del propietario honda gx120. gx160*. Obtenido de Powerequipment.honda: www.cdn.powerequipment.honda.com

Honda. (5 de marzo de 2010). *Manual de servicio Honda*. Recuperado el 12 de mayo de 2019, de Manuals.ggp-group gx160: [http://manuals.ggp-group.com/GX120_GX160_GX200_ESPAGNOL%20\(35ZH7620\).pdf](http://manuals.ggp-group.com/GX120_GX160_GX200_ESPAGNOL%20(35ZH7620).pdf)

Honda. (6 de Julio de 2020). *Motor Honda*. Obtenido de Honda Engines: www.honda-engine-eu.com

Leon, M. A. (9 de agosto de 2014). *Partes móviles del motor*. Recuperado el 10 de mayo de 2019, de Cecap: https://es.slideshare.net/marcosaperez5/partes-moviles-del-motor?qid=0db33f73-571e-4790-94ba-fe10eebfdebf&v=&b=&from_search=1

Lubral. (5 de Julio de 2020). *Lubricación Y Viscosidad*. Obtenido de Lubral: www.Lubral.com

lubricacion. (9 de Agosto de 2016). Recuperado el 16 de mayo de 2019, de <http://www.metalurgicavulcano.com/uploads/canales-de-lubricacion-1487719387.pdf>

Maquitec . (22 de Junio de 2020). *Mantenimiento motor gasolina*. Recuperado el 22 de Junio de 2020, de Maquitec: <https://www.youtube.com/watch?v=vuY4ptAy9Hg>

Matehmáticas. (14 de Junio de 2020). *presion de gases, fuerza del émbolo*. Recuperado el 14 de Junio de 2020, de <https://www.youtube.com/watch?v=bkjFP7vxkwo>:
<https://www.youtube.com/watch?v=bkjFP7vxkwo>

Método de los elementos finitos. (mayo de 2019). *Método de los elementos finitos*. Recuperado el 2019, de Introducción al método de los elementos finitos: http://ocw.uc3m.es/mecanica-de-medios-continuos-y-teoria-de-estructuras/ingenieria-estructural/material-de-clase-1/apuntes/Capitulo_9.-Introduccion_al_metodo_de_los_elementos_finitos.pdf

Motor, Actualidad. (10 de Julio de 2020). *Biela y partes* . Obtenido de Actualidad motor: <https://www.actualidadmotor.com/la-biela-partes-y-funcin/>

Motorservice. (10 de Julio de 2020). *Averias en los cojinetes*. Obtenido de Motorservice: <https://www.ms-motorservice.com/es/tecnipedia/post/averias-en-los-cojinetes-de-friccion-debido-a-la-accion-de-las-particulas/>

- MS Motorservice International. (2020). *Montaje de los pistones*. Obtenido de Motorservice internacional: <https://www.ms-motorservice.com/es/tecnicapedia/post/montaje-de-los-pistones/>
- Nelson. (s.f.). *Clases de Aceites y Lubricantes*. Recuperado el 2019, de Monografias: <https://www.monografias.com/trabajos15/aceites/aceites.shtml>
- Noriawebmanager. (5 de Julio de 2020). *Lubricantes*. Obtenido de Noria: www.noria.com
- Ptolomeo. (12 de Julio de 2020). *Elementos finitos*. Obtenido de Ptolomeo: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/2548/11/011-MPM-Cap8-Final.pdf>
- Rdz, I. J. (9 de Julio de 2020). *Elementos Finitos*. Obtenido de Eprints: <http://eprints.uanl.mx/228/1/1020070633.PDF>
- Sanchez, P. R. (12 de Julio de 2020). *Analisis de esfuerzo estructural*. Obtenido de Biblioteca Unirioja: https://biblioteca.unirioja.es/tfe_e/TFE004335.pdf
- Sena. (2 de enero de 1995). *Tecnicas de lubricacion*. Recuperado el 16 de mayo de 2019, de Repositorio Sena : https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/777/1/tecnicas_lubricacion.pdf
- Systemes, dassault. (9 de Julio de 2020). *Asistente de Solidworks*. Obtenido de Ayuda de Solidworks: www.dassaultsystemes.com
- Tasyap.org. (8 de julio de 2020). *Brazo de biela*. Obtenido de Tasyap: <https://bo.tasyap.org/9287-homemade-buggy-or-second-go-kart.html>
- Todomecanica. (5 de Abril de 2018). *Organos de movimiento alternativo*. Recuperado el 10 de mayo de 2019, de Motores y sus sistemas auxiliares.: https://www.todomecanica.com/recursos/organos_movimiento_alternativo.pdf

TotalMotors. (11 de Julio de 2020). *Biela del motor*. Obtenido de Totalmotors:

<https://www.youtube.com/watch?v=MYIUWtG1aqM>

UIDE, INNOVA. (10 de Julio de 2020). *Esfuerzos Estructurales de la biela*. Obtenido de

Repositorio

UIDE:

<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/3551/3/document%20%2813%29.pdf>

Vega, Cesar. (10 de Julio de 2020). *Brazo de biela*. Obtenido de Proyecto Biela:

https://www.academia.edu/36925238/PROYECTO_BIELA

Victor Morillo, R. I. (2018). *Determinación de la carga Mecánica Máxima*. Obtenido de Texto

Científico: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7110/2/ARTICULO.pdf>