



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

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

**TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MARCO PROTOTIPO
DE UNA BICICLETA URBANA”**

AUTOR: JOSÉ DAVID GONZÁLES SÁNCHEZ

DIRECTOR: ING. ROMMEL IMBAQUINGO

IBARRA-ECUADOR

2018

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR


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

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es "Diseño y Construcción de un Prototipo de una Bicicleta Urbana" presentado por el señor: José David González Sánchez con número de cédula, 1003389630 doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 26 días del mes Febrero del 2018.

Atentamente



Rommel Imbaquingo
Ing. Rommel Imbaquingo

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

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

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003389630
APELLIDOS Y NOMBRES:	Gonzales Sánchez José David
DIRECCIÓN:	Ibarra
EMAIL:	d-avidsqj@hotmail.com
TELEFONO FIJO:	2930-203 TELEFONO MÓVIL: 0984126807
DATOS DE CONTACTO	

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Diseño y Construcción de un Prototipo de una Bicicleta Urbana
AUTORES:	José David Gonzales Sánchez
FECHA:	26 de Febrero de 2018
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR/DIRECTOR	Ing. Rommel Imbaquingo

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, José David Gonzáles Sánchez con cédula de identidad Nro. 1003389630, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el

Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 26 días del mes de Febrero de 2018

AUTOR:



Firma

José David Gonzáles Sánchez

C.C

1003389630



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO

Yo, **José David Gonzáles Sánchez** con cédula de identidad Nro. **1003389630**, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado **Diseño y Construcción de un Prototipo de una Bicicleta Urbana**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ** en la Universidad Técnica del Norte quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi Condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma

José David Gonzáles Sánchez

Nombre completo

C.C

1003389630

Ibarra, a los 26 días del mes de Febrero de 2018

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado en primer lugar a Dios, quien con su voluntad me ha dado fuerzas , supo enseñarme día a día la luz para el camino correcto, a mis queridos padres que han luchado siempre, ellos sembraron en mi la semilla del amor, valores , honestidad, sacrificio, entre muchos más, mis padres siempre me están apoyando tanto en lo espiritual, moral y económico, siempre han sido el pilar fundamental para seguir adelante, haciendo posible la culminación con éxito de esta etapa muy importante en mi vida profesional.

A toda mi familia quienes han sido el motor que impulsaron en mí, para que yo pueda ser un ejemplo para la generación que viene, todo me sirvió de mucho apoyo moral y me ha ayudado a terminar esta epata más en mi vida.

A mi hija amada que con sus primeros latidos y con sus primeras travesuras me ha enseñado, mucho, ella ha sido mi base fundamental para continuar y así luchar todos los días, por darle un ejemplo y una nueva esperanza.

A mi amada esposa que con su sincero amor me ha enseñado a valorar la vida, la cual desde el día que entro a mi vida, ella siempre está apoyándome, en los buenos y malos momentos, siempre ha sido el pilar fundamental para seguir luchando por un bienestar familiar y amoroso.

Este trabajo también va dedicado a todos los profesores que durante todos estos años han tenido la paciencia, sabiduría, para transmitirme todos sus conocimientos y experiencias, formando así una persona de bien tanto en lo humano como en lo profesional.

Dedicación también a la prestigiosa, respetada UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE que con tanto amor me abrió las puertas de sus aulas para poder formarme como profesional y ayudarme a ser una persona útil para la sociedad.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios por ser mi grande guía espiritual todos los días , a mis amados padres eternamente agradecido, muy orgulloso de que siempre han luchado por darme un ejemplo, agradezco a mi querida hija y esposa que han sido mi razón de ser, mi motivación para seguir todos los días hacia delante, a todas las personas, familiares y amigos que me han fortalecido con sus consejos, apoyo moral de todas las personas que han formado parte de mi vida muy agradecido por siempre estar pendiente todos han sido parte importante para la culminación de este proyecto.

A la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE por ser el medio en el cual se me permitió estudiar hasta lograr alcanzar mi título universitario y todos mis profesores que aparte de ser grandes profesionales también han sido grandes amigos, a todos mis compañeros que siempre han fomentado en mí una sana competencia.

Gracias a todos

ÍNDICE CONTENIDOS

	Pag.
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE CONTENIDOS	VII
ÍNDICE DE ANEXOS	X
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE ECUACIONES	XV
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVII
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.4. DELIMITACIÓN	3
1.4.1. TEMPORAL	3
1.4.2. ESPACIAL	3
1.5. OBJETIVOS	3
1.5.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	4
1.6. JUSTIFICACIÓN	4
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.	6
2.1. HISTORIA DE LA BICICLETA.	6
2.2. PARTES DE UNA BICICLETA	8
2.2.1. CUADRO	9
2.2.2. SISTEMA DE PROPULSIÓN	9
2.2.3. SISTEMA DE DIRECCIÓN	10
2.2.3.1. Horquilla	10
2.2.3.2. Manilla o volante	11
2.2.3.3. Potencia	11
2.2.4. SISTEMA DE FRENOS	11
2.2.4.1. Caliper	11
2.2.4.2. Cantilever	12
2.2.4.3. V-brake	12
2.3. TIPOS DE BICICLETAS	13
2.3.1. MONTAÑERA	13
2.3.2. DE CARRETERAS	14
2.3.2.1. Carreras	15
2.3.2.2. Triatlón	15
2.3.2.3. Touring	16
2.3.3. URBANA	16
2.3.3.1. Bicicletas de tracción humana.	16
2.3.3.2. Bicicletas híbridas.	17
2.3.3.3. Bici-moto	18
2.3.3.4. Bici eléctrica para caminar	18

2.3.3.5. Bici eléctrica	18
2.3.3.6. Bici- con motor de combustión interna	19
2.4. MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BICICLETAS.	19
2.5. DISEÑO DE BICICLETAS	21
3. METODOLOGÍA	26
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	26
3.1.1. INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA	26
3.1.2. INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA	26
3.1.3. INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA	27
3.1.4. INVESTIGACIÓN TRANSVERSAL	27
3.1.5. INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA	27
3.2. TIPOS DE MÉTODOS	27
3.2.1. MÉTODO ANALÍTICO – SINTÉTICO	27
3.2.2. MÉTODO INDUCTIVO – DEDUCTIVO	27
3.3. TÉCNICAS	28
3.4. INSTRUMENTOS	28
3.5. TIPOS DE BICICLETAS URBANAS	28
3.5.1. BICICLETAS PLEGABLES	28
3.5.2. BICICLETAS ELÉCTRICAS	29
3.5.3. BICICLETAS CONVENCIONALES	29
3.5.4. PROCESO DE SELECCIÓN DEL TIPO DE BICICLETA	29
3.6. ENCUESTA	31
3.7. DISEÑO DEL MARCO DE BICICLETA	32
3.7.1. CASA DE LA CALIDAD	32
3.7.1.1. Datos demográficos	32
3.7.1.2. Características de una bicicleta urbana.	32
3.8. CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DEL MARCO DE BICICLETA	38
3.8.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL	38
3.8.1.1. Análisis estático.	39
3.8.1.2. Análisis a fatiga	40
3.9. SIMULACIÓN	42
3.9.1. MATERIALES Y EQUIPOS	42
3.9.2. PROCESO DE SIMULACIÓN	43
3.9.2.1. Modelado.	43
3.9.2.2. Transportar la geometría al simulador.	43
3.9.2.3. Esquematización de módulos.	43
3.9.2.4. Condiciones de frontera.	44
3.9.2.5. Selección del material.	44
3.9.2.6. Mallado	45
3.9.2.7. Esquema para la evaluación de la estructura.	46
4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA, DISEÑO Y SIMULACIÓN	47
4.1. DISEÑO DEL CUADRO DE LA BICICLETA URBANA	47
4.1.1. GEOMETRÍA DEL CUADRO	47
4.1.2. PUNTOS DE APOYO Y FUERZAS APLICADAS	49
4.1.2.1. Reacciones en estado de reposo de la bicicleta	49
4.1.2.2. Reacciones en movimiento de la bicicleta	50
4.1.2.3. Modelado del cuadro	51
4.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL	53
4.2.1. RESULTADOS DEL DISEÑO ESTÁTICO	57

4.2.1.1. Resultados mediante la aplicación de fórmulas.	57
4.2.1.2. Cálculos del factor de seguridad	58
4.2.1.3. Resultados de la simulación.	59
4.2.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS A (FATIGA)	61
4.2.2.1. Resultados mediante la aplicación de fórmulas.	61
4.2.2.2. Resultados de la simulación	66
4.3. RESULTADOS DE DEFORMACIONES DE LA SIMULACIÓN	68
4.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	70
4.4.1. DETERMINACIÓN DEL MATERIAL Y ÁNGULO	72
5. CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO Y PRUEBAS	73
5.1.1. MARCO DE BICICLETA	74
5.1.1.1. Corte.	75
5.1.1.2. Soldadura.	75
5.1.1.3. Pulido.	76
5.1.2. BASE PARA LA SUJECIÓN DEL CUADRO	77
5.2. PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE PRUEBAS	80
5.2.1. DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS Y MATERIALES	80
5.2.1.1. Herramientas para la ubicación de galgas.	80
5.2.1.2. . Prensa hidráulica.	80
5.2.1.3. Sensor o celda de carga tipo S.	81
5.2.1.4. Simulador de carga.	82
5.2.1.5. Equipo medidor de deformaciones.	82
5.2.1.6. Galgas extensiométricas.	83
5.2.2. INSTALACIÓN DE LAS GALGAS	84
5.3. TOMA DE DATOS	85
5.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	87
5.5. COSTO DE FABRICACIÓN DEL MARCO DE BICICLETA	89
5.5.1. COSTOS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL MOSCO DE LA BICICLETA	89
5.6. SELECCIÓN DE LAS DISTINTAS PIEZAS PARA EL ARMADO COMPLETO DE LA BICICLETA	91
CONCLUSIONES	92
RECOMENDACIONES	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO LETRA	DESCRIPCIÓN	PAG.
A	Encuestas	100
B	Pesos correspondientes a las medidas	102
C	Planos de la bicicleta	103

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NUM.	DESCRIPCIÓN	PAG.
2.1	Factores de diseño	9
2.2	Medidas para el diseño de una bicicleta	24
3.1	Alternativas de bicicletas a estudiar	29
3.2	Criterios de selección	30
3.3	Calificación	30
3.4	Calificación y ponderaciones	31
3.5	Resultados	31
3.6	Resultados de la encuesta para la pregunta 7	34
3.7	Resultados de la encuesta para la pregunta 8	34
3.8	Parámetros en el factor de la condición superficial	41
3.9	Tabla de confiabilidad	42
4.1	Esfuerzo de Von Mises para todas las estructuras	57
4.2	Propiedades mecánicas de acero estructural A-36	57
4.3	Propiedades mecánicas del aluminio	57
4.4	Cálculo del factor de seguridad	58
4.5	Resultados mínimos, del factor de seguridad en estado estático	61
4.6	Resultados de los factores del análisis a fatiga	64
4.7	Resultados mínimos del factor de seguridad	65
4.8	Resultados mínimos del factor de seguridad para análisis a fatiga	68
4.9	Resultados de las deformaciones máximas de los distintos marcos	70
4.10	Comparación de resultados	71
5.1	Toma de datos 1	85
5.2	Toma de datos 2	86
5.3	Tabla comparativa de los resultados obtenidos de las deformaciones	87
5.4	Materiales utilizados en la construcción del marco de bicicleta	89
5.5	Procesos constructivos utilizados en la fabricación de la bicicleta	89
5.6	Costos de Accesorios y pruebas	90
5.7	Costo total de proyecto	90
5.8	Costo total de la bicicleta	90
B1.1	Pesos de hombres y mujeres	102

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NUM.	DESCRIPCIÓN	PAG.
2.1	La primera bicicleta Máquina andante	6
2.2	Bicicleta común	7
2.3	Bicicleta de tracción eléctrica	8
2.4	Partes de la bicicleta	8
2.5	Partes del cuadro de la bicicleta	9
2.6	Sistema de propulsión de las bicicletas	10
2.7	Horquilla	10
2.8	Potencias con rosca y abrazaderas	11
2.9	Frenos con accionamiento de cables	12
2.10	Frenos de tambor	12
2.11	Frenos de disco	13
2.12	Bicicleta montañera	14
2.13	Bicicleta de carreras	15
2.14	Bicicleta de carreras de touring	16
2.15	Bicicleta urbana	17
2.16	bicicleta urbana de doble rueda	17
2.17	Bicicleta urbana híbrida	18
2.18	Cuadro de acero	19
2.19	Cuadro de Aluminio	20
2.20	Cuadro de Titanio	20
2.21	Cuadro de Carbono	21
2.22	Rangos de medición generales de las bicicletas	22
2.23	Medidas de los ejes de las ruedas y pedales	22
2.24	Medidas de posicionamiento del cuadro	23
2.25	Ángulos del marco de la bicicleta	23
2.26	Modelado en 3d de la transmisión de una bicicleta, en Solidworks	24
2.27	Simulación del marco de una bicicleta en ansys estudiantil	25
3.1	Resultados	32
3.2	Tipos de bicicletas	34
3.3	Precio	35
3.4	Casa de la calidad	37
3.5	Diagrama de energía de distorsión	39
3.6	Esquemmatización de módulos	43
3.7	Ubicación de condiciones de contorno	44
3.8	Selección de acero estructural A-36	44
3.9	Selección de la aleación de aluminio	45

3.10	Mallado	45
3.11	Especificaciones para el mallado	46
3.12	Detalle estadístico del mallado	46
3.13	Árbol para la solución de los distintos parámetros	46
4.1	Geometría del marco de bicicleta	47
4.2	Geometría del marco de bicicleta y dimensiones de tubería a utilizar	48
4.3	Ángulos principales en una bicicleta	48
4.4	Diagrama de cuerpo libre para el estado estático	49
4.5	Puntos de apoyo en estado estático, sobre el cuadro	49
4.6	Puntos de apoyo en estado estático sobre el cuadro	51
4.7	Tubos primarios	51
4.8	Estructura de 73°	52
4.9	Estructura de 85°	52
4.10	Diagrama de fuerzas (estructura de 73°)	54
4.11	Diagrama de fuerzas (estructura de 85°)	54
4.12	Esfuerzo de Von Mises, para el marco de 73° con acero	55
4.13	Esfuerzo de Von Mises, para el marco de 73° con aluminio	55
4.14	Esfuerzo de Von Mises, para el marco de 85° con acero	56
4.15	Esfuerzo de Von Mises, para el marco de 85° con aluminio	56
4.16	Factor de seguridad, análisis estático estructura de 73° con acero	59
4.17	Factor de seguridad, análisis estático estructura de 73° con aluminio	59
4.18	Factor de seguridad, análisis estático estructura de 85° con acero	60
4.19	Factor de seguridad, análisis estático estructura de 85° con aluminio	60
4.20	Punto crítico	62
4.21	Selección del punto crítico	62
4.22	Cargas en el punto crítico de la bicicleta	63
4.23	Esquemmatización de esfuerzos	63
4.24	Diagrama de fatiga	66
4.25	Factor de seguridad, análisis a fatiga estructura de 73° con acero	66
4.26	Factor de seguridad, análisis a fatiga estructura de 73° con aluminio	67
4.27	Factor de seguridad, análisis a fatiga estructura de 85° con acero	67
4.28	Factor de seguridad, análisis a fatiga estructura de 85° con aluminio	68
4.29	Deformación del marco con de ángulo 73°, con acero	68
4.30	Deformación del marco con de ángulo 73°, con aluminio	69

4.31	Deformación del marco con de ángulo 85°, con acero	69
4.32	Deformación del marco con de ángulo 85°, con aluminio	70
4.33	Marco de acero de 73°, para construir	72
4.34	Marco de acero de 73°, para construir vista isométrica	72
5.1	Modelo del marco de bicicleta en 3-D	73
5.2	Modelo del marco de bicicleta construido	73
5.3	Marco de bicicleta y base	74
5.4	Esquematación del marco de bicicleta	75
5.5	Corte de los tubos	75
5.6	Soldadura de los tubos	76
5.7	Marco completamente pulido	76
5.8	Ubicación de piezas sobre el marco	77
5.9	Soportes laterales.	77
5.10	Montaje de los soportes y el marco de bicicleta	78
5.11	Medición longitudinal de los soportes laterales	78
5.12	Proceso de corte y soldadura de la base	79
5.13	Base para el marco de la bicicleta finalizado	79
5.14	Equipo necesario para la instalación de galgas extensiométricas	80
5.15	Prensa hidráulica	81
5.16	Sensor de carga tipo S	82
5.17	Simulador de carga	82
5.18	Medidor DMD.22	83
5.19	Galga extensiométrica	83
5.20	Sitios de ubicación de las galgas	84
5.21	Denominación de posición de las galgas.	85
5.22	Gráfica de deformación vs carga primera toma	86
5.23	Gráfica de deformación vs carga segunda toma	86
5.24	Sitios de ubicación de las galgas y resultados de la simulación	87
A1.1	Primera parte de la encuesta	100
A1.2	Segunda parte de la encuesta	101
C1.1	Plano de conjunto de la bicicleta DG-100	104
C1.2	Plano del tubo de dirección DG-101	105
C1.3	Plano del tubo primario inferior DG-102	106
C1.4	Plano de los tubos secundarios inferiores DG-103.	107
C1.5	Plano acoples de la rueda posterior DG-104	108
C1.6	Plano del tubo central DG-105	109
C1.7	Plano del tubo primario inferior DG-106.	110
C1.8	Plano del tubo del eje de pedales DG-107	111
C1.9	Plano de los tubos secundarios superiores DG-108	112

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN NUM.	DESCRIPCIÓN	PAG.
3.1	Esfuerzo de Von Mises	39
3.2	Von Mises simplificado	39
3.3	Factor de seguridad	40
3.4	Límite de resistencia a fatiga	40
3.5	Factor de modificación superficial	41
3.6	Factor de modificación de tamaño	41
3.7	Factor de modificación de temperatura	42
4.1	Sumatoria de fuerzas en Y	49
4.2	Reacciones en (ay) y (by)	49
4.3	Reacciones en a1 y b1	50
4.4	Reacciones en a2 y b2	50
4.5	Peso	50
4.6	Resolución ay	50
4.7	Resolución a1	50
4.8	Resolución a2	50
4.9	Resolución b1	50
4.10	Resolución b2	50
4.11	Esfuerzo de Von Mises	57
4.12	Resolución Factor de seguridad	58
4.13	Límite de fluencia a fatiga	61
4.14	Límite de resistencia en probeta	61
4.15	Factor de modificación superficial para el aluminio	61
4.16	Factor de modificación superficial para el acero	62
4.17	Factor de modificación de tamaño	63
4.18	Igualdad esfuerzo normales	63
4.19	Esfuerzo de Von Mises reemplazado los esfuerzos normales	63
4.20	Resolución ecuación 4.19	63
4.21	Respuesta esfuerzo de Von mises	63
4.22	Fórmula de la ASME elíptica	65
4.23	Resolución ASME elíptica	65
4.24	ASME elíptica Factor de seguridad	65

RESUMEN

En este proyecto se desarrolló una propuesta para el diseño de un marco de bicicleta tipo urbano, con la finalidad de proponer como un prototipo para la implementación como medio de transporte en la UTN (Universidad Técnica del Norte). Durante la preparación de este proyecto se incurrió en la exploración de varias fuentes bibliográficas, por medio de la cuales se estableció un diseño adecuado para el marco de bicicleta, por otro lado también se elaboró una encuesta mediante la cual se estableció las necesidades de los futuros usuarios, así como también se encontró estudios actuales que facilitaron establecer los distintos parámetros, como fórmulas y consideraciones a través de los que se logró obtener el dimensionamiento de la estructura. Para la elaboración de los modelos matemáticos y obtención de resultados se utilizó el Software computacional, donde fue posible encontrar las deformaciones para las tuberías y acoples de la rueda trasera. Después de haber obtenido los distintos valores de la simulación también se calculó los factores de seguridad por medio de aplicación de fórmulas y a través del Software. Una vez desarrollado el modelo, se realizó la construcción con sus debidas especificaciones, que fueron encontradas durante los análisis de diseño estático. También, el marco construido fue sometido a una prueba práctica, con el objetivo de validar la información obtenida en la simulación, el método práctico que se utilizó es, mediante la utilización de galgas extensiométricas y los resultados obtenidos fueron satisfactorios, sobre todo en las zonas de ensayos donde se genera el mayor porcentaje de deformación. Finalmente se redactan todas las conclusiones y recomendaciones encontradas durante la elaboración de este trabajo.

ABSTRACT

In this project a proposal for the design of an urban type bicycle frame was developed, with the purpose of proposing as a prototype for the implementation as a means of transport in the UTN (North Technical University). During the preparation of this project, several bibliographic sources were explored, through which an adequate design for the bicycle frame was established, on the other hand a survey was also created through which the needs of the future were established users, as well as current studies that facilitated the establishment of the different parameters, such as formulas and considerations through which the sizing of the structure was obtained. For the elaboration of the mathematical models and obtaining results, the Computational Software was used, where it was possible to find the deformations for the pipes and couplings of the rear wheel. After having obtained the different values of the simulation, the safety factors were also calculated through the application of formulas and through the Software. Once the model was developed, the construction was carried out with its proper specifications, which were found during the static design analyzes. Also, the built frame was subjected to a practical test, with the objective of validating the information obtained in the simulation, the practical method that was used is, by using extensimetric gauges and the results obtained were satisfactory, especially in the zones of tests where the highest percentage of deformation is generated. Finally, all the conclusions and recommendations found during the elaboration of this work are written.

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. ANTECEDENTES

La problemática y la necesidad del uso de bicicleta se extiende de algunos años atrás y a medida que se ha aumentado el parque automotriz se ha incrementado el número de personas que tienen su vehículo propio, así como también el número de usuarios en los buses urbanos y rurales lo cual ha generado problemas como: accidentes de tránsito, acoso sexual en algunos medios de transporte públicos y privados sobre todo hacia las mujeres, robos, entre otros.

A medida que se ha incrementado los problemas que se mencionaron anteriormente, a nivel mundial se ha estado generando grandes campañas motivacionales para aumentar el número de personas que utilicen la bicicleta como medio de transporte, es así que se ha realizado estudios mejorando así los modelos de bicicletas que se describen a continuación:

Un primer trabajo desarrollado por (Lopez Martínez, 2005), en donde elabora un diseño de una bicicleta de montaña, en la cual genera simulaciones para ver las distintas deformaciones que puede sufrir el marco de una bicicleta montañera, si es sometida a distintas cargas por irregularidades del terreno, que constantemente están fluctuando por el peso del ocupante. Este trabajo se relaciona con este proyecto por los cálculos que se desarrollan en cuanto a las deformaciones que sufre la estructura de la bicicleta.

Un segundo trabajo realizado por (Sanz de Pedro, 2015) cuyo título es “Diseño de una Bicicleta Parametric 2.0” se relaciona con este proyecto por los distintos bosquejos que realiza para el ensamble de la bicicleta por completo, además enfatiza en el armado del marco y los elementos de transmisión, así como también se desarrolla los cálculos pertinentes para las zonas de la bicicleta donde se podrían generar las posibles fallas generadas por las distintas cargas que podría sufrir este medio de transporte.

Un tercer trabajo elaborado por (Pérez Ramos, 2007) en donde se desarrolla un diseño de una bicicleta urbana sugerida por una empresa fabricante de bicicletas.

Este trabajo se relaciona con este proyecto porque presenta la evaluación del marco en los puntos críticos mediante una simulación en el software computacional, con un mallado específico que permite enfatizar las zonas críticas de falla, así como también muestra una serie de modelos de bicicletas urbanas generadas en los últimos años, historia y evolución de la misma.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Un alto porcentaje de estudiantes y docentes de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE utilizan su vehículo como medio de transporte, dentro y fuera de la universidad. Lo cual genera los siguientes problemas: incremento en la contaminación ambiental, parqueaderos de la universidad llenos, problemas de salud e incomodidad en los habitantes que ocupan los vehículos tanto urbanos como particulares. Por eso se ha visto factible, necesario la implementación de una bicicleta urbana ya que se puede decir que siempre ha sido un medio de transporte adecuado para los trayectos urbanos de hasta 4-5 kilómetros, además puede ser utilizada para ir a trabajar, ir de compras, movilizarse a los establecimientos educativos, entre otros.

Cabe mencionar que las bicicletas tienen una gran antigüedad, además conformaron el inicio del desarrollo de las motocicletas, ya que básicamente estas son bicicletas con motores y sistemas de transmisión acoplados por mecanismo que tiene piñones y engranes.

En Europa, sobre todo en los Países Bajos, poseen alta experiencia en la industria de las bicicletas, en la fabricación de las mismas, un tiempo aproximado es de 140 años, durante dicho periodo han desarrollado una cultura en la ciudadanía en base a estos y gracias a esto han construido grandes redes viales y una economía que se sustenta de la fabricación de bicicletas. (Ministerio de Relaciones exteriores Comercio e Integración, 2013).

En los Países Bajos, cerca del 85% de su población utilizan las bicicletas como medio de transporte llegando a un promedio de 1,1 bicicletas por habitante, solo el 15 % de la población que pertenece al sector laboral, no utilizan este medio de transporte. (Ministerio de Relaciones exteriores Comercio e Integración, 2013).

Ecuador es un país que no tiene la cultura de la utilización de bicicletas, y es una medida que se debería implementar a largo y mediano plazo, como movilidad sustentable, limpia siempre considerando algunas estrategias y ejes como: infraestructura vial, salud pública, seguridad, deporte, turismo, etc. (Ministerio de Relaciones exteriores Comercio e Integración, 2013).

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la estructura adecuada para el diseño de una bicicleta urbana, donde se pueda insertar elementos para facilitar el traslado de maletas con útiles de estudio, que tenga un costo accesible, buena ergonomía y alta seguridad para estudiantes y docentes de la UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE?

1.4. DELIMITACIÓN

1.4.1. TEMPORAL

El diseño y construcción del marco de bicicleta para el análisis de esfuerzo y deformaciones que se llevará en este proyecto tendrán un periodo de elaboración comprendido entre el mes de septiembre y diciembre del 2018.

1.4.2 ESPACIAL

La construcción de la base de la bicicleta se llevará a cabo por medio del conocimiento obtenidos durante el periodo estudiantil, utilizando todos los medios, posibles que pueda facilitar la universidad.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un marco prototipo de una bicicleta urbana, basado en parámetros de diseño para la implementación en la Universidad Técnica del Norte.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Investigar bibliográficamente, métodos para definir el diseño de un prototipo de bicicleta urbana.
- Diseñar el marco prototipo de bicicleta urbana.
- Seleccionar e implementar accesorios al marco de bicicleta urbana.
- Validar el diseño mediante un método experimental utilizando galgas extensiométricas.

1.6. JUSTIFICACIÓN

La bicicleta, desde hace mucho tiempo atrás ha sido un medio de transporte limpio, por los años 1800 - 1900 tuvieron un gran auge, donde todo mundo quería tener este medio de transporte.

Posteriormente, con la revolución industrial el desarrollo automovilístico, entre otros factores, estos vehículos pasaron al costado de las investigaciones, sobre todo de las grandes empresas que buscan sustentabilidad económica, esto es un error que en la actualidad al planeta le ha costado mucho, sobre todo porque se ha dañado gravemente el ecosistema en el que habitamos.

Con bases a datos reales del extremo cambio climático, muchas organizaciones ha obligado a la mayoría de los países a generar investigación en donde se trate de utilizar fuentes de energía renovable, así como medios de transporte que no utilicen combustible fósil para su funcionamiento, razón por lo cual muchas empresas se han visto obligadas a realizar un cambio de matriz de producción, donde retoman un viejo invento, denominado bicicleta y lo han renovado, buscándole nuevas formas de poder transmitir los movimientos hacia las ruedas, ya que existen estudios donde el viejo sistema de cadenas y engranes para la transición de bicicletas ha quedado atrás, pues se está utilizando mecanismo por medio de propulsión eléctrica, mecanismo que utilizan cables y regeneración mecánica donde se utilizan principios físicos avanzados, de tal forma que el ser humano no tenga que realizar mucho esfuerzo para darle transmisión y movilidad a estos vehículos.

Cabe mencionar, que en la actualidad muchos países sobre todo de los continentes asiáticos y europeos ya cuentan con una infinidad de bicicletas que son eléctricas, sustentables y modelos espectaculares, así como también han inculcado una cultura del uso masivo de estos medios de transporte, pues parece ser que sería una de las soluciones más cercanas al cambio climático que se está viviendo.

Es así que el presente estudio estará enfocado en desarrollo de un cuadro para una bicicleta urbana que sea ergonómica segura y de bajo costo, en la cual se analizara las distintas deformaciones y puntos críticos de la estructura que luego será analizada para una futura implementación como un medio de transporte para los estudiantes y docentes de la Universidad Técnica del Norte. Ya que en la actualidad el medio de transporte que se utiliza son los vehículos particulares y públicos que en ocasiones llenan los parqueaderos de la universidad.

Con este proyecto se pretende enfatizar en la movilidad limpia y sostenible que de acuerdo con (Ministerio de Relaciones exteriores Comercio e Integración, 2013, p.15). El País debe implementar alternativas para el traslado de los habitantes además debe considerar factores como infraestructura vial, seguridad, salud pública, deporte, entre otros.

Además, con la creciente crisis petrolera y la excesiva contaminación ambiental muchos países europeos han impulsado el uso de bicicletas como un transporte masivo.

Es así que mediante este proyecto se pretende incentivar a la mayoría de los estudiantes y docentes a la utilización de la bicicleta para la movilización dentro de la ciudad y los pueblos más cercanos con la finalidad de aportar con el medio ambiente e incrementar la industria de la bicicleta como una forma de industrialización sostenible dentro del país.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1. HISTORIA DE LA BICICLETA.

La bicicleta ha tenido una gran evolución desde el año 1817 Karl Drais elaboró una de las primeras bicicletas la cual estaba conforma en su totalidad de madera, tanto el cuadro como las ruedas y que denomino “máquina andante”. Además el conductor debía impulsarla con ayuda de los pies tal como se puede observar en la figura 2.1.(Ducló, 2017, p.3).

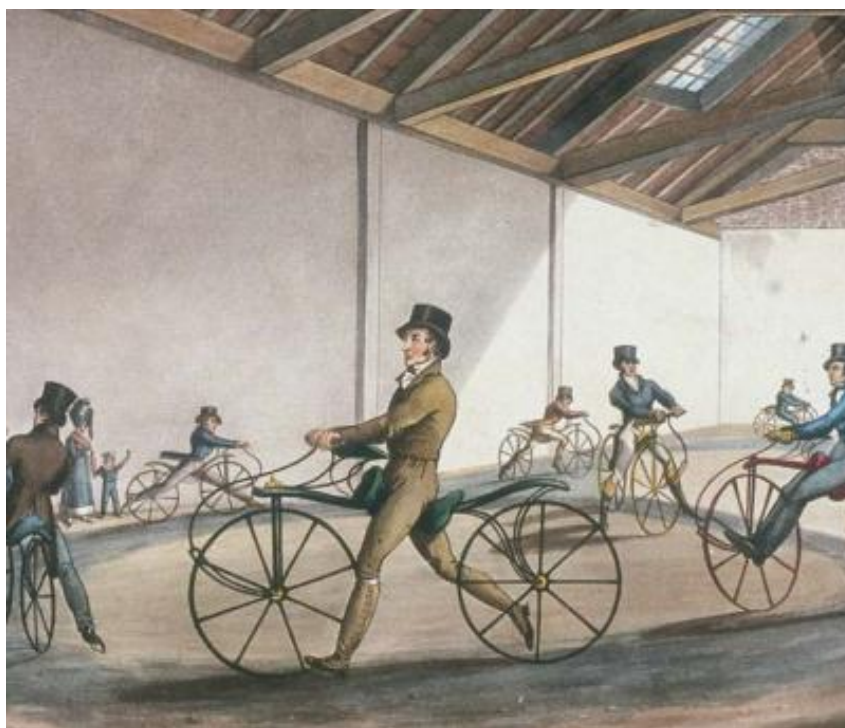


Figura 2.1. La primera bicicleta Máquinas Andante
(Ducló, 2017, p.3)

Posteriormente al primer invento por los años de 1840 a 1860 se desarrollaron muchos cambios en donde se incluyeron los primeros pedales diseñados por inventores francés, los cuales generaban tracción en las ruedas delanteras, es así que se llegó al diseño de la bicicleta común o también denominada velocípedo en 1871 que estaba equipada con una rueda extremadamente grande en la parte delante y una rueda pequeña en la parte posterior. Además, el asiento estaba ubicado por encima de la rueda delantera, y tenía mayor velocidad gracias al tamaño de su rueda delantera. Sin embargo, presentaba un alto riesgo al bajarse

tal como se puede ver la figura 2.2, el conductor prácticamente debía saltar, además que era muy difícil subirse y no se lograba avanzar en pendientes poco pronunciadas. (Duclo, 2017, p.4).



Figura 2.2. Bicicleta común
(Duclo, 2017, p.4)

En el año de 1885 John Starley creó la bicicleta de seguridad la cual tenía todas las características de las bicicletas actuales, porque estaba conformada de dos ruedas de la misma dimensión provistas de tiras de metal que centraban un aro del mismo material además las envolvían un caucho con una cámara de aire, tenía un sistema de engranajes que eran accionados por cadenas y que estaban acopladas a los pedales los cuales eran movidos por los conductores a través de sus pies, presentaba la características de ser más seguras que las anteriores y presentaban una facilidad para subir colinas. (Duclo, 2017, p.5).

Después de este gran avance las bicicletas entraron en su época dorada ya que existían un gran número de fabricantes de estos equipos, así como también más de diez millones de habitantes poseían una bicicleta por lo menos, hasta el año de 1900 cuando se empezaron a fabricar vehículos a bajo costo dando así paso a la evolución automotriz y dejando de lado la industria de la bicicleta. (Duclo, 2017, p 5).

En la actualidad, el cambio climático y la crisis del petróleo ha dado paso a que se retome la industria de la bicicleta donde se ha diseñado varios modelos especialmente para competencias, así como también se han desarrollado nuevos materiales que mejoran las características de movilidad, convirtiendo a las bicicletas en vehículos fuertes, rápidas, y livianas. Además, se ha visto la forma

de proveerle de tracción motorizada tal como se muestra en la figura 2.3. (Ducló, 2017, p.5), que posee un motor eléctrico que y baterías que se carga por medio de un tomacorriente.



Figura 2.3. Bicicleta de tracción eléctrica.
(Ducló, 2017, p.6)

2.2. PARTES DE UNA BICICLETA

Una bicicleta está conformada de una serie de elementos que se muestran en la figura 2.4



Figura 2.4. Partes de la bicicleta
(Delgado, 2016, p.1)

Sin embargo, si se considera los sistemas que la conforman desde un punto de vista funcional cuenta con los siguientes elementos y sistemas principales que

son: cuadro, sistema de propulsión, dirección, cambios, sistema de frenado, conjunto de ergonomía y comodidad conformado por la tija y el asiento.

2.2.1. CUADRO

Conforma la parte principal de la bicicleta, ya que es la columna vertebral donde se acoplan los distintos dispositivos, su diseño puede variar dependiendo la utilidad y pueden ser de carretera, montanera o híbridas (R. Losada, 2007), en la figura 2.5 se puede observar las partes que la conforman.

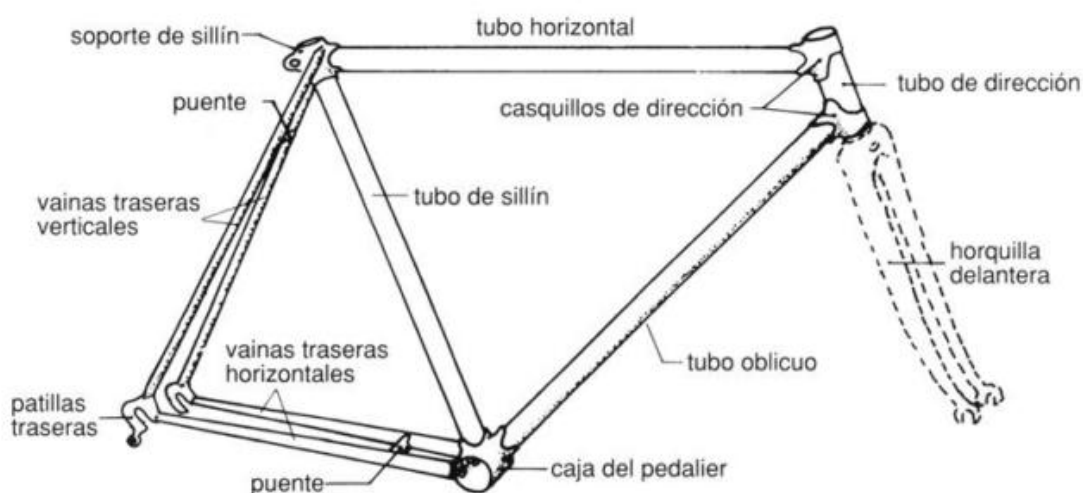


Figura 2.5. Partes del cuadro de la bicicleta
(R. Losada, 2007, p.20)

Para el diseño de un cuadro de bicicleta se debe considerar las características que se muestran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Factores de diseño

Aspectos a considerar en el cuadro de una bicicleta y funciones /cualidades que se determina	
Teniendo en cuenta	Se determinan las siguientes Funciones/ Cualidades
La elección de los tubos	La estabilidad, el peso y las propiedades de marcha
La elaboración	La seguridad, la estética y calidad final
La geometría	Las características técnicas y el uso al que está destinado
El diseño	Las cualidades funcionales
El tamaño	El tallaje o adecuación al cuerpo humano

(R. Losada, 2007, p.21)

2.2.2. SISTEMA DE PROPULSIÓN

El sistema de propulsión está conformado de una serie de elementos, pero los componentes principales son: pedales, piñones y cadena, los cuales multiplican la

fuerza y potencia generada por la tracción humana hacia las ruedas de la bicicleta. Ver figura 2.6

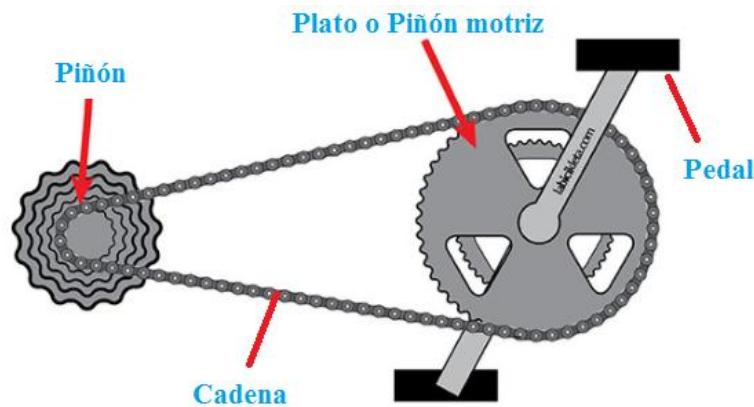


Figura 2.6. Sistema de propulsión de las bicicletas.
(llibreta edu, 2015, p.1)

2.2.3. SISTEMA DE DIRECCIÓN

Es un conjunto de elementos, que permiten girar la rueda de la parte delante de la bicicleta, también cumple otras funciones como intervenir en la estabilidad y amortiguamiento, según (Casiopea, 2017, p.1), aproximadamente un 10% de todo los golpes atraviesa la dirección y es absorbida por la misma. Los elementos que la conforman son:

2.2.3.1. Horquilla

Elemento que está ubicada en la parte delantera de la bicicleta donde va alojada la rueda delantera, dependiendo el diseño en este elemento se alojan componentes como dispositivos de accionamiento de los frenos delanteros en la figura 2.7 se muestra una imagen de cómo está estructurada y sus partes.

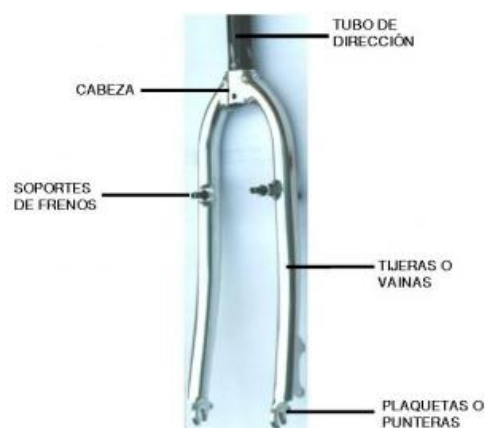


Figura 2.7. Horquilla
(Casiopea, 2017, p.1)

2.2.3.2. Manilla o volante

Elemento que está en contacto directo con el conductor porque a través de él puede maniobrar con facilidad la bicicleta, así como también en este componente se acoplan distintos accesorios como los accionamientos de los frenos y cambios.

2.2.3.3. Potencia

Parte del sistema de dirección por el cual se puede acoplar la manilla y la horquilla, dependiendo su forma de acoplamiento está dividido en roscada que tiene forma de L y que se ubica en la parte interna del tubo de dirección que es parte del cuadro, también existen las que no tiene roscado, pero son acopladas a través de abrazaderas. Ver figura 2.8



Figura 2.8. Potencias con Rosca y abrazaderas
(Casiopea, 2017, p.1)

2.2.4. SISTEMA DE FRENOS

Son una serie de elementos que permiten disminuir la velocidad o detener la bicicleta, comúnmente tiene manillas en la parte delantera de la bicicleta que pueden ser accionadas por medio de las manos del conductor. Se clasifican dependiendo su accionamiento que puede ser por medio de cables (mecánico) o hidráulico a través de un pistón accionado por un fluido que es impulsado en el interior de una cámara denominada mordaza.

Los frenos mecánicos tienen una clasificación que van de acuerdo al modelo de bicicleta ver figura 2.9 y son:

2.2.4.1. Caliper

Tipo de freno común en la bici para carreteras presenta características como liviano y facilidad en su mantenimiento, el accionamiento es de forma lateral por

un solo punto el cual acciona un resorte para que actúen las dos pinzas sobre el aro de la bicicleta.

2.2.4.2. Cantilever

Este tipo de freno era muy común en los años 90, su forma de accionamiento era en el centro a través de dos tensores unidos por un acople en el cual se ejerce la presión del cable.

2.2.4.3. V-brake

Su accionamiento es similar al caliper, presenta unos brazos largos y la diferencia es que en un solo brazo va alojado el cable por donde es ejercida la presión de frenado, es uno de los frenos más eficaces por la fuerza perpendicular que los tensores ejercen sobre las ruedas, comúnmente son utilizadas en bicicletas montañeras e incluso en las de competición profesional. (Blogsdna, 2011)



Figura 2.9. Frenos con accionamiento de cables
(Blogsdna, 2011, p.1)

Según (Blogsdna, 2011) Otro tipo de freno que no es muy común en estos medios de transporte, son las de tambor, que están conformadas por zapatas que son accionadas internamente en el plato a través de un pistón, el principal problema que presentan, es en la lluvia, que al estar herméticamente selladas tiende a deslizarse. Además, se han visto instaladas en bicicletas urbanas. ver figura 2.10.



Figura 2.10. Frenos de tambor
(Blogsdna, 2011, p.1)

Por último, se tiene los frenos de disco que puede ser accionadas por medio de un cable o de forma hidráulica ver figura 2.11. En factores de potencia y eficacia son la mejores, además, por su característica de frenado en condiciones extremas son muy comunes en actividades de extrema adversidad y según (Carrera, 2012) están acaparando el mercado de las competencias extremas.



Figura 2.11. Frenos de disco
(Carrera, 2012, p.1)

2.3. TIPOS DE BICICLETAS

En la actualidad existen algunos modelos de bicicletas y se clasifican de acuerdo al uso empleado y por las distintas características y son las siguientes:

2.3.1. MONTAÑERA

Como su nombre lo dice es una bicicleta que está diseñada para viajes en montañas y terrenos irregulares tiene incorporado elementos que la convierte en un vehículo todo terreno.

La configuración que presentan sus principales componentes como: su cuadro le permite absorber gran cantidad de energía en los impactos, tiene suspensión en la parte delantera y en la parte posterior que trabajan conjuntamente con la estructura principal para soportar colisiones, sus ruedas son anchas con labrados muy pronunciados que le permiten adherirse a terrenos fangosos, la mayoría presenta frenos de disco o V-braker.



Figura 2.12. Bicicleta montañera
(ripley, 2017, p.1)

En la figura 2.12 que se muestra anteriormente se tiene una bicicleta montañera, la cual está equipada para competencias extremas. Además, este tipo de bicicletas son consideradas como las más fuertes que existen y pueden ser equipadas dependiendo el tipo de uso o concurso.

2.3.2. DE CARRETERAS

Este tipo de bicicleta presenta características que le convierten en un vehículo muy veloz y con mayor aerodinámica tal como apreciar en la figura 2.13 y son:

- Tiene la menor cantidad de accesorios para disminuirle el peso.
- No tiene amortiguadores
- Su cuadro es trapezoidal y está constituido de tubos livianos y delgados.
- Las ruedas son delgadas y su labrado no es muy pronunciado para evitar exceso de agarre con el suelo y aumentar su velocidad.
- Su volante tiene acoplado dispositivos que le permiten al conductor permanecer en una posición horizontal de tal forma que disminuya la resistencia del ejercicio por el aire sobre el conductor

- Los frenos ideales para este tipo de bicicleta son los Caliper o V-Braker por que le permiten ir disminuyen la velocidad gradualmente, los de disco no son ideales porque al ser muy sensibles y potentes podrían ocasionar derrapes o vuelcos por las características de labrado que tiene la ruedas.



Figura 2.13. Bicicleta de carreras
(Pixabay, 2017, p.21)

Además de las características que se detallaron anteriormente. Así como en las bicicletas montaÑeras, estas pueden ser equipadas dependiente el tipo de competencia y según (R. A. Losada, 2007, p.19), se clasifican en:

2.3.2.1. Carreras

Suelen ser equipadas con ruedas muy finas con el fin de aumentar el número piñones, puede llegar a tener hasta 10, además sus pedales son automáticos, el asiento estrecho y largo, el costo de estas bicicletas es muy elevado cuando son equipadas de competencias profesionales.

2.3.2.2. Triatlón

Están diseñadas para tener un buena ergonomía y alta aerodinámica, tiene pedales automáticos también, lleva acoplada una prolongación en el volante que le permite al conductor descansar la parte de los antebrazos y las manos ya que esta competencia conlleva, nado, ciclismo y trote.

2.3.2.3. Touring

Este tipo de bicicleta debe estar equipada para viajes extremadamente largos, presenta mejoramiento en el asiento para ergonomía del conductor, agarraderas en los pedales para evitar que se resbalen los pies por el constante pedaleo, inserción de amortiguadores en la parte delantera por si hay en terrenos y carreteras irregulares, sus ruedas son muy delgadas por el peso que deben soportar. En la figura 2.14 se muestran cómo se equipan estas bicicletas.



Figura 2.14. Bicicleta de carreteras de touring
(Pixabay, 2017, p.15)

2.3.3. URBANA

Este tipo de bicicleta está diseñada para ser utilizada como medio de transporte de cortas distancias, el diseño de la estructura es muy variada en la cual también se acoplan elementos como parrillas para llevar carga. Además, en países desarrollados se están elaborando distintos modelos que van desde las de tracción humana, híbridas y eléctricas.

2.3.3.1. Bicicletas de tracción humana.

Este tipo de bicicletas son muy antiguas, sus características son variadas, conlleva acoplado guarda lodos para evitar que los usuarios se manchen, otros accesorios para llevar mercadería como se muestra en la figura 2.15.



Figura 2.15. Bicicleta urbana
(bicicletasenrique, 2016, p.1)

Las bicicletas urbanas también existen aquellas poseen accesorios de carga tanto en la parte delantera como en la parte trasera. Ver figura 2.16.



Figura 2.16. Bicicleta urbana de doble rueda
(bicicletasenrique, 2016, p.1)

2.3.3.2. Bicicletas híbridas.

En la actualidad existen una gran variedad de estos tipos de bicicletas, las mismas que pueden ser de tracción humana y motorizada a las ves, en la figura 2.17. se puede observar una bicicleta de este tipo.



Figura 2.17. Bicicleta urbana híbridas
(Bergmeester, 2016, p.1).

En la figura anterior se pueden ver bicicletas que presentan distintas características como, por ejemplo:

2.3.3.3. Bici-moto

Bicicleta que tiene incorporado un motor eléctrico de 500 W y además pesa 3 kg, también tiene incorporado una batería de litio mediante la cual puede soportar mucho tiempo sin la utilización de carga (Vertigo, 2014, p.14).

2.3.3.4. Bici eléctrica para caminar

También denominada Lopifit, esta bicicleta tiene incorporada una banda caminadora que reemplazan a los pedales de las bicicletas comunes presenta una autonomía de recorrido de 55 km, el motor eléctrico que lleva incorporado se acciona cuando el conductor empieza a caminar sobre la banda, el cual genera una disminución de esfuerzo del conductor a la hora de trasladarse. (Bergmeester, 2016, p.1).

2.3.3.5. Bici eléctrica

Este tipo de bicicletas tiene incorporado tres elementos principales y son: el Motor, la batería y un sistema de control de potencia. La potencia máxima es de 250 w y puede llegar a velocidades de 25 km/h. (Ibáñez, 2018, p.1).

2.3.3.6. Bici- con motor de combustión interna

Es una bicicleta que tiene incorporado un motor eléctrico y motores OHV de cuatro ciclos o tiempos, tienen un cilindraje entre 49cc y 155cc. (Vertigo,2014,p.1).

2.4. MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BICICLETAS.

En la actualidad existen una gran cantidad de materiales que se utilizan para la construcción de las bicicletas, especialmente para los cuadros. Dependiendo el tipo de material del que está construido varían las características como, por ejemplo:

Acero: Por mucho tiempo ha sido el material que ha constituido toda la parte estructural de las bicicletas, así como también de algunos elementos como los piñones, aros de las ruedas, rayos, elementos de sujeción como pernos, tornillos, etc. en la figura se puede observar un marco de bicicleta hecho con acero.



Figura 2.18. Cuadro de acero
(Viera, 2014, p.1)

Incluso en la actualidad muchos de los elementos que constituyen las bicicletas son de acero especialmente los elementos que están sometidos a grandes revoluciones como son, los ejes de las ruedas y los rodamientos.

Las propiedades que presenta este material como resistente, rigidez, tenaz y por su alto desarrollo tecnológico a la hora de procesarlo le ha convertido en uno de los más barato y accesibles. Las principales ventajas que ofrece sobre todo en los cuadros construidos con este material son: Facilidad de reparación, costo bajo en su reparación como su adquisición. Así como también tiene desventajas como alta oxidación y muy pesado.

Aluminio: Este material ha ocupado la mayor parte del mercado de bicicletas especialmente las aleaciones 6061 o 7005, los cuales presentan magnesio y zinc como parte de su aleación respectivamente, estas aleaciones agregan ciertas propiedades que el aluminio solo no posee como: la tenacidad, resistencia y rigidez. La principal ventaja que presentan alta resistencia a la oxidación y bajo peso, el costo elevado y dificultad en la reparación son sus principales desventajas. Ver figura 2.19



Figura 2.19. Cuadro de aluminio
(Viera, 2014, p.1)

A parte del cuadro existen algunos elementos que son fabricados con este material como son los piñones, pedales, aros, ciertas partes de los frenos, entre otros.

Titanio: Las características de que posee como extremadamente resistencia a la oxidación, a la fatiga, es altamente tenaz y ligero lo convierte en un material ideal para la construcción de bicicletas, pero por la dificultad de maquinado y por utilización de procesos mecánicos complejos para el moldeo su costo es elevado, aparte del cuadro también se puede fabricar los piñones y otros elementos. En la siguiente figura se tiene una estructura de titanio.



Figura 2.20. Cuadro de Titanio.
(Viera, 2014, p.1)

Carbono: Este material es muy ligero, fuerte y de facilidad de moldeo, todas estas características facilitan fabricar cuadros de bicicletas de distintos modelos y formas (ver figura 2.21, del mismo modo puede tener partes rígidas y elásticas en un mismo cuadro, la principal desventaja es que resulta muy costoso la reparación y la fabricación. (Viera, 2014).



Figura 2.21. Cuadro de Carbono.
(Viera, 2014, p.2)

Polietileno de alta resistencia: Este material conforma ciertas partes y accesorios de las bicicletas y son: las manijas de los frenos, pedales, guardalodos, entre otros.

Goma y nylon: Estos dos materiales son los que conforma la fabricación de los neumáticos de las bicicletas, su proceso constituye un tejido de nylon los cuales luego son cubiertos por gomas, además también posee una banda la cual está en constante contacto con el asfalto y está formado por una aleación de goma, con sílice, negro de humo, polímeros y otros productos químicos esenciales para formar su textura. (neumáticos Online, 2017, p.3).

2.5. DISEÑO DE BICICLETAS

Para el desarrollo del diseño de una bicicleta según la normativa UCI (Unión Ciclista Internacional), se establecen medidas que deben tener para las competiciones y se muestran en la figura 2.22 donde se puede observar los rangos de medición que se considera.

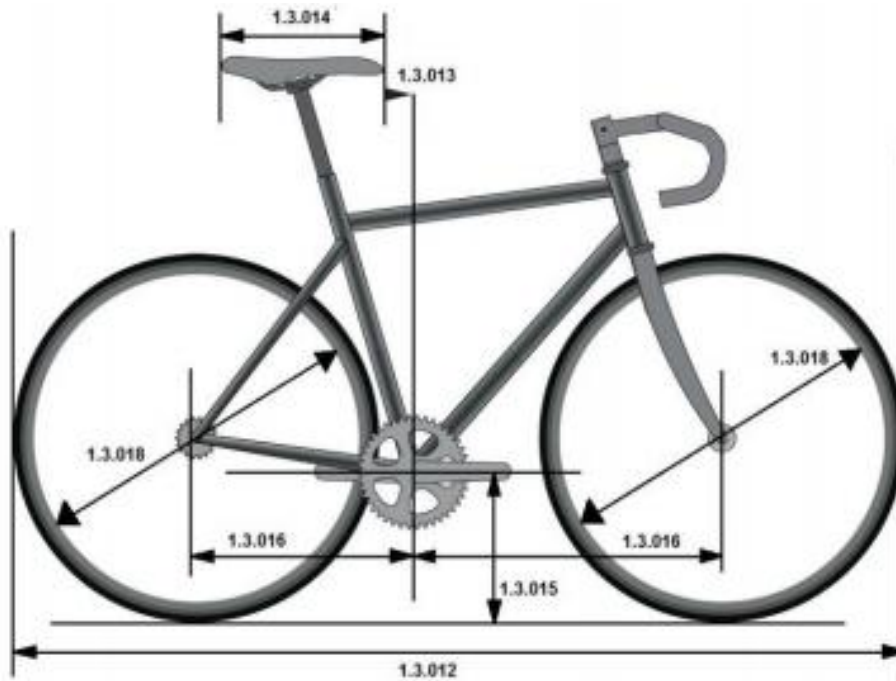


Figura 2.22. Rangos de medición generales de las bicicletas
(UCI, 2016, p.20)

La separación entre los ejes de cada rueda y el eje central de los pedales, establecidos para las bicicletas se encuentran dentro de un rango y según (UCI, 2016), son los que se establecen en la figura 2.23.

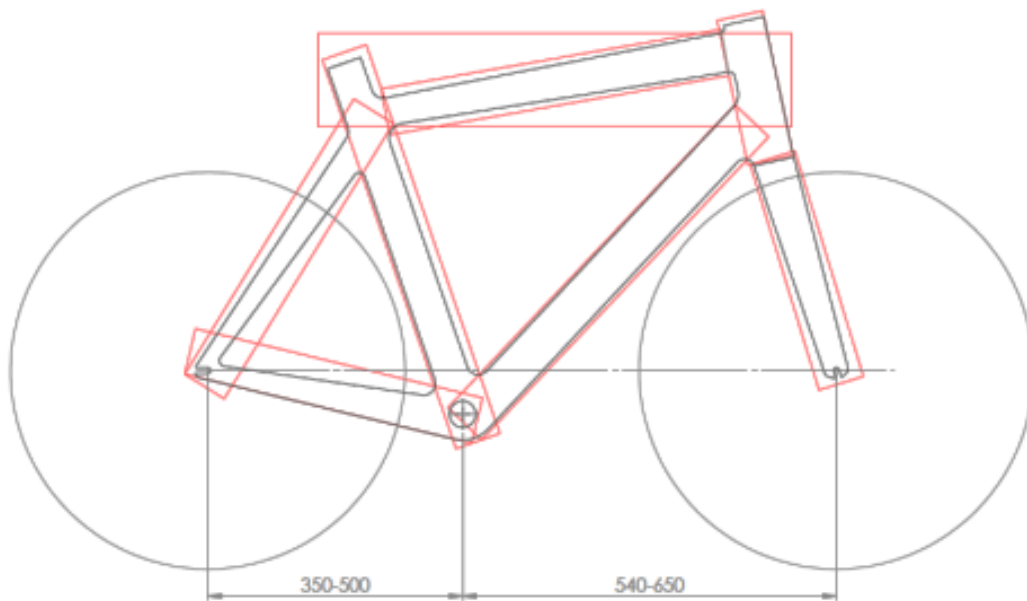


Figura 2.23. Medidas de los ejes de las ruedas y pedales
(UCI, 2016, p.9)

Otras medidas que se incorporan son las que se muestran en la figura 2.24 que corresponden a espacios que debería tener el cuadro.

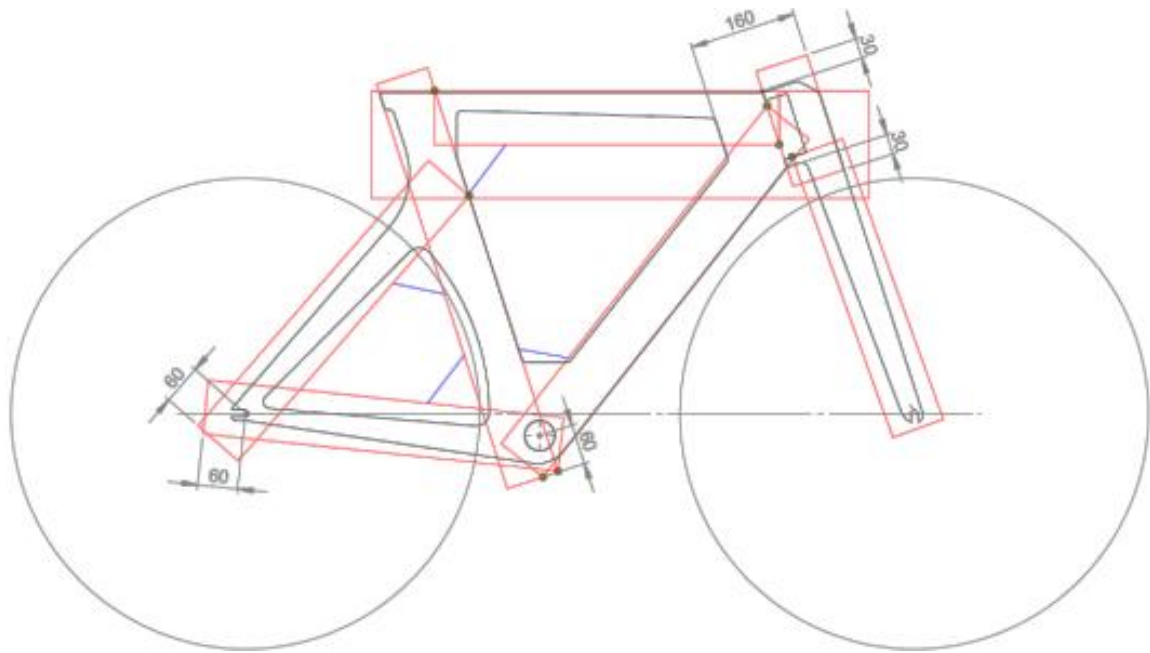


Figura 2.24. Medidas de posicionamiento del cuadro.
(UCI, 2016, p.9)

Dentro del diseño de las bicicletas también se consideran los ángulos que formarían los distintos tubos, que conforman el cuadro de la bicicleta y de posicionamiento de la horquilla ver figura 2.25.

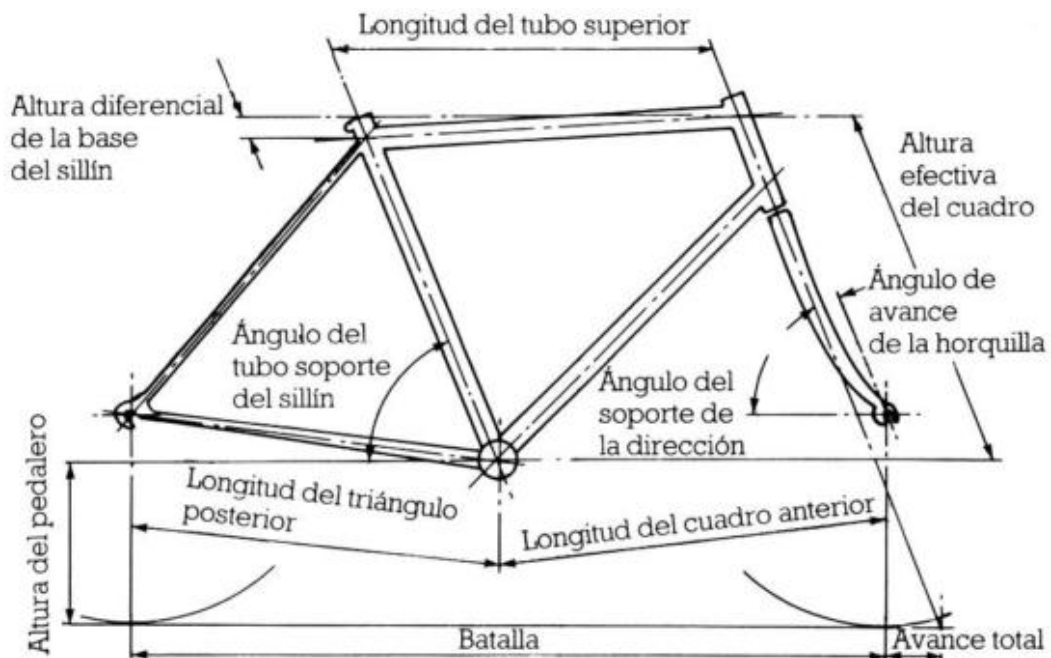


Figura 2.25. Ángulos del marco de la bicicleta.
(R. Losada, 2007, p.20)

En conclusión, para el diseño correcto de una bicicleta sus dimensiones adecuadas se muestran en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Medidas para el diseño de una bicicleta.

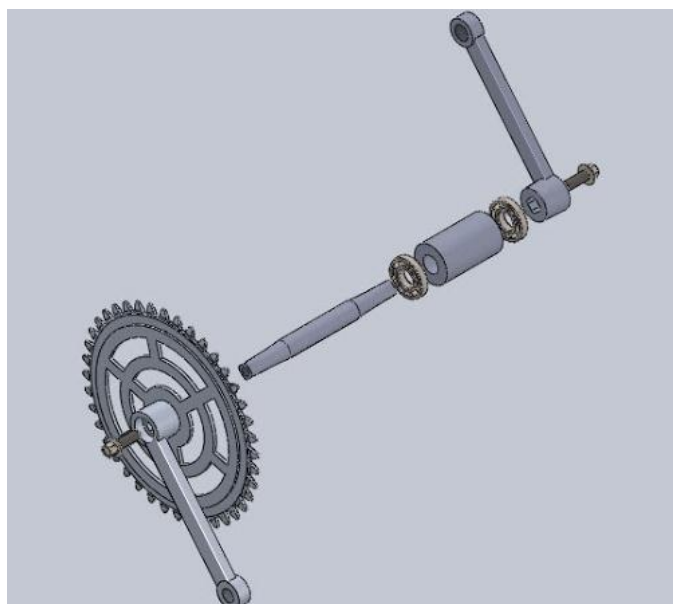
CÓMO SE HACEN LAS MEDICIONES	
Talla del cuadro	Distancia suelo-entrepiera x 0,61 (cm).
Altura correcta del sillín	Distancia suelo-entrepiera x 0,885 (cm).
Distancia planos sillín-manillar	Entre 5 y 11 cm.
Distancia punta sillín-manillar	Distancia suelo-entrepiera x 0,66 cm
Longitud de las bielas	Estándar: 175 (mm). (Competición: hasta 185 (mm))

(R. Losada, 2007, p.21)

El uso de programas de simulación y modelación en la actualidad ha pasado hacer una herramienta muy importante dentro del diseño mecánico es así que se relacionan con el diseño de bicicletas, ya que mediante estos se puede crear los distintos elementos que conforma la bicicleta y simular su comportamiento.

Los programas utilizados para el modelado más comunes son: Solidworks, Inventor, Ansys, Nx, Autocad, entre otros. De los cuales, el programa que tiene una amplia biblioteca para la simulación es Ansys, ya que, este que cuenta con elementos finitos completamente desarrollados, con la única desventaja que se necesita de un equipo con muy buenas características, sobre todo en RAM, para visualizar sus resultados y el análisis de los fenómenos, mientras que Solidworks e Inventor presentan grandes ventajas en el modelado 3D y la extensión de planos.

En la figura 2.26, se puede ver la aplicación del programa Solidworks, donde está elaborado el modelado del sistema de transmisión de potencia de una bicicleta.

**Figura 2.26.** Modelado en 3d de la transmisión de una bicicleta, en Solidworks.

(Solidworks UIS, 2016, p.1)

A continuación, en figura 2.27, se puede observar los resultados obtenidos de una simulación en Ansys, donde se obtiene valores del esfuerzo de Von Mises.

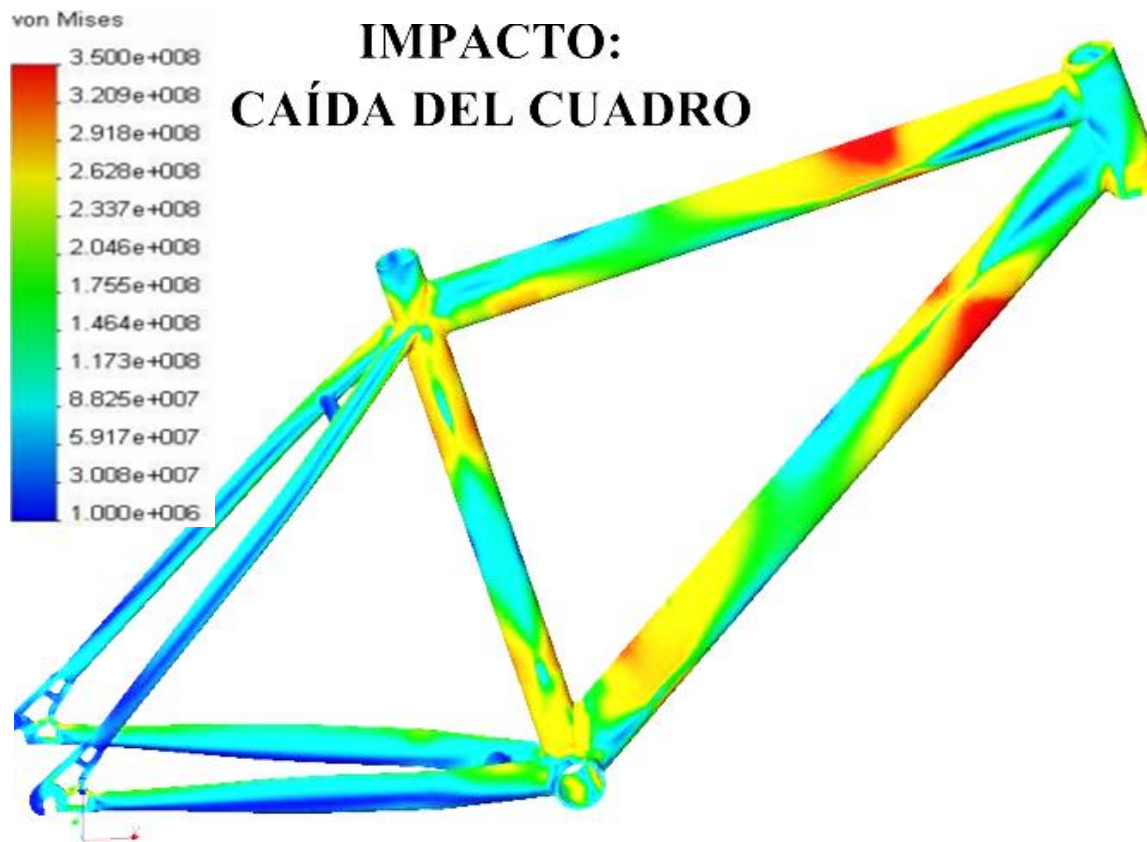


Figura 2.27. Simulación del marco de una bicicleta en Ansys estudiantil

(Lopez Martínez, 2005, p.1)

Para el desarrollo de este proyecto se va a utilizar Solidworks ya que es un paquete de computación que tiene una biblioteca completa para el diseño mecánico, como también permiten generar simulación de deformaciones, análisis en mecanismos, no se requiere de una máquina con altas especificaciones y además que se cuenta con el conocimiento adecuado del manejo de este tipo de software. También, para la simulación se utilizará el programa Ansys Estudiantil, mediante el cual se obtendrá los resultados de esfuerzo y deformaciones.

3. METODOLOGÍA

La metodología para la elaboración de este proyecto de graduación, consistirá en una revisión sistemática de distintas fuentes, mediante las cuales se establecen conocimientos con los que se identificará los puntos importantes para la exploración.

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

En este proyecto se va a utilizar diferentes tipos de investigación las cuales son: bibliográfica, tecnológica, exploratoria, transversal y cuantitativa, que a través de estas se puede llegar a una solución de forma cualitativa y cuantitativa, donde exista la realización de consideraciones lógicas.

3.1.1. INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Este tipo de investigación se desarrolló mediante la búsqueda y lectura de algunas fuentes bibliográficas como: libros, revistas, páginas web, normas, informes, catálogos y videos, a través de los que se realizó el seleccionamiento de algunas variables indispensables para el diseño del marco de la bicicleta, así como también, se estableció las fórmulas idóneas para desarrollar el análisis estructural.

3.1.2. INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA

Se elaboró por medio de la utilización de equipos de ensayos e instrumentos de medición: como, por ejemplo: máquina de lectura de galgas extensiométricas, equipo hidráulico para la aplicación de fuerza contralada, galgas, sensor de carga, calibrador pie de rey, entre otros.

Además, para todo el estudio se utilizará programas de diseño mecánico y de simulación, sobre todo aquellos que tenga una amplia biblioteca en materiales y herramientas de modelado, eso con el fin de cubrir todas las necesidades requeridas para el desarrollo adecuado de este estudio.

3.1.3. INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA

Mediante este tipo de investigación se logró tener un acercamiento claro acerca del tema que se estaba abordando, se lo realizó por medio de la utilización de bibliografía útil, sobre todo con información relacionada con el diseño mecánico.

3.1.4. INVESTIGACIÓN TRANSVERSAL

Este tipo de investigación utiliza métodos estadísticos y demográficos, por medio de los que se llega a determinar los distintos parámetros que se va a utilizar para dar solución al problema.

En este proyecto se aplicó este tipo de investigación cuando se realizó las encuestas en la universidad, a través de las cuales se pudo tomar decisiones importantes que fueron basadas en las necesidades de la población que se investigó, en este caso las personas que estudian o trabajan en la UTN.

3.1.5. INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA

Para el desarrollo de esta investigación se tuvo que establecer cantidades numéricas a las alternativas de decisiones en las encuestas, pues era necesario su tabulación para desarrollar los métodos de selección de alternativas para poder definir los parámetros para la evaluación de la casa de la calidad.

3.2. TIPOS DE MÉTODOS

3.2.1. MÉTODO ANALÍTICO – SINTÉTICO

Este método ha sido de mucha ayuda, pues permite analizar y descomponer el problema en sus segmentos, facilitando la determinación de los sub problemas, los cuales sirvieron como ejes para la estructuración de los objetivos y cumplimiento de los mismos.

3.2.2. MÉTODO INDUCTIVO – DEDUCTIVO

Porque se empezó por un problema planteado, que será comprobado a lo largo del desarrollo de proyecto, además, de esta forma se analizarán los resultados de

la construcción y pruebas en el marco de bicicleta, así como también, los valores obtenidos en la simulación y los cálculos teóricos.

3.3. TÉCNICAS

Las técnicas que se utilizarán para la elaboración y desarrollo de este proyecto son: Investigación bibliográfica, observaciones, elaboración de encuestas, comparación de resultados obtenidos por simulación como por medio de cálculos, aproximaciones y experimentación.

3.4. INSTRUMENTOS

Los instrumentos utilizados como base para el desarrollo fueron: Programas de diseño, revistas, libros, normas ISO, equipos de construcción mecánica, herramientas de medición longitudinal, computadoras y equipos de laboratorio como sensores, cables y máquinas.

Para iniciar con la aplicación de la metodología, en este proyecto, se analizará los tipos de marcos de bicicletas urbanas que podrían ser útiles para la implementación en la universidad, los mismo que se mencionan a continuación.

3.5. TIPOS DE BICICLETAS URBANAS

3.5.1. BICICLETAS PLEGABLES

Los marcos de estos tipos de bicicletas presentan características como un diseño complejo por su función de plegado, tiene muy pocas variedades en sus modelos, algunas tienen tamaños que no permiten ergonomía para el conductor especialmente para personas altas ya que muchas de las veces el volante y el asiento suelen ser muy estrechos. Además, la forma que tiene su transmisión le limita potencial y versatilidad a la hora de estar en altas velocidades, otro problema que presenta es la utilización de piezas únicas que son muy complicadas de conseguir y finalmente su costo es elevado tanto para la fabricación como para la reparación.(bicicletasplegables.info, 2018).

3.5.2. BICICLETAS ELÉCTRICAS

El chasis que presenta este tipo de bicicletas se caracteriza por contar con un espacio para la implementación del sistema de tracción eléctrica, ya que la mayoría de estas debe contar con baterías, cableado y motor eléctrico. Además, deben soportar el peso del conductor, la fuerza que se hace durante su uso y el peso adicional del sistema eléctrico, razón por lo cual se buscan formas y materiales para cubrir estas necesidades es así que la fabricación del cuadro es muy costosa, otro de los principales problemas es la dificultad en el mantenimiento y en los problemas en la lluvia.

3.5.3. BICICLETAS CONVENCIONALES

Existe una gran variedad de modelos de cuadros para estas bicicletas debido a la existencia y antigüedad que tienen, muchas de las mismas, están fabricadas con acero estructural y tienen muy buena versatilidad. Los principales problemas que presentan es en el alto índice de oxidación, razón por lo cual los fabricantes de bicicletas han buscado nuevos materiales que puedan reemplazar el acero, el material más utilizado ha sido las aleaciones de aluminio, las características básicas que tienen los cuadros son los diseño simples y trapezoidales que tienen, es así, que el costo de fabricación, mantenimiento y reparación no es elevado.

3.5.4. PROCESO DE SELECCIÓN DEL TIPO DE BICICLETA

Las alternativas para el proceso de selección se muestran en la tabla 3.1, que son los principales tipos de bicicletas que se han estado implementado en todo el mundo sobre todo las eléctricas, que ha conformado una alternativa de transporte urbano.

Tabla 3.1. Alternativas de bicicletas a estudiar

ALTERNATIVAS	
A	Plegables
B	Eléctricas
C	Convencionales

Para determinar los criterios de selección que se muestran en la tabla 3.2, se analizó distintos parámetros que son relevantes a la hora de adquirir un vehículo de transporte.

La accesibilidad de la bicicleta, es uno de los factores que en muchas ocasiones los usuarios ven, porque la mayoría no cuenta con los recursos necesarios para la adquisición del producto.

Es por eso que como factor principal para el seleccionamiento, se ha puesto el costos de fabricación al que se le ha establecido una ponderación del 30%, seguida a esta, se ha considerado a la seguridad del conductor con un 25%, además, otro factor importante es la versatilidad de transporte el mismo que tiene un 20%, ya que, en la ciudad existen gran cantidad de pendientes, muchas de estas en la ruta que conlleva ir a la universidad, como son los tramos desde el Puente Tahuando hasta la UTN, la avenida 17 de julio hasta la universidad y la calle Atahualpa. Finalmente, los dos últimos parámetros considerados tienen relación con el desarrollo de proyecto, ya que al ser una tesis práctica sería factible buscar un diseño no tan complejo y que los materiales sean fáciles de conseguir dentro del país.

Tabla 3.2. Criterios de selección

Criterios de Selección		Porcentaje de importancia (%)
I	Bajo costo de Fabricación y mantenimiento	30
II	Seguridad	25
III	Versatilidad de transporte	20
IV	Facilidad de diseño	15
V	Materiales y componentes de existencia nacional.	10
Porcentaje total		100

En la tabla 3.3, se muestran los valores del criterio de calificación, que se va a utilizar para el desarrollo de la selección.

Tabla 3.3. Calificación

Criterio de calificación	
Bajos	1 a 3
Medios	4 a 6
Altos	7 a 9
Satisfactorio	10

A través de la tabla 3.3 se genera la tabla 3.4, en la cual se pone los valores de puntuación dependiendo las mejores opciones y con respecto a las opciones A y B presentan calificaciones inferiores que la C, siendo el tercer criterio el único en el que se diferencian.

Tabla 3.4. Calificación y ponderaciones

Alternativas	Criterios de Selección					Ponderación	
	I	II	III	IV	V		
A	8	5	8	5	6	30	I
B	8	8	10	6	6	25	II
C	10	9	5	8	8	20	III
						15	IV
						10	V
Total	26	22	23	19	20	100	

La tabla 3.5, se realiza a través de una división entre el valor unitario de cada alternativa y el total tal como se muestra en el siguiente ejemplo:

$$\frac{8}{26} = 0,307$$

A este método se lo conoce como selección de opciones por producto de matrices, porque se multiplica la matriz de los criterios de selección y de las ponderaciones. Cabe mencionar, que es método muy efectivo para el seleccionamiento de alternativas factibles para un estudio.

Tabla 3.5. Resultados

Alternativas	Criterios de Selección					Ponderación		
	I	II	III	IV	V			
A	0,3077	0,2273	0,3478	0,2632	0,3	0,3	I	A= 28,82
B	0,3077	0,3636	0,4348	0,3158	0,3	0,25	II	B= 34,75
C	0,3846	0,4091	0,2174	0,4211	0,4	0,2	III	C= 36,43
						0,15	IV	
						0,1	V	
	1	1	1	1	1	1		100

En base a la tabla de resultados, la mejor opción es la C que corresponde a la bicicleta convencional.

3.6. ENCUESTA

Se realizó una encuesta a 100 personas dentro de los predios de la universidad los mismos que estaban distribuidos entre estudiantes y docentes de la UTN (universidad técnica del Norte), las preguntas estaban dirigidas para ver las necesidades que tiene a la hora de transportarse hacia la institución y ciertos parámetros que consideran cada persona a la hora de adquirir una bicicleta, así

como también, ver la factibilidad de la implementación de una bicicleta urbana en este establecimiento educativo.

Todas las preguntas de la encuesta se encuentran en el anexo A, donde también se incluye preguntas con la finalidad de comprobar el seleccionamiento que se desarrolló en el numeral 3.5.

3.7. DISEÑO DEL MARCO DE BICICLETA

3.7.1. CASA DE LA CALIDAD

En la selección del modelo de bicicleta a construir se obtuvo que la mejor opción es un cuadro convencional y para determinar el modelo y el material a utilizar se elaborará un diagrama de la casa de la calidad, la cual será desarrollada en base a la encuesta realizada en la universidad (ver anexo A), se obtuvo los siguientes resultados.

3.7.1.1. Datos demográficos

La encuesta fue dirigida hacia personas de los dos géneros distribuidas en un 50%, de los cuales más del 70% corresponde a los estudiantes de la universidad, 10% personal administrativo y alrededor del 20 % a docentes, la edad comprendida en las personas que fueron encuestadas es de los 18 años hasta los 48 con un porcentaje mayoritario en jóvenes de los 20 hasta los 24 años de edad.

3.7.1.2. Características de una bicicleta urbana.

Para conocer datos técnicos para el desarrollo en la encuesta se incluyeron las siguientes preguntas. Las mismas que fueron elaboradas en base a necesidades específicas y que fueron consideradas como las más importantes como son la seguridad de las personas y los costos.

¿Considera usted a la bicicleta como un medio de transporte práctico para movilizarse hacia la UTN?

De la pregunta anterior se obtuvo el resultado que se muestra en la figura 3.1, donde el 35% de las personas dijeron que no, mientras que el 65% afirmaron que si utilizarían una bicicleta para transportarse a la universidad.

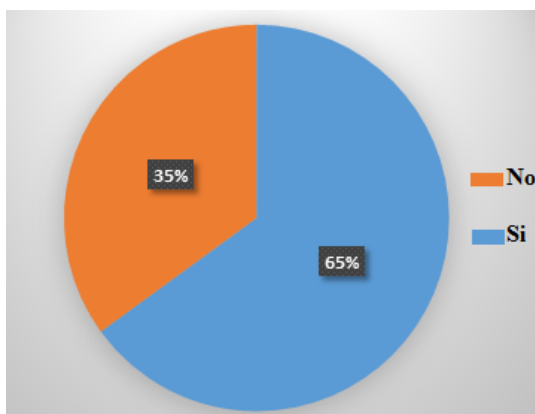


Figura 3.1. Resultados.

¿Cuán importante son los siguientes factores para motivar el uso de la bicicleta como su medio de transporte?

- a) Potencial ahorro de dinero
- b) Cuidado con el medio ambiente
- c) Gusto por andar en la bicicleta
- d) Fácil de transportarse
- e) Más saludable

Los rangos de calificación para el desarrollo de esta pregunta son:

- Nada importante (1)
- Poco importante (2)
- Importante (3)
- Muy importante (4)
- Extremadamente importante (5)

El resultado de la encuesta se muestra en la tabla 3.6.

Tabla 3.6. Resultados de la encuesta para la pregunta 7

Factores	Promedio	Redondeos
A	3,55	3
B	3,95	4
C	3,2	3
D	3,7	4
E	3,75	4

Los resultados obtenidos fueron varios, pero para hacer una aproximación se obtuvo un promedio de todas las calificaciones desarrolladas para los distintos factores y se realizó un redondeo para valores que superen el 70% en el número

decimal de cada valor es así que, el cuidado con el medio ambiente, facilidad de transporte y la salud obtuvieron los valores más altos, sobre todo el factor B, donde se puede ver que en la actualidad la mayoría de las personas están comprometidas en cuidar el medio ambiente.

Para usted. ¿Cuáles serían los factores que consideraría importantes al momento de adquirir una bicicleta urbana?

- f) Precio de la bicicleta
- g) Costo de mantenimiento y reparación
- h) Accesibilidad a los repuestos
- i) Seguridad
- j) Capacidad de carga
- k) Ergonomía
- l) Facilidad de transportarla en un vehículo.
- m) Diseño o apariencia de la bicicleta.

Los rangos de calificación para esta pregunta es la misma que se utiliza para la pregunta anterior de lo cual se obtuvo la tabla 3.7.

Tabla 3.7. Resultados de la encuesta para la pregunta 8

Factores	Promedio	Redondeos
F	3,9	4
G	3,55	3
H	3,5	3
I	3,95	4
J	3,3	3
K	3,75	4
M	2,85	3
N	2,5	2

De los resultados se obtiene que mayor énfasis se pone en la seguridad y el costo de la bicicleta.

¿Qué tipo de bicicleta urbana le parece la mejor opción para ser adquirida?

Esta pregunta fue desarrollada con el fin de corroborar los resultados obtenidos en el proceso de selección y del 65% de las personas (ver figura 3.1) que afirmaron utilizar la bicicleta para transportarse a la universidad se obtuvo el resultado que se muestra en la figura 3.2

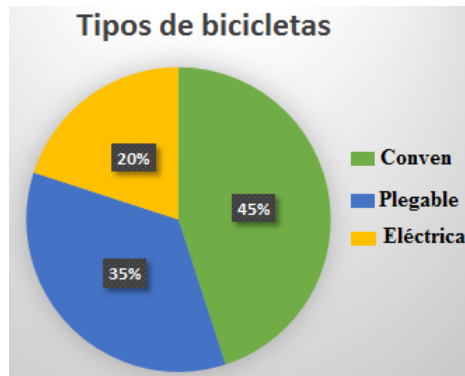


Figura 3.2. Tipos de bicicletas

Donde, en efecto la bicicleta convencional tiene un porcentaje mayor que es del 45%, seguida por la plegable del 35%, mientras que la eléctrica tiene una 20%.

¿Qué precio estaría usted dispuesto a pagar por una bicicleta para su transporte a la universidad?

Como resultado de esta pregunta se obtuvo la figura 3.3, donde la mayoría estaría dispuesto a pagar valores inferiores a 300 dólares. Con este resultado se confirma que la aplicación de bicicletas eléctricas y plegables estarían descartadas ya que tendrían valores que superarían los 300 dólares.

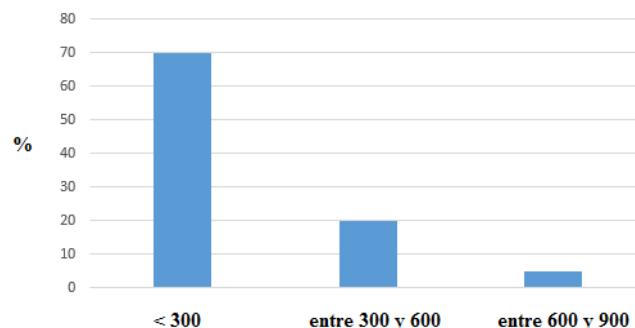


Figura 3.3. Precio

Con los resultados obtenidos de la encuesta y para determinar las demandas de las personas que podrían adquirir una bicicleta, de la tabla 3.7, se tomaron los factores los cuales fueron modificados para introducirlas a la casa de la calidad y quedaron de la siguiente forma:

- Precio de adquisición de la bicicleta.
- Facilidad en el Mantenimiento.
- Bajo costo de repuesto.
- Ergonómico al conducir.

- Facilidad para reparar si se producen daños extremos.
- Que sea fuerte.
- Buena presentación.
- Segura.
- Facilidad como medio de transporte.

De las demandas sugeridas por los consumidores obtenidos en base a las encuestas que se encuentran en el anexo A y de acuerdo con Riba, (2012), se debe establecer las prioridades de las mismas que son:

- **Básicas (B):** Son las que se consideran obvias a la hora del diseño y la construcción.
- **Unidimensionales (O):** Son aquellas que se podría mejorar en un determinado diseño.
- **Estimulantes (E):** Son las que complacen a las personas que adquieren determinado producto.

Para determinar el diseño de la bicicleta se crea los siguientes parámetros:

- Buscar un modelo del marco adecuado.
- Materiales de construcción del marco.
 - Acero.
 - Aluminio.
 - Fibra de carbono.
- Tipos de soldadura o procesos.
- Instalación de elementos de seguridad.
- Instalación de los accesorios de carga.
- Procesos mecánicos que se utilizará para la construcción.
- Se considera los sistemas que conforma la bicicleta como: frenos, dirección y transmisión, para el diseño del marco.
- Capacidad de carga que tendrá: En el diseño se establecerá los puntos y críticos y la carga máxima que soportaría la estructura de la bicicleta.
- Tiempo de reparación. Puede varía dependiendo de la complejidad de diseño y de la instalación de los elementos mecánicos.

En la figura 3.4, se muestra la casa de la calidad para este proyecto. Que presenta la siguiente evaluación para las columnas según (Riba, 2002, p.253).

- A: Cumplimiento de las demandas en la bicicleta convencional.
- B y C: Cumplimiento por las bicicletas que compiten.
- D: Calificación del 1 al 5 cumplimiento de la demanda.
- $E = \frac{D}{A}$
- Factor de venta.
- $H = E * F * G$
- G: Ponderación porcentual (en % sobre el total de las demandas)

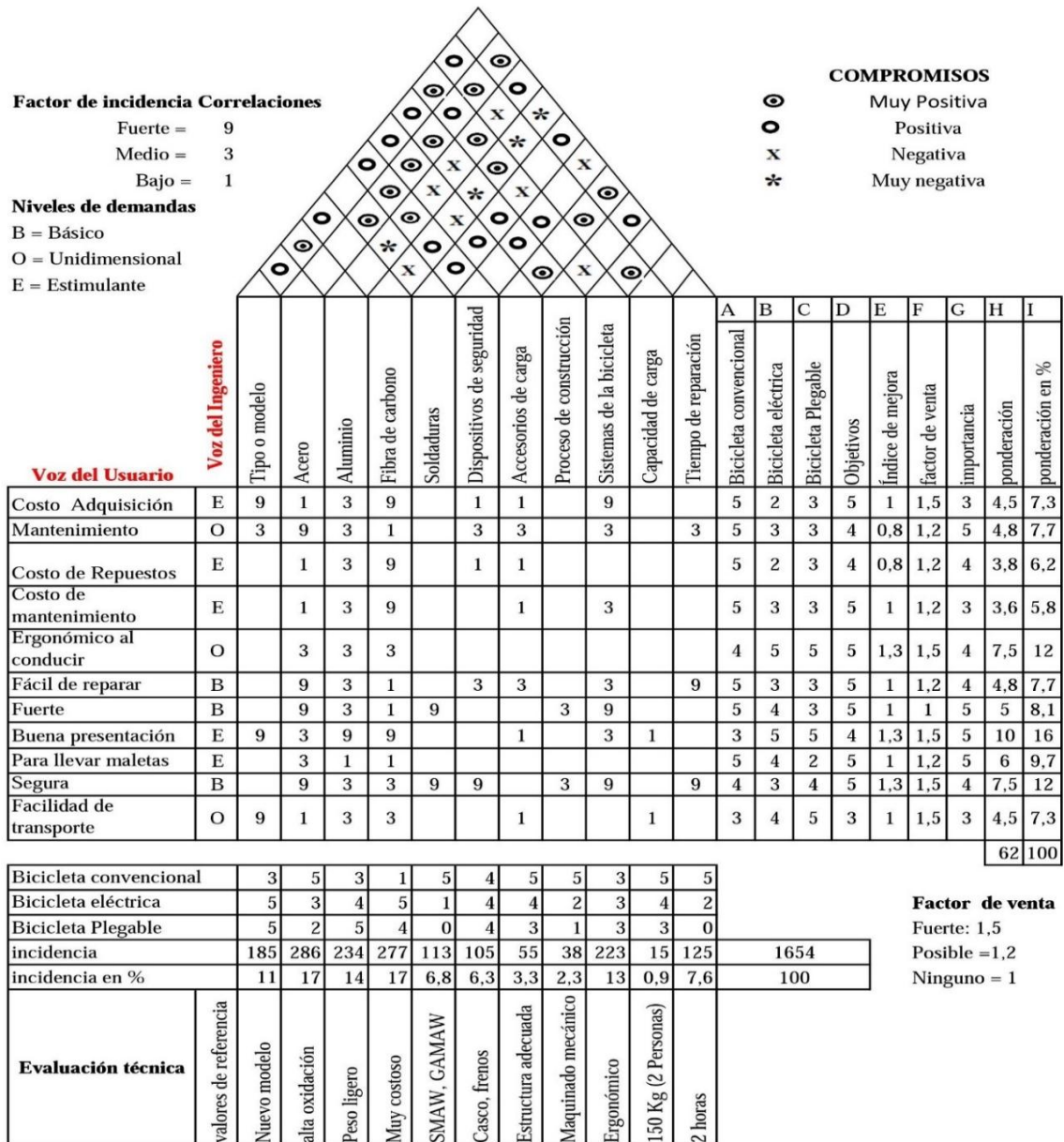


Figura 3.4. Casa de la calidad

De la casa de la calidad, los resultados que se obtienen es que las demandas básicas son 3, la unidimensionales 3 y las estimulantes 5.

Analizando la columna I, y observando los porcentajes que tiene cada demanda del usuario, se establece que hay que poner énfasis en las siguientes demandas:

- Facilidad en el Mantenimiento = 7,7 %.
- Ergonomía al conducir = 12%.
- Buena presentación = 16%.
- Facilidad para llevar maletas o carga =9,7%.
- Segura = 12%.
- Fácil de reparar = 7,7%.
- Fuerte = 8,1%

Esto conforma el 73,2 % en donde se podría hacer mejoras, también hay que considerar que en tres alternativas que corresponden a las demandas como: buena presentación, seguridad y ergonomía al conducir, tienen el 40%.

Lo que deja como conclusión que las características que debería tener el marco que se va a diseñar en este proyecto corresponde a los tres parámetros de mayor porcentaje en la casa de la calidad. Entonces las especificaciones que se debe tomar encuentra en el diseño son:

- Poner énfasis en determinar los puntos críticos del diseño de cuadro.
- El cuadro debe tener un diseño agradable.
- Para la ergonomía el cuadro debe presentar acoplamientos para mejorarla

Finalmente, con respecto a las demandas y la encuesta se pudo establecer que los usuarios se inclinaron en mayor porcentaje a bicicletas con materiales de acero y aluminio, por lo que se realizara un análisis utilizando estos dos tipos de metales.

3.8. CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DEL MARCO DE BICICLETA

3.8.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Para realizar el análisis estructural del cuadro de la bicicleta seleccionada, se va a desarrollar un análisis estático y a fatiga.

3.8.1.1. Análisis estático.

Cuando se realiza un análisis en estado estático se asume que las reacciones o cargas son constantes, comprendiéndose que no varían en magnitud, dirección y puntos de aplicación. Es así, que para este estudio existen distintas teorías de falla, dentro de las cuales se tiene la teoría de la energía de la distorsión para materiales dúctiles (R G Budynas & Nisbett, 2012), la cual será utilizada en este proyecto. En la siguiente ecuación se muestra la expresión para determinar el esfuerzo máximo Von Mises:

$$\sigma' = \left[\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2} \right]^{1/2} \quad [3.1]$$

Donde:

σ' : Esfuerzo de Von Mises.

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$: Esfuerzos normales o principales máximos.

En un análisis de esfuerzos planos, donde dos son distintos de cero y denominados σ_A y σ_B , los cuales al ser reemplazados en la ecuación 1, se obtiene una relación simplificada del esfuerzo de Von Mises:

$$\sigma' = [\sigma_A^2 - \sigma_A \sigma_B + \sigma_B^2]^{1/2} \quad [3.2]$$

Por medio de la ecuación (2), se representa en la figura 3.5 el diagrama de la elipse para la energía de la distorsión en donde se puede ver que esta rotada en base a los esfuerzos σ_A y σ_B que están ubicados en los ejes (X y Y) respectivamente.

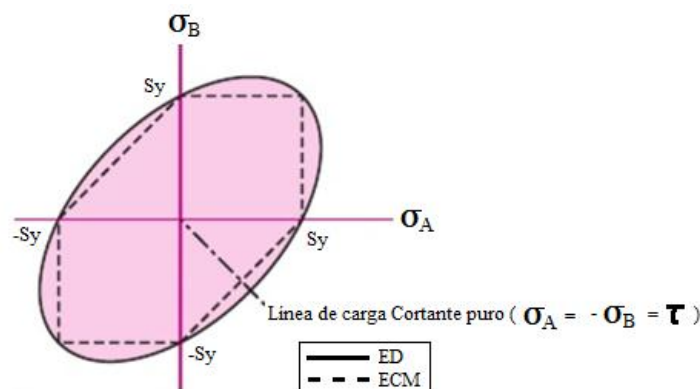


Figura 3.5. Diagrama de la energía de distorsión
(Richard G Budynas & Nisbett, 2008, p.215)

Otra forma más simplificada para obtener el esfuerzo de Von Mises es a través de la siguiente expresión.

$$\sigma' = \frac{S_y}{n} \quad [3.3]$$

Donde:

S_y : Límite de Fluencia del material.

n : Factor de seguridad.

Y de acuerdo con (Richard G Budynas & Nisbett, 2008, p.215), el factor de seguridad tiene las establece lo siguiente.

$$\begin{aligned} n = 1 & \Rightarrow \sigma' = S_y \text{ (falla)} \\ n < 1 & \Rightarrow \sigma' > S_y \text{ (falla)} \\ n > 1 & \Rightarrow \sigma' < S_y \text{ (no excluye la falla)} \end{aligned}$$

3.8.1.2. Análisis a fatiga

Para la realización de este tipo de análisis se considera cargas fluctuantes, que están definida como aquellas que varían en el tiempo tanto en magnitud, dirección o puntos de aplicación, así como también, puede existir la combinación de las mismas. Para el análisis a fatiga hay que determinar el punto crítico y aplicar el límite de resistencia (S_e), el mismo que se puede encontrar según (Richard G Budynas & Nisbett, 2008, p.279), por medio de la ecuación que se muestra a continuación.

$$S_e = S_e' * k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * K_f \quad [3.4]$$

Donde:

S_e' : Límite de resistencia en la probeta.

k_a : Factor de modificación de la condición superficial.

k_b : Factor de modificación del tamaño.

k_c : Factor de modificación de carga.

k_d : Factor de modificación de temperatura.

k_e : Factor de confiabilidad.

k_f : Factor de modificación de efectos varios.

Límite de resistencia en probetas (Se'): El factor Se' puede ser determinado mediante las siguientes relaciones de esfuerzo de ruptura a tracción (S_{ut}) que se muestran a continuación.

$$Se' \begin{cases} 0,5s_{ut} \rightarrow s_{ut} \leq 200\text{kpsi}(1400\text{ Mpa}) & (1) \\ 100\text{ kpsi} \rightarrow s_{ut} > 200\text{ kpsi} & (2) \\ 700\text{ Mpa} \rightarrow s_{ut} > 1400\text{ Mpa} & (3) \end{cases}$$

Factor de modificación superficial (k_a): Este factor se puede encontrar por medio de la siguiente expresión:

$$k_a = a * S_{ut}^b \quad [3.5]$$

Donde a y b son dos factores que corresponden a las condiciones superficiales que se obtienen del material estructural, cuando son fabricados. Las condiciones se muestran en la tabla 3.8.

Tabla 3.8. Parámetros en el factor de la condición superficial

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	Sut (ksi)	Sut (Mpa)	
Esmerilado	1,34	1,58	-0,085
Maquinado o laminado en frío	2,70	4,51	-0,265
Laminado en Caliente	14,4	57,7	-0,718
Como sale de la forja	39,9	272	-0,995

(Richard G Budynas & Nisbett, 2008, p.80)

Factor de modificación de tamaño (k_b): Para encontrar el factor k_b según Richard G, Budynas y Nisbett, (2008), hay que considerar las siguientes limitaciones para secciones circulares, donde (d) corresponde al diámetro exterior.

$$k_b = \begin{cases} \left(\frac{d}{0,3}\right)^{-0,107} = 0,879d & 0,11 \leq d \leq 2\text{ pulg} \\ 0,91d^{-0,157} & 2 \leq d \leq 10\text{ pulg} \\ \left(\frac{d}{7,62}\right)^{-0,107} = 1,24d^{-0,107} & 2,79 \leq d \leq 51\text{ mm} \\ 1,51d^{-0,157} & 51 \leq d \leq 254\text{ mm} \end{cases} \quad [3.6]$$

Factor de modificación de carga (k_c): Para determinar el k_c , en las estructuras que tienen cargas de flexión rotatoria, axial y de torsión se evalúa mediante la siguiente expresión.

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0,85 & \text{axial} \\ 0,59 & \text{torsión} \end{cases}$$

Factor de modificación de temperatura kd: Se puede hallar con la siguiente ecuación, que fue tomada de (Richard G Budynas & Nisbett, 2008, p.282).

$$k_d = 0,975 + 0,432(10^{-3})T_F - 0,115(10^{-5})T_F^2 + 0,104(10^{-8})T_F^3 - 0,595(10^{-12})T_F^4 \quad [3.7]$$

Donde:

T_F : Temperatura ambiente que está en °F

Factor de confiabilidad ke: Para determinar este factor, hay que evaluar el tipo de confiabilidad que se le dará al diseño del marco de la bicicleta, el mismo que se determina por la tabla 3.9.

Tabla 3.9. Tabla de confiabilidad.

Confiabilidad (%)	Variación de transformación Za	Factor de confiabilidad Ke
50	0	1
90	1,288	0,897
95	1,645	0,868
99	2,326	0,814
99,9	3,091	0,753
99,99	3,719	0,702
99,999	4,265	0,659
99,9999	4,753	0,62

(Richard G Budynas & Nisbett, 2008, p.285)

Factor de modificación de efectos varios (kf): La finalidad de este factor es influir sobre el límite de resistencia, debido a varios factores, que pueden actuar de forma positiva como negativamente. Debido a su complejidad y por no siempre se tiene disponible su valor exacto (Mott, Pozo, Sánchez, Fernández, & Sánchez, 2006).

3.9. SIMULACIÓN

3.9.1. MATERIALES Y EQUIPOS

Para la elaboración del modelo y la simulación, se utilizó los programas de Solidwork y Ansys Educational, ya que son programas que utilizan elementos finitos para el desarrollo de los modelos matemáticos, por lo que es

indispensables una máquina que tenga buenas características tanto de procesamiento como de almacenamiento.

La computadora que se utilizó para generar la simulación fue una máquina marca Xeon, memoria instalada RAM de 64Gb, Windows 10 pro, 64 bits y un tera de capacidad en el disco sólido.

3.9.2. PROCESO DE SIMULACIÓN

Los pasos que se deben seguir para la elaboración de la simulación son los que se detallan a continuación:

3.9.2.1. Modelado.

La creación del modelado 3-D del marco de la bicicleta fue elaborado en Solidworks, ya que en dicho programa existen funciones de barrido y vaciado, entre otras con las que fue posible la creación del modelo.

3.9.2.2. Transportar la geometría al simulador.

Una vez finalizado el modelo en 3D, este fue transportado a Ansys Educacional por medio de la extensión STEP, la cual es compatible para los programas CAD.

3.9.2.3. Esquematización de módulos.

Para iniciar con la simulación, hay que generar la esquematización de módulos, tal como se muestra en la figura 3.6, mediante esta configuración de ramales se puede definir el material a utilizar y análisis a realizar mediante un software computacional.

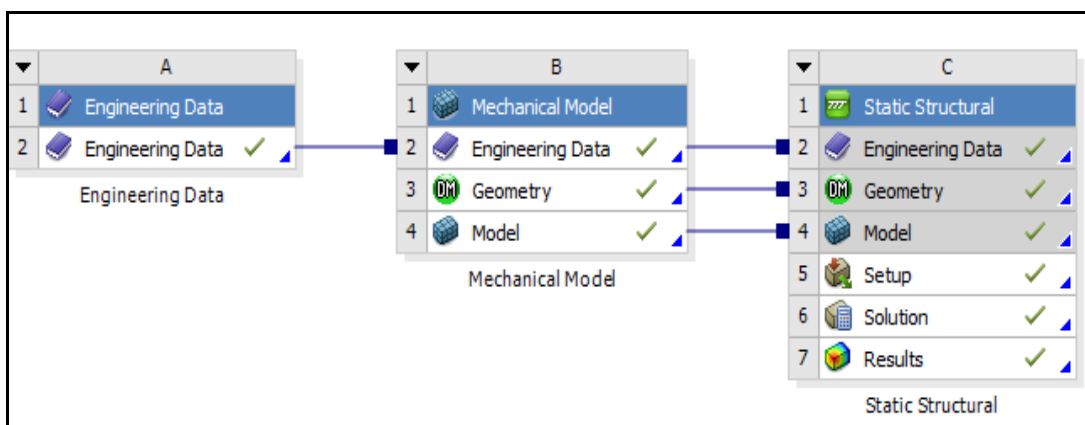


Figura 3.6. Esquematización de módulos.

3.9.2.4. Condiciones de frontera.

Colocar las condiciones de borde en la estructura, es uno de los pasos más importante de estas depende los resultados que se obtengan, estos parámetros corresponden a la ubicación de soportes, reacciones y material, tal como se puede apreciar en la figura 3.7. Las mismas que están ubicadas con respecto a eje z.

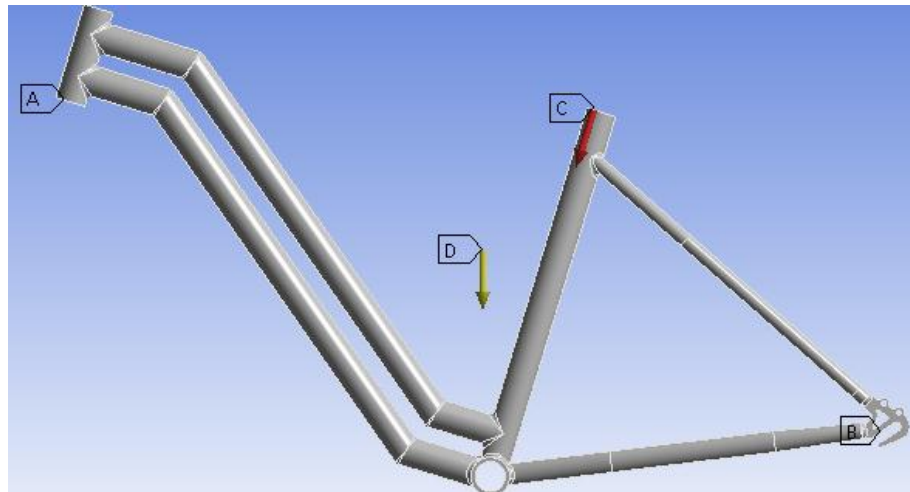


Figura 3.7. Ubicación de condiciones de contorno

3.9.2.5. Selección del material.

Para poder evaluar los resultados por medio del mallado hay que elegir el tipo de material, los resultados para este proyecto se determinaron con el acero estructural ver figura 3.8.

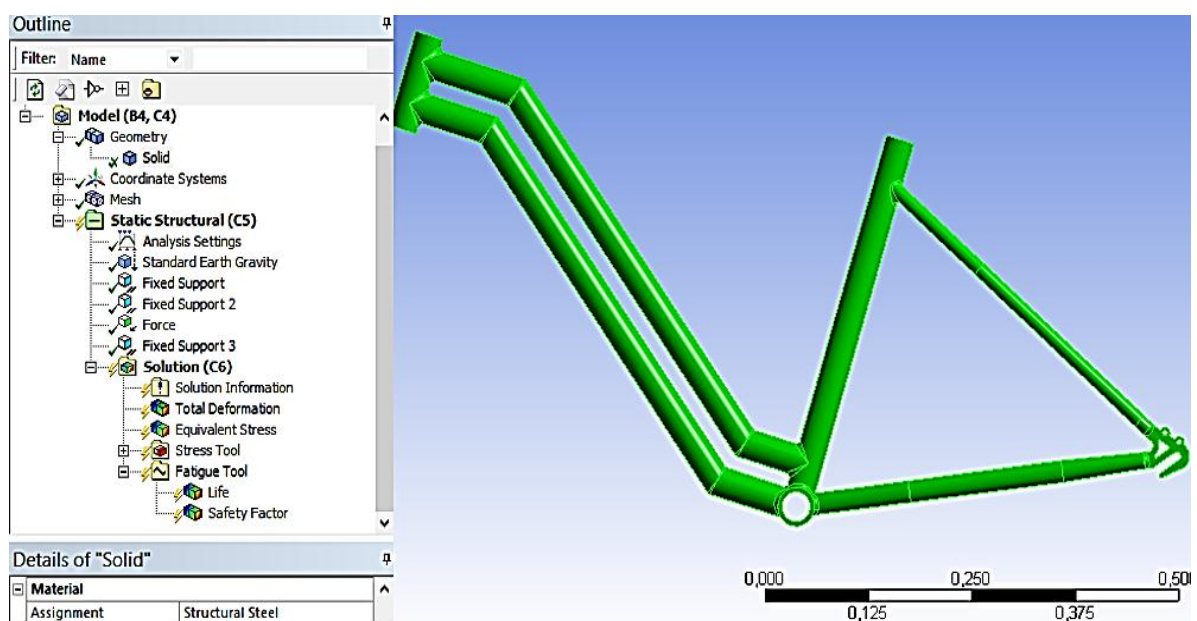


Figura 3.8. Selección del acero estructural A-36.

También, otro material que se utilizó para el desarrollo del estudio y la simulación son las aleaciones de aluminio, ver la figura 3.9.

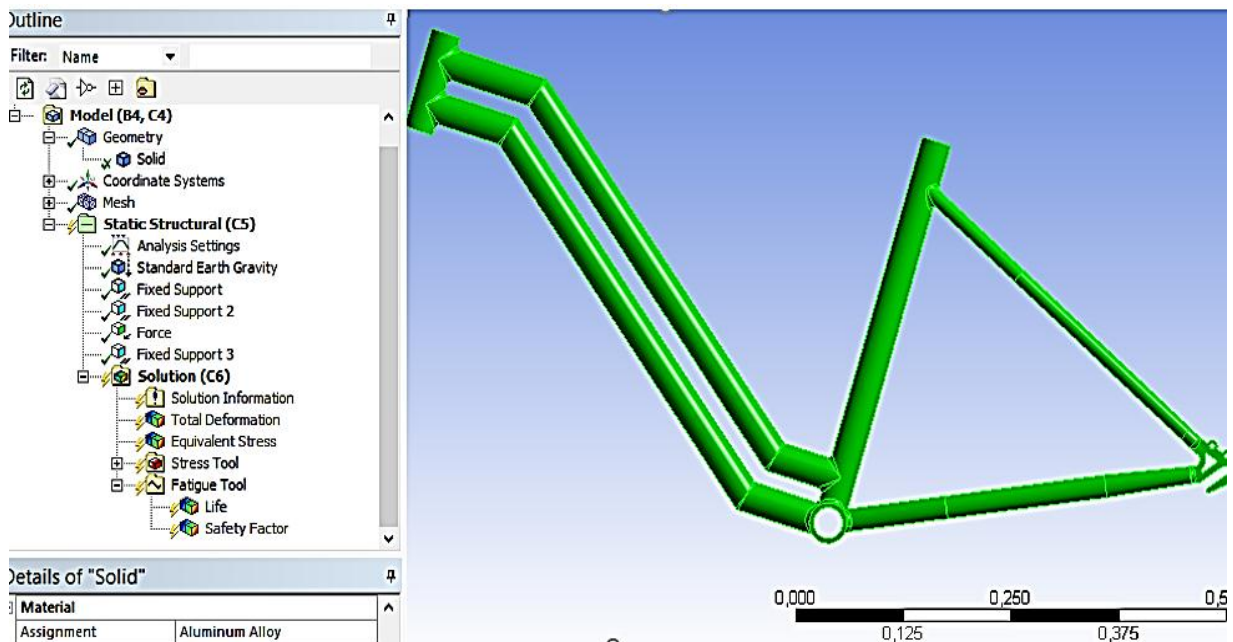


Figura 3.9. Selección de la aleación de aluminio.

3.9.2.6. Mallado

Para el desarrollo del mallado se utiliza la calidad de Skewness, con una configuración tetraédrica, además que debe estar, bien refinado tal como se puede apreciar en la figura 3.10.

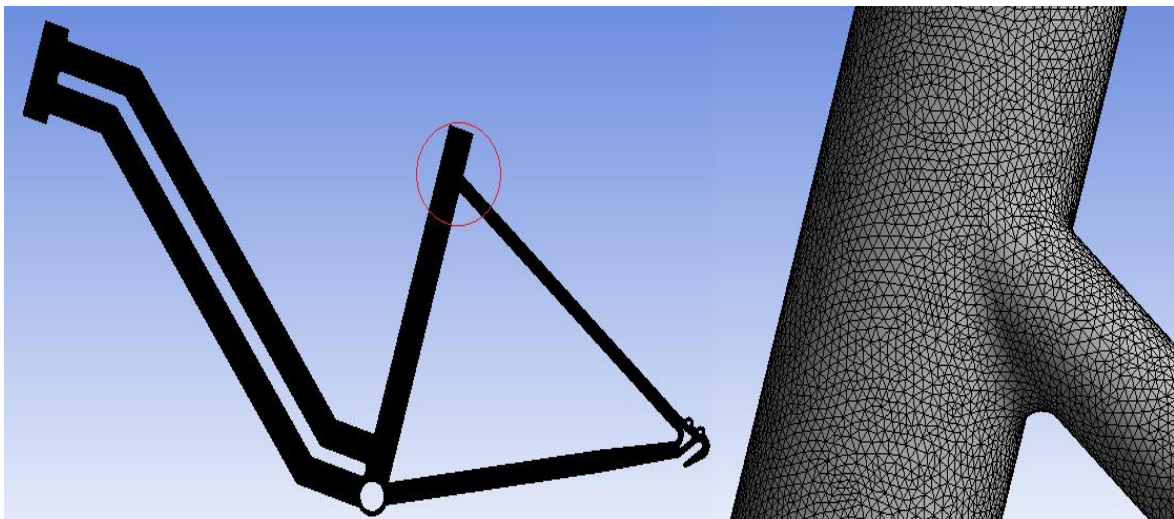


Figura 3.10. Mallado.

Para que el mallado tenga una buena calidad y los resultados de la simulación sean confiables, las estadísticas de calidad del mallado realizado, debe estar bajo los parámetros que se muestran en la siguiente figura 3.11.

Skewness mesh metrics spectrum:

Excellent	Very good	Good	Acceptable	Bad	Unacceptable
0-0.25	0.25-0.50	0.50-0.80	0.80-0.94	0.95-0.97	0.98-1.00

Figura 3.11. Especificaciones para el mallado.

(Miller, 2017)

El mallado que se ejecutó en este proyecto está dentro de los parámetros establecido, ver figura 3.12

Details of "Mesh"	
<input checked="" type="checkbox"/> Advanced	
<input checked="" type="checkbox"/> Statistics	
<input type="checkbox"/> Nodes	4786862
<input type="checkbox"/> Elements	2977568
Mesh Metric	Skewness
<input type="checkbox"/> Min	2,3903e-005
<input type="checkbox"/> Max	0,99856
<input type="checkbox"/> Average	0,24709
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	0,14206

Figura 3.12. Detalle estadístico del mallado.

Tal como se puede apreciar en la figura anterior, el parámetro de evaluación por el método SKEWNESS, está en 0,24 y de acuerdo a la figura 3.11, está dentro del rango excelente.

3.9.2.7. Esquema para la evaluación de la estructura.

Finalmente, se evalúa bajo las condiciones estáticas y a fatiga (Fatigue Tool), tal como se puede ver en la figura 3.13. Además, se realiza la evaluación para encontrar los siguientes parámetros: Esfuerzo máximo de Von Mises, deformación total y factor de seguridad

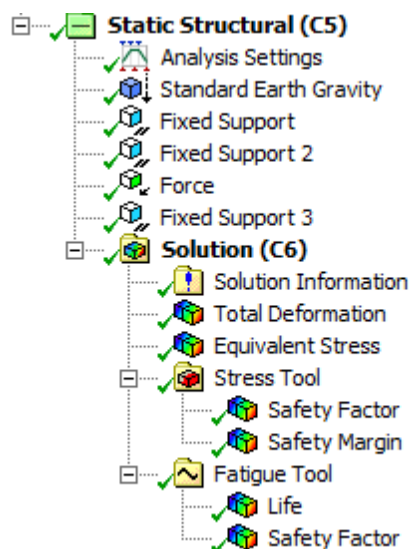


Figura 3.13. Árbol para las soluciones de los distintos parámetros.

4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA, DISEÑO Y SIMULACIÓN

En este capítulo, se desarrollará la geometría para este nuevo modelo de bicicleta, a plantear como prototipo. Así como también, se mostrará los distintos datos obtenidos mediante la aplicación de fórmulas y datos obtenidos mediante resultados de la simulación.

4.1. DISEÑO DEL CUADRO DE LA BICICLETA URBANA

4.1.1. GEOMETRÍA DEL CUADRO

Considerando las dimensiones generales establecidas en el numeral 2.5 y la forma tetraédrica que comúnmente presentan la mayoría de las bicicletas urbanas en la figura 4.1, se puede observar cómo sería la forma geométrica del cuadro de este proyecto.

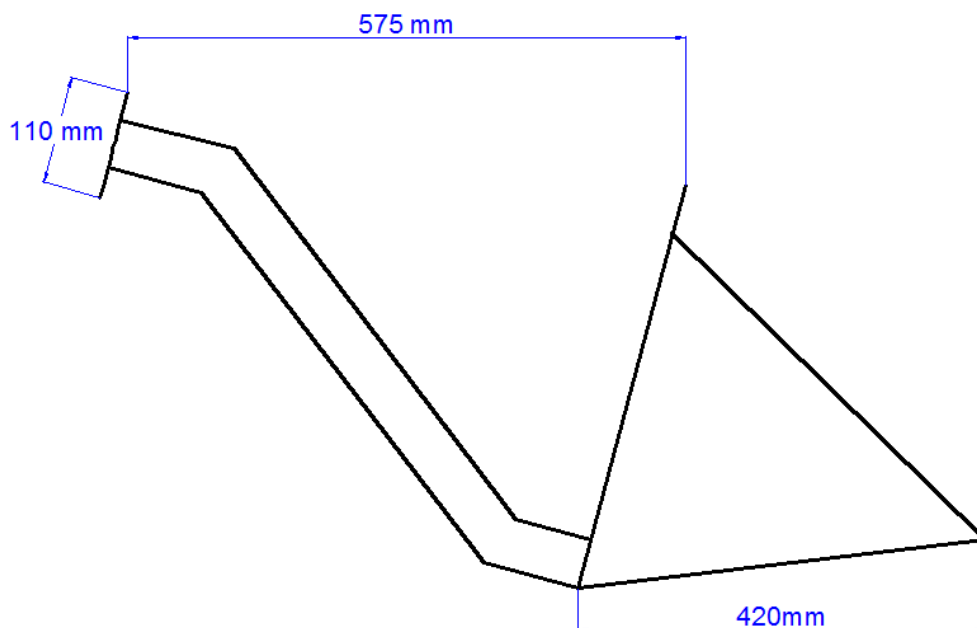


Figura 4.1. Geometría del marco de bicicleta

La tubería que se utilizará para el diseño del cuadro es de perfil circular y las dimensiones se muestran en la figura 4.2, que fueron establecidas de acuerdo a

catálogos según (CONDESA, 2006) que muestran dimensiones normalizadas para tuberías de cuadros de bicicletas.

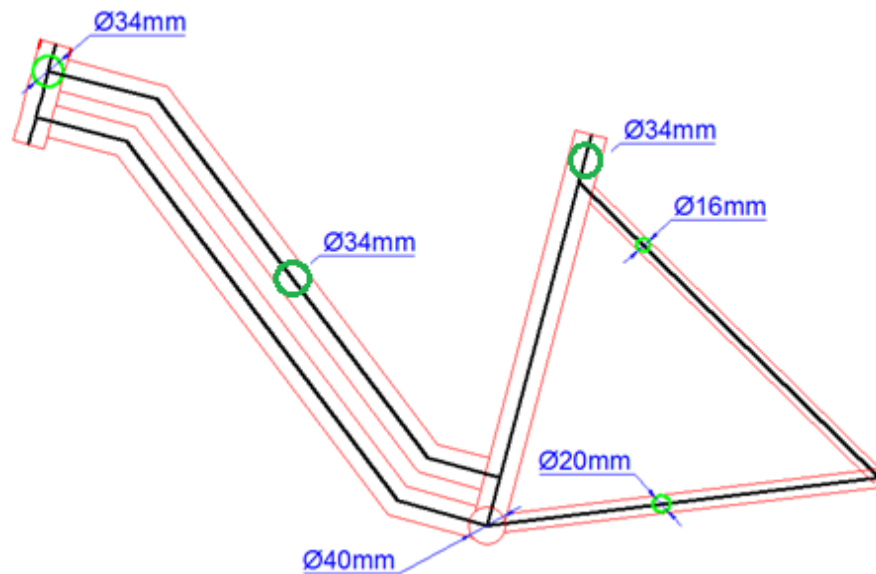


Figura 4.2. Geometría del marco de bicicleta y dimensiones de tubería a utilizar.

Los ángulos de inclinación para los tubos de dirección y del sillín, tal como se pueden apreciar en la figura 4.3, ángulos (2) y (1) respectivamente, van establecidos dentro del rango de (72 y 75 grados), que normalmente son los adecuados para todo tipo de bicicleta, ya que la variación de este puede influir en la distribución del peso del conductor como la posición sobre el eje de pedaleo (Mtbpro, 2017, p.2).



Figura 4.3. Ángulos principales en una bicicleta.

(Mtbpro, 2017, p.2)

4.1.2. PUNTOS DE APOYO Y FUERZAS APLICADAS

4.1.2.1. Reacciones en estado de reposo de la bicicleta

Las reacciones que actúan y los puntos de apoyo cuando se tiene carga en condiciones estáticas. Ver figura 4.4

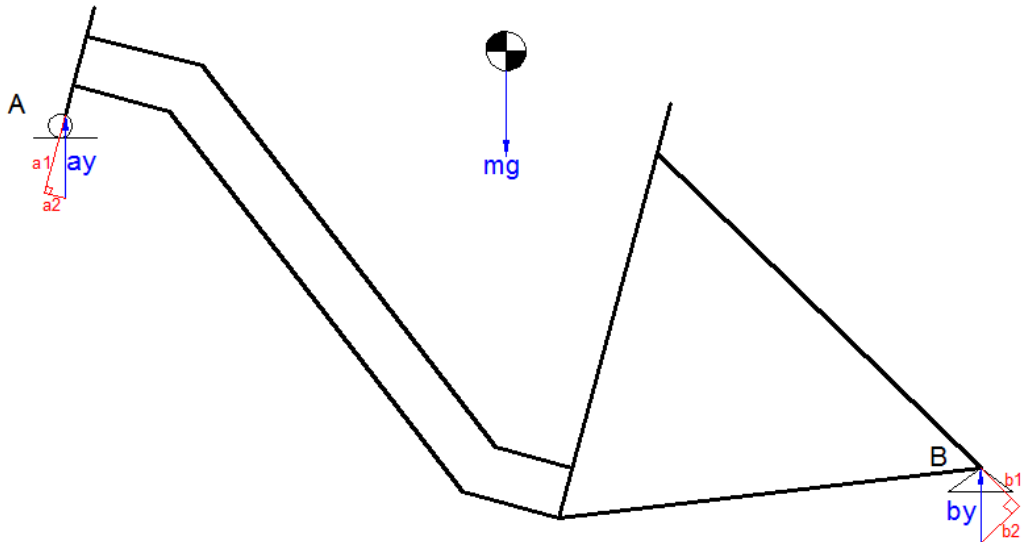


Figura 4.4. Diagrama de cuerpo libre para el estado estático

Desarrollando el diagrama de cuerpo libre de la figura anterior se tiene la siguiente sumatoria de fuerzas en el eje (y).

$$\sum F_y = 0 \quad [4.1]$$

$$mg = ay + by \rightarrow (ay = by)$$

Desarrollando el planteamiento anterior se encuentra la siguiente expresión.

$$ay = by = \frac{1}{2} mg \quad [4.2]$$

A continuación, en la figura 4.5, se muestra las coordenadas de los puntos de apoyo A y B.

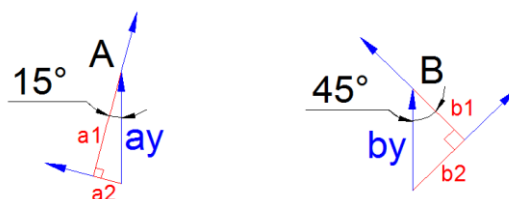


Figura 4.5. Puntos de apoyo en estado estático, sobre el cuadro

De la figura 4.5, se obtiene las siguientes expresiones.

$$a1 = \frac{1}{2} mg * \cos(15) , \quad a2 = \frac{1}{2} mg * \sen(15) \quad [4.3]$$

$$b1 = \frac{1}{2} mg * \cos(45) , \quad b2 = \frac{1}{2} mg * \sen(45) \quad [4.4]$$

De acuerdo con la tabla que se encuentra en el anexo B que fue obtenida de (Licata, 2017), se toma el peso máximo de una persona que supera los 2 metros de estatura que es de 108,16 kg, este valor se considera con la finalidad de obtener resultados dentro del rango crítico. A continuación, se muestran los resultados de las reacciones que actúan en la figura 4.4.

$$\text{Peso} = mg = 108,16 \text{ Kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1061,05 \text{ (N)} \quad [4.5]$$

$$a_y = b_y = \frac{1}{2} * 1061,05 \text{ (N)} = 530,525 \text{ (N)} \quad [4.6]$$

$$a1 = 530,525 \text{ (N)} * \cos(15) = 512,45 \text{ (N)} \quad [4.7]$$

$$a2 = 530,525 \text{ (N)} * \sen(15) = 137,31 \text{ (N)} \quad [4.8]$$

$$b1 = 530,525 \text{ (N)} * \cos(45) = 375,14 \text{ (N)} \quad [4.9]$$

$$b2 = 530,525 \text{ (N)} * \sen(45) = 375,14 \text{ (N)} \quad [4.10]$$

4.1.2.2. Reacciones en movimiento de la bicicleta

Según Covill, Allard, Drouet, y Emerson, (2016), las reacciones que comúnmente actúan cuando una bicicleta está en circulación se distribuyen de distinta forma tal como se observa en la figura 4.6, donde se puede ver que las fuerzas actúan en las zonas de apoyo, puntos donde está en contacto el conductor con la bicicleta como es el caso del sillín, el volante y los pedales de tracción, así como también en los ejes donde va asentada la bicicleta sobre los aros de las ruedas.

En la siguiente figura 4.6, se muestran los cinco puntos donde actuarían las reacciones sobre el marco de bicicleta, cuando esta se encuentra en operación. A y B corresponde a los puntos donde se ejercería las reacciones por medio de los ejes de cada rueda donde se asienta la bicicleta, C es el punto en el cual el conductor genera la reacción con las manos, F sitio donde se realiza una tracción con los pies y D corresponde a lugar donde se aplica la mayor cantidad de fuerza ya que el conductor asienta ahí casi todo su peso.

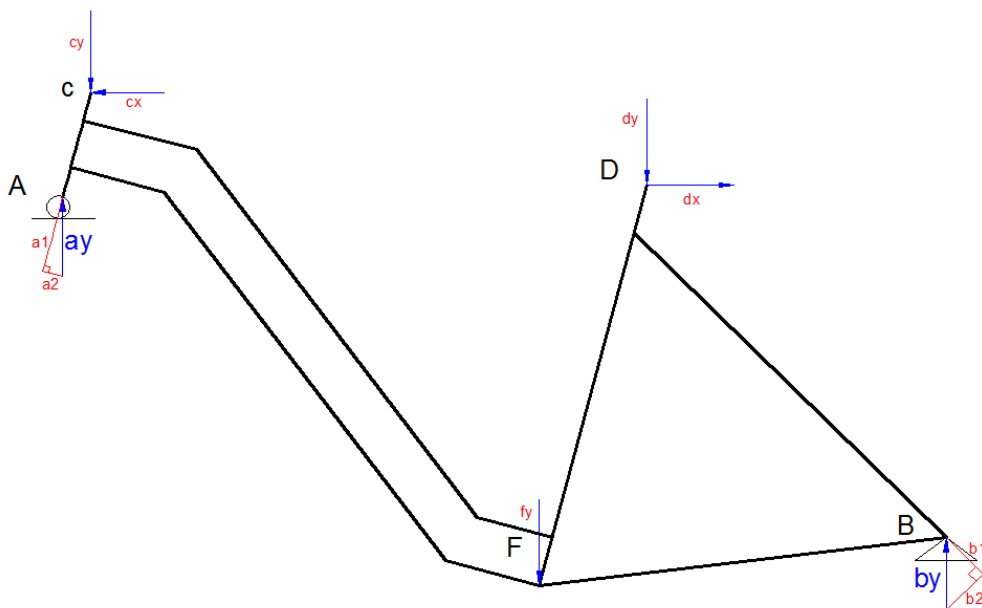


Figura 4.6. Puntos de apoyo en estado estático, sobre el cuadro

4.1.2.3. Modelado del cuadro

Para obtener el modelo del cuadro a diseñar, se empleó el paquete computacional Solidworks, para lo cual se estableció la geometría y el material del marco de bicicleta. En la figura 4.7, se puede ver el modelado de los tubos primarios.

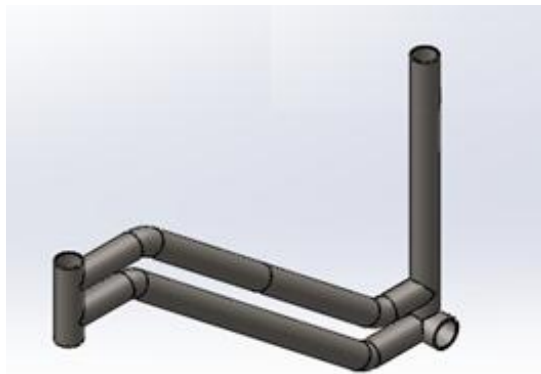


Figura 4.7. Tubos primarios

4.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Los resultados que se obtengan del análisis estructural, ayudarán a determinar de forma acertada, cuantitativa, el tipo de estructura y material, que se podría seleccionar para la construcción del marco, la misma que servirá como propuesta para la implementación de la bicicleta urbana en la UTN.

Para la obtención de los resultados, mediante el análisis correspondiente, se efectuará una simulación en el software computacional, así como se realizará los cálculos mediante la utilización de las fórmulas las cuales son utilizadas en el diseño de mecanismos. Es así que, para encontrar los valores para los diseños en el numeral 3.7, se había mencionado que se analizaría dos tipos de marcos de bicicleta, los mismos que varían en el ángulo de inclinación del tubo central del sillín y dos tipos de materiales que son los más utilizados en la construcción de bicicletas en el país, como lo son: el acero y el aluminio.

A continuación, se detalla el proceso llevado a cabo para la obtención de valores.

Una vez que se ha desarrollado el modelo de los dos marcos, a través del programa Solidworks, se coloca en el software de simulación las condiciones de borde y reacciones. Los pasos para desarrollar la simulación, se mencionan en la metodología, en el numeral 3.9.2.

La aplicación de reacciones y soportes para este caso se muestra en figura 4.4 en los puntos de apoyo que se ubican en las letras A y B, que corresponden a la ubicación fija del eje de la horquilla y los soportes para la rueda posterior. Además, las reacciones que actúan sobre el marco, corresponden al peso de la estructura y una fuerza del 70% del peso total del conductor, valor que se considera en este proyecto, tomando en cuenta que la persona se encuentra sentado sobre el sillín de la bicicleta y utiliza los pies para estabilizarse, con los que genera una reacción de un 30% de su peso. (Covill et al., 2016, p.1).

En el numeral 4.1.2.1, se estableció el peso del conductor de 108,16 Kg que correspondía a una persona alta, con gran masa muscular, de acuerdo con esto el 70% en fuerza que genera el ocupante de la bicicleta sería de 745N, cuyo valor, es el que se le agrega a la simulación y que corresponde a un aproximado de 76

kg, peso de una persona de características normales dentro del país. En la figura 4.9, se puede observar cómo están ubicados las condiciones de borde, en el marco de la estructura de la bicicleta de 73°.

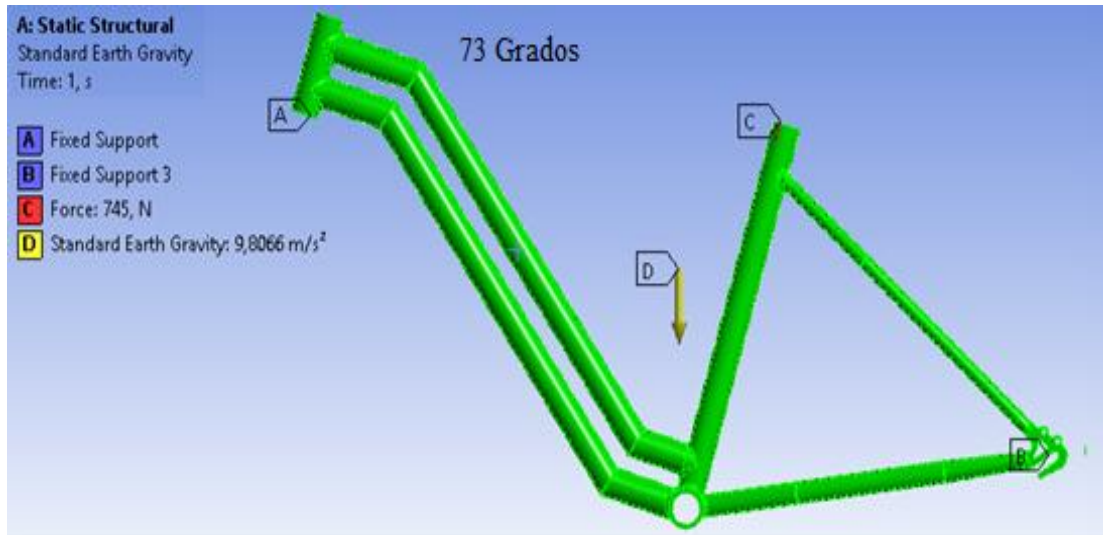


Figura 4.10. Diagrama de fuerzas (estructura de 73°).

Además, en la figura 4.11 se ubican las reacciones las reacciones en los puntos fijos, gravedad actuante y peso del conductor. En la estructura que tiene la inclinación de 85°.

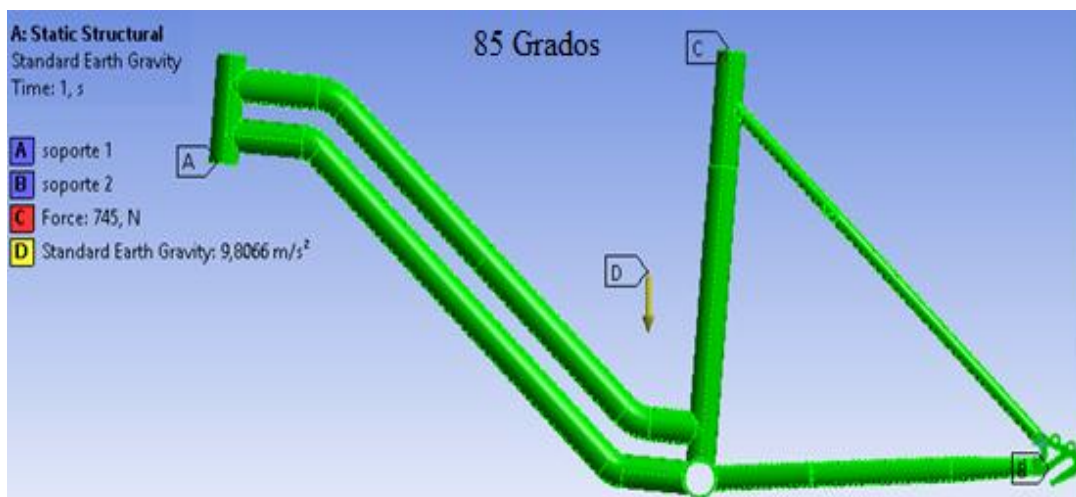


Figura 4.11. Diagrama de fuerzas (estructura de 85°).

Posteriormente se calcula el esfuerzo máximo de Von Mises, parámetro que es muy necesario para poder desarrollar la mayor parte de cálculos, de tal forma, que se pueda encontrar el factor de seguridad, valor que es indispensable, pues es un indicador que muestra si una estructura va a soportar las reacciones

actuantes sobre la misma, este valor debe ser superior a la unidad, tanto en el diseño estático como a fatiga para que sea aceptable, caso contrario, indicaría que no es seguro el diseño (Gere, Goodno, & Cárdenas, 2009).

En la figura 4.12, se puede ver los valores obtenidos del esfuerzo de Von Mises para la estructura de 73°.

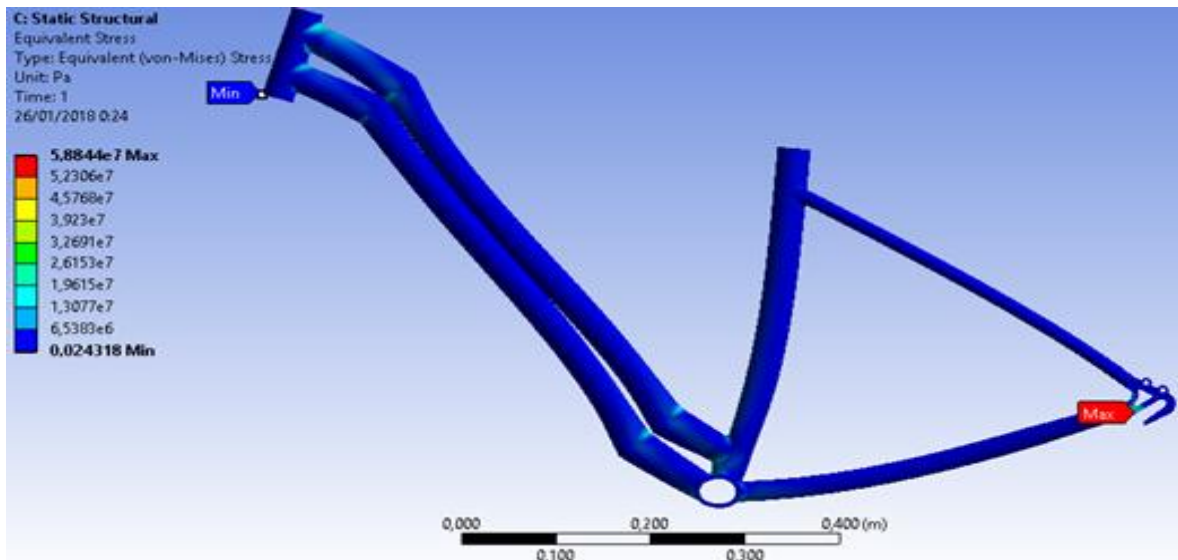


Figura 4.12. Esfuerzo de Von Mises, para el marco de 73° con acero

En la figura 4.13, se puede observar los valores obtenidos del esfuerzo de Von Mises para el marco de bicicleta que tienen un ángulo de 73°, para el aluminio. Así como también se pudo observar entre las dos figuras que los datos del esfuerzo son un poco diferentes.

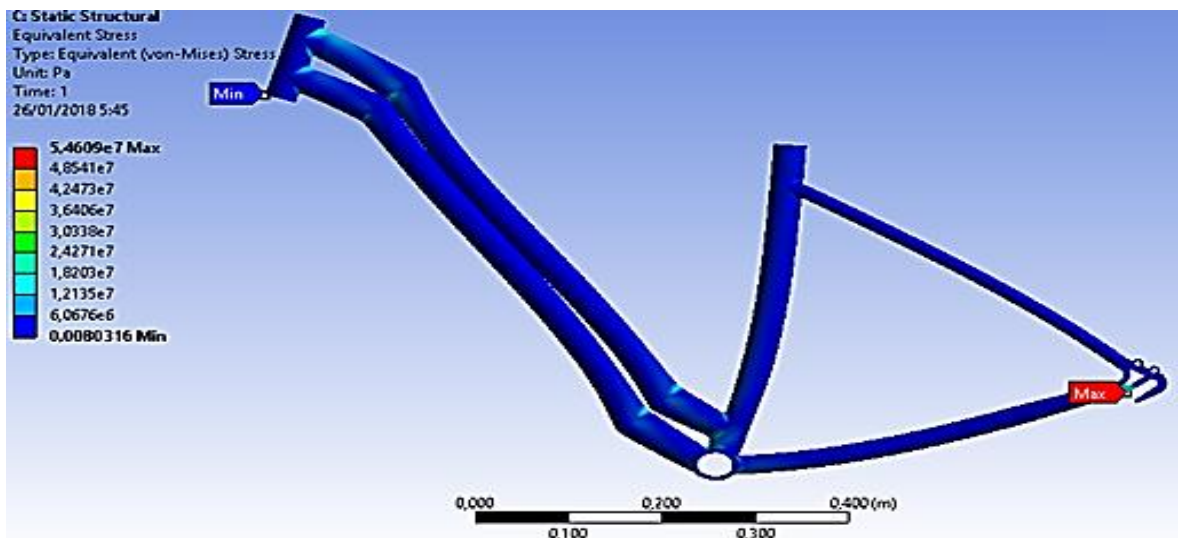


Figura 4.13. Esfuerzo de Von Mises, para el marco de 73° con aluminio.

A continuación, en la figura 4.14, se muestran los valores hallados mediante la simulación para el esfuerzo de Von Mises, pero la estructura de 85° de inclinación y con la utilización de material acero estructural.

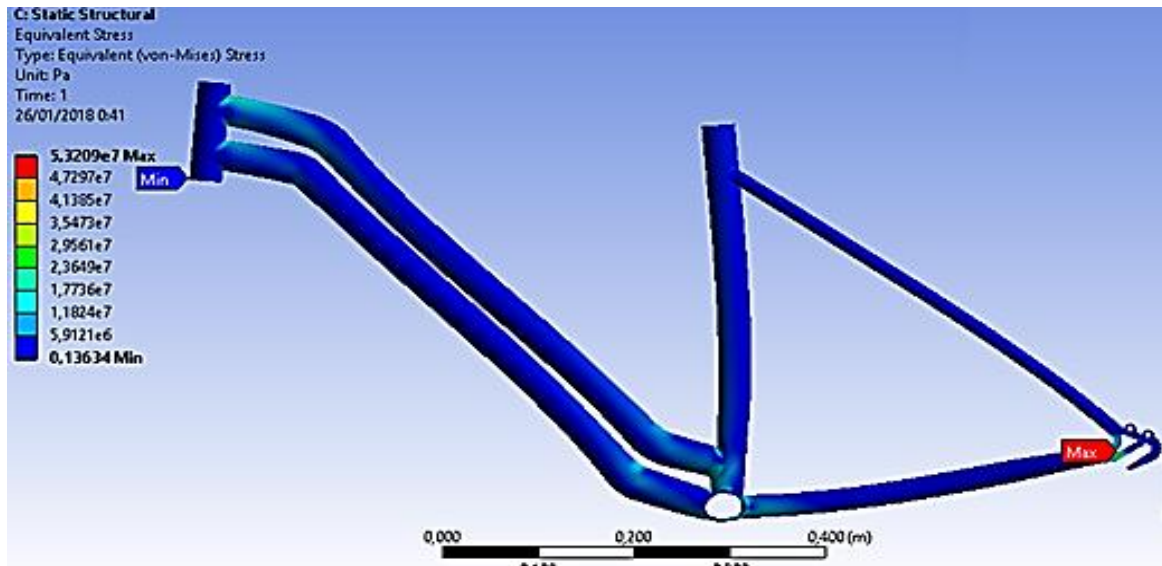


Figura 4.14. Esfuerzo de Von Mises, para el marco de 85° con acero.

En la figura 4.16, están los resultados para la estructura con material de aluminio y el ángulo de 85°

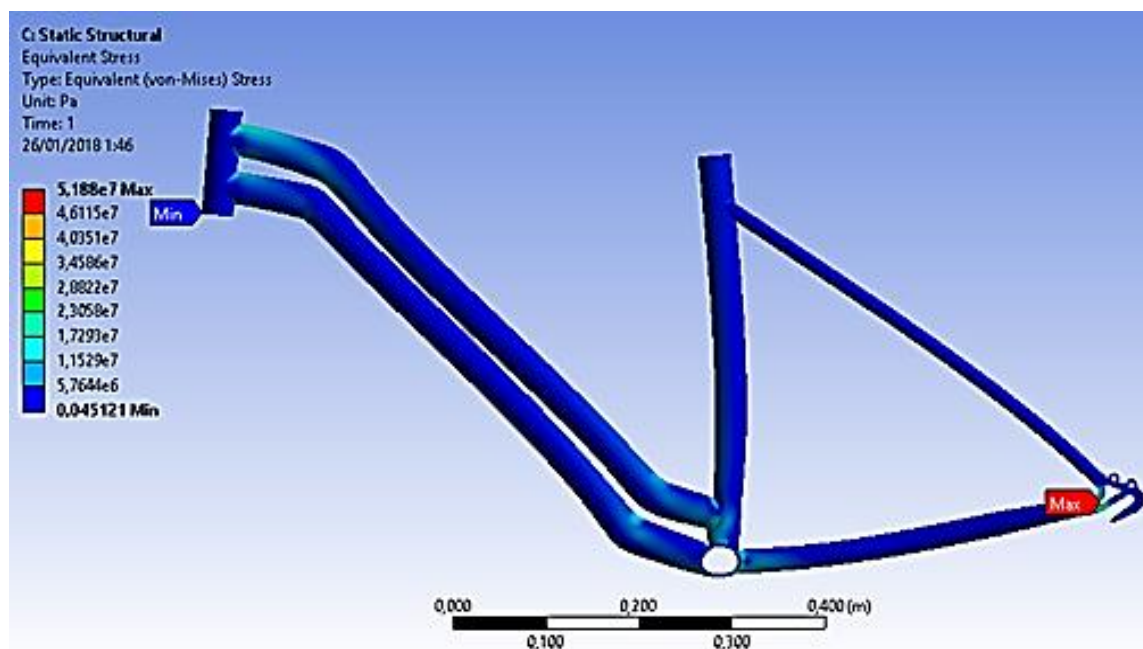


Figura 4.15. Esfuerzo de Von Mises, para el marco de 85° con aluminio.

Haciendo un resumen, en la tabla 4.1 se muestra las cantidades máximas para el esfuerzo de Von Mises, el cual se encuentra ubicado en la parte inferior cerca del acople del eje trasero, donde se asientan las ruedas posteriores.

Tabla 4.1. Esfuerzo de Von Mises para todas las estructuras.

Ángulo (grados)	Material	Esfuerzo de Von-Mises en (MPa)
73	Acero	58,8
73	Aluminio	54,6
85	Acero	53,2
85	Aluminio	51,8

Como se puede apreciar en la tabla anterior, los valores del esfuerzo de Von Mises, tienen variaciones en las distintas estructuras y con los distintos materiales.

4.2.1. RESULTADOS DEL DISEÑO ESTÁTICO

Como ya se habían mencionado los materiales a utilizar son el acero estructural que tiene las siguientes propiedades mecánicas. Ver Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Propiedades mecánicas de acero estructural A-36

Designación ASTM	Lím. Elástico (N/mm)	Resist. A Tracción (Rm)
	Sy. Min (Mpa)	Sut. (Mpa)
A36/A36M-94	250	400-550

(sabimet.com, 2017)

Y el otro material es la aleación de Aluminio 6061-T6 cuyas propiedades están en la tabla 4.3, este material es el más utilizado para la construcción de bicicletas. (Escotto, 2017)

Tabla 4.3. Propiedades mecánicas del aluminio.

Designacion ASTM	Lím. Elástico (N/mm)	Resist. A Tracción (Rm)
	Sy. Min (Mpa). Sy	Sut. (Mpa)
Aleaciones de aluminio 6061 T6	240	270-310

(Alacermas.com, 2016)

4.2.1.1. Resultados mediante la aplicación de fórmulas.

Los resultados que se obtuvieron en la tabla 4.1, facilitan la aplicación de la fórmula (3), que se encuentra en el numeral 3.8.1. y que es la siguiente ecuación, que permite determinar el factor de seguridad en estado estático, donde interviene el esfuerzo de Von Mises Máximo, y el límite de elasticidad del material.

$$\sigma' = \frac{Sy}{n} \quad [4.11]$$

Donde:

n: Factor de seguridad.

S_y : Límite de fluencia del material.

σ' : Esfuerzo máximo de Von Mises

Para determinar el factor de seguridad, de la estructura con material de acero, se utiliza el límite de fluencia, que es de 250 (MPa), y que corresponde al acero estructural A-36 (GERDAU CORSA, 2006).

Mientras que para el aluminio se utiliza las aleaciones de la serie (6061-T6) que, según Escoto, (2017) este tipo de aleación, conjuntamente con la serie 7005, son las que ocupan en su totalidad un aproximado del 85% (Escotto, 2017), de cuadros en almacenes y ventas. El límite de fluencia de la aleación de aluminio presenta un valor de 240, valor que está especificado en la tabla 4.3.

4.2.1.2. Cálculos del factor de seguridad

para determinar el factor de seguridad, se reemplaza los valores correspondientes en la ecuación (3.3), donde los datos del esfuerzo de Von Mises, está en la tabla 4.1 y el límite de fluencia del material en las tablas 4,2 y 4,3 para el acero y aluminio respectivamente.

$$n = \frac{250 \text{ (Mpa)}}{58,8 \text{ (Mpa)}} = 4,25 \quad [4.12]$$

El valor encontrado mediante la aplicación de la fórmula, corresponde a los datos de la estructura de acero con un ángulo de 73°, para resumir los cálculos, de elabora la tabla 4.4, donde se muestra los datos calculados para los valores del factor de seguridad de las dos estructuras, que fueron calculados mediante la aplicación de la ecuación (3.3).

Tabla 4.4. Cálculo del factor de seguridad.

Ángulo (grados)	Material	Esfuerzo de Von-Mises (σ') (Mpa)	Límite de fluencia (S_y) (Mpa)	Factor de seguridad ($\frac{S_y}{\sigma'}$)
73	Acero	58,8	250	4,25
73	Aluminio	54,6	240	4,39
85	Acero	53,2	250	4,7
85	Aluminio	51,8	240	4,63

4.2.1.3. Resultados de la simulación.

Mediante la aplicación de la función para determinar el factor de seguridad en estado estático en el software, se encontró los valores que se tiene en las siguientes figuras.

Figura 4.16, resultados del factor de seguridad para el análisis estático, en la estructura de 73° y con acero.

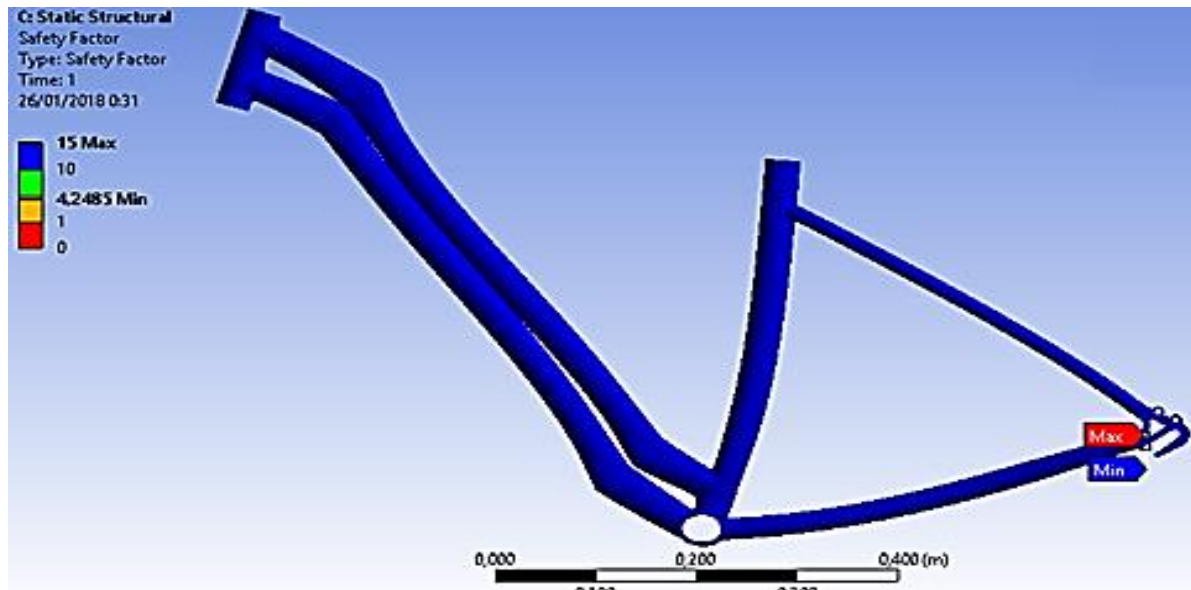


Figura 4.16. Factor de seguridad, análisis estático estructura de 73° con acero

Figura 4.17, resultados del factor de seguridad para el análisis estático, en la estructura de 73° y con aluminio.

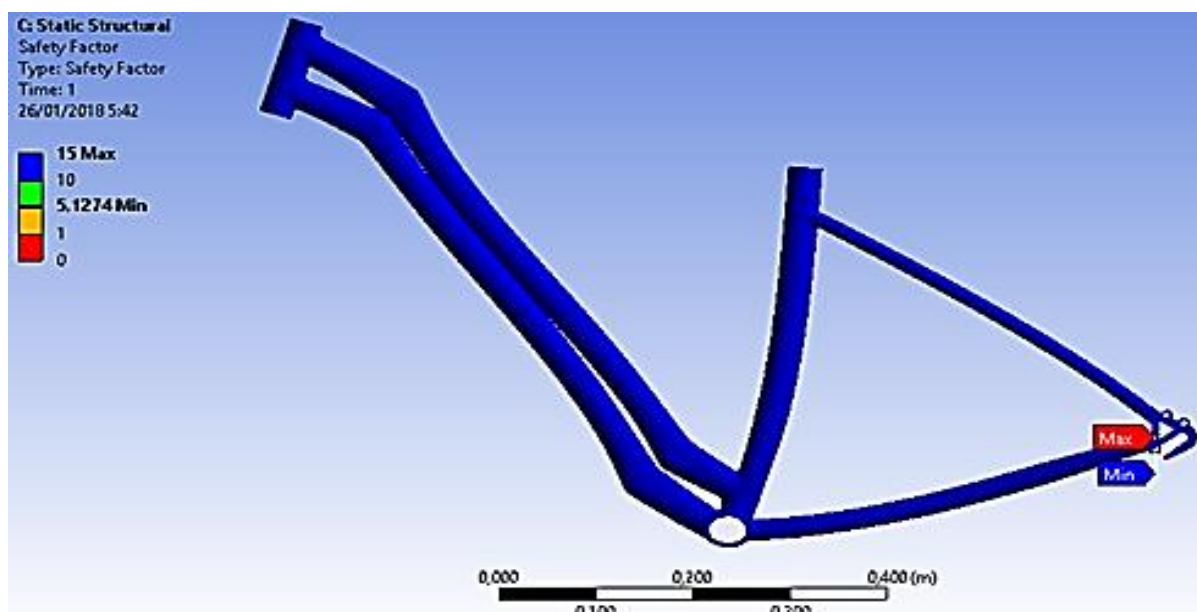


Figura 4.17. Factor de seguridad, análisis estático estructura de 73° con aluminio.

Posteriormente, se muestra el análisis en la estructura de 85°. Figura 4.18, resultados del factor de seguridad para el análisis estático, en la estructura con acero.

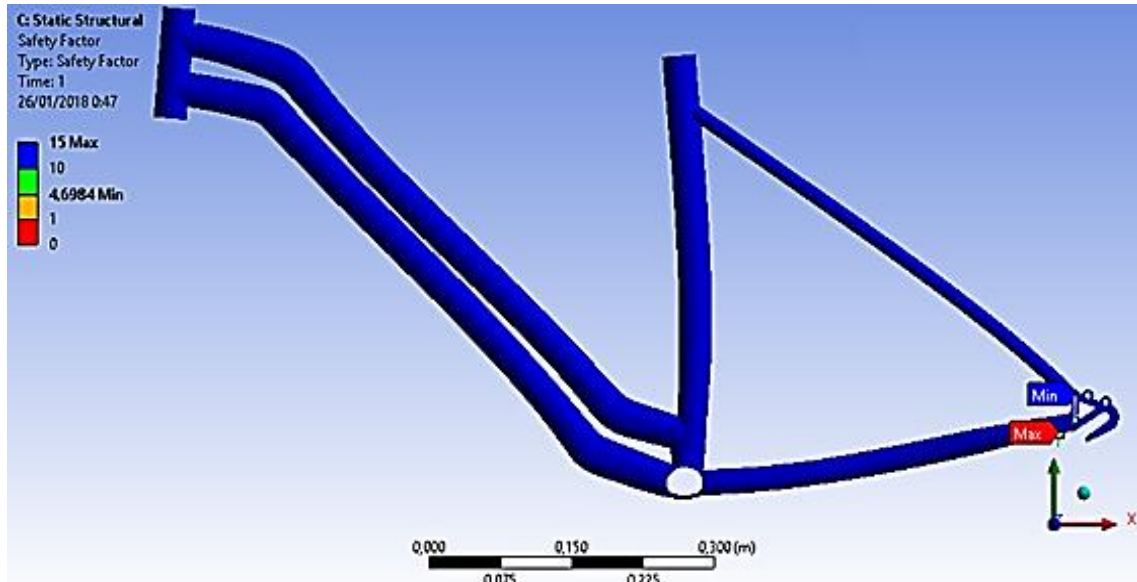


Figura 4.18. Factor de seguridad, análisis estático estructura de 85° con acero.

Figura 4.19, resultados del factor de seguridad para el análisis estático, en la estructura de 85° y con aluminio.

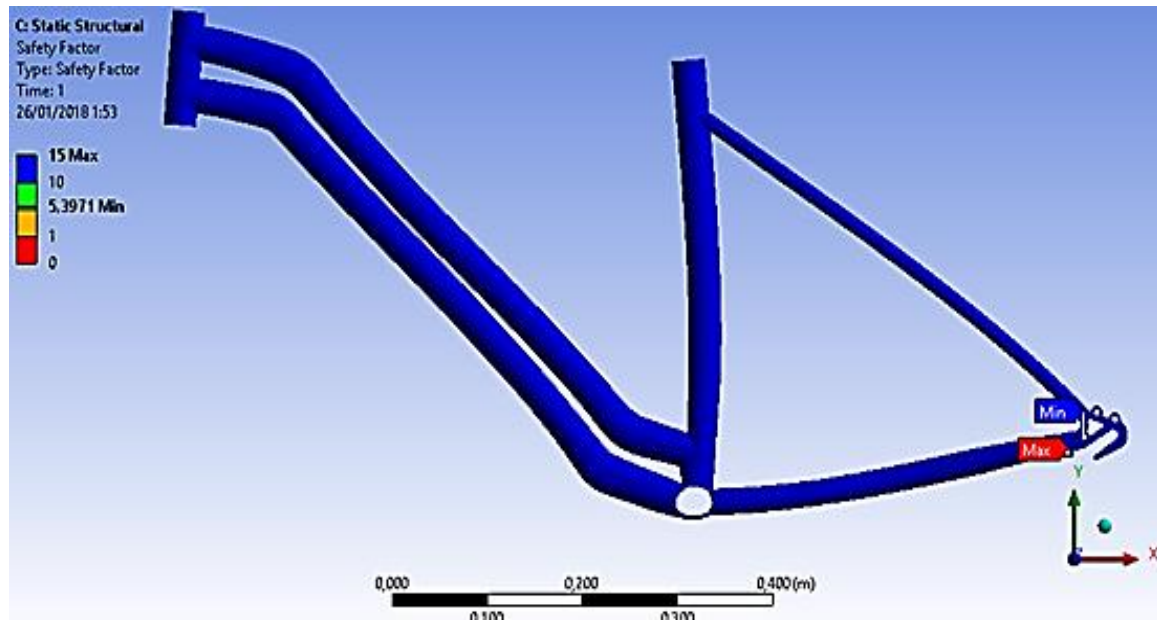


Figura 4.19. Factor de seguridad, análisis estático estructura de 85° con aluminio.

En la tabla 4.5, se muestra los valores mínimos del factor de seguridad que se obtiene mediante la simulación, los cuales representan los puntos críticos de cada estructura.

Así como también, se puede apreciar que los valores tienen variaciones que sean significativas.

Tabla 4.5. Resultados mínimos, del factor de seguridad en estado estático.

Ángulo (grados)	Material	Factor de seguridad
73	Acero	4,24
73	Aluminio	5,12
85	Acero	4,69
85	Aluminio	5,39

4.2.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS A (FATIGA)

4.2.2.1. Resultados mediante la aplicación de fórmulas.

Para obtener los resultados del factor de seguridad, mediante el análisis a fatiga, es indispensable hallar todos los factores de la ecuación (3.4).

$$Se = Se' * ka * kb * kc * kd * ke * Kf \quad [4.13]$$

Límite de fluencia en probetas (Se'): Para determinar la ecuación para hallar el Se' , se toma como base los valores de sut (límite de último de tracción del material) que para el acero es de 400 (Mpa) y para las aleaciones de aluminio 270 (Mpa), por lo que la ecuación correspondiente sería

$$Se' = 0,5 sut \quad [4.14]$$

Factor de modificación superficial (ka): Este factor puede ser evaluado por medio de los procesos constructivos del tubo para bicicletas, tanto para el acero como para el aluminio, que se detalla a continuación.

El proceso de fabricación de los tubos de aluminio se elabora mediante extrusión en caliente (Willis, 2017), por lo que los valores de los factores (a y b) que son necesario para la ecuación (3.5) son (57,7 y -0,718) valores que son obtenidos de la tabla 3.8. Entonces, para hallar (ka) la expresión queda expresado de la siguiente forma.

$$ka_{aluminio} = 57,7 sut^{-0,718} \quad [4.15]$$

También se conoce que los tubos de acero son obtenidos mediante laminado en frío, por lo que los factores (a y b) son (4,51 y -0,265) respectivamente. La ecuación que permita encontrar (ka) es la siguiente.

$$k_{a_{\text{acero}}} = 4,51 s_{ut}^{-0,265} \quad [4.16]$$

Factor de modificación de tamaño (kb): Para encontrar este valor, hay que verificar donde está ubicado el punto crítico y de acuerdo al as distintas simulaciones se encuentran ubicado en la sección de unión de la tubería inferior y los acoples de los ejes de ruedas tal como se puede ver en la figura 4.20.

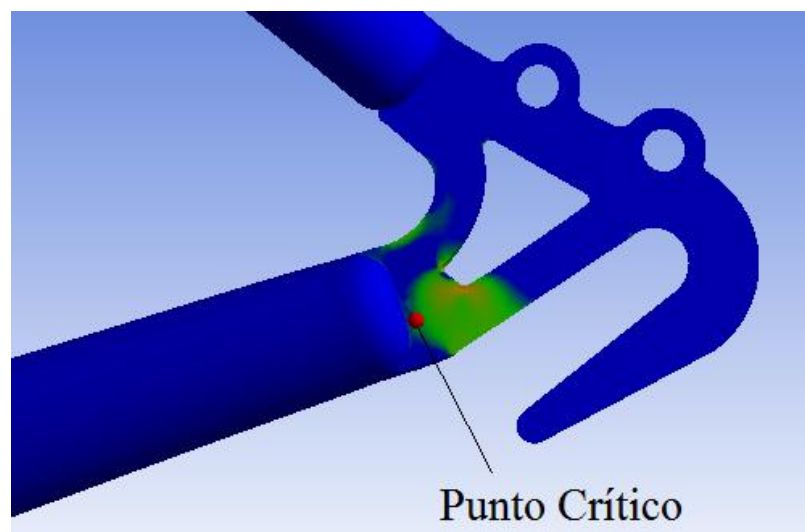


Figura 4.20. Punto Crítico.

La sección del punto crítico se considera circular, por la interacción que existe entre la unión entre el acople del eje de la rueda y el tubo inferior, entonces la sección se muestra en la figura 4.21.

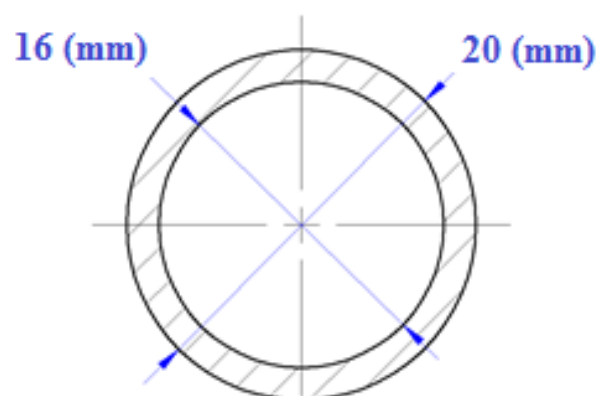


Figura 4.21. Sección del Punto Crítico.

Teniendo en cuenta, que el diámetro exterior de la tubería tiene un valor de ($d=20\text{mm}$) la ecuación para determinar (k_b) de expresa de la siguiente forma, porque está dentro del rango aplicable para dicha expresión.

$$k_b = 1,24d^{-0,107} \quad 2,79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \quad [4.17]$$

Factor de modificación de carga (k_c): Para este proyecto, se considera que existe flexión tal como se muestra en la figura 4.22, donde se puede ver como se estarían comportando las fibras en esa sección.

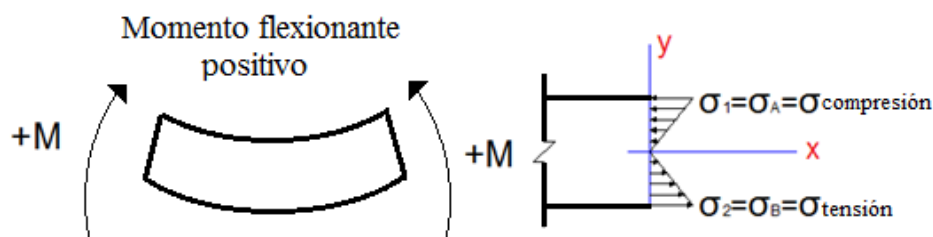


Figura 4.22. Cargas en el punto crítico de la bicicleta.

Al considerar que existe flexión en el punto crítico, entonces los valores escalares de compresión y tensión son los mismos.

$$\sigma_A = \sigma_B \quad [4.18]$$

La expresión anterior se reemplaza en la ecuación (3.2).

$$\sigma' = [\sigma_A^2 - \sigma_A \sigma_B + \sigma_B^2]^{1/2} \quad [4.19]$$

$$\sigma' = [\sigma_A^2 - (\sigma_A * \sigma_A) + \sigma_A^2]^{1/2} \quad [4.20]$$

Se obtiene que

$$\sigma' = \sigma_A \quad [4.21]$$

Los esfuerzos se esquematizan mediante la figura 4.23.

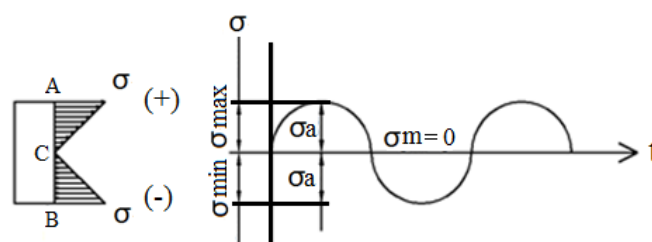


Figura 4.23. Esquematización de esfuerzos.

Analizado el punto crítico y considerando que se tiene flexión, el factor k_c tiene un valor de uno (1), por las siguientes consideraciones determinada en el numeral 3.4.1.2.

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0,85 & \text{axial} \\ 0,59 & \text{torsión} \end{cases}$$

Factor de modificación de temperatura k_d : Para hallar este valor se toma como referencia la temperatura media en Ibarra, lugar donde se encuentra ubicada la universidad técnica del norte.

El clima en este sitio está a un promedio de (16,3 °C) anuales (es.climate-data.org, 2017), que equivale a 61,34 °F, dato que se reemplaza en la ecuación (Ec.6) y se tiene que el valor es el siguiente.

$$k_d = 0,975 + 0,432(10^{-3}) * 61,34 - 0,115(10^{-5}) * 61,34^2 + 0,104(10^{-8}) * 61,34^3 - 0,595(10^{-12}) * 61,34^4$$

$$k_d = 0,98$$

Factor de confiabilidad k_e : Este factor puede ser encontrado por medio de la tabla 3.9, donde se muestra los valores para k_e , bajo distintos parámetros de confiabilidad, en este proyecto se ha considerado una confiabilidad del 50%, por los diversos estudios que se están realizando, entonces se tiene que $k_e=0,897$.

Factor de modificación de efectos varios (k_f).

Para este proyecto se considerará un valor de 1, ya que no se cuenta con los datos necesarios para determinarlo.

En la tabla 4.6, se muestran los valores para todos para todos los factores necesario para el análisis a fatiga.

Tabla 4.6. Resultados de los factores del análisis a fatiga.

Ángulo (grados)	Material	Sut (Mpa)	Se' (Mpa)	Factores						Se (Mpa)
				ka	kb	kc	Kd	ke	kf	
73	Acero	400	200	0,85	0,89	1	0,98	0,897	1	131
73	Aluminio	270	135	0,93	0,89	1	0,98	0,897	1	97
85	Acero	400	200	0,85	0,89	1	0,98	0,897	1	131
85	aluminio	270	135	0,93	0,89	1	0,98	0,897	1	97

Finalmente, se calcula el factor de seguridad en condiciones a fatiga para el punto crítico para lo cual, se utilizará el criterio de falla de esfuerzo variables de la ASME elíptica que utiliza la siguiente ecuación. (Richard G Budynas & Nisbett, 2008).

$$\left(\frac{n\sigma_a}{S_e}\right)^2 + \left(\frac{n\sigma_m}{S_y}\right)^2 = 1 \quad [4.22]$$

Dónde:

n: Factor de seguridad.

σ_a : Componente de amplitud del esfuerzo.

σ_m : componente de esfuerzo medio.

Los datos tanto de los componentes de amplitud y medio del esfuerzo, pueden ser obtenidos de la figura 4.23. Los valores que se obtiene es que $\sigma_a = \sigma_{max}$ y que corresponden al esfuerzo máximo de Von Mises obtenido por medio de la simulación y además el $\sigma_m = 0$. Se reemplaza los valores en la ecuación (4.22) y se tiene.

$$\left(\frac{n\sigma_a}{S_e}\right)^2 = 1 \quad [4.23]$$

$$n = \frac{S_e}{\sigma_a} \quad [4.24]$$

La ecuación para determinar el factor de seguridad, mediante el análisis a fatiga que se muestra anteriormente queda en función del límite de resistencia a fatiga y del esfuerzo de amplitud. En la tabla 4.7, se muestra los valores obtenidos para el factor de seguridad mediante la aplicación de ecuaciones.

Tabla 4.7. Resultados mínimos del factor de seguridad.

Ángulo (grados)	Material	Esfuerzo Máximo de Von Mises $\sigma_1 = \sigma_{max}$ (Mpa)	Se (Mpa)	Factor de seguridad a fatiga
73	Acero	58,8	131	2,2
73	Aluminio	54,6	97	1,7
85	Acero	53,2	131	2,4
85	Aluminio	51,8	97	1,8

4.2.2.2. Resultados de la simulación

Los valores que se obtuvieron con respecto al factor de seguridad, mediante la simulación fueron evaluados mediante el criterio de Gerber, ya que es el más recomendado para el análisis a fatiga en materiales dúctiles, en la figura 4.24, se muestra el esquema de los distintos criterios para el análisis a fatiga, donde se puede ver que el criterio de la ASME tiene un comportamiento similar al Gerber.

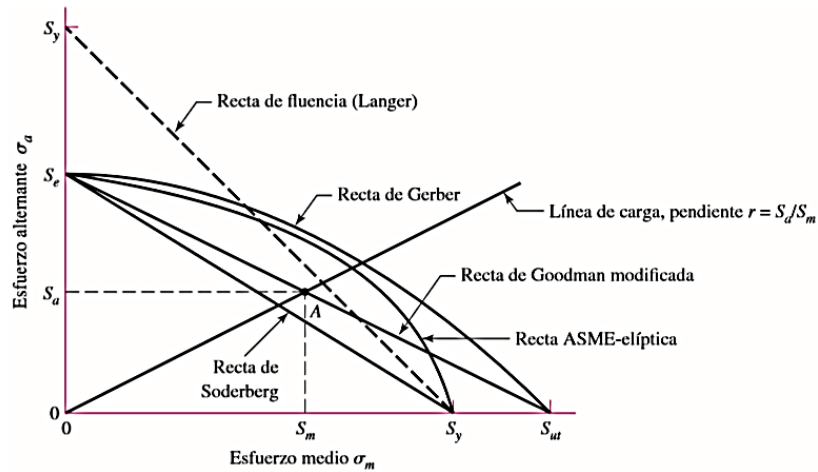


Figura 4.24. Diagrama de Fatiga.

(Richard G Budynas & Nisbett, 2008)

Los resultados que se obtuvieron de la simulación para el análisis a fatiga se muestran en las siguientes figuras, donde están los datos del factor de seguridad para condiciones de esfuerzo fluctuantes.

Figura 4.25, valores del factor de seguridad para el análisis a fatiga para la estructura de 73° usando acero estructural.

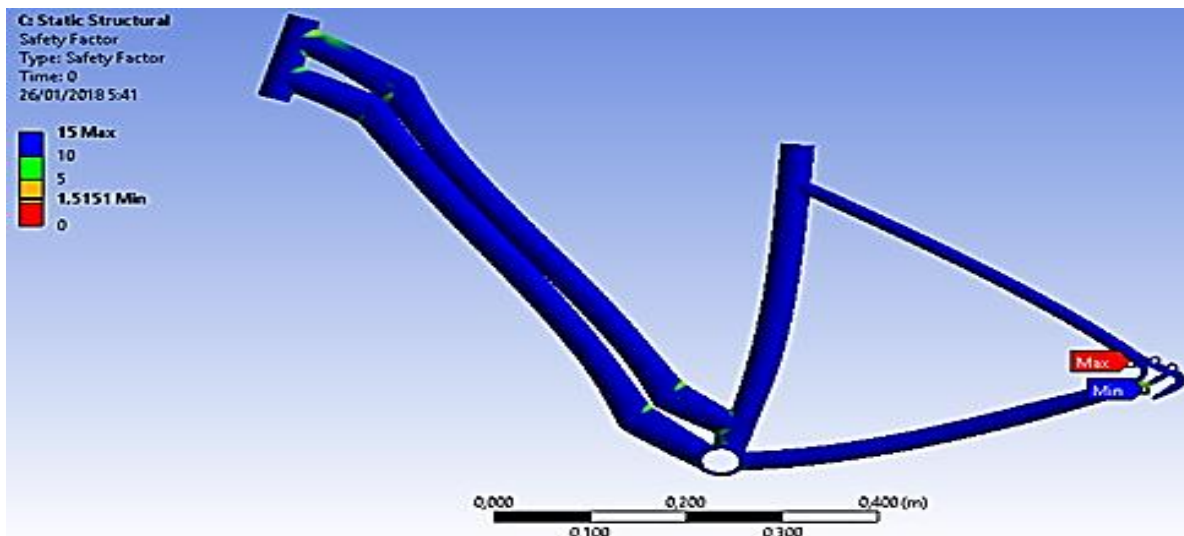


Figura 4.25. Factor de seguridad, análisis a fatiga estructura de 73° con acero.

Figura 4.26, valores del factor de seguridad para el análisis a fatiga para la estructura de 73° usando aluminio.

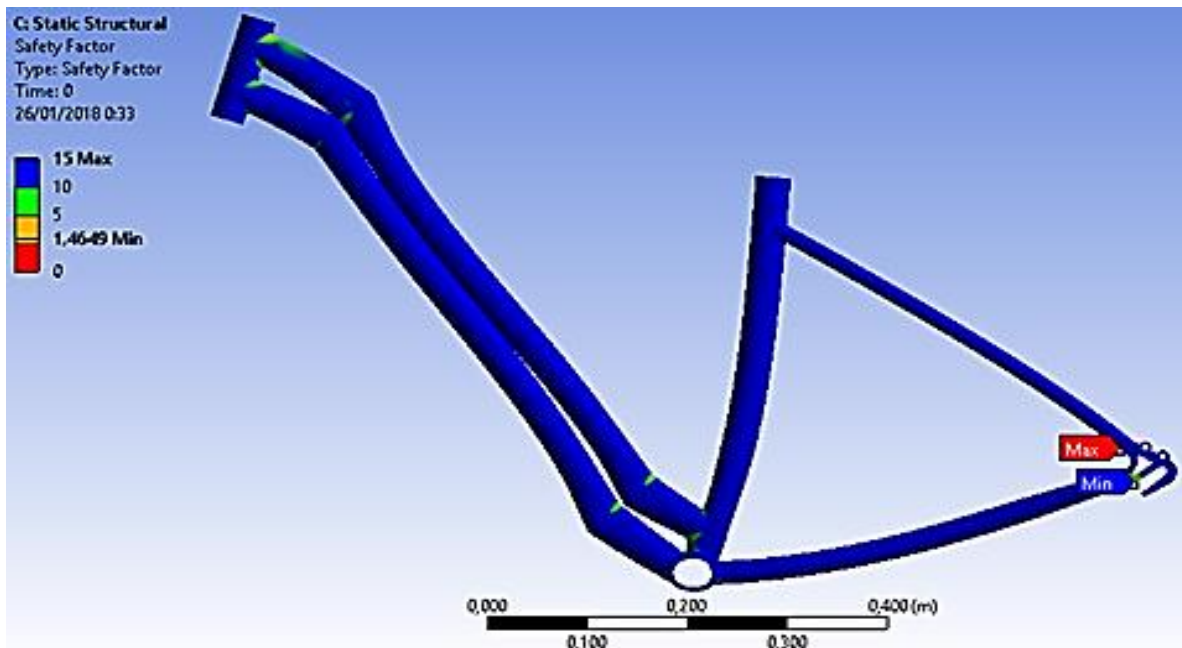


Figura 4.26. Factor de seguridad, análisis a fatiga estructura de 73° con aluminio.

Posteriormente, se muestra el análisis en la estructura de 85°. Figura 4.27, resultados del factor de seguridad para el análisis a fatiga, en el marco e bicicleta con acero.

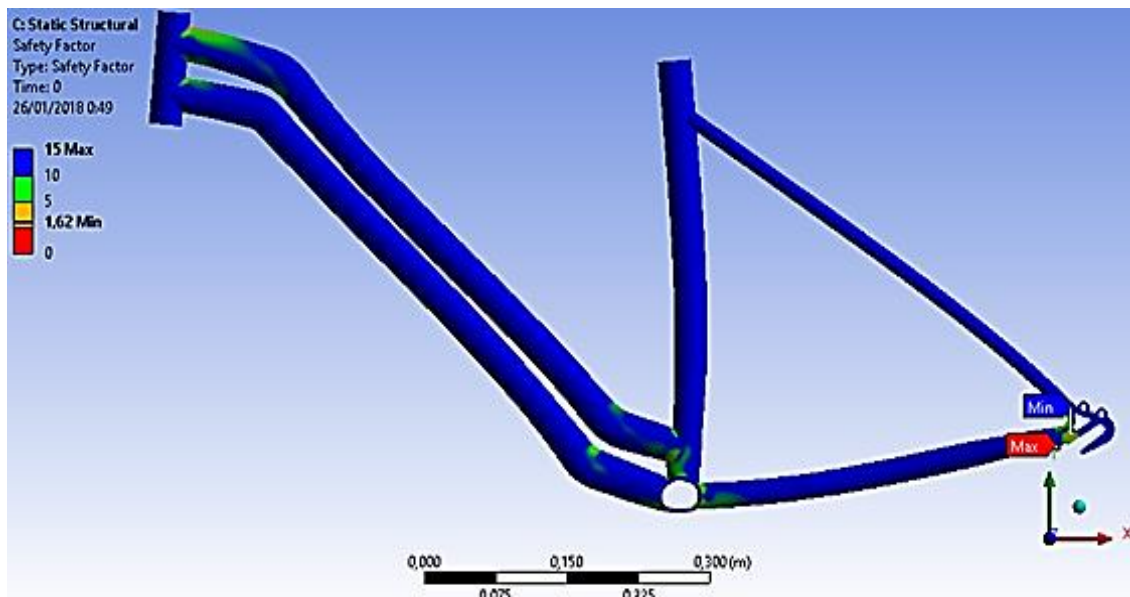


Figura 4.27. Factor de seguridad, análisis a fatiga estructura de 85° con acero.

Figura 4.28, valores del factor de seguridad para el análisis a fatiga para la estructura de 85° usando aluminio.

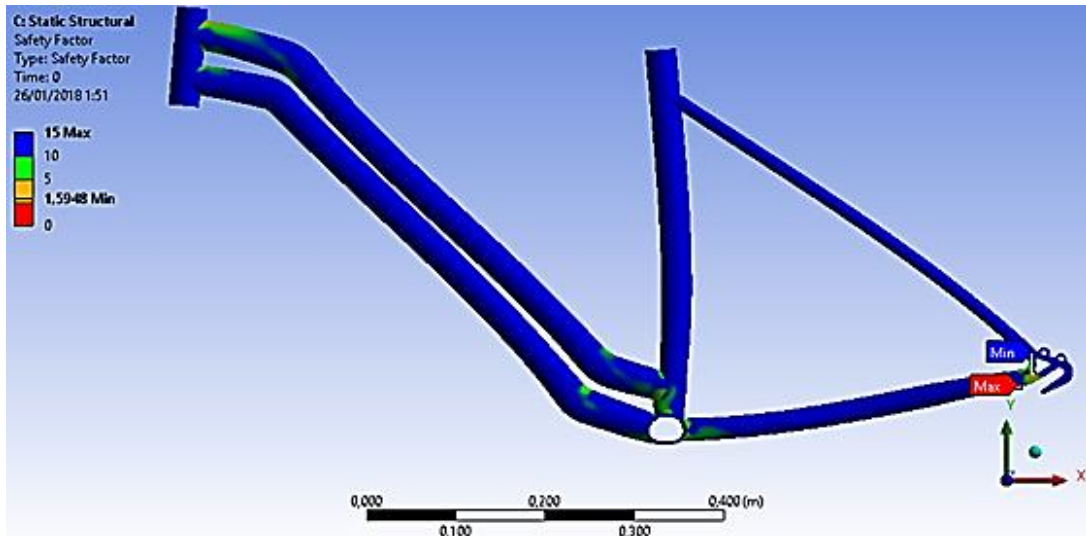


Figura 4.28. Factor de seguridad, análisis a fatiga estructura de 85° con aluminio.

A continuación, se tabula los factores de seguridad mínimos pues son los que indican el estado del punto crítico. Ver tabla 4.8

Tabla 4.8. Resultados mínimos del factor de seguridad para análisis a fatiga.

Ángulo (grados)	Material	Factor de seguridad
73	Acero	1,51
73	Aluminio	1,46
85	Acero	1,62
85	Aluminio	1,59

4.3. RESULTADOS DE DEFORMACIONES DE LA SIMULACIÓN

Finalmente, las deformaciones para la estructura de 73° con materiales de acero, se pueden ver en la figura 4.29.

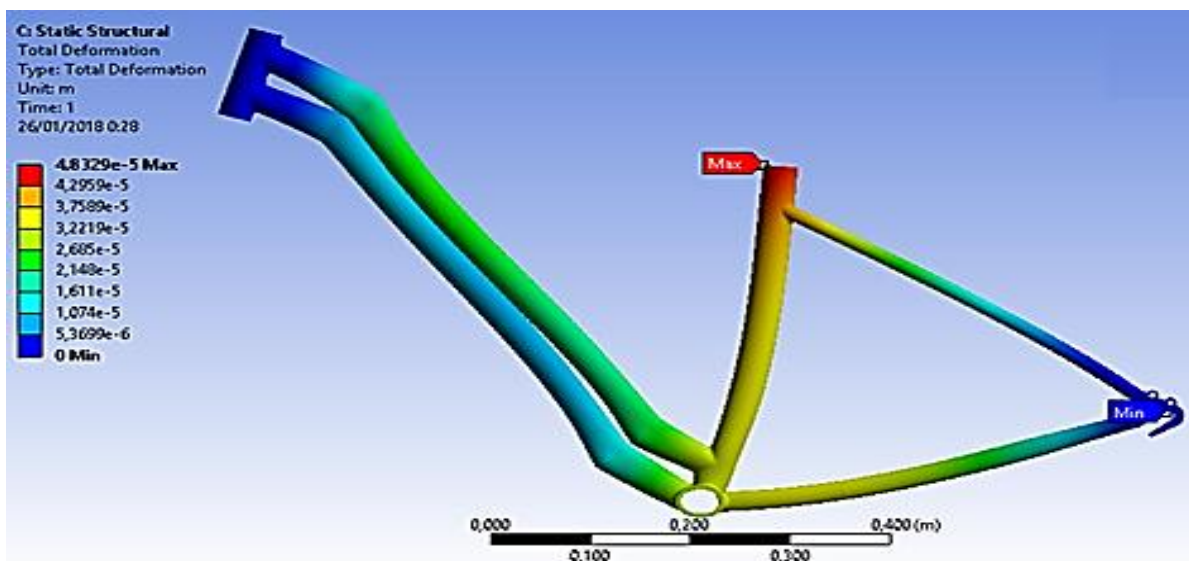


Figura 4.29. Deformación del marco ángulo 73°, con acero.

Figura 4.30, valores de las deformaciones para la estructura de 73° usando aluminio.

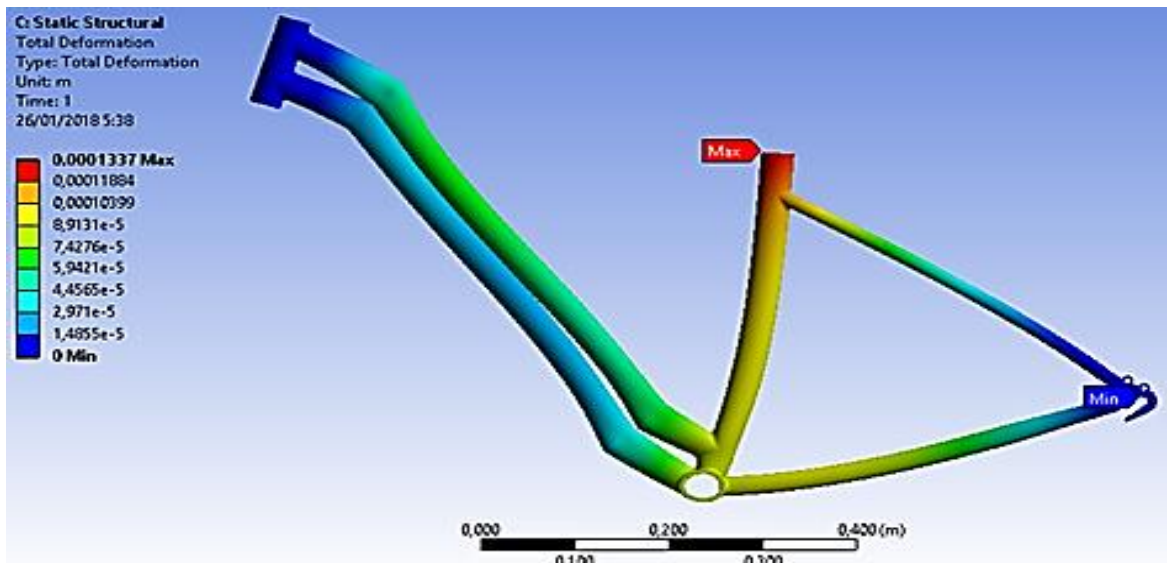


Figura 4.30. Deformación del marco ángulo 73°, con aluminio.

Con el fin de hacer una comparación, también las siguientes graficas se muestran las deformaciones, para el marco de bicicleta que tiene un ángulo de 85° en el tubo central.

Figura 4.31, valores de las deformaciones para la estructura de 85° usando acero.

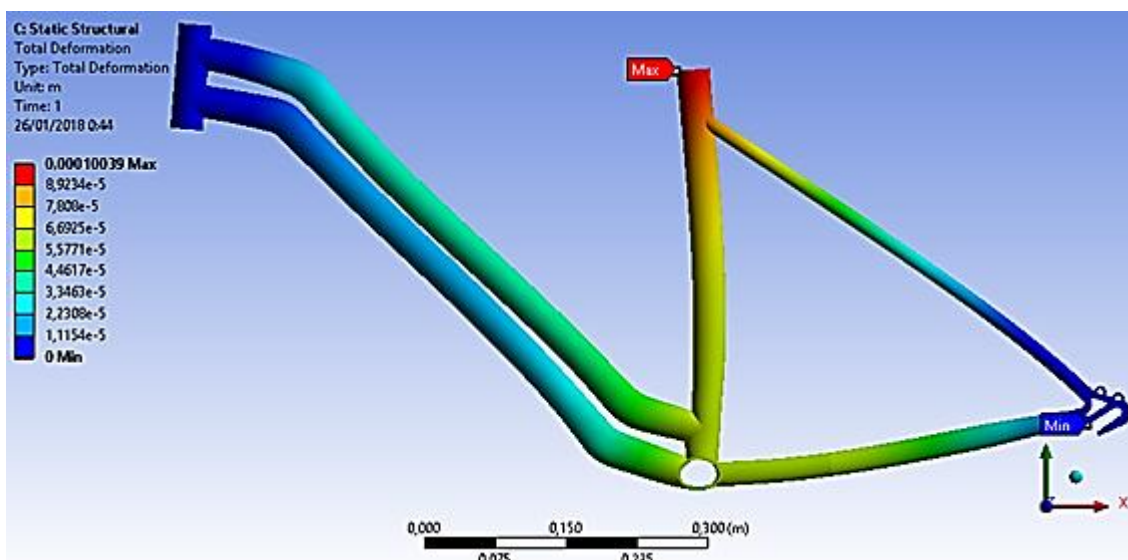


Figura 4.31. Deformación del marco ángulo 85° con acero.

Cabe mencionar que este ángulo de inclinación, fue considerado con el objetivo de ver el comportamiento del factor de seguridad, así como la deformación. A fin

de analizar qué pasa cuando se varia el ángulo del tubo central que está relacionado directamente con la aplicación del esfuerzo máximo, pues al tener un ángulo de estas características influirá mucho en los análisis, ya que el tubo central soportaría más la carga aplicada por el conductor, sobre el sillín.

Figura 4.32, valores de las deformaciones para la estructura de 85° usando aluminio.

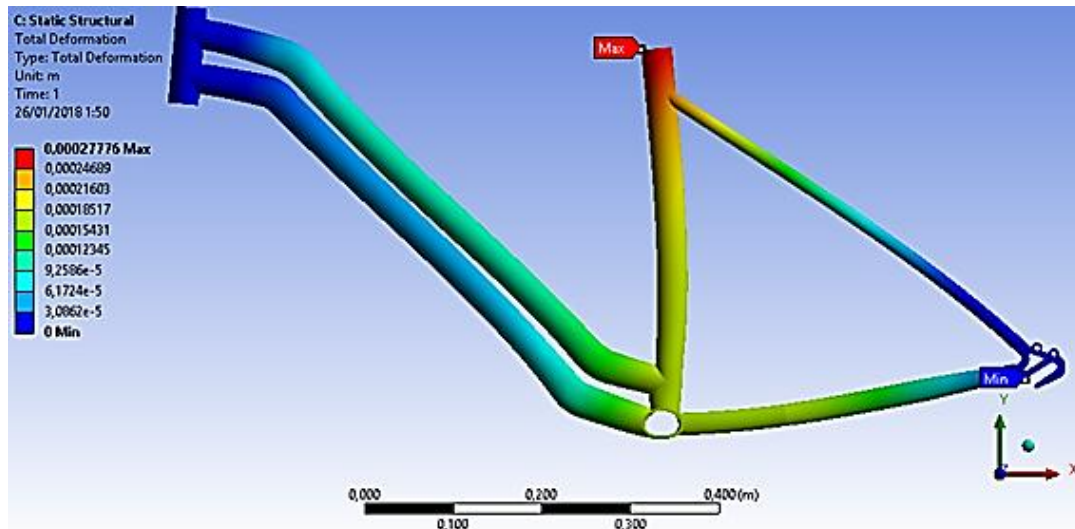


Figura 4.32. Deformación del marco ángulo 85° con aluminio.

En la tabla 4.9, se presentan los valores de las deformaciones máximas en micrómetros valores que luego serán utilizados para su respectivo análisis.

Tabla 4.9. Resultados de las deformaciones máximas de los distintos marcos.

Ángulo (grados)	Material	Deformaciones máximas en (μm)
73	Acero	48,329
73	Aluminio	133,7
85	Acero	100,39
85	Aluminio	277,76

Haciendo un análisis por medio del historial de colores se puede ver que el marco de la bicicleta que tiene el ángulo de inclinación de 73° presenta deformaciones inferiores con respecto al del ángulo de 85°.

4.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el análisis de resultado se hace la tabla 4.10, de comparación de los distintos valores obtenidos durante la simulación y la aplicación de fórmulas, para los dos marcos de bicicleta.

Tabla 4.10. Comparación de resultados

Análisis Estático			
Ángulo (grados)	Material	Factor de seguridad (aplicación de fórmulas)	Factor de seguridad (simulación)
73	Acero	4,25	4,2
73	Aluminio	4,39	5,12
85	Acero	4,7	4,69
85	Aluminio	4,63	5,39
Análisis (fatiga)			
73	Acero	2,2	1,51
73	Aluminio	1,7	1,46
85	Acero	2,4	1,62
85	Aluminio	1,8	1,59

Tal como se puede apreciar en la tabla anterior los factores de seguridad obtenidos en análisis estático son altos, pues el menor es de 4,2 y el mayor tiene una cantidad 5,4. Los que son resultados obtenidos en la simulación.

Cabe mencionar, que tanto, los valores obtenidos por la aplicación de fórmulas y la simulación son prácticamente similares en el análisis estático, donde claramente se puede ver que las estructuras de mejores características son las que están hechas con aluminio pues presentan los valores más altos, del factor de seguridad. En el análisis a fatiga de los resultados son muy distintos, ya que existe una gran disminución con respecto al estático. Además, los valores obtenidos mediante fórmulas para los ángulos de 73° y 85 para el acero, son prácticamente superiores con respecto al de la simulación, y se debe a que en el desarrollo de los algunos factores que actúan sobre la formulación del análisis a fatiga se hizo muchas consideraciones ya que no se contaba con los datos pertinente para los calcularlos.

Además, se puede ver que en el análisis a fatiga las estructuras hechas con acero presentan mejores propiedades ya que sus factores de seguridad son más elevados, que las del aluminio, esto se debe a que el acero presenta mejores propiedades mecánicas que el aluminio a la hora de la aplicación de cargas fluctuantes que son en realidad la que van a estar actuando sobre la bicicleta.

Para finalizar, se puede ver que los valores calculados con respecto al factor de seguridad tanto para el análisis a fatiga como el estático son superiores a uno. Y esto muestra que el material soportaría tranquilamente los esfuerzos que se le aplique, pero como las estructuras de acero tiene una mayor fiabilidad en el

análisis a fatiga. Comprueban que, en sí, el marco de acero aún sigue siendo más seguro que el del aluminio, sobre todo a la hora de aplicarle grandes esfuerzos.

4.4.1. DETERMINACIÓN DEL MATERIAL Y ÁNGULO

Este estudio permitió determinar que el marco que mejores propiedades mecánicas presenta es el de acero y a 85° de inclinación sobre el tubo central, pues permite una mejor distribución de cargas, pero no se elige para su construcción ya que la inclinación del tubo central afectaría a la ergonomía del conductor.

Entonces el marco de bicicleta que se va a construir, por las características como: mayor factor de seguridad, menos costo de material, facilidad de conformado mecánico, además el ángulo de inclinación del tubo central es normalizado. Es la estructura de 73° y con acero que se muestra en la figura 4.33.

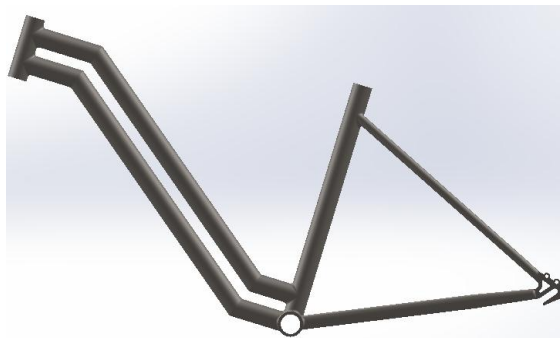


Figura 4.33. Marco de acero de 73° , para construir.

En la figura 4.34, se tiene la estructura de la bicicleta vista desde otro perfil donde se puede apreciar cómo está constituido la parte trasera de la bicicleta.



Figura 4.34. Marco de acero de 73° , para construir vista isométrica.

5. CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO Y PRUEBAS

En este capítulo se va a ampliar de forma escrita como fue llevado a cabo el proceso constructivo del marco de bicicleta mediante el cual se pasó del modelo (ver figura 5.1), a la construcción (figura 5.2). También, se va a describir las pruebas realizadas mediante la utilización de galgas extensiométricas y además se realizar el análisis de resultados de todo el proyecto.



Figura 5.1. Modelo del marco de bicicleta en 3-D

En la figura 5.2, se puede observar el marco de bicicleta construido con acero estructural el cual va a ser sometido a pruebas, mediante la utilización de galgas extensiométricas.



Figura 5.2. Modelo del marco de bicicleta construido

La construcción que se llevó a cabo fue del marco de bicicleta y de la base cuya función sería, mantener fijo y en la posición como operaría el cuadro, de tal forma que facilite el desarrollo de las pruebas en el laboratorio. En la figura 5.3, se puede apreciar cómo están ensamblados estas dos partes.

Cabe mencionar que para el ensamblaje fue necesario acoplar elementos como: la horquilla de la dirección, el volante, los núcleos centrales que son dispositivos donde se acopla los rayos con aro de las ruedas delanteras y delanteras.



Figura 5.3. Marco de bicicleta y base.

5.1.1. MARCO DE BICICLETA

Como ya se habían mencionado anteriormente, para la construcción del marco de bicicletas se utilizó tubos de acero estructural de 34 mm, 20 mm y 16 mm de diámetro exterior.

Para iniciar con la construcción de este elemento fue necesario primero desarrollar una esquematización, en la cual constaría las dimensiones principales y los ángulos correspondiente que fueron obtenidos del plano DG-100, este esquema fue desarrollado en el piso con la finalidad de poder ubicando los distintos tubos cortados, así como también para poder encontrar de forma más sencilla los ángulos de corte para cada uno.

En la figura 5.4, se puede apreciar el esquema y la ubicación de los tubos.



Figura 5.4. Esquematzación del marco de bicicleta.

5.1.1.1. Corte.

Este proceso fue llevado a cabo, mediante la utilización de una tronadora es una maquinaria que permite realizar la sujeción adecuada de los tubos, así como también permite dar ángulos de corte de forma segura y precisa.

En la figura 5.5, se puede ver como se llevó a cabo este proceso para los tubos, donde se puede comprobar la facilidad y seguridad que brinda la maquinaria para el desarrollo de cortes angulares.



Figura 5.5. Corte de los tubos.

5.1.1.2. Soldadura.

Se utilizó el proceso SMAW en dos etapas. En la primera se utilizó electrodo revestido 6011, y se efectuó para realizar la una unión de los tubos a través de

punteados de tal forma que se pueda ir centrado todos los elementos del marco. En la segunda etapa se reforzó adecuadamente el marco y todos sus elementos. Ver figura 5.6.



Figura 5.6. Soldadura de los tubos.

5.1.1.3. Pulido.

Una vez construido el marco completo de la bicicleta, este proceso se llevó a cabo con la finalidad de eliminar pequeñas irregularidades formadas durante la soldadura, así como también eliminar toda presencia de óxido para poder cubrir el marco con un fondo anti corrosivo. En la figura 5.7 se muestra totalmente pulido el cuadro de la bicicleta.

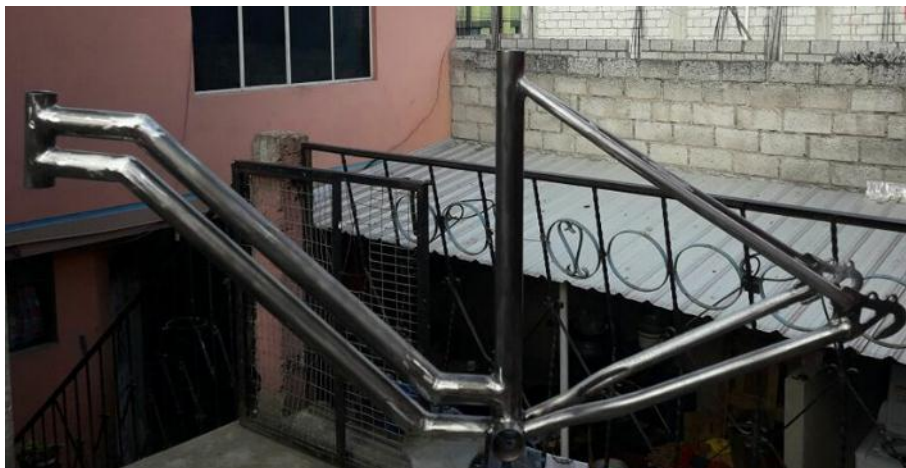


Figura 5.7. Marco completamente pulido.

Cabe mencionar que algunas partes del marco de bicicleta como la tubería para el acople del eje de los pedales, los acoples inferiores para las ruedas traseras fueron enviadas a fabricar en la micro empresa “TESPA” y el doblado de la tubería inferior en el taller “VALLEJO VARGAS” en una máquina dobladora CNC ya que los dobleces son complejos en esta parte de la estructura. Cabe mencionar que son talleres especializados ubicados en el norte de Quito.

5.1.2. BASE PARA LA SUJECIÓN DEL CUADRO

Para construir la base para el cuadro fue necesario primero ubicar los elementos mediante los cuales se haría las sujeciones fijas, tal como se puede ver en la figura 5.8, se instaló algunos elementos en el marco.



Figura 5.8. Ubicación de piezas sobre el marco.

Se construyeron los soportes laterales, los cuales hacen la función de las ruedas, que es mantener fijo el marco de la bicicleta. Ver figura 5.9.



Figura 5.9. Soportes laterales.

Para determinar la separación que debían tener cada base se realizó un primer montaje del marco tal como se puede apreciar en la figura 5.10



Figura 5.10. Montaje de los soportes y el marco de bicicleta.

Una vez desarrollado el montaje se prosiguió con la medición longitudinal para ver la dimensión que tendría los separados de las bases laterales. Ver figura 5.11



Figura 5.11. Medición longitudinal de los soportes laterales.

Los procesos operativos que se llevaron a cabo para la construcción, de la base son el cortado proceso que fue llevado a cabo mediante la utilización de una amoladora y proceso de soldadura, para la cual se utilizó el proceso SMAW y electrodo 6011. En la figura 5.12, se puede ver como se desarrolló estos dos procesos.



Corte

Soldadura

Figura 5.12. Procesos de corte y soldadura de la base.

Finalmente, a la base se le hace un recubrimiento con pintura negra para evitar que se oxide. Ver figura 5.13.

**Figura 5.13.** Base para el marco de la bicicleta finalizado.

5.2. PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE PRUEBAS

Para la realización de las pruebas, mediante el uso de las galgas extensiométricas fue el siguiente:

5.2.1. DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS Y MATERIALES

5.2.1.1. Herramientas para la ubicación de galgas.

En la figura 5.13, se puede ver el equipo necesario para la instalación adecuada las galgas y que pertenecen a la Escuela Politécnica del Ejercito (ESPE), específicamente al laboratorio de ensayos de materiales.



Figura 5.14. Equipo necesario para la instalación de las galgas extensiométricas.

5.2.1.2. . Prensa hidráulica.

Mediante esta maquinaria, se puede aplicar una carga determinada y controlado sobre el marco de la bicicleta, su forma de accionamiento es hidráulico el mismo que es controlado mediante una computadora. En la figura 5.15, se puede ver la prensa utilizada para el ensayo.



Figura 5.15. Prensa hidráulica.

5.2.1.3. Sensor o celda de carga tipo S.

Este es un dispositivo, que envía señales hacia un simulador el cual facilita la lectura de la magnitud de la carga que se está ejerciendo sobre la estructura, las características que presenta este sensor son: Dimensionamiento aproximado (76.2 x 50,8 x 25,5 mm), capacidad de 500 kg como máximo Impedancia de salida con un rango de (350 ± 3 Ω(ohm)), resistencia de aislamiento mayor a 2000 MΩ (mega ohmios) e Impedancia de entrada de 365 con una tolerancia de ± 5 ohmios, en la figura 5.16, se puede apreciar este dispositivo.



Figura 5.16. Sensor de carga tipo S.

5.2.1.4. Simulador de carga.

Es un dispositivo que recibe las señales que envía el sensor, la procesa y muestra la cantidad de carga que se está aplicando sobre la estructura. Ver figura 5.17.



Figura 5.17. Simulador de carga.

5.2.1.5. Equipo medidor de deformaciones.

Medidor DMD-22 que es un sistema portátil de medición de deformación de diez canales, los cuales sirven para registrar las lecturas generadas por las galgas

extensiométrica. La puesta a cero independiente en cada canal y mediante botones pulsadores, las teclas delanteras son botones pulsadores, también constan de interruptores que están etiquetados y que sirven para el accionamiento de cada canal. Ver figura 5.18.



Figura 5.18. Medidor DMD.22.

5.2.1.6. Galgas extensiométricas.

Esto son sensores que registra a nivel micro deformaciones, esfuerzo, etc., las que se utilizaron en este proyecto son galgas extensiométricas que fueron obtenidas mediante una exportación desde Bélgica y cuyo trámite tardó 6 días. En la figura 5.19 se muestra la galga utilizada.



Figura 5.19. Galga extensiométrica.

El tipo de galga que se utilizó en este proyecto son de la serie Y, pues tiene un sin número de aplicaciones y sus características son: Longitudes de la rejilla de medición de 0,3 a 150 mm, el material para rejilla de medición son láminas de

constatan, material de recubrimiento para la rejilla de medición es poliamida, rango de temperatura de trabajo entre los -200°C a 200°C y resistencia nominal de $120\ \Omega$. (hbm.com, 2017, p.3)

5.2.2. INSTALACIÓN DE LAS GALGAS

Para la ubicación de las galgas se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Esterilizar todo el equipo
- Escoger el dado de la galga
- Escoger el sitio donde va la galga
- Lijar y limpiar bien el sitio donde va ubicada la galga
- Colocar una pega especial para galgas.
- Colocar la galga con mucho cuidado.
- Colocar otra vez la pega de galgas, encima de la misma.
- Dejarla reposar por 4 horas como mínimo para que la pega funcione bien.

En la figura 5.20 se puede ver los sitios, donde se instaló las galgas extensiométricas, lugares que fueron predeterminados, por resultados obtenidos en la simulación.



Figura 5.20. Sitios de ubicación de las galgas.

5.3. TOMA DE DATOS

Una vez, listo los instrumentos de medición y colocado adecuadamente las galgas extensiométricas se empezó, con los ensayos que consistía con la conexión de las 4 galgas hacia el instrumento de medición.

Para el inicio de la toma de datos se colocó una carga inicial de (490,5N) hasta (1471,5N), para la toma de los valores se esquematizó tal se muestra en la figura 5.21.





Esquema de la ubicación de la galga	Denominación
	G1
	G2
	G3
	G4

Figura 5.21. Denominación de posición de las galgas.

Se desarrolló dos tomas de datos, que se muestran en las tablas 5.1 y 5.2, cuyas dimensiones pertenecen a las deformaciones que tiene el marco de la bicicleta en las posiciones donde están ubicadas las galgas.

Tabla 5.1. Toma de datos 1.

Carga N	G1 (μm)	G2(μm)	G3(μm)	G4(μm)
490,5	20	-116	-209	3
686,7	26	-160	-296	4
981	39	-238	-423	13
1471,5	55	-350	-584	22

En la figura 5.22, se hace una gráfica donde se compara la carga versus la deformación, donde la carga se aumenta cada (490,5N), la deformación también tiene un comportamiento homogéneo e incluso lineal.

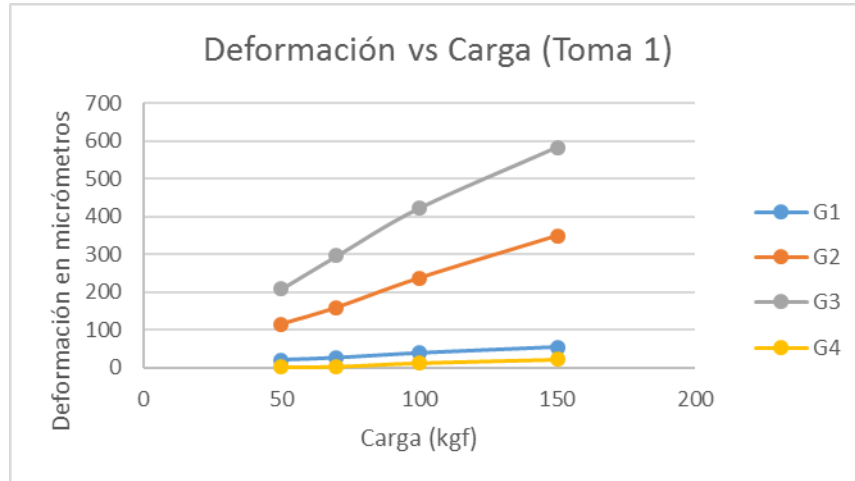


Figura 5.22. Gráfica de deformación vs carga primera toma.

Los datos tomados en la tabla 5.2, son superiores al de la tabla anterior, y la razón es porque en la aplicación de métodos prácticos, siempre tiende a ver margen de error ocasionado por el factor humano o las ubicaciones de la estructura en la prensa, así como también, puede influir las tolerancias de los equipos.

Tabla 5.2. Toma de datos 2.

Carga	G1 (μm)	G2(μm)	G3(μm)	G4(μm)
N				
490,5	26	-124	-211	15
686,7	32	-170	-297	19
981	50	-247	-430	25
1471,5	76	-369	-638	37

Del mismo modo, para la tabla 5.3 se hace esta comparación y se puede ver que el comportamiento de las curvas es incluso más lineal que la anterior. Ver figura 5.23.

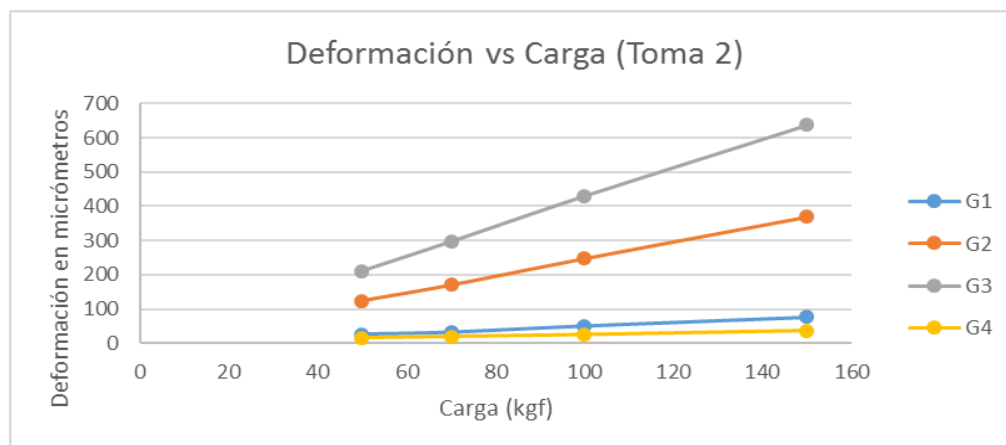


Figura 5.23. Gráfica de deformación vs carga, Segunda toma.

5.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados que se obtuvieron, mediante la aplicación del método práctico de pruebas por medio de la utilización de galgas extensiométricas, donde se tomó valores de deformaciones, facilitó la validación realizada en la simulación, tal como se puede apreciar en la figura 5.24.

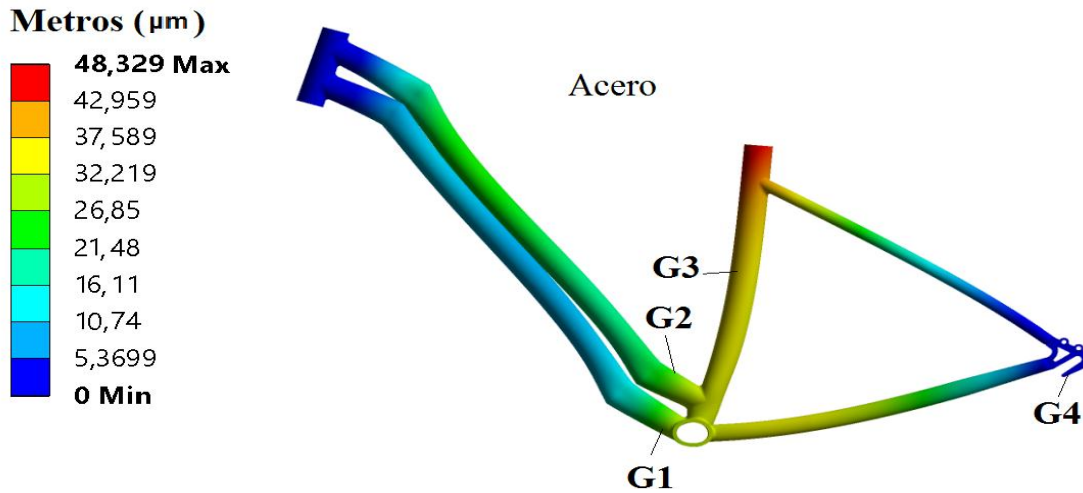


Figura 5.24. Sitios de ubicación de las galgas y resultados de la simulación.

Por medio de la figura anterior y los datos obtenidos mediante el ensayo con las galgas extensiométricas se realiza la siguiente tabla comparativa.

Tabla 5.3. Tabla comparativa de los resultados obtenidos de las deformaciones.

Primera toma de los datos de la práctica				
Carga	G1 (µm)	G2(µm)	G3(µm)	G4(µm)
N				
490,5	20	-116	-209	3
686,7	26	-160	-296	4
981	39	-238	-423	13
1471,5	55	-350	-584	22
Segunda toma de los datos de práctica				
Carga	G1 (µm)	G2(µm)	G3(µm)	G4(µm)
N				
490,5	26	-124	-211	15
686,7	32	-170	-297	19
981	50	-247	-430	25
1471,5	76	-369	-638	37
Datos de la simulación, de la estructura de acero a 73°				
Carga	G1 (µm)	G2(µm)	G3(µm)	G4(µm)
N				
745	32,2	26,85	42,95	5,3

Se puede observar en la tabla 5.3, que existen valores negativos en las mediciones con las galgas y eso se debe que estas, son influenciadas por la temperatura en el punto cero, Pues al existir un cambio en la temperatura puede ocasionar que exista señales de salida negativas, las mismas que están justificadas por el efecto de compensación, donde, si existe variación de temperatura la galga extensiométrica se llega a comportar del mismo modo, sin importar, la magnitud y la dirección(HBM, 2017, p.3). Eso quiere decir que si una medida es negativa es porque en el momento de las mediciones hubo cambio de temperatura, las mismas que se manifestaron de esa forma y que son independientes de la dirección, por lo tanto, pueden ser consideradas como positivas.

Entonces, en el análisis de los datos obtenidos por la simulación con respecto a la deformación son similares en determinados puntos como es el caso del punto G4, donde se tiene los valores más bajos de deformación, tanto en la prueba mediante las galgas extensiométricas y la simulación cuyos valores varían de entre 3 y 5 micras.

En la posición G3, que corresponde a tubo central se tiene las máximas deformaciones tanto en los datos obtenidos en las tablas 5.2 y 53, como en la simulación. Cabe mencionar que las deformaciones registradas por medio de las galgas son netamente superiores incluso cuando se utiliza cargas de 490,5 (N), mientras que en la simulación se utilizó una carga de 745 (N).

Las deformaciones en el punto G2, es la segunda superior tanto en la simulación como en la práctica y del mismo modo los resultados de la simulación son muy superiores con respecto al de la simulación.

En el punto G1, se tiene valores similares tanto en la práctica como en la simulación, pues como se puede ver en la tabla 5.1 el G1 para 686,7 (N) es de 26 (μm) y mientras que en la tabla 5.2 se tiene un valor 32 (μm). Estos dos valores tienen cierta similitud con el de la simulación, ya que haciendo una vista aproximado en el historial de colores en el punto G1, en la simulación se tendría un rango entre 26 y 32 (μm) de deformación.

En conclusión, del proyecto el marco de bicicleta que se diseñó en este trabajo de titulación soportaría las cargas ejercidas hasta por dos personas de un aproximado de (1471,5 N) pues al realizar las pruebas con las galgas, la estructura soporto sin ningún inconveniente.

5.5. COSTO DE FABRICACIÓN DEL MARCO DE BICICLETA

5.5.1. COSTOS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL MOSCO DE LA BICICLETA

Para la construcción del marco de bicicleta, se utilizó una sin número de materiales los cuales, están conformados por elementos estructurales y dispositivos para procesos constructivos, así como también, el material para recubrimiento total de la estructura, de tal forma, que no se oxide.

En la tabla 5.4, se muestran de forma de tallada todos los valores de costos de los materiales comprados para la construcción del equipo.

Tabla 5.4. Materiales utilizados en la construcción del marco de bicicleta.

Cant	Material	Especificación	P. unidad	P. Total
			(USD)	(USD)
2	Tubo circular grande	34 mm x 2mm	15	30
1	Tubo circular pequeño	20x2mm	8	8
1	Platinas para los soportes de rueda	20x20x4mm	5	5
1	Kilo electrodos 1/8 E6011	kg	3,5	3,5
1	Disco de desbaste	4"	3	3
1	Esmalte Negro	lt	3	3
1	Anticorrosivo plomo	lt	3,5	3,50
1	Thiñer	lt	1,32	1,32
2	Disco de corte NORTON	Para hierro	1,75	3,5
Total de materiales de construcción				60,82

A más de los materiales, existieron determinados procesos mecánicos que se utilizó para la construcción, los valores de los costos se muestran en la tabla 5.5.

Tabla 5.5. Procesos constructivos utilizados en la fabricación de la bicicleta.

Proceso	Costo por operación	Número de operaciones	P. Total
			(USD)
Torno	8 usd, la hora	1	8
Dobladora Manual	2 usd por dobléz	6	12
Dobladora CNC	2 usd, por dobléz	2	4
Fresadora	8 usd, la hora	2	16
Suelda SMAW	40 usd, día	1	40
Esmeril	8 usd, día	1	8
Amoladora	15usd, día	1	15
Cortadora	8 usd, día	1	8
Total de procesos de construcción			111

Además, de los costos de materiales y procesos constructivos, también existieron gastos para el desarrollo de los distintos estudios prácticos, como de los accesorios que se usaron para los ensayos y para el armado de la bicicleta por completo. Valores que se detallan en la tabla 5.6.

Tabla 5.6. Costos de Accesorios y pruebas

Cant	Accesorios y pruebas	Especificación	P. unidad	P. Total
			(USD)	(USD)
4	Galgas extensiométricas	para medición de deformaciones	40	160
1	Prueba en el laboratorio	Medición de deformaciones	150	150
1	Dispositivos de la bicicleta	todos los elementos para el armado	190	190
Total				500

Finalmente, en la tabla 5.7 se realiza la sumatoria de todos los valores correspondientes a gastos, efectuados durante la ejecución del proyecto.

Tabla 5.7. Costo total de proyecto.

Costo total del Proyecto	USD
Materiales para la construcción	60,82
Procesos constructivos	111
Accesorio y análisis en laboratorio	500
Total	671,82

El costo total de la inversión del proyecto es de 671,82 (dólares), valor donde está incluido todo, pero, haciendo una separación, el monto de construcción de la bicicleta completa con todos los accesorios se debe sumar: el costo de los materiales utilizados, procesos constructivos y los accesorios. En la tabla 5.8, se puede ver que el valor total de la bicicleta asciende a los 361,82 (dólares), cantidad que es superior al valor que estaba establecido por los usuarios en las encuestas de 300 (dólares). El monto en exceso, se debe a que se compró mucho material y que además la bicicleta fue construida de forma artesanal.

Tabla 5.8. Costo total de la bicicleta.

Costo total del Proyecto	USD
Materiales para la construcción	60,82
Procesos constructivos	111
Accesorio para el armado de la bicicleta	190
Total	361,82

5.6. SELECCIÓN DE LAS DISTINTAS PIEZAS PARA EL ARMADO COMPLETO DE LA BICICLETA

Una vez desarrollado, el diseño y la construcción de del marco de bicicleta, donde mediante las distintas pruebas, estudios estáticos y a fatiga se comprobó que sería segura a continuación se enumeran los elementos principales que serían ideales para el montaje completo de la bicicleta:

- Para este tipo de marco de bicicleta urbana es ideal la utilización de aros con Rin número 26.
- Sistema de transmisión, debe ser por medio de cadenas, piñones y con máximo 5 cambios, ya que se trata de una bicicleta urbana y no necesita más, pues su velocidad lineal no es muy alta.
- Por la configuración de marco y por seguridad se aconseja utilizar frenos de disco.
- Debe poseer una horquilla, donde se acople el volante adecuado y puede ser similar al que se utiliza para el ensayo de las galgas en este proyecto.

CONCLUSIONES

- Por medio de una investigación bibliográfica, un estudio de la aplicación de una encuesta a los estudiantes y docentes de la universidad, se logró establecer el diseño del marco de la bicicleta tipo urbana, la cual está ajustada a las necesidades establecidas por los futuros usuarios. Este diseño servirá como prototipo para la implementación en la UTN (Universidad Técnica del Norte), como medio de transporte ecológico.
- El diseño del marco de la bicicleta urbana, presenta características como: ángulo de inclinación del tubo central, con respecto al eje x, de 73° , ángulo seleccionado por medio de un estudio realizado mediante la deformación del material desarrollado a través de la simulación y un estudio práctico con galgas extensiométricas. Así como también, basado en las normativa INEN, y demás porque supera las propiedades de diseño mínimo. Cabe mencionar que el material que constituye la estructura es acero estructural y su forma para la distribución de cargas es tetraédrica, las dimensiones del marco se encuentran en el plano DG-100
- Después de haber realizado la construcción del marco de la bicicleta se puede establecer los elementos principales con los que se podría armar por completo la bicicleta que son: La utilización de aros con Rin número 26, sistema de transmisión por medio de cadenas, piñones, frenos de seguridad y una horquilla normalizada, que permita realizar el acople adecuado del volante.
- Los resultados obtenidos en los distintos análisis como es el caso de la simulación computacional donde se obtuvo las deformaciones para una aplicación de 745 (N) de carga fueron posibles validar mediante el desarrollo de pruebas con galgas extensiométricas y con equipos del laboratorio de materiales de la Escuela Politécnica del Ejército, donde se obtuvo resultados como: los niveles de deformación máximos y mínimos generados en la simulación, estuvieron ubicados en los mismos sitios del marco de bicicleta donde se instaló las galgas, es decir que los valores

registrados con las galgas en los puntos G1, G2, G3 y G4 presentan características similares que los valores de la simulación.

- Los distintos análisis desarrollados en el marco de la bicicleta, permitieron tener una idea clara del comportamiento estructural que tendría, cuando se le aplique cargas sobre el marco, ya que se puede identificar los puntos donde podrían ir instaladas las galgas, así como también facilito ver si el marco diseñado soportaría cargas fluctuantes.
- Los valores obtenidos del factor de seguridad, mediante la simulación y la aplicación de esfuerzos son superiores a la unidad con lo que se pudo demostrar que el material soportaría sin ningún inconveniente las cargas establecidas en el diseño e incluso superiores, siempre y cuando, estas no superen los límites mínimos del diseño.
- El diseño del marco de bicicleta que se utilizó para la construcción, presento por medio del análisis estático y a fatiga los factores de seguridad de 4,25 y 2,2 respectivamente, lo que permite concluir que tiene un alto rango de seguridad, con lo que se cumple una de las especificaciones de mayor porcentaje, sugeridas por los usuarios en la encuesta desarrollada.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una simulación, en donde el marco sea sometido a cargas de impacto bajo las condiciones de carga máxima, con la finalidad de ver cuál sería el comportamiento de la estructura y ver hasta cuánto podría soportar.
- Realizar un mayor número de pruebas, mediante la aplicación de las galgas extensiométricas, poniendo mayor intensidad de cargas, de tal forma que se llegue a fractura el material, esto daría una idea clara de la ubicación del punto crítico y así se podría corroborar si está en el mismo sitio donde se predijo con la simulación en el programa computacional.
- Hacer estudios con materiales distintos, a los que comúnmente se utiliza en la construcción de bicicletas. De tal forma, que se logre disminuir los costos de fabricación y de mantenimiento.
- Adquirir equipos de medición y máquinas hidráulicas para ejercer fuerza controlada por medio programas computarizados, con la finalidad de realizar distintos análisis mecánicos, tanto en la estructura de la bicicleta, que está equipada con galgas extensiométricas, como para otros tipos de estudios.
- Para tener una idea más clara de los análisis mecánicos que se realizó en este proyecto, se debería promover estudios estáticos y dinámicos en autopartes de vehículos, ya que, en esos dispositivos se podría apreciar de mejor forma los momentos de falla.
- Promover o incentivar la implementación de un laboratorio de resistencia de materiales, con los equipos necesarios, para el desarrollo de investigación y pruebas en estructuras como el marco de bicicleta realizado en este proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alacermas.com. (2016). Aleaciones de aluminio 6061. Recuperado a partir de [http://www.alacermas.com/img/galeria/files/aluminio/chapa_6061_aluminio\(1\).pdf](http://www.alacermas.com/img/galeria/files/aluminio/chapa_6061_aluminio(1).pdf)
2. atomika.mx. (2017). Bicicleta urbana Cannondale Quick 6 2017 - Bicicletas Cannondale de Marcas | Atomika. Recuperado a partir de <https://www.atomika.mx/marcas/bicicletas-cannondale/bicicletas-urbanas-cannondale/bicicleta-urbana-cannondale-quick-6-2017/>
3. Bergmeester, B. (2016). Lopifit: la bicicleta eléctrica para caminar. Recuperado 19 de junio de 2017, a partir de <http://ecoinventos.com/lopifit-la-bicicleta-electrica-para-caminar/>
4. bicicletasenrique. (2016). Bicicletas Enrique - Fábrica de Bicicletas en Córdoba Argentina - Bicicletas Enrique - Fábrica de Bicicletas en Córdoba. Recuperado 19 de junio de 2017, a partir de <http://www.bicicletasenrique.com/es>
5. bicicletasplegables.info. (2018). Bicicletas Plegables | Compra Con la Mayor Información Aquí! Recuperado 27 de junio de 2017, a partir de <http://www.bicicletasplegables.info/>
6. Blogsdna. (2011). Tipos de frenos de bici | Multiformato. Recuperado 16 de junio de 2017, a partir de <http://www.multiformato.com/2011/05/tipos-de-frenos-de-bici/>
7. Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (octava, Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
8. Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2012). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (9a. ed.). Recuperado a partir de <https://books.google.com.ec/books?id=knWJDAAAQBAJ>
9. Carrera, A. (2012). Foto Bicicletas: Tipos de frenos para bicis Mountain Bike. Recuperado 16 de junio de 2017, a partir de <http://fotobicicletas.blogspot.com/2012/05/tipos-de-frenos-para-bicis-mountain.html>

10. Casiopea. (2017). Sistema Direccion-Estructural - Casiopea. Recuperado 16 de junio de 2017, a partir de http://wiki.ead.pucv.cl/index.php/Sistema_Direccion-Estructural
11. CONDESA. (2006). Tubo Estructural.
12. Covill, D., Allard, P., Drouet, J. M., & Emerson, N. (2016). An Assessment of Bicycle Frame Behaviour under Various Load Conditions Using Numerical Simulations. *Procedia Engineering*, 147, 665-670. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.269>
13. Delgado, C. (2016). Las partes de la bicicleta. Recuperado 16 de junio de 2017, a partir de <https://www.btwin.com/blog/es/blog-y-actualidad/las-partes-de-la-bicicleta-parte-1/>
14. Duclo, D. (2017). Historia de la bicicleta. *Reading A-Z*, 1(10), 16. Recuperado a partir de www.readinga-z.com
15. es.climate-data.org. (2017). Clima Ibarra: Temperatura, Climograma y Tabla climática para Ibarra - Climate-Data.org. Recuperado a partir de <https://es.climate-data.org/location/2964/>
16. Escotto, J. M. (2017). MATERIALES DE LOS CUADROS: ALUMINIO Y CARBONO - Bikes World. Recuperado a partir de <http://www.bikesworldrevista.es/materiales-de-los-cuadros-aluminio-y-carbono/>
17. GERDAU CORSA. (2006). La línea de perfiles más completa de México, 52(55), 28.
18. Gere, J. M., Goodno, B. J., & Cárdenas, J. L. (2009). *Mecánica de Materiales*. Cengage Learning Latin America. Recuperado a partir de <https://books.google.com.ec/books?id=pe788hbjDsQC>
19. HBM. (2017). Transductores de fuerza basados en galgas extensométricas. Recuperado a partir de <https://www.hbm.com/es/2636/transductores-de-fuerza-basados-en-galgas-extensometricas/>
20. hbm.com. (2017). Galgas extensométricas universales Serie Y. Recuperado a partir de <https://www.hbm.com/es/0364/galgas-extensometricas-para-analisis-de-tensiones/>

21. Ibáñez, P. (2018). Comprar una bicicleta eléctrica: precios, modelos y consejos. Recuperado 19 de junio de 2017, a partir de <https://www.xataka.com/vehiculos/las-bicicletas-electricas-tambien-son-para-el-verano-toma-nota-de-como-comprar-una>
22. Licata, M. (2017). Tabla de peso ideal para hombres y mujeres, por contextura y altura medida en centímetros / kilogramos. (sistema métrico-decimal). Recuperado 9 de agosto de 2017, a partir de <http://www.zonadiet.com/tablas/pesoideal.cgi>
23. llibreta edu. (2015). màquines i mecanisme - llibreta edu. Recuperado 16 de junio de 2017, a partir de <https://sites.google.com/site/llibretaedu/maquines-i-mecanisme>
24. Lopez Martínez, D. J. (2005). *Diseño de una bicicleta de montaña*. Universidad de Málaga.
25. Losada, R. (2007). Componentes De La Bicicleta, 19-29
26. Losada, R. A. (2007). TIPOS DE BICICLETA Y SU FUNCIONALIDAD. Recuperado a partir de <http://blog.educastur.es/myrylaapuntes02/files/2007/12/ud1-conduccion-y-manejo-de-la-bicicleta-2-tipos-de-bicicleta-y-su-funcionalidad.pdf>
27. Miller, E. (2017). Webinar: Additive Manufacturing & Simulation Driven Design, A Competitive Edge in Aerospace. Recuperado a partir de <http://www.padtinc.com/blog/the-focus/page/2>
28. Ministerio de Relaciones exteriores Comercio e Integración. (2013). El Uso Masivo de la Bicicleta para el Buen Vivir, 1-107. Recuperado a partir de <http://www.embassyecuador.eu/site/images/descargas/uso-masivo-bicicleta-buen-vivir.pdf>
29. Mott, R. L., Pozo, V. G., Sánchez, S. S., Fernández, Á. H., & Sánchez, J. V. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. Pearson/Educación. Recuperado a partir de https://books.google.com.ec/books?id=nrYd_BjTL0UC
30. Mtbpro. (2017). Geometría de la bici de MTB: medidas, ángulos y lo que significan. Recuperado a partir de <http://www.mtbpro.es/afondo/geometria-de-la-bici-de-mtb-medidas-angulos-y-lo-que-significan>

31. neumaticos Online. (2017). Neumáticos para bicicleta. Recuperado 19 de junio de 2017, a partir de <http://onlineneumaticos.blogspot.com/p/neumaticos-para-bicicleta.html>
32. Pérez Ramos, G. (2007). *DISEÑO DE BICICLETA URBANA*. Universidad Nacional Autónoma de México
33. Pixabay. (2017). bicicleta de carreras. Recuperado 19 de junio de 2017, a partir de <https://pixabay.com/es/bicicleta-de-carreras-corredor-161449/>
34. Riba, C. (2002). *Diseño concurrente*. Barcelona, Edicions UPC. Recuperado a partir de <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Diseño+concurrente#0>
35. ripley. (2017). MONARETTE BICICLETA MONTAÑERA DAKOTA JUNIOR ARO 24 PARA HOMBRE | Ripley. Recuperado 18 de junio de 2017, a partir de <http://simple.ripley.com.pe/monarett-bicicleta-montanera-dakota-junior-aro-24-para-hombre-2022164631058>
36. sabimet.com. (2017). *Propiedades del acero ASTM*. Recuperado a partir de [http://www.sabimet.com/acero estruc construc.pdf](http://www.sabimet.com/acero%20estruc%20construc.pdf)
37. Sanz de Pedro, R. (2015). *DISEÑO BICICLETA CERO PARAMETRIC 2.0*. Universidad de Valladolid.
38. Solidworks UIS. (2016). Solidworks Tutorias, trabajos y consultas: Diseño pedales bicicleta (con plato dentado). Recuperado 19 de junio de 2017, a partir de <http://solidworksuiblogspot.com/2016/04/disen-pedales-bicicleta-con-plato.html>
39. UCI. (2016). GUÍA DE ACLARACIÓN DEL REGLAMENTO TÉCNICO DE LA UCI. Recuperado a partir de http://fedciclismocyl.com/menu8/21_guia_de_aclaracion.pdf
40. Vertigo, M. (2014). Bicicleta Electrica Motoped Survival: para combatir zombies. Recuperado 19 de junio de 2017, a partir de <http://blogvertigo.es/motor/bicicleta-electrica-motoped-survival/>
41. Viera, O. (2014). De que material esta hecha tu bicicleta | Bici Ciudad. Recuperado 19 de junio de 2017, a partir de

<http://blog.biciciudad.com/de-que-material-esta-hecha-tu-bicicleta/>

42. Willis, J. (2017). Máquinas para la fabricación de tubos de aluminio | eHow en Español. Recuperado a partir de http://www.ehowenespanol.com/maquinas-fabricacion-tubos-aluminio-info_370672

ANEXOS

Anexo A: Encuesta

Anexo A1: PRIMERA PARTE DE LA ENCUESTA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE MANTENIMIENTO AUTOMOTRÍZ
ENCUESTA DIRIGIDA A LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

OBJETIVO: Conocer la opinión de la comunidad universitaria de la UTN, con el fin de obtener información, que servirá para el desarrollo y construcción de una bicicleta urbana para uso universitario.

Su opinión es muy importante, esta encuesta le tomará **2 minutos** en completarla

INSTRUCCIONES: Marque con **X** una de las opciones en las siguientes preguntas.

A. DATOS DEMOGRÁFICOS:

- Género: F (X) M ()
- Edad:18.....
- Función que cumple en la UTN
Docente () Administrativo () Estudiante (X) otros Servicios ()
- ¿Qué tan lejos vive de la UTN? Aproximadamente en:
Distancia.....2..... km
Tiempo.....25.....hora o minutos

B. CARACTERÍSTICAS DE UNA BICICLETA URBANA

- ¿Considera usted a la bicicleta como un medio de transporte práctico para movilizarse hacia la UTN?
SI (X) NO ()
¿Por qué?...facilita la movilidad.....
- Tomando en cuenta la pregunta anterior ¿Consideraría usted a la bicicleta como SU medio de transporte para movilizarse hacia la UTN?
SI (X) NO () vaya a la pregunta 11
- ¿Cuán importantes son los siguientes factores para motivar el uso de la bicicleta como SU medio de transporte? Marque con una X.

	<u>Nada importante</u>	<u>Poco importante</u>	<u>Importante</u>	<u>Muy importante</u>	<u>Extremadamente importante</u>
a) Potencial ahorro de dinero	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) Cuidado del medio Ambiente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
c) Gusto por andar en la bicicleta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d) Fácil de transportarse	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e) Más saludable	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Figura A1.1. Primera parte de la encuesta.

Anexo A2: SEGUNDA PARTE DE LA ENCUESTA

8. Para Ud. ¿Cuáles serían los factores que consideraría importantes al momento de adquirir una bicicleta urbana? Marque con una X

	<u>Nada importante</u>	<u>Poco importante</u>	<u>Importante</u>	<u>Muy importante</u>	<u>Extremadamente importante</u>
f) Precio de la bicicleta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
g) Costos de mantenimiento y reparación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
h) Accesibilidad a los repuestos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
i) Seguridad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
j) Capacidad de Carga	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
k) Ergonomía	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
m) Facilidad de transportarla en un vehículo	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
n) Diseño o apariencia de la bicicleta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9. ¿Qué tipo de bicicleta urbana le parece la mejor opción para ser adquirida?

Convencional () Plegable (X) Eléctrica ()

10. Marque con una X precio que estaría dispuesto a pagar por una bicicleta urbana para su transporte hacia la universidad, considerando los modelos.

Menos de 300 \$ Entre 300 y 600 \$ Entre 600 y 900 \$

Entre 900 y 1200 \$ Más de 1200 Y 1500 \$ Más de 1500 \$

11. ¿Cuáles de los siguientes factores influirían para NO utilizar la bicicleta como SU medio de transporte? Marque con una X.

	<u>Nada importante</u>	<u>Poco importante</u>	<u>Importante</u>	<u>Muy importante</u>	<u>Extremadamente importante</u>
o) No tiene bicicleta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
p) Esfuerzo físico al manejar bicicleta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
q) No existen ciclo vías	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
r) Necesidad para movilizarse para otras actividades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
s) Clima (lluvia, viento, calor)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
t) Tiempo involucrado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
u) Distancia hacia la UTN	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
n) Peligro por tráfico vehicular	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Figura A1.2. Segunda parte de la encuesta.

Anexo B: Pesos correspondientes a las medidas

Tabla B1.1. Pesos de hombres y mujeres.

Mujeres						Hombres						
Altura [mts.]	Pequeña		Mediana		Grande	Pequeño			Mediano		Grande	
	Peso [kg.]		Peso [kg.]		Peso [kg.]	Peso [kg.]			Peso [kg.]		Peso [kg.]	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
1.5	45.00	47.25	46.13	50.63	47.25	52.88	45.00	50.18	48.38	55.40	50.63	56.25
1.52	46.21	48.52	47.36	51.98	48.52	54.29	46.21	51.52	49.67	56.88	51.98	57.76
1.54	47.43	49.80	48.62	53.36	49.80	55.73	47.43	52.89	50.99	58.39	53.36	59.29
1.56	48.67	51.11	49.89	54.76	51.11	57.19	48.67	54.27	52.32	59.92	54.76	60.84
1.58	49.93	52.42	51.18	56.17	52.42	58.67	49.93	55.67	53.67	61.46	56.17	62.41
1.6	51.20	53.76	52.48	57.60	53.76	60.16	51.20	57.09	55.04	63.03	57.60	64.00
1.62	52.49	55.11	53.80	59.05	55.11	61.67	52.49	58.52	56.42	64.61	59.05	65.61
1.64	53.79	56.48	55.14	60.52	56.48	63.21	53.79	59.98	57.83	66.22	60.52	67.24
1.66	55.11	57.87	56.49	62.00	57.87	64.76	55.11	61.45	59.25	67.84	62.00	68.89
1.68	56.45	59.27	57.86	63.50	59.27	66.33	56.45	62.94	60.68	69.49	63.50	70.56
1.7	57.80	60.69	59.25	65.03	60.69	67.92	57.80	64.45	62.14	71.15	65.03	72.25
1.72	59.17	62.13	60.65	66.56	62.13	69.52	59.17	65.97	63.61	72.84	66.56	73.96
1.74	60.55	63.58	62.07	68.12	63.58	71.15	60.55	67.52	65.09	74.54	68.12	75.69
1.76	61.95	65.05	63.50	69.70	65.05	72.79	61.95	69.08	66.60	76.26	69.70	77.44
1.78	63.37	66.54	64.95	71.29	66.54	74.46	63.37	70.66	68.12	78.01	71.29	79.21
1.8	64.80	68.04	66.42	72.90	68.04	76.14	64.80	72.25	69.66	79.77	72.90	81.00
1.82	66.25	69.56	67.90	74.53	69.56	77.84	66.25	73.87	71.22	81.55	74.53	82.81
1.84	67.71	71.10	69.40	76.18	71.10	79.56	67.71	75.50	72.79	83.35	76.18	84.64
1.86	69.19	72.65	70.92	77.84	72.65	81.30	69.19	77.15	74.38	85.18	77.84	86.49
1.88	70.69	74.22	72.46	79.52	74.22	83.06	70.69	78.82	75.99	87.02	79.52	88.36
1.9	72.20	75.81	74.01	81.23	75.81	84.84	72.20	80.50	77.62	88.88	81.23	90.25
1.92	73.73	77.41	75.57	82.94	77.41	86.63	73.73	82.21	79.26	90.76	82.94	92.16
1.94	75.27	79.04	77.15	84.68	79.04	88.44	75.27	83.93	80.92	92.66	84.68	94.09
1.96	76.83	80.67	78.75	86.44	80.67	90.28	76.83	85.67	82.59	94.58	86.44	96.04
1.98	78.41	82.33	80.37	88.21	82.33	92.13	78.41	87.42	84.29	96.52	88.21	98.01
2	80.00	84.00	82.00	90.00	84.00	94.00	80.00	89.20	86.00	98.48	90.00	100.00
2.02	81.61	85.69	83.65	91.81	85.69	95.89	81.61	90.99	87.73	100.46	91.81	102.01
2.04	83.23	87.39	85.31	93.64	87.39	97.80	83.23	92.80	89.47	102.46	93.64	104.04
2.06	84.87	89.12	86.99	95.48	89.12	99.72	84.87	94.63	91.24	104.48	95.48	106.09
2.08	86.53	90.85	88.69	97.34	90.85	101.67	86.53	96.48	93.02	106.52	97.34	108.16

(Licata, 2017)

Anexo C: Planos de la bicicleta

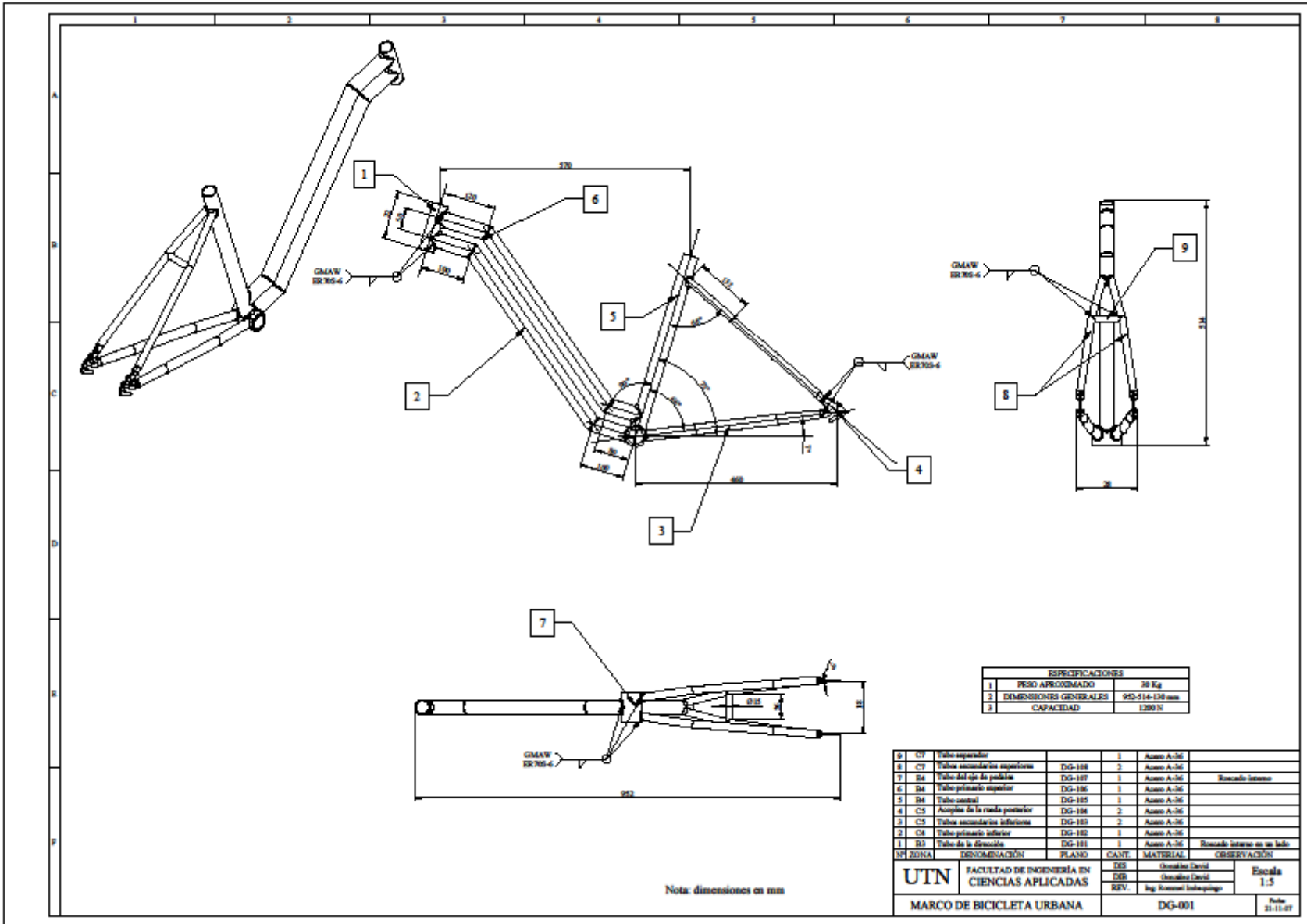


Figura C1.1. Plano de conjunto de la bicicleta DG-100.

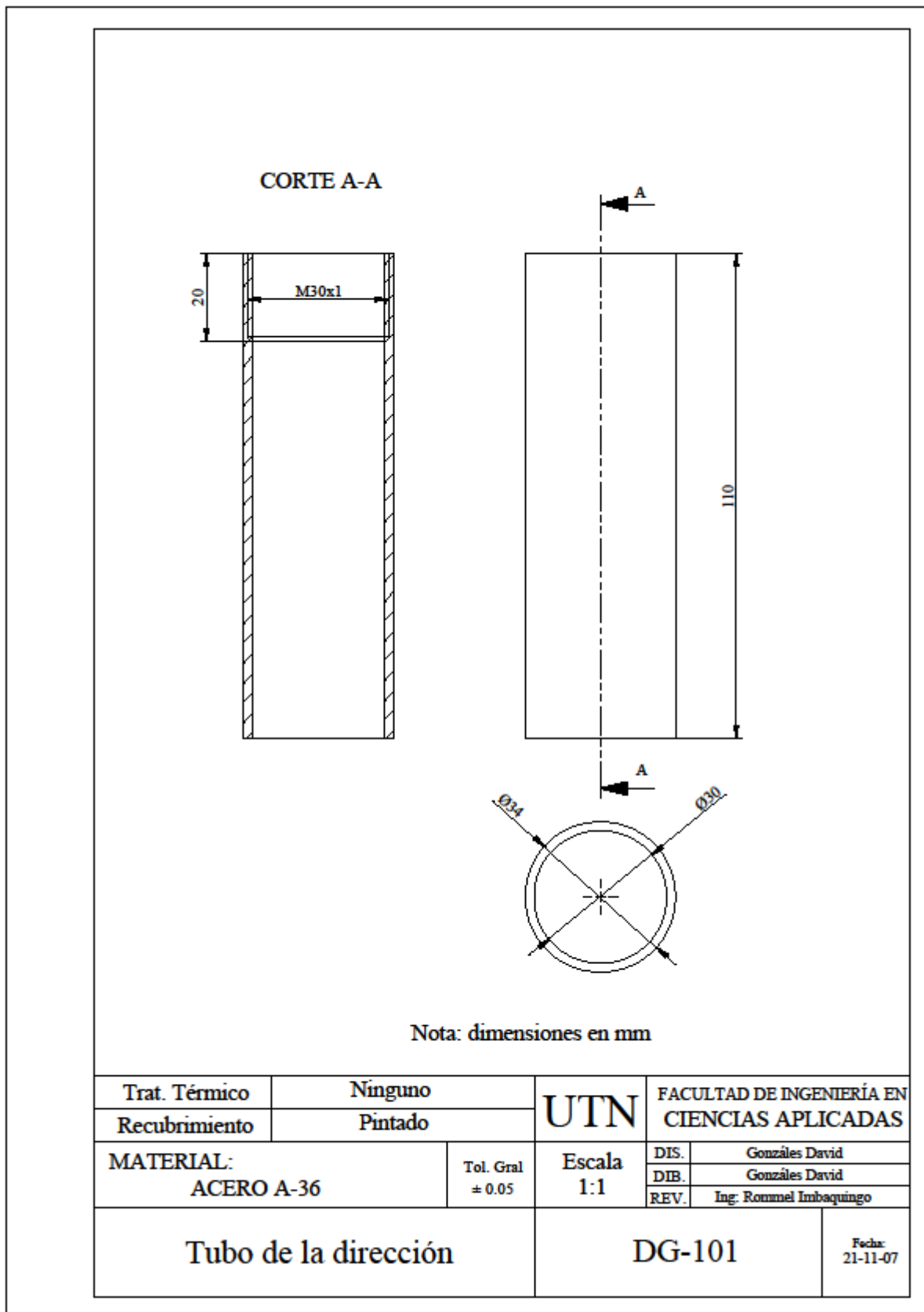


Figura C1.2. Plano del tubo de dirección DG-101.

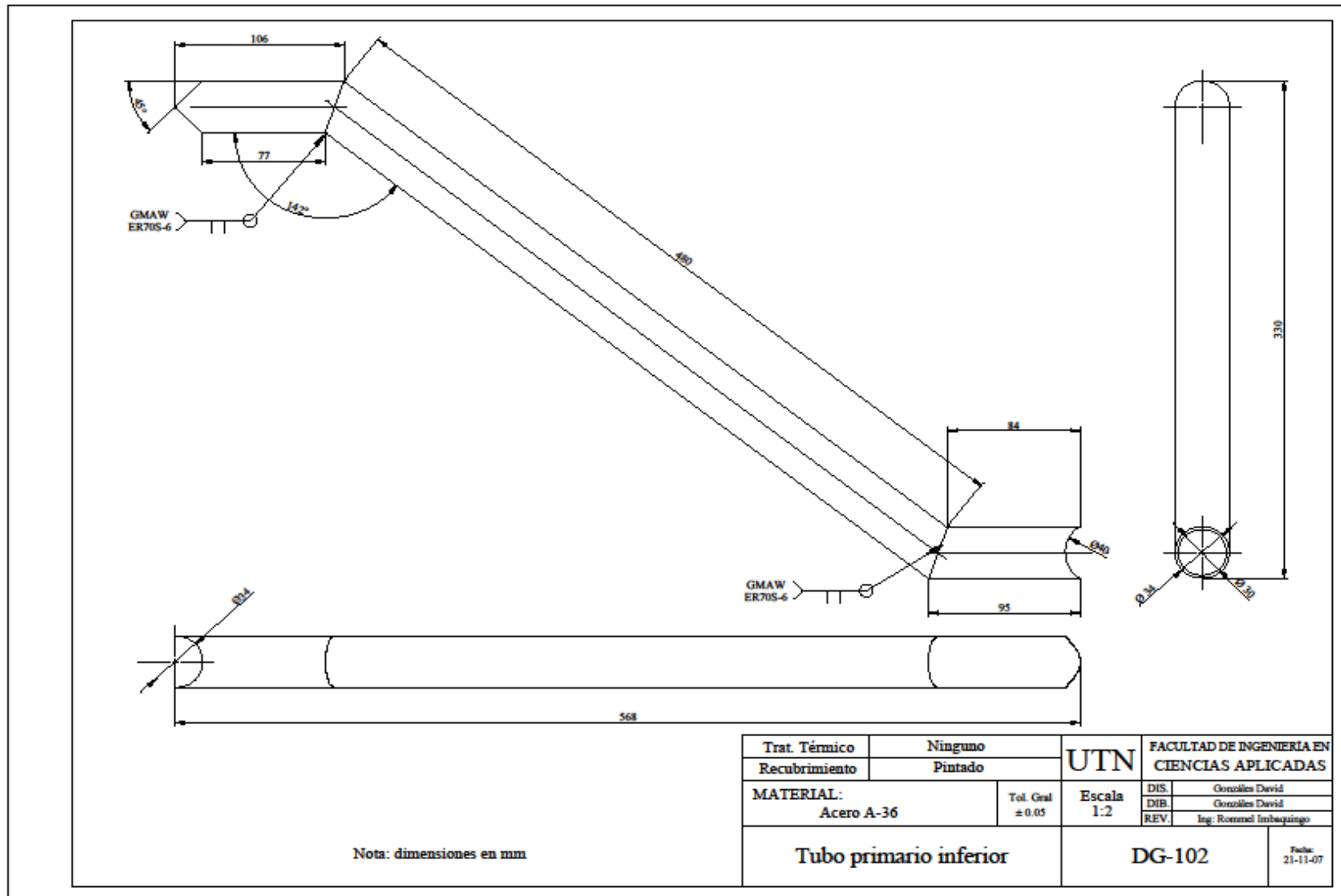


Figura C1.3. Plano del tubo primario inferior DG-102.

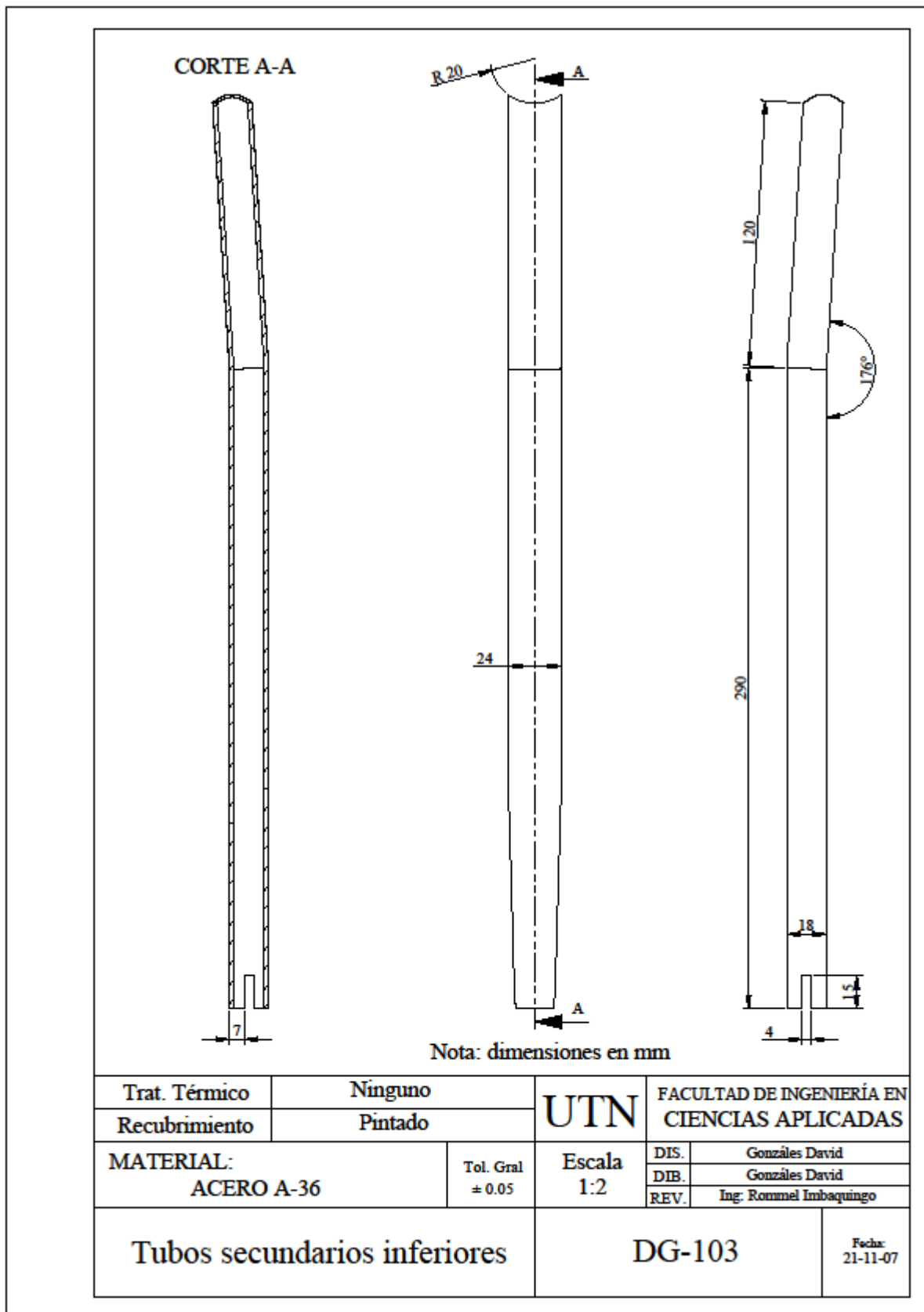


Figura C1.4. Plano de los tubos secundarios inferiores DG-103.

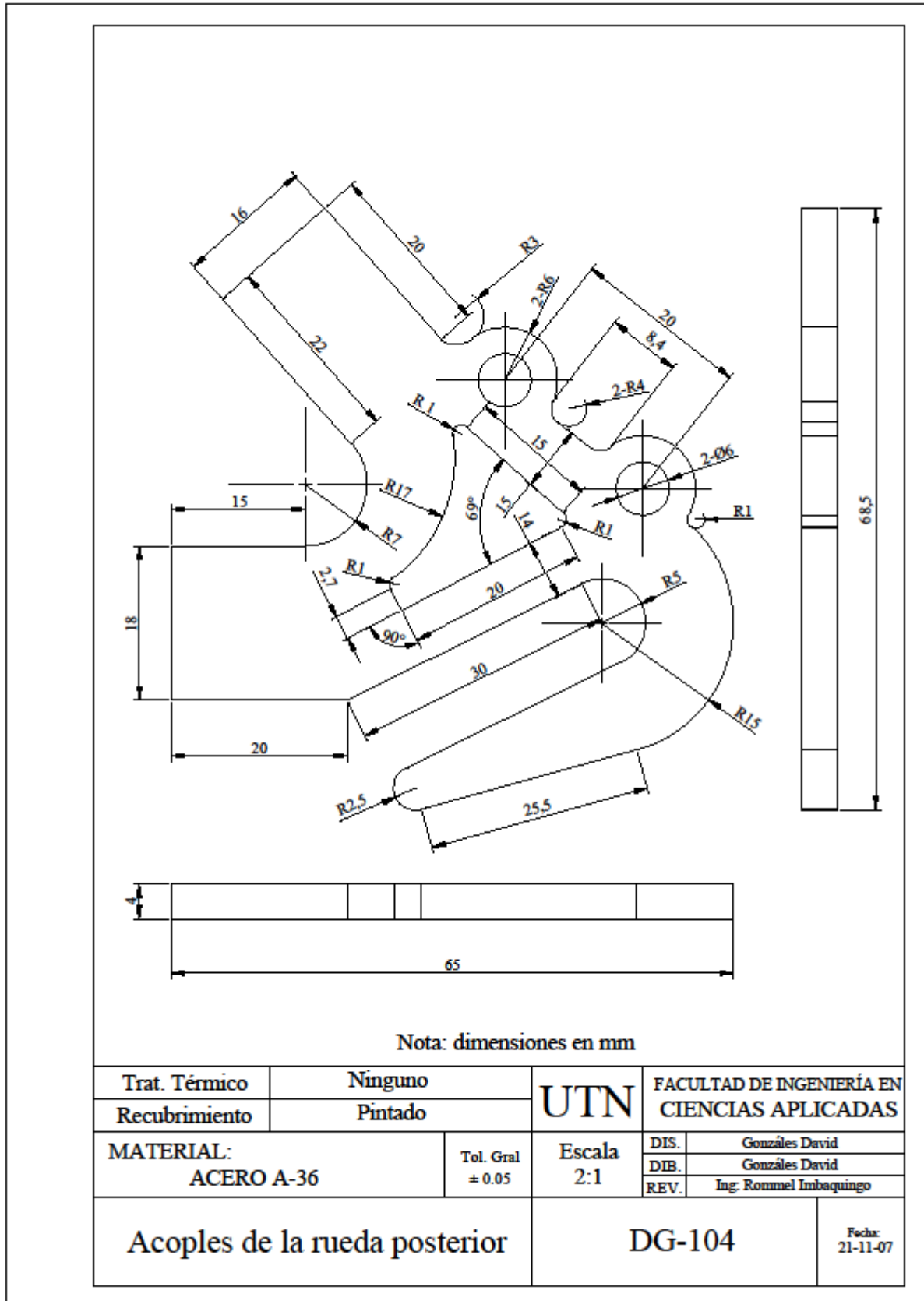


Figura C1.5. Plano acoples de la rueda posterior DG-104.

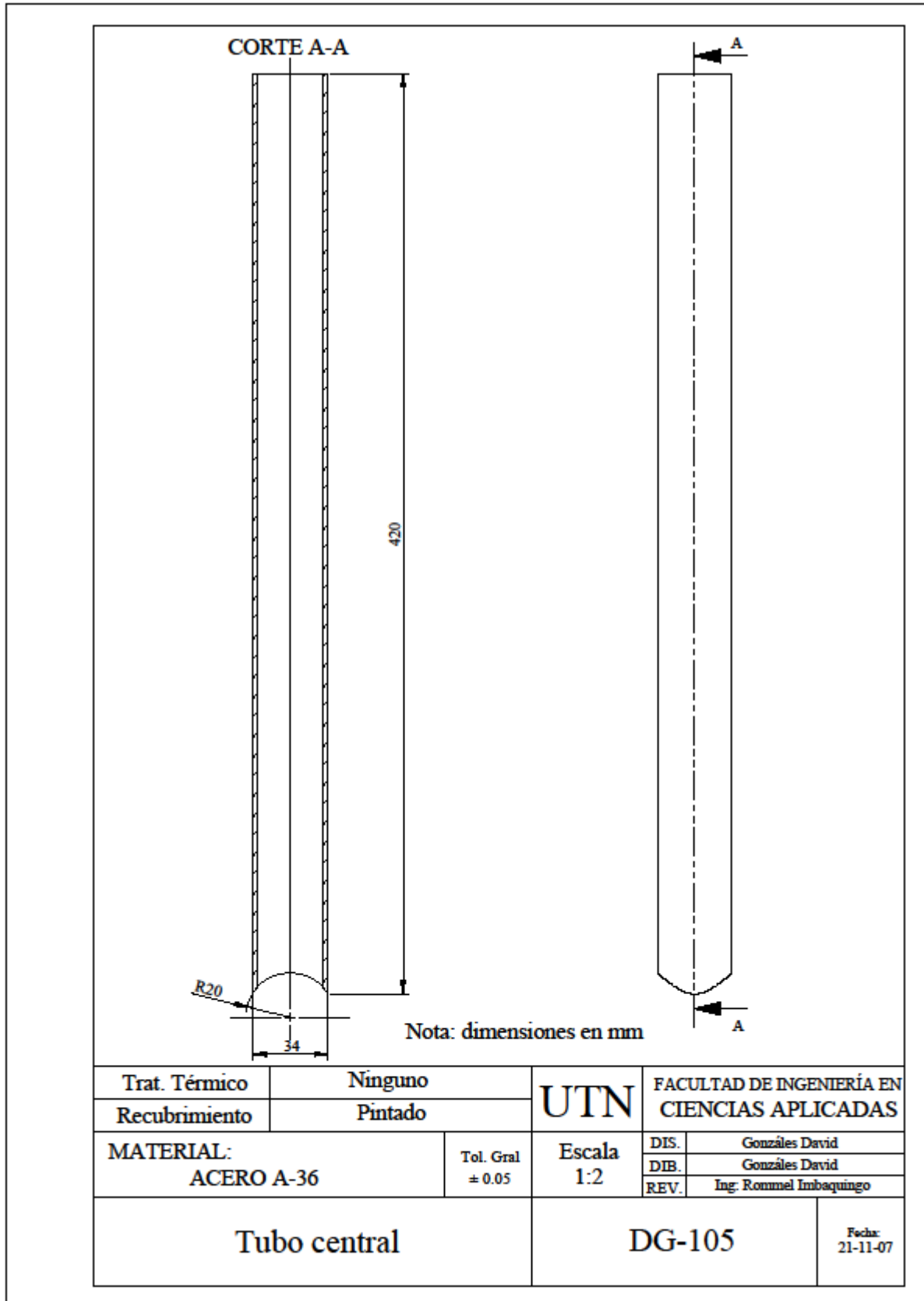


Figura C1.6. Plano del tubo central DG-105.

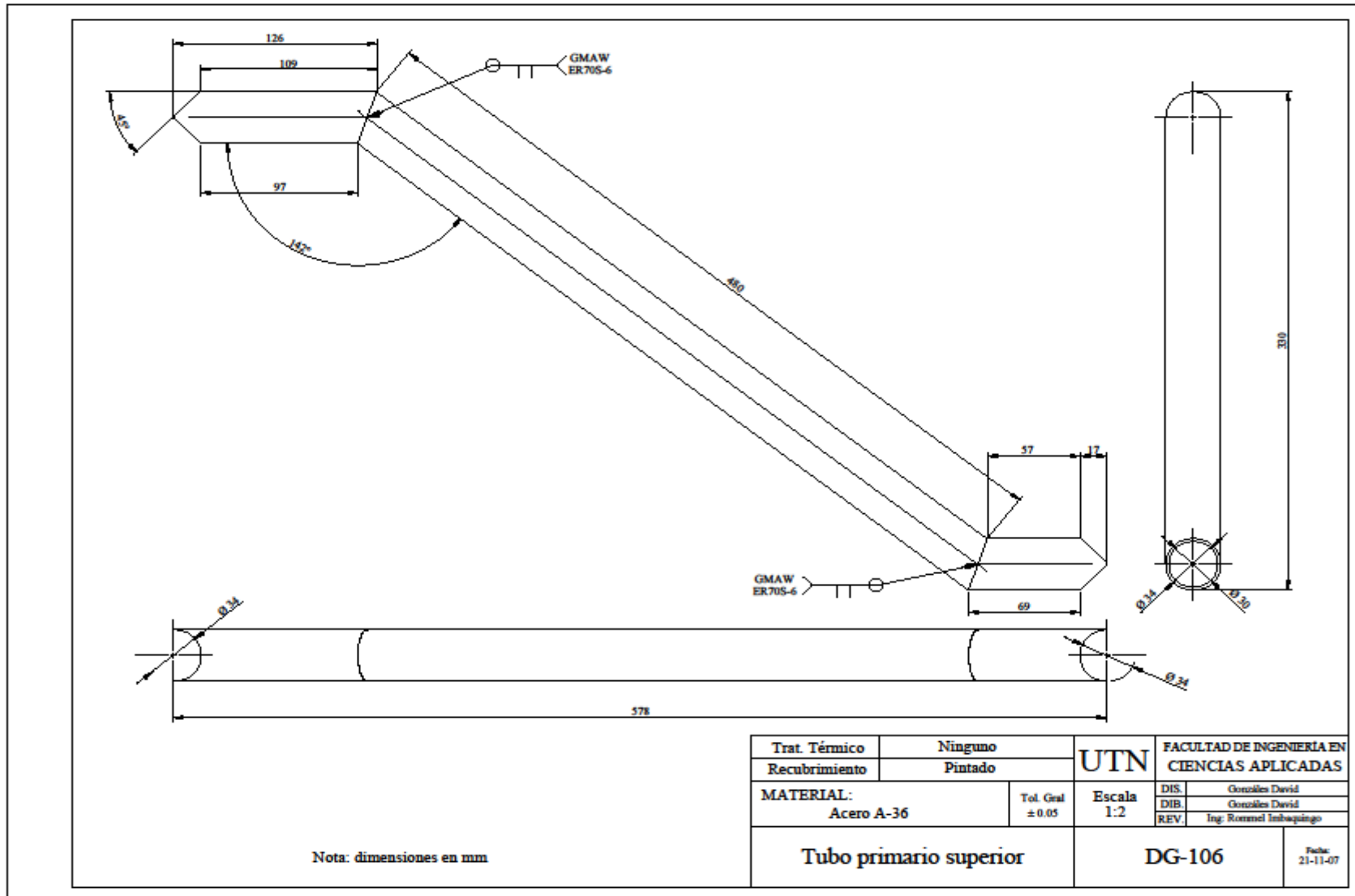


Figura C1.7. Plano del tubo primario inferior DG-106.

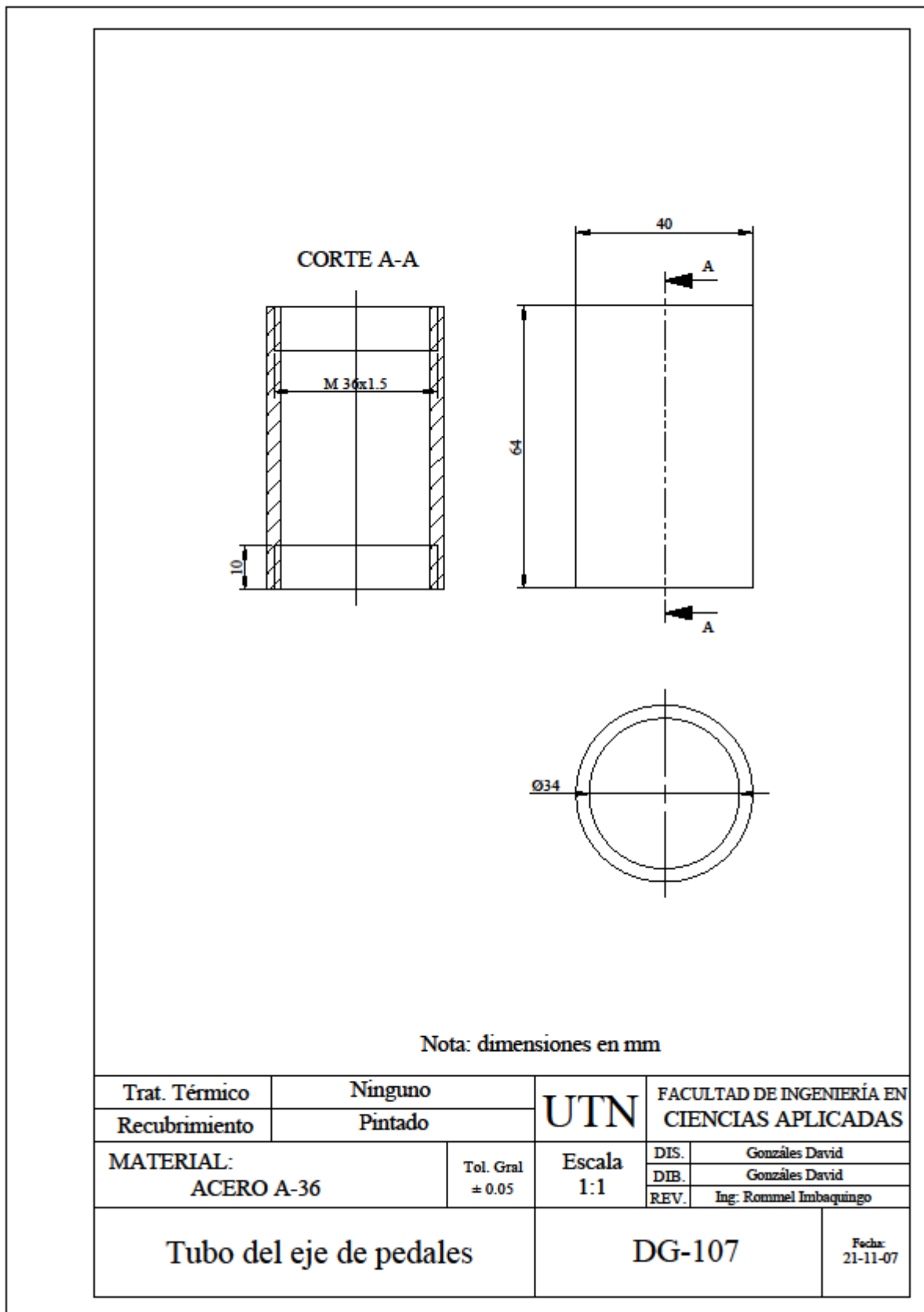


Figura C1.8. Plano del tubo del eje de pedales DG-107

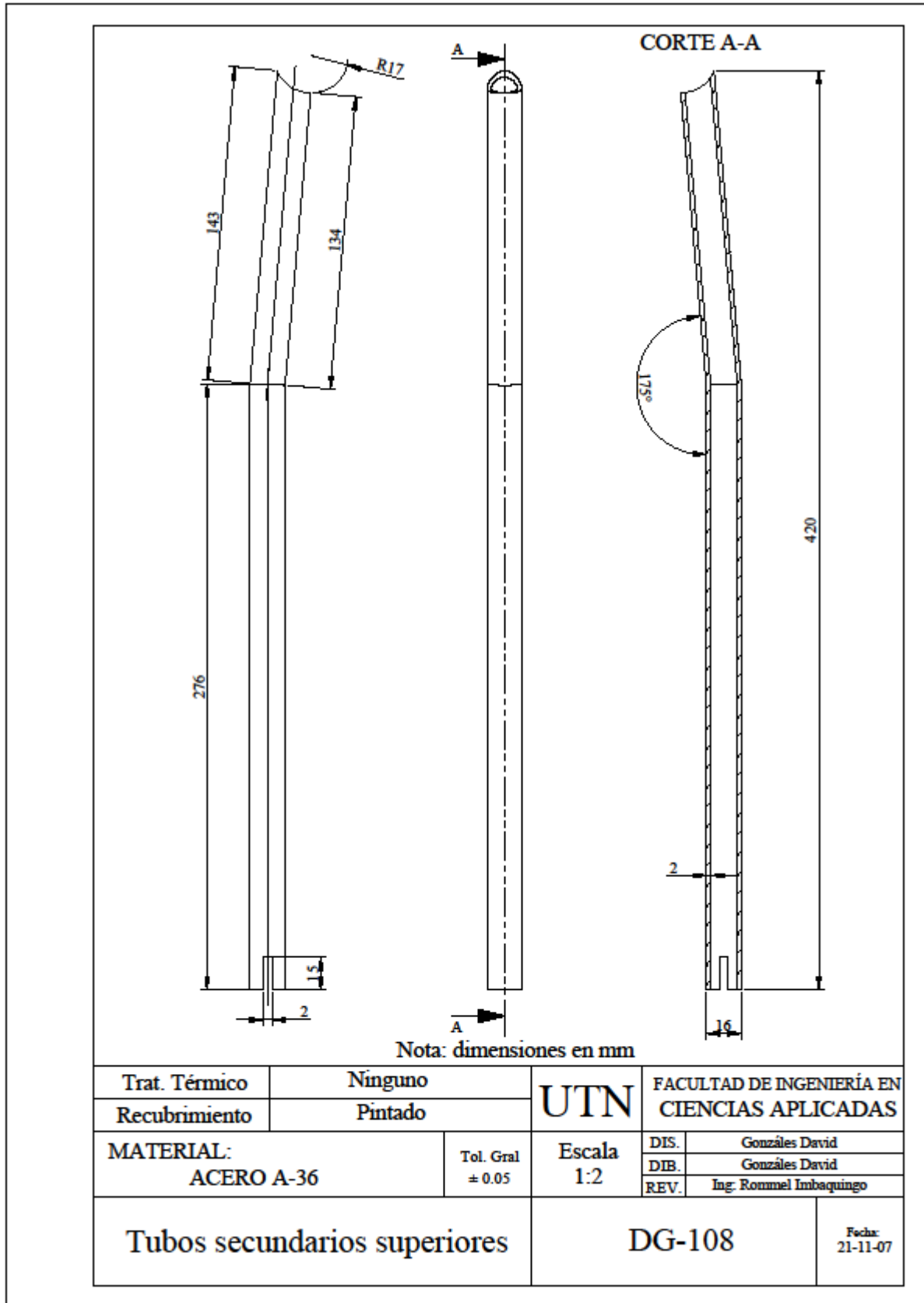


Figura C1.9. Plano de los tubos secundarios superiores DG-108