

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN MARCO DE ACERO PARA BICICLETA DE
PASEO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS DE DISEÑO
PARAMÉTRICO. MODALIDAD PRÁCTICA EMPRESARIAL EN INDUSTRIAS
BICICLETAS MILAN S.A.**

DANIEL EDUARDO DURÁN CÁCERES

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2015

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN MARCO DE ACERO PARA BICICLETA DE
PASEO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS DE DISEÑO
PARAMÉTRICO. MODALIDAD PRÁCTICA EMPRESARIAL EN INDUSTRIAS
BICICLETAS MILAN S.A.**

DANIEL EDUARDO DURÁN CÁCERES

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar por el título de
Diseñador Industrial**

Director:

LUIS ALBERTO LAGUADO VILLAMIZAR

Diseñador Industrial

Especialista en docencia universitaria

Magister en Ingeniería de Materiales

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2015

Dedicatoria

Dedicado a mi familia, amigos y compañeros que siempre creyeron en mí y que creyeron que este proyecto saldría adelante, a todas las personas que me brindaron apoyo en los momentos de flaqueza durante este proceso.

Agradecimientos

A mi familia por estar ahí siempre en los mejores y peores momentos, a los socios de Industrias Bicicletas Milan: Doña Sabrina, Ricardo, Gerardo, Nidia y Mauricio por su confianza en mí y por todo lo que me han permitido conseguir en su empresa; a las decenas de compañeros de trabajo que en algún momento aportaron algo en el desarrollo de este proyecto, especialmente a Yuly, Julia, Diego, Luisa, Javier, Jorge y Alex. En la planta de producción a Carlos, Eymar, Mónica, Nixon, Sergio, Oscar, Duitt y Albeiro. A mi director Luis Alberto Laguado por su infinita paciencia y apoyo.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. DESCRIPCION DEL PROYECTO	18
1.1 TITULO	18
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1 Objetivo General	18
1.2.2 Objetivos Específicos.....	18
1.3 DESCRIPCION DEL PROBLEMA.....	19
1.5 ALCANCES DEL PROYECTO	20
1.6 METODOLOGIA DEL PROYECTO.....	21
1.6.1 Contextualización.....	21
1.6.2 Estructura Metodológica	22
2. MARCO TEORICO	23
2.1. INDUSTRIAS BICICLETAS MILAN S.A.....	23
2.1.1 Misión.....	24
2.1.2 Visión	24
2.1.3 Estructura organizacional.....	24
2.1.4. Procesos productivos.....	25
2.1.5 Líneas de participación en el mercado	28
2.1.6 Funciones desarrolladas durante el convenio.....	28
2.1.6.1 Departamento de producción.....	29
2.1.6.2 Departamento de importaciones	29
2.1.6.3 Departamento Comercial.....	29
2.2 ESTRUCTURA DE LA BICICLETA	29
2.2.1 SISTEMA ESTRUCTURAL.....	31
2.2.1.1 Marco	31
2.2.1.1.1 Geometría Del Marco.....	32
2.2.1.2 Caña	35

4.2.1.3 Sillín	35
2.2.2 SISTEMA DE TRANSMISIÓN	36
2.2.3 SISTEMA DE CONTROL.....	38
2.2.3.1 Subsistema de dirección	38
2.2.3.2 Subsistema de frenos	40
2.2.3.4 Accesorios	40
2.3 ASPECTOS ERGONOMICOS GENERALES DE LA BICICLETA	41
2.3.1 Interacción Hombre-Máquina en la bicicleta	41
2.3.2 Postura del ciclista	43
2.4 CICLISMO URBANO.....	45
2.4.1 Desarrollo de la bicicleta como medio de movilidad urbana	45
2.4.2 Características de las bicicletas urbanas	49
3. FASE DE ANALISIS	50
3.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA.....	50
3.2 ESTADO DEL ARTE	51
3.2.1 Comparativo de los diferentes programas	56
3.2.2 Observaciones sobre el estado del arte.....	57
3.2 LINEAMIENTOS DEL PROGRAMA "AL COLEGIO EN BICI".....	57
3.2.1 Funcionamiento del sistema	58
3.3. IDENTIFICACION DE LAS NECESIDADES.....	58
3.3.2 Estudio de la población	58
3.3.2.1 Antropometría	59
3.3.2.2 Peso del usuario	62
3.3.2.3 Seguridad vial	63
3.3.2.4 Vestimenta y confort en el uso.....	64
3.3.2 Estudio geográfico	65
3.5 ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO	68
3.5.1 Recopilación de las necesidades.....	69
3.6 ESPECIFICACIONES CONVERTIDAS A MÉTRICAS	71
4. FASE DE DISEÑO.....	73
4.1 ESTUDIO DE PARTES	73

4.2 ANALISIS DE DEPENDENCIAS ENTRE LOS PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DEL MARCO	79
4.3. ESTRUCTURACIÓN PARAMETRIZADA DEL MARCO	84
4.4 GENERACION DE CONCEPTOS	91
4.4.1. Alternativa 1	93
4.4.2. Alternativa 2	94
4.4.3. Alternativa 3	95
4.4.4. Alternativa 4	96
4.4.5. Alternativa 5	97
4.6 SELECCION DE CONCEPTOS	101
4.7. PRUEBA DE ENSAMBLAJE VIRTUAL	103
4.8 DISEÑO DE DETALLE	105
4.8.1 Aplicación de color e identidad visual.	106
4.8.2 Planos Técnicos.....	109
5. FASE DE VALIDACIÓN	111
5.1 AJUSTE DE MÁQUINAS PARA PRODUCCIÓN DEL PROTOTIPO.....	112
5.2 CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO DEL MARCO	113
5.2.1 Prueba preliminar.....	117
5.2.2 Aplicación de acabados	118
5.3 ENSAMBLE DE LA BICICLETA COMPLETA	119
5.4 PRUEBA DE VALIDACIÓN ERGONOMICA.....	120
5.4.1 Descripción del procedimiento	120
5.4.2 Desarrollo de la prueba.....	121
5.4.2.1 Flexión de las piernas en los puntos muertos de pedaleo	121
5.4.2.2 Alcance de los brazos al manubrio	121
5.4.2.3 Ángulo entre la espalda y los brazos	122
5.4.3 Evaluación de la prueba.....	122
5.4.3.1 Usuario 1.....	122
5.4.3.2 Usuario 2.....	123
5.4.3.3 Usuario 3.....	123
5.4.3.4 Usuario 4.....	124
5.4.3.4 Usuario 5.....	124

5.4.4 Resultado de la prueba	125
6. CONCLUSIONES	127
BIBLIOGRAFIA.....	129
ANEXOS.....	129

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Estructura organizacional de Industrias Bicicletas Milan S.A.....	24
Figura 2. Estructuración de la bicicleta por sistemas funcionales	30
Figura 3. Geometría del marco de bicicleta	32
Figura 4. Sillín o galápago de turismo con resortes y antiprostático	36
Figura 5. Relaciones entre radios y velocidades de un sistema de transmisión	37
Figura 6. Vista explosionada de un sistema de dirección de bicicleta	38
Figura 7. Angulo correcto entre el torso y humero	39
Figura 8. Interacción Hombre-Máquina en la bicicleta	41
Figura 9. Posturas adecuadas según la modalidad de ciclismo.....	44
Figura 10. Flexión máxima adecuada de las piernas al pedalear	45
Figura 11. Velocípedo <i>Draisienne</i>	46
Figura 12. Bicicleta Boneshaker	46
Figura 13. Bicicleta de James Starley.....	47
Figura 14. Bicicleta del programa “Bicirrun”	51
Figura 15. Bicicleta del programa “Rutas solidarias”.....	52
Figura 16. Estudiantes recibiendo bicicletas del programa "Ayúdame a llegar"	53
Figura 17. Estacionamiento de Green Bike, Washington.....	54
Figura 18. Bicicletas del programa Petit Velib´Paris	55
Figura 19. Altura piso a cresta iliaca	59
Figura 20. Largo de rodilla a nalga	60
Figura 21. Pendientes adecuadas en función de la longitud.....	67
Figura 22. Paso 1 Construcción de marco_J-Altura de Eje	84
Figura 23. Paso 2 Construcción de marco_E-Distancia Centro/Eje trasero.....	84
Figura 24. Paso 3 Construcción de marco_F-Angulo de sillín	85
Figura 25. Paso 4 Construcción de marco_M-Altura suelo/Barra de galápago	85
Figura 26. Paso 5 Construcción de marco_G-Angulo de ataque	86
Figura 27. Paso 6 Construcción de marco_N-Altura suelo/Frente	87

Figura 28. Paso 7 Construcción de marco_B-Distancia barra superior	87
Figura 29. Paso 8 Construcción de marco_I-Frente	88
Figura 30. Paso 9 Construcción de marco_H-Avance	88
Figura 31. Paso 10 Construcción de marco_L- Llanta trasera; K-Llanta delantera.	89
Figura 32. Croquis final de la estructura del marco.....	91
Figura 33. Croquis final de la estructura del marco.....	92
Figura 34. Alternativa de marco N°1	93
Figura 35. Alternativa de marco N°2	94
Figura 36. Alternativa de marco N°3	96
Figura 37. Alternativa de marco N°4	96
Figura 38. Alternativa de marco N°5	97
Figura 39. Vista auxiliar de modelado_Separación de las lanzas traseras	103
Figura 40. Ensamble virtual de la bicicleta en estilo de visualización sombreado	104
Figura 41. Ensamble virtual de la bicicleta en estilo de visualización ocultas visibles	104
Figura 42. Ensamble de Marco-Tenedor-Guardacadena.....	106
Figura 43. Aplicación de color en las partes fabricadas en la planta	106
Figura 44. Logo e imagen promocional del programa "Al colegio en bici"	107
Figura 45. Aplicación de identidad visual costado derecho/izquierdo	108
Figura 46. Diseño final del marco ensamblado con accesorios	108
Figura 47. Vista Isométrica	109
Figura 48. Vistas Ortogonales.....	110
Figura 49. Imagen del plano técnico final	110
Figura 50. Troqueladora	112
Figura 51. Rimadora	112
Figura 52. Intercambio de poleas de doblez	113
Figura 53. Matriz de soldadura de un marco de bicicleta.....	114
Figura 54. Procedimiento de soldadura del marco sobre una matriz	114
Figura 55. Matriz de fijación de lanzas del marco	116
Figura 56. Marco terminado en obra negra.....	116

Figura 57. Aplicación de pintura electrostática.....	118
Figura 58. Aplicación del logo del programa.....	118
Figura 59. Marco terminado.....	119
Figura 60. Bicicleta terminada.....	119
Figura 61. Posturas del Usuario #1.....	122
Figura 62. Posturas del Usuario #2.....	123
Figura 63. Posturas del Usuario #3.....	123
Figura 64. Posturas del Usuario #4.....	124
Figura 65. Posturas del Usuario #5.....	124

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Geometría del marco de bicicleta	33
Tabla 2. Comparativo de programas.....	56
Tabla 3. Percentiles Niñas de 10 años	61
Tabla 4. Especificaciones de diseño convertidas a métricas	71
Tabla 5. Repuestos del sistema estructural ensamblados al marco	73
Tabla 6. Repuestos del sistema de transmisión ensamblados al marco.....	74
Tabla 7. Descripción de repuestos del sistema de control ensamblados al marco	76
Tabla 8. Descripción de accesorios ensamblados al marco	77
Tabla 9. Dependencias entre parámetros del marco	79
Tabla 10. Tabla de parámetros finales.....	90
Tabla 11. Tabla de diseño	90
Tabla 12. Análisis preliminar de cumplimiento de requerimientos de diseño.....	98
Tabla 13. Listada filtrada de requerimientos	100
Tabla 14. Selección de concepto.....	101
Tabla 15. Características de usuarios participantes en la prueba de validación..	120
Tabla 16. Resultado prueba de Validación	125

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO Y DESARROLLO DE UN MARCO DE ACERO PARA BICICLETA DE PASEO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS DE DISEÑO PARAMÉTRICO. MODALIDAD PRÁCTICA EMPRESARIAL EN INDUSTRIAS BICICLETAS MILAN S.A.*

AUTOR: DANIEL EDUARDO DURÁN CÁCERES**

PALABRAS CLAVES: Diseño Paramétrico, Vehículos a pedal, Bicicleta urbana, Acero

DESCRIPCIÓN:

El enfoque principal de este proyecto fue solucionar la necesidad de optimizar los procesos de diseño y desarrollo de marcos de bicicleta en la empresa Industrias Bicicletas Milan S.A mediante la implementación de métodos de diseño paramétrico. Esta necesidad se hizo evidente después de detectar que el proceso de desarrollo de nuevos modelos de marcos era una labor larga y complicada a pesar de contar con una alta capacidad instalada en la planta de producción. El motivo de esta falencia era la ausencia de un método técnico que permitiera desarrollar la estructura de los marcos de bicicleta de forma eficiente.

La implementación de este método se puso en práctica durante el diseño del marco de bicicleta de paseo para el programa social "Al colegio en bici" en la ciudad de Bogotá. Partiendo de información geográfica y antropométrica de los usuarios finales del producto se determinaron unos requerimientos de diseño teniendo en cuenta principalmente aspectos humanos, funcionales y productivos. Posteriormente se desarrolló un método paramétrico que permitió una construcción controlada de la geometría de la bicicleta. Los resultados se validaron con la construcción de un prototipo del marco y el ensamble de la bicicleta completa. Finalmente la bicicleta fue puesta a prueba con los usuarios antes de aprobar el producto para la producción en serie.

* Proyecto de grado

** Facultad de ingenierías físico-Mecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director: Luis Alberto Laguardo Villamizar, Diseñador Industrial Magister en ingeniería de Materiales

ABSTRACT

TITLE: DESIGN AND DEVELOPMENT OF A STEEL URBAN BIKE FRAME THROUGH PARAMETRIC DESIGN METHODS. BUSINESS PRACTICE MODE IN INDUSTRIAS BICICLETAS MILAN S.A.*

AUTOR: DANIEL EDUARDO DURÁN CÁCERES**

KEYWORDS Parametric Design, Pedal Vehicles, Urban Bike, Steel

DESCRIPCIÓN:

The main focus of this project was to address the need to optimize the processes of design and development of bicycle frames in Industrias Bicicletas Milan S.A through implementation of parametric design methods. This requirement became apparent after detecting that the process of developing new models of frames was a long and complicated job even though having a high installed capacity in the factory. The reason for this failure was the absence of a technical method that would develop the structure of bicycle frames efficiently.

The implementation of this method was put into practice during the design process of a frame for the urban bike of social project "Al colegio en bici" in Bogota. Starting with geographic and anthropometric information about end users of the product design requirements are determined mainly considering human, functional and productive aspects. Subsequently a parametric method was developed and this allowed a controlled geometry bicycle construction. The results were validated with the construction of a prototype frame and complete bike assembly. Finally, the bike was tested with users before approving the product for mass production.

* Bachelor Thesis

** Facultad de ingenierías físico-Mecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director: Luis Alberto Laguado Villamizar, Diseñador Industrial Magister en ingeniería de Materiales

INTRODUCCIÓN

La bicicleta es conocida como el vehículo de propulsión humana más popular del planeta, siendo además, uno de los principales medios de movilidad urbana en países como China, India, Holanda o Dinamarca; esta última ciudades un gran ejemplo de movilidad en bicicleta, pues se estima que en la ciudad de Copenhague más de un tercio de la población se desplaza a su trabajo en este medio¹. Sin embargo, por cuestiones culturales y de infraestructura vial, es difícil que a día de hoy en Colombia el ciclismo urbano alcance la dimensión social que posee en los países previamente mencionados (esto a pesar de ser conocidos como cuna de grandes competidores del ciclismo en diferentes modalidades como bmx y ruta). Aun así, se han dado sucesos en los últimos años que invitan a pensar en una transformación en los medios de movilidad urbana: Programas de bicicletas públicas en Medellín² y Bogotá³, implementación del día sin carro en varias ciudades; ciclopaseos o ciclorutas organizadas tanto por el gobierno como por movimientos sociales que están optando por la bicicleta como una alternativa más sostenible, económica y saludable.

Ante estos cambios de paradigma, es necesario contextualizar el uso de la bicicleta como un medio de movilidad urbana para la realización de este proyecto. Las grandes fábricas y comercializadoras nacionales se han especializado en la fabricación de bicicletas de montaña o todoterreno. Existe muy poca oferta para el usuario que requiere una bicicleta donde prime la eficiencia mecánica y comodidad por sobre las prestaciones competitivas.

¹López, Alfonso. *ElDespertar de las Bicicletas Públicas*. 15 septiembre 2007, Revista Integral, nº 33

²Programa. EnCicla, Un sistema de bicicletas públicas que funciona como un medio alternativo de movilidad urbana y rural.

³Proyecto 'Pedalea por Bogotá', que busca a través de transformaciones culturales cambios de hábitos en los desplazamientos urbanos, poniendo la bicicleta como eje fundamental.

1. DESCRIPCION DEL PROYECTO

1.1 TITULO

Diseño y desarrollo de un marco de acero para bicicleta de paseo mediante la implementación de métodos de diseño paramétrico. Modalidad práctica empresarial en Industrias Bicicletas Milan S.A.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

- Diseñar y desarrollar un marco de acero para bicicletas de paseo mediante la implementación de métodos de diseño paramétrico. Modalidad práctica empresarial en Industrias Bicicletas Milan S.A.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Definir los parámetros funcionales y estructurales para el diseño de un marco para bicicleta de paseo, teniendo en cuenta los lineamientos del programa *A/ colegio en bici*⁴ del distrito de Bogotá
- Realizar el diseño detallado del marco de bicicleta de paseo por medio de métodos de diseño paramétrico, con el fin de maximizar la eficiencia en el cumplimiento de las variables geométricas inherentes al correcto funcionamiento de la bicicleta

⁴Programa encaminado a la promoción del desplazamiento en bicicleta y a sus potencialidades como elemento cultural, recreativo y deportivo que se desarrollara en la población escolar del Distrito Capital, participan la Secretaría de Educación del Distrito y el Instituto Distrital de Recreación y Deporte IDRDR mediante la inclusión de 4450 bicicletas urbanas. Hace parte de la campaña "Pedalea por Bogotá", que tiene como objetivo incentivar el uso de la bicicleta para promover en el distrito capital nuevas conductas y hábitos de vida saludables que mejoren la interrelación entre sus miembros y las actividades cotidianas, procurando entornos de respeto e inclusión que eleven la calidad de vida.

- Validar el funcionamiento del marco de bicicleta de paseo por medio de la construcción de un prototipo que permita evaluar los factores ergonómicos durante un contexto real de uso

1.3 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Una de las principales actividades de la empresa Industrias Bicicletas Milan es la producción de marcos de acero principalmente para ciclismo de montaña. La empresa lleva casi 30 años fabricando modelos similares, siendo escasos los desarrollos de nuevos marcos para modalidades diferentes. En consecuencia, cada vez que se plantea la fabricación de un nuevo diseño de marco, el proceso de dimensionamiento y puesta a punto con el ensamble de la bicicleta se realiza sin un orden definido, dejando todo en manos del conocimiento empírico de los operarios, siendo necesario en todos los casos, realizar ajustes a gran cantidad de modelos físicos, lo que genera además de un sobre costo, un aumento sensible en el tiempo requerido del ciclo de desarrollo del producto

Las colisiones o incompatibilidad entre los elementos ensamblados en el marco de la bicicleta y la incomodidad para el usuario son los casos más recurrentes de errores presentados durante estos procesos. Muchas veces una aparente solución a algún problema de ensamble desemboca en el desajuste de otro aspecto, debido a la dependencia que existe entre todas las partes del marco.

La intervención de esta problemática se ve incrementada ante la necesidad de suministrar 4450 bicicletas para el programa social *Al colegio en bici*, bicicletas que por ser orientadas a un uso netamente urbano, requieren el desarrollo de un nuevo diseño de marco de acero que pueda cumplir con las características que se buscan suplir en el programa.

1.4 JUSTIFICACIÓN

En Colombia siempre se ha utilizado la bicicleta como un medio de recreación, deporte, transporte urbano e inclusive para carga o medio de sostenimiento. Sin embargo, los usuarios normalmente utilizan bicicletas todoterreno, montaña, e incluso de carreras cuando necesitan usarla como medio de transporte urbano. Aunque cualquier bicicleta puede llegar a ser funcional para tal fin, lo ideal es utilizar bicicletas diseñadas para el contexto; las bicicletas de las modalidades mencionadas tienen prestaciones grandes pero así mismo exigen mejor condición física al usuario. Por eso no es casualidad que las bicicletas urbanas tengan unas características especiales influenciadas sobre todo por el diseño del marco, cuya geometría está orientada a permitir una postura de pedaleo especial, así como garantizar la compatibilidad entre el mismo y los repuestos de la bicicleta.

La futura necesidad de materializar un marco de acero de estas características, justifican una intervención desde el diseño industrial para identificar, parametrizar, jerarquizar y solucionar múltiples aspectos como características de insumos, medidas del marco (ángulos, diámetros, proporciones, formas, etc.) o variables antropométricas. Esto con el fin de obtener la solución sistémica al diseño del marco para bicicleta de paseo o urbana, sin la necesidad de producir múltiples modelos de prueba, logrando bajos márgenes de error, y tiempos razonables de desarrollo.

1.5 ALCANCES DEL PROYECTO

La comprobación del marco propuesto se llevará a cabo mediante la construcción de un prototipo, una vez validado el mismo, se espera que la propuesta de marco sea fabricada en serie para proporcionar las bicicletas del programa social "Al colegio en bici" impulsado por la Alcaldía de Bogotá, la Secretaría de educación y el IDRD; este programa pretende brindar a 4450 (esta cifra puede aumentar) niños

beneficiarios en edades escolares de bachillerato un medio de transporte sostenible, económico y saludable.

El alcance del proyecto abarca por consiguiente la posibilidad de hacer uso de la capacidad de planta de la empresa Industrias Bicicletas Milan S. Así mismo, existirá la posibilidad de adaptar los dispositivos propios del montaje de la línea de producción (construcción de troqueles, matrices de soldadura, dobladoras, gestión de ensamble con los repuestos) para poder construir un prototipo con todas las características deseadas del producto final.

1.6 METODOLOGIA DEL PROYECTO

1.6.1 Contextualización

El desarrollo del proyecto parte de la necesidad de construir un marco de bicicleta urbana que se implemente en un futuro cercano a un programa social, es decir, un proceso de desarrollo de producto completo que parte desde la identificación de necesidades hasta la validación de un prototipo. Por eso se usará como base metodológica la propuesta en el libro *Diseño y desarrollo de productos*⁵ ya que se trata de una metodología que se enfoca en la definición pormenorizada de requerimientos tanto funcionales como técnico-productivos (Aspecto importante para llevar a cabo métodos de diseño paramétrico), los cuales se definen a partir del estudio de la necesidades reales de los usuarios derivadas del estudio del programa *Al colegio en Bici*. Tras la generación y selección de conceptos de diseño, se procederá a la definición del diseño detallado de la propuesta final desde un enfoque paramétrico que permita detectar y ajustar en simulación todos los aspectos técnicos necesarios, antes de llegar a la fase de construcción del prototipo y su respectiva validación.

⁵ Ulrich, K., Eppinger, S. *Diseño y desarrollo de productos*. México. McGraw-Hill, C2009

Esta metodología se agrupará en 3 fases definidas de acuerdo a los objetivos específicos del proyecto, se tiene como punto de partida este marco teórico el cual abarcó Información de la empresa en donde se realizó la práctica, así como una Investigación sobre la bicicleta y sus partes (con énfasis en el marco), ergonomía e historia. A continuación el resumen de la metodología.

1.6.2 Estructura Metodológica

FASE DE ANALISIS

- Descripción del problema
- Identificación de las necesidades
- Lineamientos del programa *Al Colegio en Bici*
- Estado del arte: Sistemas de bicicletas urbanas
- Especificaciones del producto

FASE DE DISEÑO

- Diseño detallado mediante métodos de diseño paramétrico
- Generación de conceptos de diseño
- Selección de Concepto
- Prueba de Validación #1 - Ensamblaje virtual de la bicicleta completa
- Plano Técnico del marco

FASE DE VALIDACION

- Ajuste de máquinas para producción de prototipo
- Construcción de prototipo del marco
- Ensamble de bicicleta
- Prueba de Validación #2 - Prueba de terreno en un contexto real de uso del marco ensamblado
- Conclusiones

2. MARCO TEORICO

2.1. INDUSTRIAS BICICLETAS MILAN S.A.

INDUSTRIAS BICICLETAS MILÁN S.A. es una empresa especializada en la comercialización de bicicletas, repuestos y accesorios, es actualmente una empresa líder en la industria ciclista a nivel de Santander y se encuentra entre las 3 primeras en cuanto a participación de mercado a nivel nacional.

Su actividad económica principal es el comercio al por mayor de bicicletas y máquinas de gimnasio así como repuestos. Al tratarse de una empresa importadora, presenta ventaja competitiva a nivel de costos tanto de materia prima para producción como de insumos y productos terminados para el ensamble.

Adicionalmente a nivel productivo la empresa cuenta con la planta de producción de mayor capacidad instalada del país, la cual presenta promedios de producción semanales entre 1000 y 1500 marcos de acero para diferentes tallas y modalidades de ciclismo.

La empresa nació en el año 1983 en la ciudad de Barrancabermeja mediante la adquisición del almacén y taller *Rovira* por parte del señor CLAUDIO GERARDO MOLINA, 2 años más tarde adquiere un taller donde fabrican marcos para bicicletas de carreras denominado *Robins Milán*; posteriormente el nombre cambiaría al actual. Con el fin de obtener mayor participación, adquiere un local en el Boulevard Santander No 16-03 en la ciudad de Bucaramanga, mismo lugar en el cual actualmente se encuentra el almacén de la empresa y sede principal de la misma.

La empresa cuenta actualmente con sucursales en las ciudades de Bogotá, Cali, Medellín, Cúcuta y Barranquilla; puntos de venta directos en Bucaramanga, Bogotá, y Cali. Es además la única empresa Colombiana del sector ciclista con certificación de calidad ISO 9001 así como la única con presencia en 3 países: Colombia Panamá y China.

2.1.1 Misión

Somos una empresa productora, importadora y comercializadora de bicicletas, repuestos y accesorios.

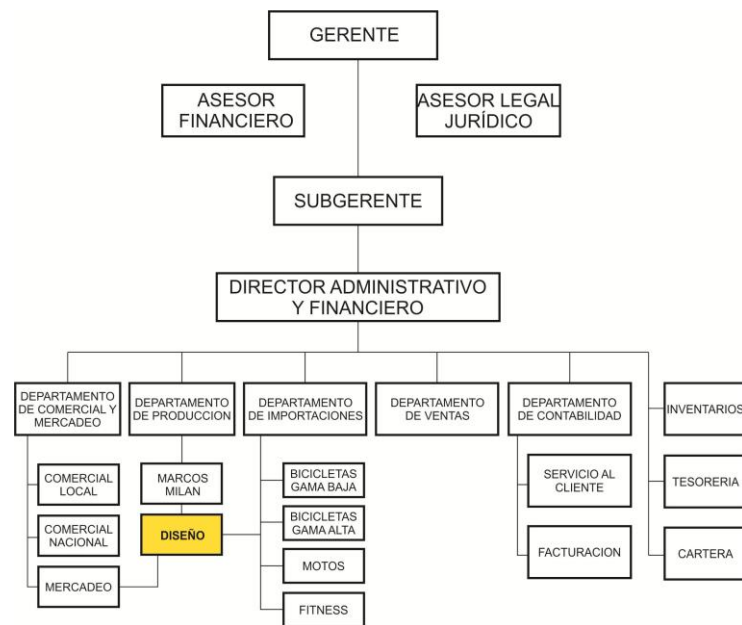
Nos distinguimos por la calidad, la confiabilidad y oportunidad en la entrega de nuestros productos y servicios, contando con un talento humano competente para ofrecer a nuestros clientes productos innovadores.

2.1.2 Visión

BICICLETAS MILAN en el año 2015 liderará el mercado internacional, con énfasis en la rapidez e innovación.

2.1.3 Estructura organizacional

Figura 1. Estructura organizacional de Industrias Bicicletas Milan S.A



Fuente: Industrias Bicicletas Milan S.A

La empresa abarca las actividades de importación, comercialización y fabricación de productos. El departamento de diseño de la empresa tiene una vinculación

directa en el organigrama con cada uno de estos departamentos. Con importaciones se trabaja en el diseño o rediseño de productos personalizados (es decir los que están fuera del portafolio estandarizado de los fabricantes) desde la conceptualización hasta la definición de planos, así como los stickers y empaque en algunos casos. Con producción, el desarrollo de productos de manera completa desde la concepción hasta la puesta a punto de la producción en serie. Con el departamento comercial todo lo relacionado con el desarrollo de merchandising de los productos: catálogos, fotografía, souvenirs, material publicitario en medio impreso y audiovisual.

En el caso de los departamentos de comercial e importaciones, el protocolo a seguir es que estos departamentos definen las necesidades que requieren y hacen la solicitud a diseño de manera formal indicando plazos y recursos. El trabajo con producción es inverso, es decir, diseño aporta información en forma de planos, descripción de materiales, acabados, ensamble y recursos, para que la planta pueda comenzar operaciones; inicialmente la obtención de un prototipo y después la producción en serie una vez aprobada la calidad y viabilidad del producto. En la mayoría de casos se forman equipos de trabajo específicos con integrantes de todos los departamentos involucrados de acuerdo a las necesidades de cada proyecto, dependiendo de su complejidad e importancia.

Debido a la gran variedad de necesidades de la empresa que están relacionadas con el departamento de diseño, el mismo también se encarga de gestionar la contratación de personas o empresas externas para el apoyo de todos estos procesos en base a cada necesidad específica.

2.1.4. Procesos productivos

Actualmente la actividad principal de la empresa es la importación y comercialización de bicicletas completas y partes. Sin embargo, la planta de producción de marcos de acero cuenta con la capacidad de producir entre 1000 y 1500 marcos de acero semanales dependiendo de la complejidad del diseño, siendo así la planta de mayor capacidad instalada en el país en el rubro de marcos de acero. Según las demandas establecidas por el departamento comercial, se determina la línea de montaje durante periodos semanales. Se montan los troqueles y matrices necesarias para tal fin y se da inicio a la producción en serie. Los procesos productivos comprenden:

- *Bodegaje:* La materia prima y los insumos se encuentran inventariados y almacenados en lugares especiales de la planta. El control del gasto de material efectivo y de desperdicio es llevado a cabo durante el proceso una vez que se inicia la producción del modelo escogido.
- *Corte:* La tubería es cortada con cierras radiales a las cuales se les adaptan guías que evitan el proceso de medición de cada tramo. De esta manera, los tramos cortados quedan con la misma longitud con un mínimo margen de error.
- *Aboquillado:* En este proceso se usan matrices de corte de diferente diámetro y matrices de longitud.
- *Troquelado:* Para este proceso hay 5 máquinas, algunas con matrices fijas y otras con la posibilidad de adaptarse, Permite realizar labores de corte, perforado, doblado o formado, convirtiéndola en una de las más versátiles de la planta de producción, y permite la elaboración y el acabado de varias piezas de los productos, es utilizada mecánicamente, y sirve para reforzar las lanzas, horquillas, spoiler entre otras, se usa junto con matrices de longitud, para mecanizar las labores de medición.
- *Curvado:* Estas máquinas pueden ser accionadas de forma manual o con motor, dependiendo del tipo de material y el corte (tubo grueso o delgado,

corte grande o pequeño), posee matrices (dados) de diferentes tamaños para poder ajustar las dimensiones de las piezas que van a ser curvadas. Si para este proceso no se cuida la velocidad de maquinado y la fuerza aplicada se pueden generar arrugas en la superficie del metal, causal de debilidades y fallas en la tubería.

- *Soldadura*: Es la fase en que se unen todas las piezas maquinadas previamente y se agregan los insumos que se adquieren externamente tales como pivots, cajas de centro, ejes roscados, uñas, etc. Así se obtiene el producto armado en crudo. Se cuentan con diversas matrices de soldadura según los tamaños de los marcos para sostener las piezas fijas y alineadas durante el proceso.
- *Pintado*: En todos los marcos producidos en la planta se utiliza pintura al horno, una vez soldadas las partes, se llevan al segundo piso en donde se encuentran los soportes para pintado y los hornos. Los colores utilizados son determinados según la orden de producción.
- *Ensamble*: Dependiendo el destino y de las características de algunos productos se hace necesario un proceso de ensamble tras el secado; por ejemplo, los marcos de suspensión deben ser armados después del proceso de pintura, con la colocación de piezas de amortiguación, tornillería que une sus partes principales y demás elementos que hagan falta.
- *Decorado*: Aquí los operarios hacen la aplicación manual de las calcomanías distintivas de la empresa. Ellos reciben los adhesivos troquelados en los cuales viene la cantidad exacta de calcomanías por bicicleta, el tipo de calcomanía depende del patrón de pintura utilizado y de la armonía de color requerida, se pueden usar calcomanías de varios tonos y formas, el patrón utilizado es de varios colores.
- *Empacado*: Todos los marcos deben ser empacados con una cubierta de lámina plástica, para envolverlos y protegerlos del rayado, o el raspado de la

superficie al acomodarlos en los estantes, transportarlos a las bodegas o cuando se transportan a otras ciudades en camiones. Este plástico es transparente, permite ver el color del marco, el tamaño y modelo, pero en realidad no es un empaque que distinga el producto, más bien es una cubierta temporal.

2.1.5 Líneas de participación en el mercado

La actividad económica de la empresa se subdivide en 5 líneas según la naturaleza y mercado de los productos.

- Línea Milán: Bicicletas de baja gama importadas, repuestos y accesorios para bicicletas tanto producidos en la planta como importados, es la línea más grande por tradición, mercado y por la cantidad de productos que la conforman.
- Línea Optimus: Bicicletas de gama media y alta en aluminio, cromolio y fibra de carbono importadas para modalidades de ruta, mtb y bmx. Repuestos, accesorios y partes para bicicletas del mismo tipo.
- Línea PROFIT: Productos de electrosalud, máquinas de fitness (bicicletas elípticas, escaladores, caminadores, plataformas, multifuerzas). Productos relacionados con el área como pesas, balones de pilates, mancuernas, guantes de peso, etc.
- Línea LHR: Repuestos y partes de motocicletas
- Línea Milanetes: Juguetería Deportiva

2.1.6 Funciones desarrolladas durante el convenio

2.1.6.1 Departamento de producción. Elaboración de planos de los marcos y tenedores de mayor tiraje con el fin de facilitar el aprendizaje de la fabricación de los mismos para los empleados nuevos. Durante este proceso se hace posible el estudio de intervenciones para la optimización en la manufactura de algunas piezas. Implementación de mejoras durante el ciclo de producción mediante el diseño de troqueles y matrices. El trabajo se realiza con el jefe de producción.

2.1.6.2 Departamento de importaciones. Diseño y desarrollo de productos manufacturados en China principalmente para las líneas Milan y Optimus. Diseño de empaques y aplicaciones gráficas para productos de todas las líneas. Este trabajo se realiza junto con el diseñador gráfico y cada uno de los ingenieros industriales que se encargan de coordinar las importaciones de cada línea.

2.1.6.3 Departamento Comercial. Diseño con fines publicitarios: catálogos, exhibidores para productos de todas las líneas de la empresa, fotografía de producto y edición digital. Este trabajo se realiza con el diseñador gráfico, asesores comerciales y encargados de mercadeo.

2.2 ESTRUCTURA DE LA BICICLETA

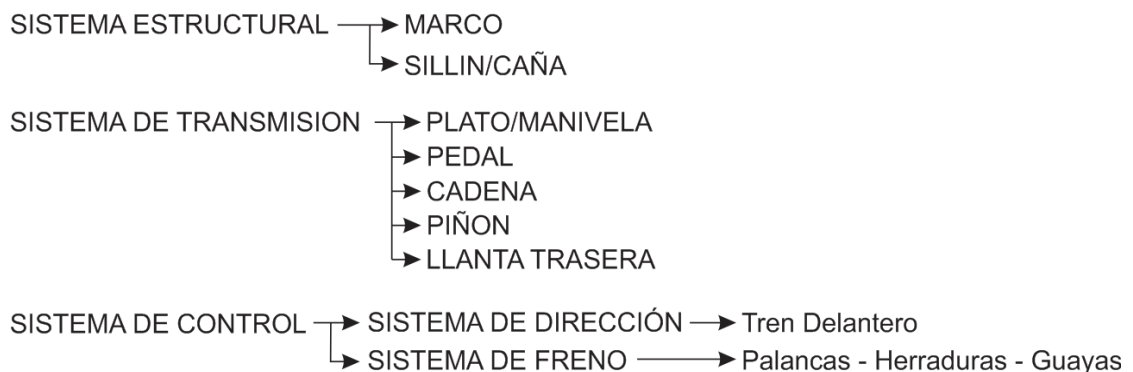
La bicicleta desde una óptica pragmática del diseño industrial podría definirse como un producto de consumo popular que ha generado un mercado mundial muy complejo en sus más de 100 años de historia (esto sin contar sus desarrollos primarios previos que datan del siglo XVIII), su complejidad radica en la gran cantidad de variables que interfieren en su concepción dependiendo del uso para el que está diseñada; también porque a pesar de ser un producto manufacturado con procesos de complejidad media, la bicicleta es un sistema de partes sujetas en mayor o menor medida al desarrollo tecnológico, lo cual deriva en la deslocalización

de procesos de fabricación⁶. A esto hay que añadir que se trata de un producto que se renueva constantemente, siendo común que aparezcan tendencias de años anteriores, modas pasajeras o nuevos accesorios, obligando a cualquier empresa productora o comercializadora a mantenerse a la vanguardia constantemente.

A todo esto hay que añadir que en los últimos años la bicicleta ha trascendido el ámbito meramente funcional para convertirse en un ícono de sostenibilidad y de cuidado de la salud. Esto ha reforzado el papel de la bicicleta como medio de transporte urbano, siendo un ámbito poco explorado aún en comparación con los adelantos tecnológicos que se han desarrollado para las bicicletas de competición.

Desde un punto de vista técnico, la bicicleta debe ser concebida como una máquina en la cual sus sistemas, subsistemas y partes se integran como un único elemento funcional y bien integrado con el usuario. De un diseño completo depende que estos diferentes sistemas se acoplen entre sí para obtener un resultado óptimo. A continuación se presentan en un diagrama.

Figura 2. Estructuración de la bicicleta por sistemas funcionales



Fuente: Autor

⁶Ochoa, Carlos., Arana Germán. *Orbea, La fabricación y venta de bicicletas*. Universidad del País Vasco, Escuela Universitaria Politécnica de Donostia-San Sebastián. ISBN: 978-84-611-6332-8

2.2.1 SISTEMA ESTRUCTURAL

2.2.1.1 Marco

El marco es el principal elemento de la bicicleta, si bien como se mencionó anteriormente la misma es un sistema integral que para su correcto funcionamiento requiere de un correcto ensamblaje, un mínimo de calidad en todas sus piezas y compatibilidad entre todas ellas.

El marco es la parte que más ha sido desarrollado desde el punto de vista técnico y de diseño, ya que no solo es el principal elemento estructural (y por ende, el elemento clave en la seguridad del usuario) sino porque además, su geometría determina el correcto ensamblaje de las partes de la bicicleta independientemente de la cantidad de elementos que posea. Por otro lado, las proporciones de sus diferentes partes, así como su material, peso y forma son el factor determinante para orientar la bicicleta en una modalidad específica, ya que de estos aspectos dependen no solamente las prestaciones funcionales de la bicicleta sino la postura del usuario.

Las partes de la bicicleta tienen una geometría estandarizada y categorizada según los requerimientos técnicos y de uso. El marco es la parte que más puede ser sometida a cambios en su estructura, tamaños y forma según las necesidades; por todo esto, el marco es el elemento sujeto a más variables y el que requiere de mayor desarrollo, estudio y diseño.

Uno de los aspectos más importantes en el desarrollo de los marcos de bicicleta está en la correcta distribución de peso de todo el sistema (ciclista-maquina), del cual depende el rendimiento y la seguridad del ciclista en cualquier estilo desarrollado. La geometría del marco de bicicleta urbana debe favorecer el movimiento del ciclista y su posicionamiento en bicicleta para que el peso del sistema siempre esté en el centro del eje de las dos ruedas, pues esta será la

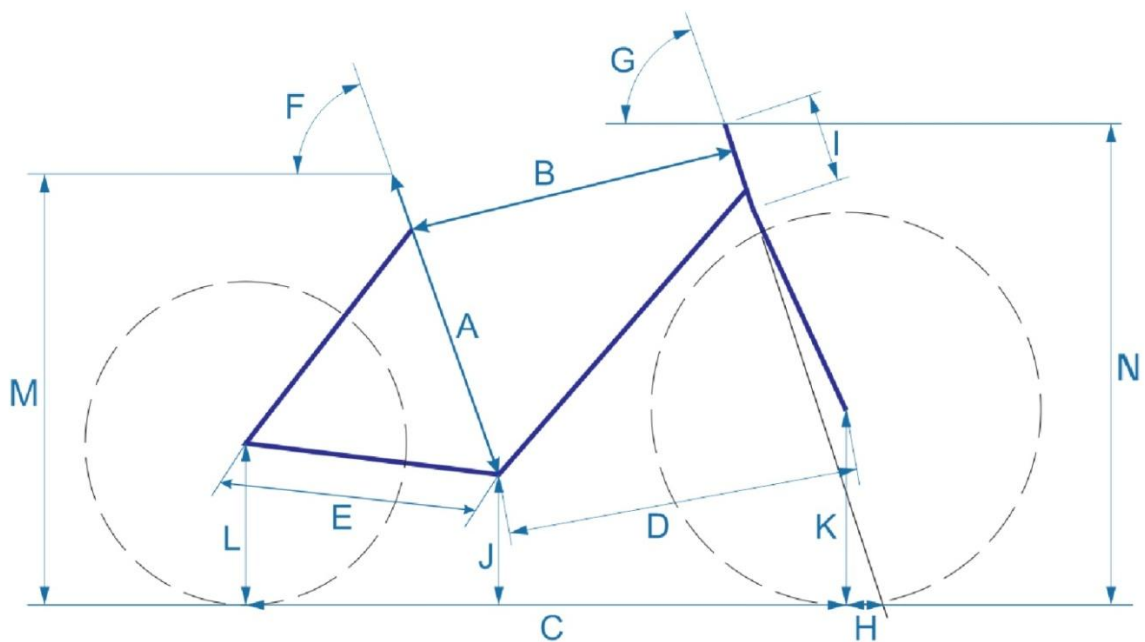
posición óptima para obtener los mejores resultados. Durante el ejercicio normal de pedaleo en terreno llano, la distribución correcta se hace al ubicar el centro de masa lo más equidistante posible entre las dos ruedas. Así el ciclista tendrá un ritmo de pedaleo más regulado y sin sobreesfuerzos. Pero para obtener un ejercicio realmente confortable y un manejo excelente de la bicicleta, la distribución del peso debe hacerse de la siguiente manera⁷:

- 55 a 60 % del peso debe estar distribuido sobre la rueda posterior.
- 40 a 45 % del peso debe estar distribuido sobre la rueda delantera.

Esta distribución generalmente produce una conducción confortable y reduce la posibilidad de sufrir daño corporal.

2.2.1.1.1 Geometría Del Marco

Figura 3. Geometría del marco de bicicleta



Fuente: Industrias Bicicletas Milan S.A.

⁷Too, Danny & Landwer, Gerald E. (2003). Factors affecting performance in human powered vehicles: a biomechanical model. Human Power Technical Journal Of Thehpva. Number 54 Spring 2003, 14-16

Tabla 1. Geometría del marco de bicicleta

MEDIDA	DESCRIPCION
A	Altura de la barra de sillín. Es la principal barra del marco en lo que a tallaje se refiere. El sillín demasiado bajo hace que la pierna no se estire todo lo que debería lo cual provoca un sobreesfuerzo muscular que cansa rápidamente. Si por el contrario el sillín es demasiado alto se puede provocar molestias en los tendones ya que lo ideal es que la pierna NO estire por completo al pedalear. Requiere estar inclinado para poder asumir una postura correcta de pedaleo
B	Distancia barra superior. Este parámetro es importante pues distancia la barra del galápago del frente, su cercanía está limitada por la rueda delantera y los pedales. Es importante que esta distancia permita flexión de los codos del usuario para mantener el control de la bicicleta
C	Distancia entre ruedas. Se mide desde el punto central del eje del buje de la rueda delantera hasta el punto central del eje del buje de la rueda trasera. Si bien una mayor distancia proporciona una conducción más relajada, entre más corta sea la distancia entre los ejes la manejabilidad es mejor, siempre y cuando el centro de gravedad esté bajo y en un punto central entre ambos ejes
D	Distancia Centro-Eje delantero. Determina la libertad de paso entre pedales y rueda delantera para que estos no golpeen. En este caso también se tiene en cuenta el guardabarros como posible elemento de colisión. La libertad de paso contempla que el punto de apoyo del pie se realiza con el metatarsiano, esto genera una holgura adicional a considerar: los dedos de los pies
E	Distancia Centro-Eje trasero. Determina la distancia entre los componentes de la transmisión. En bicicletas sin cambios se utiliza una pata trasera con ranura horizontal, haciendo que esta distancia pueda variarse y facilite el ajuste exacto de cadena, además de permitir una tolerancia de fabricación. Esto es importante teniendo en cuenta que la

	cadena es un elemento rígido y que solo puede variar su longitud quitando o añadiendo pares de eslabones.
F	Angulo del sillín. Viene proyectado por la inclinación de la barra de galápago respecto al centro, lo que implica que determina el posicionamiento de los pedales. Si es muy vertical el pedaleo se hace incómodo, pero si es muy horizontal afectaría la libertad de movimiento de la espalda y el alcance del manubrio.
G	Angulo de la dirección. Es uno de los parámetros de control de la bicicleta, entre más vertical esté se tiene una respuesta más pronta a los giros pero se pierde control
H	Avance. Se mide sobre la horizontal del suelo. Es la distancia entre la prolongación inferior del eje longitudinal del tubo de dirección y el corte la línea de suelo de la vertical proyectada desde el eje delantero. La curva del tenedor y el ángulo de dirección determinan este parámetro. Entre más largo sea el avance, las curvas se dan con un mayor control aunque con menos velocidad.
I	Longitud de tubo frontal. Es la parte que se ensambla a las pistas de dirección y al tenedor.
J	Altura Eje de Centro. Es conveniente que esté cerca del suelo puesto que recibe la fuerza de entrada de las piernas y por consiguiente baja el centro de gravedad del sistema mejorando el control del equilibrio. Sin embargo la longitud de bielas y las condiciones del terreno determinan la altura final del centro
K	Altura Llanta Delantera. Equivale a la mitad del diámetro exterior, en este caso 12 pulgadas.
L	Altura Llanta trasera. Equivale a la mitad del diámetro exterior, en este caso 10 pulgadas.
M	Altura Suelo-Barra de Galápago. Es la altura en donde va ubicada la caña de sillín, el cual debe coincidir con la altura trocánter mayor del usuario.
N	Altura Suelo-Frente. Es la altura del suelo hasta el tope superior del frente donde se ensambla el sistema de dirección.

2.2.1.2 Caña

El subsistema caña-galápago se puede considerar parte del sistema estructural dado que es una extensión fija de la barra vertical del marco (Aunque puede subir y bajar para cambiar la postura, en condiciones de uso es un elemento estático), además, son las partes que soportan el peso del usuario cuando está sentado. Su ensamble al marco es un mecanismo de dos grados de libertad que requiere de la mayor área de contacto posible para una correcta sujeción, esto es un factor clave en la seguridad, puesto que una caña mal ajustada podría caer través de la barra de galápago causando golpes, pérdida de control y caída de la bicicleta. Una pequeña holgura del orden de los 0,5mm entre los pares permite un deslizamiento cuando el usuario necesite subir o bajar la caña. Normalmente se maquina una ranura en la barra vertical del marco con un acho no mayor al 20% del diámetro de la misma, con el fin de permitir una pequeña deformación en la barra para una correcta sujeción

4.2.1.3 Sillín

El sillín o galápago es uno de los elementos que hacen parte de la interacción directa a nivel físico entre el usuario y la bicicleta. Por este motivo su confort y el riesgo de enfermedades de próstata o esterilidad⁸ siempre han sido los puntos clave en investigación por parte de las empresas especializadas en la producción de estos elementos. Dentro de los galápagos con mejor relación calidad/precio para desarrollar el proyecto se encuentran los de tipo turismo con resorte y los antiprostáticos que tienen una hendidura para redistribuir los puntos de presión.

⁸Schrader, S. M., Breitenstein, M., & Lowe, B. (2000). "City of Long Beach Police Department." *Health Hazard Evaluation Report 2000-0305-2848*. National Institute for Occupational Safety and Health.

Figura 4. Sillín o galápago de turismo con resortes y antiprostático



a. Sillín de turismo

b. Sillín antiprostático

Fuente: Industrias Bicicletas Milan S.A

2.2.2 SISTEMA DE TRANSMISIÓN

Este sistema de deriva de los sistemas de poleas y correas que durante mucho tiempo han sido utilizados para la transmisión de fuerzas y movimientos. Su uso data de hace más de dos mil años.

En un caso simplificado, se tienen dos ruedas conectadas mediante una correa. La cantidad de vueltas de una respecto de la otra depende únicamente de las longitudes de las circunferencias, y por ende, de sus radios. La longitud de la correa depende de la longitud de las líneas tangentes por donde pasa la correa (puntos C y D en la figura 5)

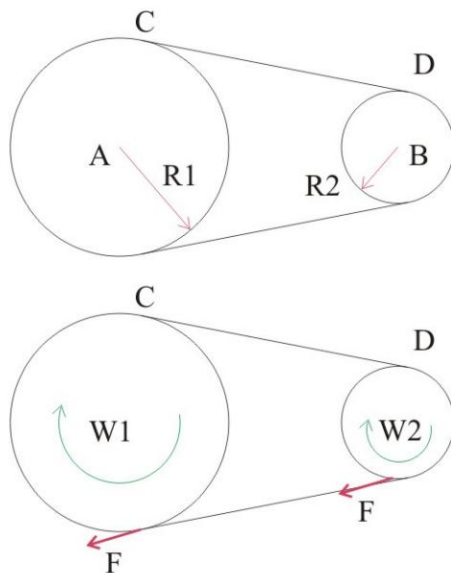
La relación de fuerzas transmitidas, dependen del torque que se aplica a la rueda (fuerza*distancia) y la relación de la velocidad angular de cada rueda y de los puntos que se encuentran sobre la circunferencia de estas.

Esto quiere decir, que el movimiento de la rueda no solo depende de la velocidad que se le aplique a esta, es necesario que la fuerza aplicada genere un torque lo suficientemente fuerte para mover el peso de la bicicleta y el ciclista. Este torque requerido para romper el equilibrio varía en función de las condiciones del terreno, ya que este puede ser desde un terreno horizontal y con fricción hasta pendientes inclinadas con una superficie lisa. La fuerza que aplica el ciclista se relaciona con

su peso, actuando de esta manera en forma vertical, y se realiza mediante un pedal ajustado y fijo a la rueda motora. En bicicletas el mecanismo básico de correa se sustituye por cadena y ruedas dentadas evitando así que el mecanismo deslice.

Como todo mecanismo de transmisión, hay una relación inversa entre la cantidad de fuerza de entrada requerida y la distancia recorrida por la rueda durante un pedaleo. Esta relación se altera con los cambios de tamaño de los platos.

Figura 5. Relaciones entre radios y velocidades de un sistema de transmisión



Relación de velocidades y radios

$$\frac{W1}{R1} = \frac{W2}{R2}$$

Si $R1=R2$ entonces $W1=W2$

Si $R1<R2$ entonces $W1>W2$ $F1<F2$

Si $R1>R2$ entonces $W1<W2$ $F1>F2$

Fuente: Autor

La ventaja mecánica vendrá dada por la relación del radio primario de la rueda de salida sobre el radio de la rueda de entrada. Por facilidad, la relación se puede trabajar con número de dientes en vez de radio primario ya que estos son directamente proporcionales

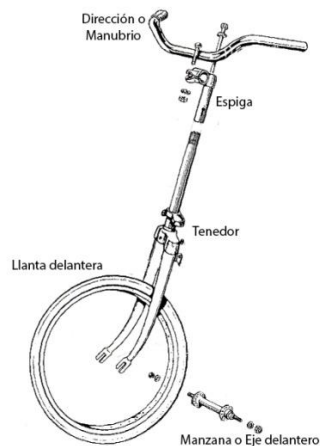
2.2.3 SISTEMA DE CONTROL

El sistema de transmisión de la bicicleta es el que desarrolla el movimiento de la bicicleta y sus variables de velocidad y esfuerzo por parte del usuario. Una vez puesto en marcha este movimiento entra en acción el sistema de control, como su nombre lo indica involucra las partes que intervienen en las acciones que requiere el usuario para orientarse, regularse y detenerse una vez puesto en marcha el funcionamiento. Se clasificará en dos subsistemas descritos a continuación

2.2.3.1 Subsistema de dirección

Este subsistema está conformado por todas las partes del tren delantero de la bicicleta: tenedor u horquilla, Llanta delantera, eje o manzana de Llanta delantera, espiga y dirección

Figura 6. Vista explosionada de un sistema de dirección de bicicleta



Fuente: Industrias Bicicletas Milán S.A.

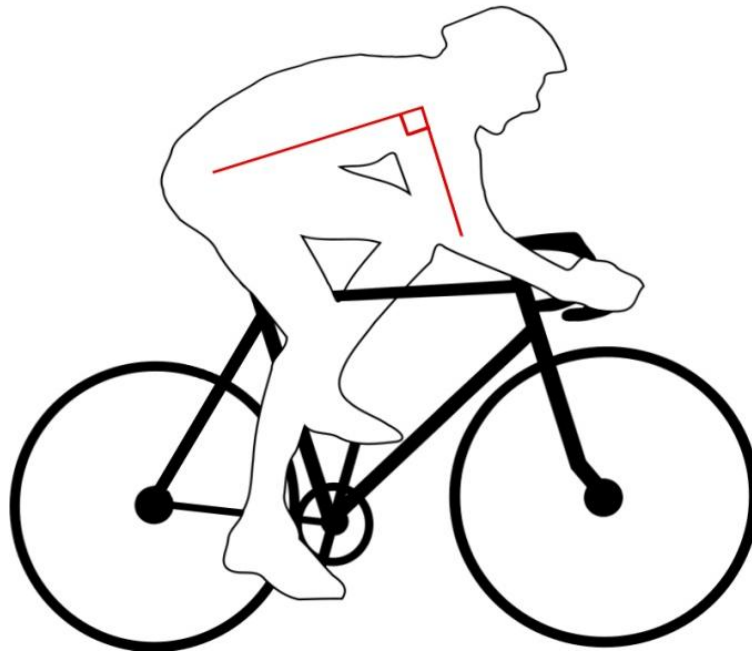
El subsistema de dirección de la bicicleta funciona básicamente como un pivote vertical donde en un extremo se encuentra el manubrio o dirección, la cual se toma con ambas manos, siendo la pieza que sirve de interfaz entre el usuario y el sistema

de control. En el extremo inferior del sistema se encuentra el eje de la rueda delantera, la cual es la única que presenta movimiento ya que el resto de elementos de este sistema mantienen su posición relativa entre ellos.

La efectividad de este sistema también depende de la geometría del marco, sus longitudes y proporciones, esto sucede debido a que una alteración del marco influye en el ángulo de dirección, el cual, como se mencionó en la descripción de la geometría del marco, afecta el grado de control y respuesta ante la acción de giro.

La altura de la dirección también es un factor clave para una buena conducción. La altura correcta del manillar para bicicletas urbanas sería entre 2cm y 10cm por encima de la altura del sillín⁹. Para ejecutar una potencia correcta de giro, debe haber un ángulo recto entre el torso y el humero.

Figura 7. Ángulo correcto entre el torso y humero



Fuente: Autor

⁹Banten, D. and C. Miller, *The Geometry of Handling, Bicycling*.1980. p 97-106

2.2.3.2 Subsistema de frenos

Los frenos son el segundo elemento de control, no solo sirven para detener el movimiento de la bicicleta, también se usan como reductores de velocidad, aunque existen diversas clases de freno como V-brake, U-brake, freno de disco, contrapedal, etc. El fin de todos es el mismo, pero sus mecanismos de acción son diferentes llegando a haber una gran diferencia en la experiencia del usuario al utilizar uno u otro. Generalmente todo marco está diseñado para adaptar un solo tipo de freno, por lo que definir el tipo de freno a utilizar debe ser parte de los requerimientos de diseño

La mayoría de frenos funcionan por mecanismos de cables accionados desde un par de manecillas instaladas en el manubrio. Se deben utilizar simultáneamente los dos frenos cuando se quiere detener la marcha, o en caso de tener solo uno, que éste sea el que actúa sobre la rueda posterior¹⁰, esto se debe al riesgo de volcadura al frenar bruscamente con el freno de la llanta delantera.

Por esta razón el freno trasero está montado para que lo accione la mano derecha, dada la mayoría de personas diestras. Las personas zurdas deberían cambiar el montaje.

2.2.3.4 Accesorios

Es muy común que la bicicleta posea accesorios adicionales que le den un valor agregado aunque su ausencia no afecte sus funciones más básicas. Algunos accesorios populares son luces, pitos, canastas y guardabarros. La mayoría de los accesorios anteriormente descritos se instalan sobre el marco. Es necesario, que su configuración permita su correcto ensamblaje sin afectar ninguno de los subsistemas

¹⁰Sanchez, J. *Física de la Bicicleta*. 1988. Ediciones de la Torre Clasificación. ISBN: 8486587395

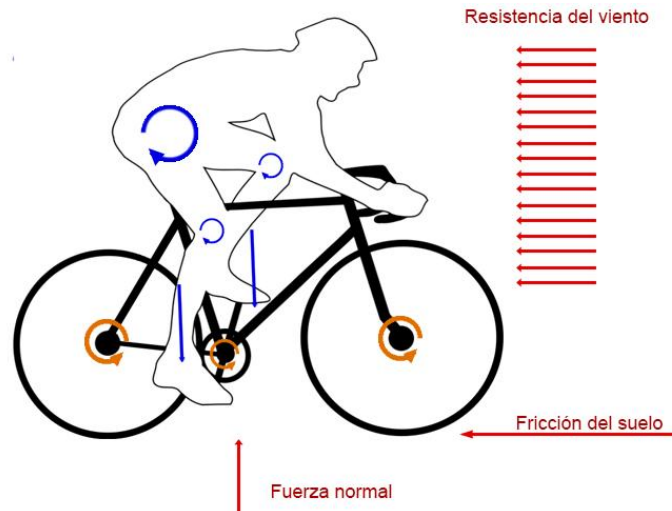
2.3 ASPECTOS ERGONOMICOS GENERALES DE LA BICICLETA

2.3.1 Interacción Hombre-Máquina en la bicicleta

Existe un gran número de factores biomecánicos que afectan el desempeño del usuario de la bicicleta. Estos factores pueden agruparse en una de tres categorías¹¹:

- Factores del entorno: La fricción del suelo, la resistencia del viento y la fuerza normal generada por la gravedad. (Líneas rojas en figura 8)
- Factores biomecánicos internos: Es toda la combinación de elementos ejercidos por las partes del cuerpo para lograr la propulsión (Líneas azules en figura 8)
- Factores mecánicos externos. Todas las que impiden el movimiento de la bicicleta sin considerar los factores del entorno (Líneas naranjas en figura 8)

Figura 8. Interacción Hombre-Máquina en la bicicleta



Fuente: Autor

¹¹Too, Danny & Landwer, Gerald E. (2003). *Factors affecting performance in human powered vehicles: a biomechanical model*. Human Power Technical Journal Of The Ihpva. Number 54 Spring 2003, 14-16

La interacción de los diferentes factores sin categorizarlos puede tornarse complejo, siendo necesario examinar las interacciones de dichos factores para conocer cómo afectan el desempeño en vehículos de propulsión humana.

El desempeño sea en tierra o agua de vehículos de propulsión humana se dan en función de la cantidad de fuerzas de propulsión producidas frente a las reacciones en sentido opuesto que se deben superar. Una gran diferencia entre uno y otro derivan en un mejor rendimiento de la bicicleta.

Las fuerzas de propulsión son mayormente afectadas por los factores biomecánicos internos y factores mecánicos externos. Por otro lado las reacciones o fuerzas resistivas se dan en su mayoría en función de los factores del entorno y las fuerzas mecánicas internas (fuerzas musculares de fricción, viscosidad, etc.).

El diseño de bicicletas se enfoca generalmente en minimizar las fuerzas resistivas internas en oposición a considerar como maximizar las fuerzas de propulsión; esto debido a que estos factores son universales, más manejables e independientes de las interacciones implicadas en la maximización de las fuerzas de propulsión, además, el contexto de la bicicleta para este proyecto está enmarcado en grupos de usuarios de diferentes edades, biotipos, costumbres y por lo tanto, con capacidades diferentes para obtener un buen rendimiento del pedaleo por maximización de fuerzas de propulsión.

Para estudios biomecánicos el cuerpo humano no puede considerarse un modelo de sólido rígido. Las distancias relativas entre las partículas que lo constituyen no permanecen constantes ya que el centro de masas del cuerpo humano depende de la posición instantánea que adopte el cuerpo. En la práctica del ciclismo, las fases de uso exigen unos movimientos y posturas cambiantes específicas, además esta actividad es totalmente opuesta a la quietud que se exige a la hora de hallar el centro de masas de un cuerpo.

Otras consideraciones a tener en cuenta: Una bicicleta convencional suele tener una masa próxima a una decena de kilogramos, además un ciclista siempre pesará más que el marco y el centro de masas del ciclista está siempre por encima del sillín aumentando enormemente la energía potencial del conjunto, en detrimento de su estabilidad, la posición espacial del centro de masa es un factor influyente que es dependiente del diseño de la bicicleta y puede alterarse según la necesidad que quiera resolverse, si obtener una mayor estabilidad o un mayor rendimiento.

2.3.2 Postura del ciclista

En una bicicleta urbana, la postura es definida por tres partes del cuerpo que sirven como puntos de apoyo básicos en el momento del pedaleo: las manos, las nalgas y los pies. La posición relativa entre estos tres apoyos definen la postura. La inclinación de la espalda es el factor más visible y a la vez determinante ya que su buena o mala postura influye directamente en las demás partes del cuerpo. No existe un grado de inclinación que sea adecuado universalmente, esto depende del uso para el que se desea la bicicleta.

En una bicicleta de paseo o urbana, un ángulo de 70-80° es el más ergonómico. Sin embargo, muchas personas prefieren un ángulo menor, hasta unos 60°. Esto da menos apoyo y obliga a trabajar más los hombros-brazos-manos.

En la bicicleta de cicloturismo, el ángulo óptimo cercano a los 90° ya que con este se tiene la espalda recta y por tanto, se consigue una correcta distribución de la carga. Con esta postura se minimiza el trabajo de apoyo que deben realizar los hombro, la espalda y los brazos.

Las bicicletas de montaña y de ruta buscan una posición sobre la bicicleta que dibuje un ángulo entre 0° y 30° respecto al suelo con el fin de lograr una mínima resistencia aerodinámica. En esta posición los hombros, los brazos y las manos realizan un gran esfuerzo para soportar el peso de los músculos de la espalda. La presión del torso sobre el sillín también aumenta considerablemente debido al momento que

forma mantener gran parte del cuerpo alejado del punto de apoyo. Por eso es importante que pueda modificarse en estos casos fácilmente la posición de la pelvis sobre el sillín.

Figura 9. Posturas adecuadas según la modalidad de ciclismo.



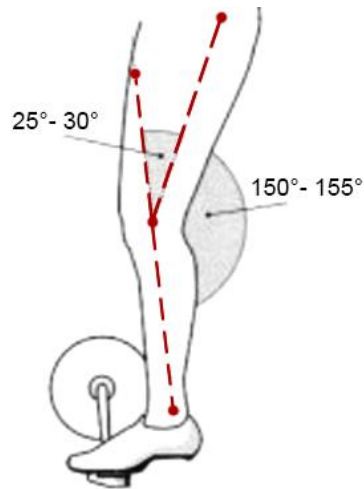
Fuente: <<http://ciclistaurbano.orgfree.com>>

Si la pelvis no se inclina correctamente durante la actividad terminarán por afectarse partes como el cuello, el hombro, la espalda. La distancia vertical que hay entre el sillín y el manubrio es el factor de mayor influencia en la inclinación de la espalda. Si la distancia es grande y el sillín está demasiado bajo, los pies se colocaran inadecuadamente sobre el pedal y el usuario tendrá un grado mayor de cansancio ya que la fuerza aplicada será poco efectiva, además doblar tanto las rodillas puede generar lesiones, si por el contrario la distancia es mínimo el sillín está por encima de la altura del manubrio, se adoptará una posición más cercana al ciclismo de ruta, con un pedaleo más efectivo pero con un sobre esfuerzo. Estar bien sentado, de forma confortable y con una postura de espalda adecuada independientemente de la modalidad- evita dolor en las partes perineales tras usos prolongados, además, contribuye al buen desempeño de la pelvis.

El otro factor importante se encuentra en la distancia del sillín a la distancia más alejada del pedal. Esta variante depende de la altura del asiento. Esta altura debe ser equivalente a la necesaria para obtener la máxima extensión de la pierna al pedalear, sin que la pierna quede completamente extendida, esto debe evitarse

siempre, pues de lo contrario el usuario estará expuesto con más probabilidad a lesiones de rodilla.¹²

Figura 10. Flexión máxima adecuada de las piernas al pedalear



Fuente: Autor.

2.4 CICLISMO URBANO

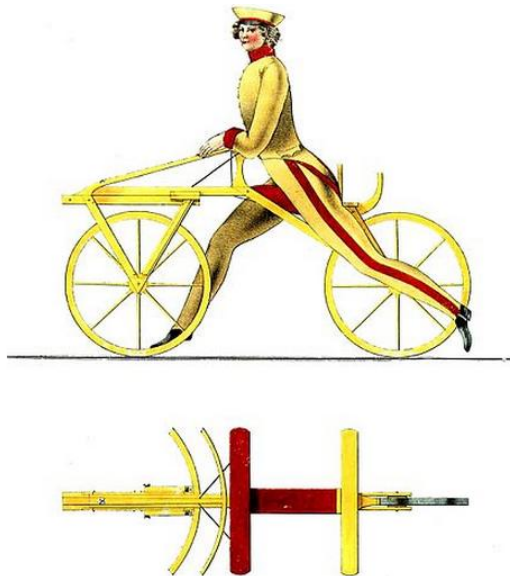
2.4.1 Desarrollo de la bicicleta como medio de movilidad urbana

En 1817 se inventó el primer vehículo que puede considerarse precursor de la bicicleta actual, era conocida como "Draisienne" en honor al apellido de su inventor, el Alemán Baron von Drais¹³, Su sistema era muy básico, era impulsada con acción directa de los pies sobre el suelo.

¹²Ramírez, Elvia.,López, Oliver. *Manual del ciclista urbano*, Movimiento estratégico hacia el transporte alternativo. 2008, p

¹³Canada Science and Technology Museum. *From Draisienne to Dandy horse*. Consultado el 21 de Marzo de 2014. <http://www.sciencetech.technomuses.ca/english/collection/cycles3.cfm>

Figura 11. Velocípedo *Draisienne*



Fuente: Wilhelm Siegrist, 1817

La primera bicicleta que ya contaba con un sistema de pedales se desarrolló en 1863, la apodada "boneshaker" del francés Pierre Michaux. Se puede considerar de gran importancia histórica pues fue la primera bicicleta fabricada en serie, llegando a ser muy popular durante su primera década. Sin embargo, como su sobrenombre lo sugiere, se trataba de un velocípedo con varios problemas a pesar de su innovación pues en terrenos en condiciones irregulares la vibración que presentaba la volvía muy incómoda.

Figura 12. Bicicleta Boneshaker



Fuente: <<http://www.mylearning.org>>

En 1870 el Ingles James Starley diseña una bicicleta con una rueda delantera enorme y una trasera bastante menor. Este modelo le permitió al usuario llegar más lejos con cada revolución de pedales, fue el primer diseño orientado a obtener una ventaja mecánica.

Figura 13. Bicicleta de James Starley



Fuente: <<http://www.britannica.com>>

En 1885, John Kemp Starley, sobrino de James Starley, fabrica el "Rover Safety", los más cercano a un prototipo de la bicicleta moderna tal y como la conocemos hoy. La bicicleta de Starley tenía sillín, manillar y biela trasera, permitiendo un rodaje más agradable y seguro. En la mayoría de Europa, durante los años 20 y principios de los 30 del siglo pasado, la bicicleta fue un vehículo que sólo estuvo al alcance de las clases más adineradas. Este hecho, sumado a la escasa y precaria red viaria existente explica su baja utilización durante este periodo como medio de transporte urbano. Con la evolución de los procesos tecnológicos y de manufactura esta situación comenzó a cambiar; en España aparecieron las primeras fábricas de bicicletas con una funcionalidad muy buena para la época y a precios asequibles. Esto contribuyó a extender la bicicleta a amplias capas sociales.

En 1963, por solicitud del gobierno británico, Colin Buchanan realiza una exhaustiva investigación que se popularizaría con el nombre de "Informe Buchanan", texto que discurre sobre la problemática del transporte en dicho país¹⁴; este informe evalúa el paradigma del transporte dentro de las ciudades: el automóvil. Se señala que las ciudades no están preparadas para permitir un gran aumento de automóviles, por lo tanto, tendrían que hacer un esfuerzo muy grande para planificar, remodelar o adaptar la infraestructura vial de las ciudades de la época, en cuyo caso extremo habrían de tener que ser reconstruidas. "No será conveniente que la sociedad siga invirtiendo sumas aparentemente ilimitadas en la compra y manejo de vehículos a motor sin invertir sumas equivalentes en la apropiada acomodación del tráfico resultante" (Buchanan, 1973).

A pesar de conocer el problema inminente que vendría años después, el desarrollo industrial de los años 60 introduce al automóvil de forma masiva y este pasa a convertirse en un producto indispensable; ya que aparte de su funcionalidad, las sensaciones de status y poder que ofrece un auto, impulsaban el deseo general por adquirir uno. En las últimas décadas sin embargo, algunos gobiernos e instituciones sociales han impulsado un mayor uso de la bicicleta como medio de movilización urbana, principalmente en países de Europa y Asia. En Latinoamérica se está dando un proceso similar aunque con menor celeridad. Hoy en día Bogotá es reconocida como una ciudad amigable con el ciclismo urbano como lo indica el reconocido magazín Británico Askmen¹⁵.

Las instituciones de esta ciudad trabajan continuamente con proyectos que impulsen la movilidad en medios alternativos a los automóviles, los estudios más recientes, que comparan los años 2006 a 2011 señalan que los viajes en bicicleta

¹⁴Giddins, B., Hoppwood, B. *A critique of Masterplanning as a technique for introducing urban design quality into British Cities*. Sustainable Cities Research Institute. University of Northumbria. United Kingdom

¹⁵ Griffin, J. *Top 10: Bicycle-Friendly Cities*. Consultado el 10 de Marzo de 2014. Disponible en http://www.askmen.com/top_10/travel/top-10-bicycle-friendly-cities.html

diarios en Bogotá han pasado de 285.000 a 450.000¹⁶, dato que corrobora que el ciclismo urbano es hoy en día una alternativa real que seguirá creciendo en la capital.

2.4.2 Características de las bicicletas urbanas

Hay características fundamentales para el funcionamiento y seguridad con las que debe contar cualquier bicicleta: sistema de transmisión, frenos, llantas, etc. Sin embargo, las bicicletas urbanas deben contemplar aspectos adicionales.

En las vías públicas el ciclista siempre tendrá que hacerse visible para los peatones y vehículos. Se considera imprescindible bajo esta premisa, adaptar al marco o a otras partes de la bicicleta elementos reflectivos que permitan que el ciclista sea visible de noche, así como una campana o pito para llamar la atención.

El confort durante el pedaleo es otra característica fundamental. Como se describió anteriormente, el marco debe estar configurado con una geometría que permita una postura que sea cómoda teniendo en cuenta la actividad para la que está proyectada la bicicleta, en este caso, considerando la posibilidad de que se realicen desplazamientos largos. También se considera parte del confort la instalación de una parrilla, canasta o elemento integrado que evite la necesidad de llevar elementos pesados o incómodos en la espalda o las manos.

En lo que respecta a la eficiencia, las bicicletas urbanas se permiten disminuir este aspecto en pro de reducir el cansancio. Entre mayor velocidad o eficiencia, se requiere de mayor acción biomecánica y teniendo en cuenta que las bicicletas urbanas están concebidas para un usuario que cuenta con una condición física promedio y sus necesidades de desarrollar velocidades altas no son prioritarias como sí lo son la comodidad, el gasto energético reducido y la baja transpiración.

¹⁶ Dato aportado por el plan de desarrollo de Bogotá Humana. Consultado el 14 de Marzo de 2014. Disponible en <http://www.movilidadbogota.gov.co/?sec=8>

3. FASE DE ANALISIS

3.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Los marcos de bicicleta definen por completo el uso de la misma y la ergonomía del usuario, el hecho de que cada modalidad requiera tanto de prestaciones como de posturas distintas hace que la configuración espacial de los apoyos y la escogencia de elementos de ensamble deban realizarse de manera metódica.

En este caso existe la necesidad de hacer un marco compatible con diversos repuestos que deben complementarse de forma totalmente funcional a nivel sistémico. Cualquier ajuste en ángulos o longitudes puede cambiar el sistema y por consiguiente alterar la compatibilidad en el ensamble y la postura adoptada por parte del usuario.

Este proyecto busca diseñar y construir un marco no comercial, con unas necesidades específicas y que no se encuentra en línea de producción de la empresa INDUSTRIAS BICICLETAS MILAN S.A. La forma de llevarlo a cabo será mediante diseño paramétrico para obtener un marco totalmente funcional, ensamblable y que satisfaga de la mejor manera las necesidades para las que será diseñado y construido. Hay distintas variables que le dan complejidad al problema presentado, por un lado está el hecho de diseñar un único marco para una bicicleta que pueda adaptarse con facilidad y comodidad a una población cuya antropometría difiere entre sí de forma considerable. Además, la bicicleta deberá ser funcional para la demografía de las zonas donde se implementará el proyecto, debe permitir la adaptación de accesorios que mejoren la seguridad y así mismo considerar los factores que implican que se trate de un bien de uso público, también debe considerarse que se trata de un marco que debe poder fabricarse a escala real con la capacidad productiva actual de la planta de producción de INDUSTRIAS BICICLETAS MILAN S.A.

3.2 ESTADO DEL ARTE

A continuación se recopila información acerca de programas que involucran bicicletas para poblaciones estudiantiles o niños, es decir, contextos similares al que se dará en el proyecto "al colegio en bici". Con este análisis se pretende identificar tanto aspectos comunes como características puntuales de las diversas soluciones, con el fin de servir como referente para el desarrollo del marco de bicicleta de este proyecto.

PROGRAMA: BICIRRUN¹⁷ - **LUGAR:** BOGOTÁ, COLOMBIA

Figura 14. Bicicleta del programa "Bicirrun"



Fuente: <<http://www.agenciadenoticias.unal.edu.co/typo3temp/pics/f9744ac3b5.jpg>>

Programa que inicialmente implementó 100 bicicletas en el campus de la Universidad Nacional de Colombia, beneficiando a 9000 estudiantes de distintas facultades. El acceso a las bicicletas requería de una inscripción previa en el portal web del programa. La circulación se estableció en las vías vehiculares al interior del campus, con estaciones de recepción.

¹⁷Universidad Nacional de Colombia. *Bicirrun empieza su prueba piloto*. Disponible en: <http://www.agenciadenoticias.unal.edu.co/ndetalle/article/bicirrun-empieza-su-prueba-piloto.html>. Consultado el 5 de Febrero de 2015

Al igual que muchos programas similares, además de los beneficios que brinda movilizarse en menos tiempo al interior del campus el programa busca incentivar el uso de la bicicleta como una solución de transporte saludable y amigable con el medio ambiente. Este objetivo es congruente con los planes de movilidad integral que se desarrollan en la ciudad.

PROGRAMA: RUTAS SOLIDARIAS¹⁸ - **LUGAR:** PERÚ

Figura 15. Bicicleta del programa “Rutas solidarias”



Fuente: <https://deporteyarteparacreer.files.wordpress.com/2013/04/dsc_0120.jpg>

Proyecto implementado por el Ministerio de Educación del Perú, haciendo entrega de bicicletas a los colegios ubicados en zonas rurales de difícil acceso con el fin de facilitar la asistencia de los niños a las aulas de clase. Por otra parte, los beneficiarios reciben charlas sobre primeros auxilios, manejo adecuado de las bicicletas, mantenimiento, seguridad vial y derechos ciudadanos. El programa ha

¹⁸ Ministerio de Educación del Perú, Viceministerio de Investigación Pedagógica. *Rutas Solidarias*. Disponible en: http://www.minedu.gob.pe/dipecud/xtras/trip_bicy.pdf. Consultado el 7 de Febrero de 2015.

entregado 5759 bicicletas hasta la fecha en varias regiones del país como Amazonas, Apurímac, Arequipa, La Libertad, Lambayeque, Lima Provincias, Moquegua y Tacna. El cuidado y administración de las bicicletas es responsabilidad de las instituciones beneficiadas, quienes vigilan el funcionamiento y administración del lote de bicicletas. El programa también involucra el diagnóstico, validación e intervención de las zonas de tránsito de los usuarios con el fin de coordinar las rutas e instalar elementos de señalización

PROGRAMA: AYUDAME A LLEGAR¹⁹ - LUGAR: MEXICO

Figura 16. Estudiantes recibiendo bicicletas del programa "Ayúdame a llegar"



Fuente: <<http://blog.telmex.com/wp-content/uploads/2012/02/FOTO-03.jpg>>

Proyecto de la Fundación Telmex cuyo objetivo es beneficiar a niños de escasos recursos de primaria y secundaria que viven alejados de los centros de estudio (fundamentalmente en zonas rurales), y por tanto sufren desgaste físico al hacer

¹⁹ Fundación TELMEX. *Ayúdame a Llegar*. Disponible en: <http://www.fundaciontelmex.org/programa-de-educacion-e-investigacion/ayudame-a-llegar/>. Consultado el 7 de Febrero de 2015

recorridos largos cargando maletas pesadas, esto con el fin de mejorar su calidad de vida y reducir afectaciones en su desempeño. Las donaciones de las bicicletas son realizadas por Fundación Telmex, apoyados también por gobiernos estatales y demás instituciones. La reducción del tiempo de desplazamiento disminuye considerablemente, se estima que en algunos casos, se reducen recorridos de 2 horas a 20 minutos.

PROGRAMA: GREEN BIKE²⁰ - **LUGAR:** WASHINGTON, EEUU

Figura 17. Estacionamiento de Green Bike, Washington



Fuente: <<http://www.agenciadenoticias.unal.edu.co/typo3temp/pics/f9744ac3b5.jpg>>

Green Bike es un sistema de bicicletas compartidas de la Universidad Estatal de Washington cuyo propósito es disminuir la congestión vial de los alrededores, reducir las emisiones de carbono e incentivar el cuidado de la salud y el ejercicio físico. Las bicicletas están disponibles durante todo el día y el sistema cuenta estaciones en diversos lugares al interior del campus, no obstante también es

²⁰ Washington State University. *University Recreation – Green Bike*. Disponible en: <https://urec.wsu.edu/green-bike>

permitido el uso con fines recreativos. Aunque el número de bicicletas es tan solo de 300, el sistema ha sido aprovechado por más de 15000 usuarios distintos, además, el sistema cuenta con parqueaderos adicionales los cuales son aprovechados por estudiantes que usan su propia bicicleta.

PROGRAMA: PETIT VELIB´ PARIS²¹ - **LUGAR:** PARIS, FRANCIA

Figura 18. Bicicletas del programa Petit Velib´Paris



Fuente: <http://www.capitalkoala.com/project/public/media/ck/labelkoala/velib_pour_enfants.jpg>

En Francia se encuentra el programa de bicicletas compartidas más grande de Europa y el tercero a nivel mundial; el sistema a gran escala de nomina do Velib´ Paris, el cual funciona desde el año 2007 y está conformado por casi de 14.000 bicicletas y 1.230 estaciones repartidas en Paris y municipios aledaños Las estaciones están dotadas con un terminal de alquiler auto asistido, un mapa de las

²¹ Velib´ Mairie de Paris. *How it Works*. Disponible en: <http://en.velib.paris.fr>. Disponible en: <http://en.velib.paris.fr/How-it-works>

estaciones y puestos para docenas de bicicletas. Se trata de un sistema de pago operado por una concesión.

En lo que respecta al segmento infantil, el subsistema denominado Petit Velib' Paris proporciona 4 bicicletas de diferentes tallas diseñadas para niños con edades entre 2 y 8 años, el objetivo es inspirar a las nuevas generaciones familiarizando a los niños con hábitos sostenibles como movilizarse en bicicleta desde temprana edad.

3.2.1 Comparativo de los diferentes programas

Tabla 2. Comparativo de programas

	BICIRRUN	RUTAS SOLIDARIAS	AYUDAME A LLEGAR	GREEN BIKE	PETIT VELIB' PARIS
PAIS DE ORIGEN	COLOMBIA	PERU	MEXICO	ESTADOS UNIDOS	FRANCIA
TIPO DE BICICLETA	Urbana	Mtb	Mtb/urbana	Urbana	Urbana
NIVEL DE ESTUDIOS USUARIOS	Universidad	Bachillerato	Primaria/ bachillerato	Universidad	Primaria
USO AL QUE ESTA DESTINADO	Movilización al interior del campus	Movilización de la casa al colegio	Movilización de la casa al colegio	Movilización al interior del campus, Recreativo	Movilización de la casa al colegio. Recreativo
MODALIDAD	Préstamo	Donación	Donación	Préstamo	Alquiler

Fuente: Autor

3.2.2 Observaciones sobre el estado del arte

El primer fenómeno que salta a la vista al realizar el estado del arte es la escasez de programas similares a "al colegio en bici" que han tenido alta repercusión. Es importante señalar como los programas que van dirigidos a poblaciones más vulnerables (rutas solidarias y ayúdame a llegar) utilizan bicicletas muy sencillas y que no son diseñadas específicamente para la actividad, pues son bicicletas corrientes de montaña. En cambio los países desarrollados se permiten la posibilidad de realizar bicicletas de diseño exclusivo para sus programas y con altas prestaciones, aunque se debe tener en cuenta que no son servicios gratuitos. También llama la atención que por lo general a nivel urbano hay más programas implementados para estudiantes universitarios que para colegios, esto puede tener su justificación por un lado en el mayor manejo de presupuesto de las universidades así como al temor a exponer menores de edad a transitar en bicicleta por las calles. Por eso los programas para niños van de la mano con capacitaciones y cursos, algo que no es necesario realizar con tanta profundidad en programas de adultos.

3.2 LINEAMIENTOS DEL PROGRAMA "AL COLEGIO EN BICI"

"Al colegio en Bici" tiene un objetivo claro, ayudar a niños de colegios distritales a movilizarse al colegio desde sus casas, mientras se fomenta una movilidad sostenible y alternativa en la ciudad en la que sean protagonistas los niños y jóvenes. Este proyecto también es una de las tantas acciones que desde hace años viene realizando la ciudad de Bogotá para hacer una gran transformación que aporten soluciones a los problemas de movilidad.

3.2.1 Funcionamiento del sistema

Este proyecto comenzó en el año 2013. Durante el desarrollo de las bicicletas se realizó al mismo tiempo un proceso de formación a los niños por parte de la Secretaría de Educación del Distrito y el Instituto Distrital de Recreación y Deporte, con el fin de educarlos para movilizarse de manera segura y responsable respetando la vía, al peatón y las normas de tránsito. También se les ha estado capacitando sobre mecánica básica y mantenimiento de la bicicleta.

Por otra parte, la Secretaría de Planeación ha identificado las rutas más seguras. Adicionalmente se implementaron bicarriles para garantizar que los niños puedan transitar libremente por parte de la Secretaría de Movilidad

Han intervenido en el proyecto otras instituciones mediante la adecuación del entorno como las Alcaldías locales, la Unidad de Mantenimiento Vial y el Fondo de Vigilancia y Seguridad del Distrito.

Inicialmente el objetivo del programa es entregar 4443 bicicletas en diversos colegios distritales de 5 localidades, también se les hará entrega de kits con elementos de seguridad y herramientas para mantenimiento y desvare a los niños que cumplan con la asistencia a los cursos. Las bicicletas pasarán a ser parte de los bienes de los respectivos colegios como si fueran dotaciones escolares, con la salvedad que se les permitirá a los estudiantes llevarla a sus hogares.

3.3. IDENTIFICACION DE LAS NECESIDADES

3.3.2 Estudio de la población

Los usuarios de la bicicleta serán niños en edades escolares entre 11 y 16 años, todos son de estratos 1 y 2. La bicicleta por tanto debe considerar la antropometría

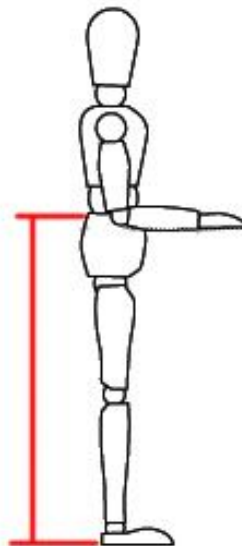
de este rango de usuarios y buscar que la postura sea lo más adecuada posible para la mayoría de niños.

3.3.2.1 Antropometría

Las dos principales medidas antropométricas que se utilizarán para definir las dimensiones del marco se describen a continuación

- **Altura piso a cresta iliaca:** Distancia vertical desde el piso al reborde superior de la cresta ilíaca a nivel de la línea axilar media, estando el sujeto en posición estándar erecta²². Esta medida servirá para determinar la altura adecuada del sillín, sabiendo que en ningún momento durante la actividad del pedaleo las rodillas pueden quedar totalmente estiradas tanto por el riesgo de lesiones como por la posible pérdida de control que podría presentarse si el niño separa el pie del pedal.

Figura 19. Altura piso a cresta iliaca

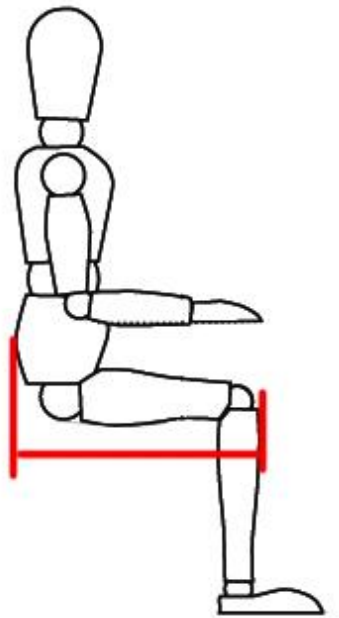


Fuente: Autor

²²Ruiz, Manuel. *Tablas antropométricas infantiles Niños Y Niñas De 5 A 10 Años Estratos 1 Y 2*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2001. p,24.

- **Largo de nalga a rodilla:** distancia medida horizontalmente entre la parte posterior de la nalga (sin comprimir) y el ángulo externo de la parte baja de la rodilla, manteniendo los 90 grados²³. Teniendo en cuenta que la bicicleta puede ser usada por jóvenes de hasta 16 años, esta medida servirá para cuidar que el manubrio no choque con las rodillas.

Figura 20. Largo de rodilla a nalga



Fuente: Autor

La bicicleta debe ser funcional siendo lo más confortable posible para usuarios de tallas muy dispares. Por eso se diseñará en su versión estándar para un promedio, cuidando que los elementos ajustables (posición del manubrio y del sillín) permitan ofrecer el mejor margen de maniobrabilidad posible a los usuarios de menor y de mayor talla.

²³Ruiz, Manuel. *Tablas antropométricas infantiles Niños Y Niñas De 5 A 10 Años Estratos 1 Y 2*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2001. p,41.

Tabla 3. Percentiles Niñas de 10 años

	Mínimo	Máximo	Percentil 5	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	Percentil 95	Promedio
Estatura (cm)	122,0	145,0	125,1	132,6	137,0	140,0	144,2	135,7
Piso-Cresta Ilíaca (cm)	68	84	72	78	80	81,5	84,1	78,9

Fuente: Manuel Ruiz. Tablas antropométricas infantiles Niños Y Niñas De 5 A 10 Años Estratos 1 Y 2.

Como límite inferior se tomará una estatura de 137 cm correspondiente a un percentil 50 de niñas de 10 años según el estudio de realizado por Manuel Ruiz en el año 2001 como parte de un estudio a niños de estrato 1 y 2 en la ciudad de Bogotá²⁴. Se considerará esta población como el límite inferior ya que las niñas presentan una estatura menor que los niños a esa edad. La edad se escogió de 10 años para incluir un eventual caso especial de alguna niña de esta edad que pudiera estar entre las beneficiadas del programa pese a que la edad más frecuente de ingreso al bachillerato es a los 11 años.

No se escoge el percentil 5 de esta edad pues la estatura de referencia bajaría hasta los 125 cm ampliando el rango de trabajo en 7 cm, esto representaría diseñar para una muestra que podría ser mínima o nula considerando la diversidad de la fisonomía de los beneficiados por el programa. Además aunque el proyecto busca

²⁴Ruiz, Manuel. *Tablas antropométricas infantiles Niños Y Niñas De 5 A 10 Años Estratos 1 Y 2*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2001.

ser lo más incluyente que sea posible, por seguridad se espera que las niñas que recién ingresen al bachillerato adquieran mayor estatura y pericia en el manejo de la bicicleta antes de ser partícipes del proyecto. También es importante señalar que salvo problemas de crecimiento, toda la población de esta edad presentará aumentos de estatura en el corto plazo y por tanto con el paso de los meses cualquier niño o niña alcanzará la edad indicada para poder hacer uso de la bicicleta con un alto grado de confort.

Como límite superior se establecerá el promedio de un hombre adulto, de 172 centímetros más otros 3 de holgura, no se utilizan percentiles pues no hay estudios antropométricos de la población de estas características. El límite escogido es pertinente y presenta poco margen de error ya que se está diseñando para un adulto promedio, cuando se estima que los beneficiarios varones que sobrepasen los 16 años representarán una muestra muy pequeña y muchos terminarán el bachillerato antes de finalizar su etapa de crecimiento.

Identificando estos parámetros como punto de partida es necesario señalar que el diseño del marco no se puede validar únicamente con el cumplimiento de estas dimensiones. Al tratarse de una actividad en la que el cuerpo no permanece en reposo, la validación deberá hacerse con usuarios en un contexto de uso donde intervengan todas las partes del cuerpo involucradas, de otra manera se estaría diseñando solo para obtener la postura indicada y no para la actividad.

3.3.2.2 Peso del usuario

En lo que respecta al peso que la bicicleta debe resistir lo ideal sería tomar como referencia un estudio de peso de estudiantes al igual que con la talla. Sin embargo existe otra consideración importante respecto a las condiciones de uso, y es que a pesar de que la bicicleta será concebida para niños y jóvenes, es muy probable que haya adultos que usen la bicicleta cuando se acabe la jornada escolar teniendo en

cuenta que no hay manera de vigilar el uso de la misma cuando el beneficiario tiene la bicicleta en su hogar después de la jornada escolar.

El parámetro a tener en cuenta para este factor para el diseño del marco es que resista un peso hasta de 95 kg, parámetro habitual establecido para bicicletas estándares de montaña en acero para adultos.²⁵

3.3.2.3 Seguridad vial

El hecho de transitar en medios de transporte sin carrocería no aumenta el riesgo de accidentalidad en sí mismo, la preocupación real es que la probabilidad de sufrir lesiones de gravedad es mucho mayor ante cualquier accidente. "Al colegio en bici" comenzó a desarrollarse en el 2013, ese mismo año murieron en Bogotá 25 ciclistas en accidentes de tránsito según cifras de la Dirección de Seguridad Vial y Comportamiento del Tránsito²⁶.

La accidentalidad en bicicleta es un riesgo que se corre aún en países culturalmente avanzados en este aspecto, siendo necesario utilizar cualquier medida de seguridad posible para minimizar los riesgos. Aunque los niños beneficiados con el programa deben haber pasado previamente por cursos que los califiquen como bici usuarios responsables, la configuración de la bicicleta puede aumentar o disminuir la propensión a accidentes.

Los factores en los que la bicicleta puede aportar un valor agregado en este aspecto es teniendo un diseño que evite que se alcancen velocidades altas, además el

²⁵Industrias Bicicletas Milan. *Manual de parámetros de calidad de producción*. Bucaramanga, 2013.

²⁶Número de muertos por accidentes de tránsito ha aumentado este año en Bogotá. Disponible en <http://www.elspectador.com/noticias/bogota/numero-de-muertos-accidentes-de-transito-ha-aumentado-a-articulo-514062>. Septiembre de 2014.

marco debe presentar gran estabilidad y así mismo permitir que los diferentes subsistemas funcionen de forma concurrente con el mismo fin.

- Sistema estructural: Un centro de masa bajo ayudaría a tener estabilidad y buen control en el manejo aún perdiendo algo de eficiencia. Por otro lado la silla debe poder subir y bajarse para comodidad del usuario pero con un apriete seguro que evite que la caña caiga con el peso del cuerpo. También el color de la bicicleta podría ser un factor a considerar.
- Sistema de transmisión: Ambas llantas deben tener un labrado que permita un buen agarre en concreto, estas llantas tienen un ancho de 2.125 pulgadas, por lo que el diseño del marco debe permitir la instalación de este elemento con una holgura suficiente para evitar roces. El sistema de transmisión debe escogerse de tal manera que la velocidad no supere los 30km/h por seguridad, esto también aportará ventaja mecánica que disminuya el cansancio.
- Sistema de control: El marco debe tener un sistema de dirección que permita tener pleno control en las curvas, este es un aspecto que depende de los ángulos de la parte frontal del marco. También debe considerarse que el marco y los diversos accesorios que contenga la bicicleta no interfieran en ningún momento con el sistema de frenos.

Aparte de estas consideraciones, el marco debe permitir la instalación de diversos componentes que permitan dar mayor seguridad como lo son un timbre para llamar la atención de vehículos y peatones, así como luces tanto delanteras para iluminación frontal y traseras que funcionen como un stop intermitente para aumentar la visibilidad desde atrás.

3.3.2.4 Vestimenta y confort en el uso

En general cuando se utiliza la bicicleta como medio de transporte urbano se entiende que el usuario necesita ir de un punto a otro, realizar una actividad específica en dicho punto durante una jornada de cierta duración (en el caso del programa "Al colegio en Bici" dicha actividad es ir a estudiar) para finalmente volver.

Esto quiere decir que en ciertos casos, a pesar de contar con uniformes de educación física es posible que la vestimenta no sea la mejor para realizar la actividad ya sea por comodidad como por la necesidad de no ensuciarse, es por eso que toda bicicleta urbana debe contemplar elementos de protección que eviten en lo posible ensuciar y transpirar la ropa. En el caso de la suciedad, se protege con accesorios como guardacadenas y guardabarros pues las principales fuentes que de ensucian la ropa provienen de la suciedad de las calles y de la grasa de la cadena. Para reducir la transpiración se busca instalar relaciones de transmisión cuya eficiencia mecánica permita evitar esfuerzo físico y por ende sudoración y cansancio, en contraposición esto disminuirá la velocidad, aspecto que normalmente se considera negativo que para el caso es uno de los requisitos de seguridad que se buscan como se mencionó anteriormente. Para mejorar el confort también se hace necesario la instalación de algún elemento que les permita liberar peso de la espalda mientras realizan el recorrido.

Todos estos aspectos que protejan a los niños de suciedad y transpiración tendrán que ser tenidos en cuenta, pues se espera que en ningún caso la actividad académica de los usuarios del programa se vea afectada en lo más mínimo por sentirse incómodos, sucios o cansados. Es primordial que la experiencia de uso genere sensación de bienestar, generando un sentido de pertenencia y gusto por la actividad de ir en bicicleta al colegio.

3.3.2 Estudio geográfico

Aunque existen muchas variables, es la longitud del desplazamiento una de las más determinantes a la hora de definir cuál es el medio de transporte más aconsejable

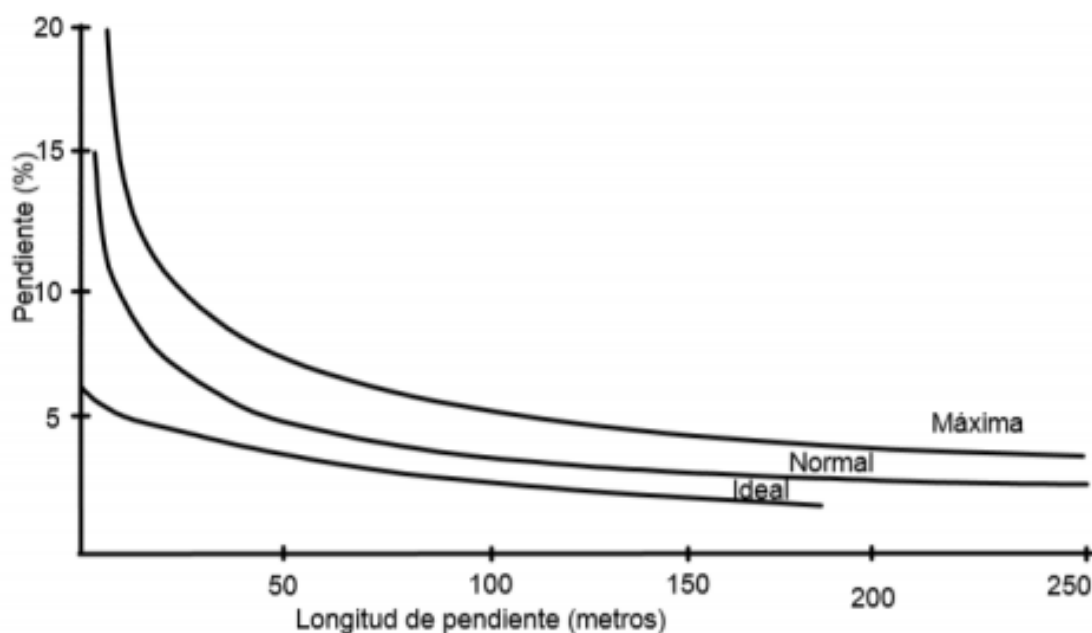
de emplear. Conforme a estándares nacionales e internacionales, la distancia promedio de desplazamiento de una persona en bicicleta en un día, es de seis (6,0 Km) kilómetros²⁷, bajo esta premisa estos mismos estándares establecen rangos de distancias promedio adecuadas para estudiantes, el uso de cada medio de transporte aconsejable depende de la distancia existente entre la vivienda y el colegio. Estas distancias tienen en cuenta las condiciones físicas de la población y se estiman bajo excelentes condiciones topográficas, sin pendientes prolongadas ni otros factores que influyan de forma negativa en la actividad ya sea a nivel de tiempos o de sobreesfuerzos.

1. Caminando - De 1 a 1.000 m
2. Bicicleta - De 1.000 m. a 3.000 m.
3. Vehículo o transporte motorizado - Más de 3.000 m.

La ciudad de Bogotá está construida sobre una sábana cuyas calles en su gran mayoría se encuentran en terrenos de poca inclinación, esto favorece la utilización de la bicicleta como medio de transporte al ser relativamente reducido el esfuerzo físico que se requiere. No obstante, considerando que el marco de la bicicleta es en acero, y que por su carácter de objeto de uso público deberá ser de gran densidad y resistencia, la Secretaría Distrital de Planeación seleccionó las zonas cuya infraestructura vial tiene pendientes menores al cinco por ciento (5%) ya que la longitud de los trayectos superará los 1000 metros. Este aspecto hará que la ligereza del marco no sea un problema de diseño pues se priorizará en su robustez y en hacerlo compatible con repuestos de aluminio de mediana gama que reduzcan el peso total de la bicicleta.

²⁷SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN. Propuesta metodológica para la priorización de la red de ciclorrutas y cicloparqueaderos. Bogotá d.c., Noviembre 2012

Figura 21. Pendientes adecuadas en función de la longitud



Fuente: IDU. Manual de Diseño de Ciclorrutas, 1999

Para definir los lugares beneficiados por el programa, la Administración Distrital, la Dirección de Vías Transporte y Servicios Públicos, generó una metodología de georreferenciación, que permitió la ubicación geográfica de un total de 695 colegios de la ciudad y así poder ubicar y priorizar las zonas más apropiadas para la implementación del programa.

Esta evaluación también permitirá tomar decisiones acerca de inversión en infraestructura y operaciones. Los colegios seleccionados son cercanos a alguna de las redes de ciclorrutas de la ciudad, muchas de ellas subutilizadas. Con esto se pretende que las condiciones viales para los niños beneficiados sean las indicadas, ya que uno de los principales factores para no utilizar bicicleta en los desplazamientos es el miedo a sufrir accidentes.

La metodología inicialmente, consideró los siguientes criterios de selección²⁸:

- Longitud del Viaje (Distancia Origen – Destino)
- Cercanía a la Red Existente (Ciclorrutas Construidas)
- Nivel Escolar (8ºa10º).
- Nivel de Cobertura (Aglomeración de Colegios – Alumnos)
- Localización Geográfica (Pendientes menores al 5%)

En base a estos criterios y a las bases de datos con los niños inscritos al programa se hizo la selección de los 4443 niños en más de 50 colegios en las localidades de Bosa, Kennedy, Engativá, Rafael Uribe Uribe y Suba como los primero beneficiarios del proyecto. Localidades como Usme y Ciudad Bolívar se descartaron en esta primera priorización a pesar de tener gran cantidad de colegios distritales y de población acorde a los lineamientos, esto debido a que las vías de acceso presentan pendientes iguales o superiores a 5%. En fases posteriores del proyecto se realizará un nuevo estudio para poder abarcar estas y otras localidades, ya que a largo plazo se proyecta alcanzar la cobertura en todas las localidades de la ciudad. El estudio arrojó diferentes datos importantes, por ejemplo, 83.8% de la red de ciclorutas existentes encuentra en una distancia menor a 1.000 metros de los colegios distritales. Esto hace que sean aprovechables 267,3 Km de ciclorutas para el uso de "Al colegio en bici". Las Localidades de Engativá, Suba y Kennedy poseen el mayor número de colegios distritales a distancias inferiores a los 1.000 m de la red de ciclorrutas construidas. Las localidades de Ciudad Bolívar y Usme, a pesar de encontrarse entre las de mayor número de colegios, se descartaron en esta primera priorización por encontrarse la mayoría de ellos en zonas donde las vías de acceso tienen pendientes iguales o superiores al 5%.

3.5 ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

²⁸Secretaría Distrital de Planeación. *Propuesta metodológica para la priorización de la red de ciclorrutas y cicloparqueaderos*. Bogotá d.c., Noviembre 2012. p 8.

La información analizada del programa "al colegio en bici" incluyendo la caracterización del usuario, la actividad específica, y medidas de seguridad deriva en una lista de necesidades a las que se deberá dar solución a través del diseño, sea individualmente o de manera integrada

3.5.1 Recopilación de las necesidades

Funcionales

- Buena ventaja mecánica
- Buena respuesta en las curvas
- Adaptabilidad a posturas para usuarios
- Resistencia a condiciones ambientales
- Fácil almacenaje
- Protectores para no ensuciar la ropa
- Algún tipo de elemento para llevar libros o morrales

Requisitos de seguridad

- El marco se debe ensamblar con una relación de transmisión que aporte ventaja mecánica al sistema y velocidades de menos de 30km/h
- El marco debe ser resistente a la fatiga
- Resistencia al peso del usuario definido (95 Kg)
- El marco debe tener un centro de masa bajo

- El marco debe permitir un montaje del frenos de gran eficiencia en ambas llantas
- El marco debe permitir la adaptación de elementos reflectivos
- El marco debe ser de un color visible a la luz del día
- El marco debe permitir la adaptación de algún elemento sonoro
- El marco debe tener un sistema de dirección que permita un buen control en las curvas.

Técnico-Productivos

- Uso de calibres comerciales en el mercado nacional
- Uso de insumos disponibles en el mercado o fácilmente desarrollables
- Factibilidad de producción con la capacidad instalada actualmente en la empresa

Estéticos y Simbólicos

- Identidad visual del programa y de la entidad que lo promueve
- Sensación de seguridad

3.6 ESPECIFICACIONES CONVERTIDAS A MÉTRICAS

En base a las necesidades encontradas y al marco teórico presentado, se cuantifican con métricas las variables y rangos medibles que intervienen en el diseño de marco de bicicleta. Esta parametrización da solución a los conflictos y aporta información básica mínima para definir un diseño de marco

Tabla 4. Especificaciones de diseño convertidas a métricas

PARAMETRO	METRICA
Angulo de sillín	68° - 72°
El ángulo de ataque o de dirección	68° - 72°
La longitud entre ejes de la bicicleta	950mm - 1100mm
Separación entre las patas traseras	95mm - 110mm
Angulo del slot de la pata trasera	0° - 8°
Distancia entre las patas del tenedor	95mm - 110mm
Longitud del tubo de frente	120mm - 130mm
Superficie de contacto entre la barra del galápago y el tubo de galápago del marco	>85cm ²
Diferencia entre diámetros de contacto de la caña de sillín y el tubo vertical del marco	0,3mm - 0,6mm
Ubicación del centro de gravedad en ubicación horizontal	0,4x-0,55x 0,3y-0,45y
Holgura entre la relación y las lanzas inferiores	>3mm
Altura del eje de centro respecto al piso	25cm-29cm
Longitud de Biela	16,5mm-17,5mm
Distancia más corta entré la barra de sillín y el tubo de frente	485mm-505mm

Fuente: Autor.

El punto de partida para poder comenzar la fase de diseño del producto ha sido la recopilación de información. De especial importancia los datos referentes al contexto tanto social como geográfico del proyecto, factores antropométricos, el estudio de las estructura de los marcos de bicicleta y los antecedentes de programas similares de bicicletas de paseo bajo la modalidad de sistema público o de uso compartido.

Aún sin haber definido ninguna característica formal del marco de bicicleta, el desarrollo del análisis arroja datos progresivamente que ayudan a cerrar el espectro de decisiones que deben tomarse al realizar el diseño de detalle. Este espectro de posibilidades está restringido por los lineamientos del programa "Al colegio en Bici", por las características físicas del usuario, por el uso al que se le va a dar a la bicicleta y por compatibilidad de ensamble (algunas de estas últimas características se definirán más adelante cuando se seleccionen los repuestos indicados para la bicicleta).

Por eso este análisis culmina con una serie de requerimientos de diseño y unas especificaciones métricas a las que deberá ceñirse el proceso de diseño. Diseñar el marco sin salirse de los parámetros planteados asegura que la sinergia entre usuario-producto-entorno permanezca en excelente estado, pues evitar que queden aspectos importantes queden al azar.

4. FASE DE DISEÑO

4.1 ESTUDIO DE PARTES

Normalmente en la industria ciclista se escogen o se desarrollan los repuestos en base a las prestaciones del marco. Sin embargo, en este caso el marco deberá ser compatible sin ningún tipo de conflicto o colisión con repuestos que ya están estandarizados y que se escogieron por ser los más idóneos (acorde a las características del contexto de uso) para un óptimo desempeño de la bicicleta y por consiguiente del marco.

En la tabla se describen las características principales de cada repuesto así como sus principales condiciones técnicas de ensamble. La descripción se estructura de acuerdo a la clasificación por sistemas funcionales planteada al inicio del proyecto con el fin de evitar la exclusión u olvido de cualquier elemento clave en el ensamble de la bicicleta.

Tabla 5. Repuestos del sistema estructural ensamblados al marco

PARTE	CARACTERISTICAS	INFLUENCIA DIRECTA EN EL MARCO
Caña 	Fabricada en aluminio para aligerar peso. Su diámetro externo oscila entre 27,2mm y 31,8mm	El diámetro interno del marco debe ser +0,4mm que el externo de la caña
Sillín 	Anti prostático. Es compatible con cualquier tamaño de caña y de marco	NINGUNA. Se ensambla a la caña


<p>Abrazadera</p> 	<p>En el mercado el diámetro interno varía entre 28,6mm y 34,9mm</p>	<p>Su diámetro interno restringe el diámetro externo de tubo usado en la barra vertical</p>
---	--	---

Tabla 6. Repuestos del sistema de transmisión ensamblados al marco

PARTE	CARACTERISTICAS	INFLUENCIA DIRECTA EN EL MARCO
<p>Piñón</p> 	<p>Será de acero cromado con un número de dientes de 16 o 18 según relación de transmisión</p>	<p>NINGUNA. Se ensambla a la llanta</p>
<p>Cadena</p> 	<p>La cadena es fabricada en acero reforzado, con distancia de una pulgada entre cada perno.</p>	<p>Aunque se ensambla en la transmisión y no en el plato, el largo de la cadena influye en las dimensiones traseras del marco</p>
<p>Juego de relación</p> 	<p>Se utilizará un plato fabricado en acero, con biela en aluminio para aligerar el peso. El largo de la biela normalmente es de 160mm a 175mm.</p>	<p>La biela tiene riesgo de colisión con las partes y con el suelo pese a no tener contacto directo con el marco</p>



<p>Eje central de transmisión</p> 	<p>Se usará un eje de largo variable que permita no restringir el marco a esta medida. El diámetro es de 1,37" para ensamble en un buje estándar. Fabricado en aluminio</p>	<p>El eje debe ser compatible con el buje que se escoja para usar en el marco. En este caso se usará el estándar de 1.37"</p>
<p>Pedales</p> 	<p>Eje en acero, estructura en plástico. Con reflectores para ayudar a la visibilidad.</p>	<p>NINGUNA. Se ensambla en el plato</p>
<p>Llanta posterior</p> 	<p>Labrado pistero o de ciudad. Para la actividad urbana lo más recomendable es usar el mayor ancho del mercado: 2.125 pulgadas.</p> <p>En cuanto al diámetro se usará uno de los tamaños estándares: 12", 16", 20", 24", 26"</p>	<p>La separación de las patas o lanzas posteriores de la bicicleta debe ser lo suficientemente amplia para que la llanta no colisione. Así mismo debe evitarse colisión por el diámetro de la llanta.</p>

Tabla 7. Descripción de repuestos del sistema de control ensamblados al marco

PARTE	CARACTERISTICAS	INFLUENCIA DIRECTA EN EL MARCO
<p>Tenedor u Horquilla</p> 	<p>Será un tenedor rígido fabricado en la planta de producción ya que de esta manera se le podrá dar la longitud exacta deseada de acuerdo al diseño del marco</p>	<p>El largo entre el tope superior del tenedor y las ranuras de inserción del eje de la llanta alteran todos los ángulos. por lo tanto las medidas deben ser precisas</p>
<p>Dirección o Manubrio</p> 	<p>Dirección en tubería de acero de 7/8". Con un ancho de 60cm. Altura de 12.5 cm.</p>	<p>NINGUNA. Se ensambla en la espiga</p>
<p>Espiga</p> 	<p>Espiga Ahead en acero de altura variable para poder alterar la posición del manubrio.</p>	<p>NINGUNA. Se ensambla en el tenedor.</p>
<p>Pistas de dirección</p> 	<p>Sistema de rodamientos que se instala en la parte frontal del marco para que el tenedor pueda girar en ese eje.</p>	<p>Las pistas Ahead o sin rosca requieren que el tubo de frente tenga un diámetro externo de 38mm</p>

<p>Llanta delantera</p> 	<p>Labrado pistero o de ciudad, con el mayor ancho del mercado: 2.125 pulgadas.</p> <p>En cuanto al diámetro se usará uno de los tamaños estándares: 12", 16", 20", 24", 26"</p>	<p>El diámetro de la llanta determina que tan alto puede quedar el tubo frontal</p>
<p>Frenos</p> 	<p>Se utilizaran frenos tipo V-brake fabricados en aluminio. Con tacos multifuncionales para condiciones secas y húmedas.</p>	<p>Los delanteros se montan en el tenedor. Los posteriores requieren soldar pivotes de acero para que los frenos realicen su función</p>

Tabla 8. Descripción de accesorios ensamblados al marco

<p>Canasta</p> 	<p>Se realizará un montaje de canasta metálica en la parte frontal que sirva para llevar los implementos escolares.</p>	<p>La altura de la canasta es de 25cm. Se requiere ese espacio entre el manubrio y el guardabarros delantero</p>
<p>Guardabarros</p> 	<p>Se montará un juego de guardabarros plásticos con reflector en la parte trasera que permita protección a la ropa de los usuarios</p>	<p>El guardabarros aumenta la holgura que debe tener la parte posterior del marco. 3"</p>

<p>Guardacadena</p> 	<p>Se fabricará un guardacadena sencillo metálico que se adapte a la geometría del marco para evitar la suciedad al contacto con la cadena</p>	<p>Se fabricará según el marco. Sin embargo deben considerarse los elementos de sujeción de este elemento.</p>
<p>Luces</p> 	<p>Luces de recarga solar para mejorar la visibilidad frente a los demás ciclistas y conductores en la vía.</p>	<p>En la barra vertical del marco se debe disponer campo para adaptar el stop posterior (4cm a lo largo). La luz delantera se ensambla en el manubrio</p>
<p>Paral</p> 	<p>Paral sencillo en acero que permita que la bicicleta esté de pie</p>	<p>El marco debe disponer de un agujero de 3/8" a 5 centímetros del buje de centro para el montaje de este elemento</p>
<p>Pito</p> 	<p>Pito de aluminio para poder llamar la atención de forma sonora en cualquier momento.</p>	<p>NINGUNO. Se ensambla en el manubrio</p>

4.2 ANALISIS DE DEPENDENCIAS ENTRE LOS PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DEL MARCO

Durante el proceso de desarrollo de un marco de bicicleta el principal problema radica en la alteración de la distancia relativa entre las diversas partes y sus respectivos ángulos al realizar modificaciones basadas únicamente en el aspecto formal. Bajo esta premisa, se hará un análisis de la geometría de la bicicleta estudiada inicialmente (Ver figura 3) y de los parámetros métricos establecidos con anterioridad para poder generar una serie de relaciones dependientes una de otra.

Esto servirá como punto de partida para que el proceso de diseño se realice de forma tal que esté cerrado a las posibilidades que brindan solución integral a los requerimientos técnicos y ergonómicos. Con esto se busca reducir al mínimo la posibilidad de errores de diseño puesto que cualquier cambio en dimensiones y ángulos se dará de manera controlada y se tendrá plena certeza que las alteraciones producidas en las geometrías dependientes no desvirtúen ningún aspecto funcional ni el cumplimiento de los requerimientos planteados.

Tabla 9. Dependencias entre parámetros del marco

MEDIDA	DESCRIPCION	CARACTERÍSTICAS
A	Altura de la barra de sillín.	Parámetro dependiente. $(M - J)/\cos F$
B	Distancia barra superior.	Independiente: D
C	Distancia entre ruedas.	Parámetro dependiente: Depende de los parámetros E. D y B

D	Distancia Centro-Eje delantero.	Parámetro dependiente. Debe ser Igual a K (radio de rueda delantera + radio de biela (16-17,5cm) + Holgura de mínimo 10cms para que el pie no choque con la llanta
E	Distancia Centro-Eje posterior.	Parámetro dependiente: La distancia depende del sistema de transmisión que se decida y de la longitud de cadena deseada. Además del tamaño de la llanta trasera
F	Angulo del sillín.	Parámetro Independiente: 68° - 71°. Preferiblemente debe ser el mismo ángulo de dirección por facilidad de producción.
G	Angulo de la dirección.	Parámetro independiente: Se definirá un ángulo de 68° que permita un alto grado de control en el sistema de dirección.
H	Avance.	Parámetro independiente. Se usará un avance de más de 4cm, la precisión de respuesta

		del sistema de dirección prima en este caso sobre la velocidad de respuesta.
I	Longitud de tubo frontal.	Parámetro Independiente: De 10 cm a 17cm
J	Altura Eje de Centro.	Parámetro Independiente: Se establecerá 28 cm, una altura baja que permita tener un bajo centro de gravedad sin que las bielas choquen con el suelo (el radio de biela que se usará es de 17cms)
K	Altura Llanta Delantera.	Parámetro Dependiente: Se escogerá según las demás dependencias, teniendo en cuenta que dependen de los estándares en llantas: 12 pulgadas, 10 pulgadas o 13 pulgadas
L	Altura Llanta Posterior.	Parámetro Dependiente: Se escogerá según las demás dependencias, teniendo en cuenta que dependen de los estándares en llantas: 12

		pulgadas, 10 pulgadas o 13 pulgadas
M	Altura Suelo-Barra de Galápago.	Parámetro Independiente: Altura piso a cresta iliaca - 18cm (Distancia que se resta de la altura del sillín y la cabeza de la caña). $78 - 18 = 60\text{cm}$ (distancia mínima)
N	Altura Suelo-Frente.	Parámetro Dependiente: Altura $M + 18\text{cm}$. Estos 18 centímetros permitirán que aún en la posición más baja del sillín este nunca supere la altura del tubo frontal donde comenzará el sistema de dirección.

Es importante tener en cuenta que existen tres puntos de apoyo entre la bicicleta y el ciclista: pedales, pillín y dirección. De la disposición en el espacio de estos tres puntos finalmente dependerá la postura que adopte el usuario. Esto quiere decir que los puntos formados por los parámetros J, F M y B configuran la estructura básica de la bicicleta, por tanto siempre deben ser variables independientes cuyo valor sea definido con base en los estudios de la fisonomía de los usuarios y la actividad para la que está concebida la bicicleta. Una vez analizados los parámetros discriminando los que son dependientes o independientes, se representan las influencias entre los mismos haciendo una lista de todos los parámetros en la cual se indica con una flecha el rango o valor que lo define para el caso de las variables

independientes. Para los parámetros dependientes la flecha indica cuales son los otros parámetros que influyen en su valor. Esto servirá para establecer un orden coherente en el proceso de cuantificación de los parámetros para definir la estructura del marco con un margen mínimo de error.

A \Rightarrow J
B \Rightarrow D
C \Rightarrow E - D - B
D \Rightarrow K + Radio de Biela + holgura
E \Rightarrow Distancia entre piñón y plato
F \Rightarrow 68°
G \Rightarrow 68°
H \Rightarrow Mínimo 4cm
I \Rightarrow Largo del tubo frontal
J \Rightarrow 28cm
K \Rightarrow 10", 12", 13",
L \Rightarrow 10", 12", 13",
M \Rightarrow Medida ergonómica
N \Rightarrow M + 17,5cm

El siguiente paso tras estudiar las relaciones de dependencia consiste en configurar el orden adecuado de modificación de parámetros:

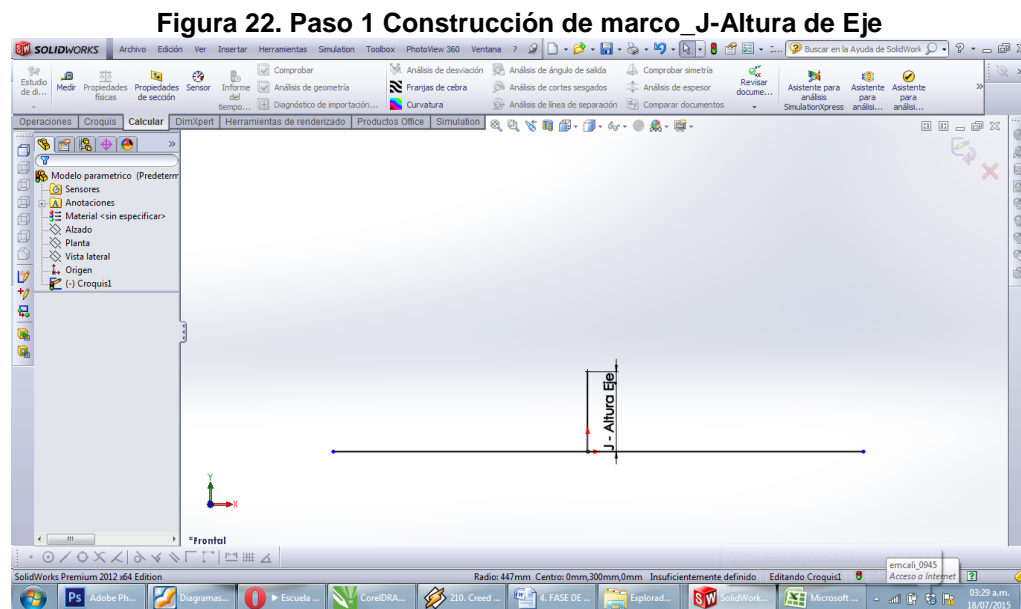
J \Rightarrow E \Rightarrow F \Rightarrow G \Rightarrow A \Rightarrow M \Rightarrow N \Rightarrow B \Rightarrow I \Rightarrow H \Rightarrow D \Rightarrow C \Rightarrow K \Rightarrow L

De la simplicidad de llevar a cabo la introducción y manejo de estas variables dependerá la optimización del proceso de diseño no solo para el marco de este proyecto sino para las futuras aplicaciones de diseño y desarrollo de marcos en la empresa. Se hará uso de las funciones de croquis y relaciones dependientes del software SOLIDWORKS para realizar la introducción controlada de estas variables como el primer paso de configuración de la estructura del marco. Esta fase de construcción se basa en crear una geometría paramétrica basada en dependencias,

sin tener en cuenta aún el valor numérico de ningún elemento, salvo las llantas que se dan según diámetros estándar.

4.3. ESTRUCTURACIÓN PARAMETRIZADA DEL MARCO

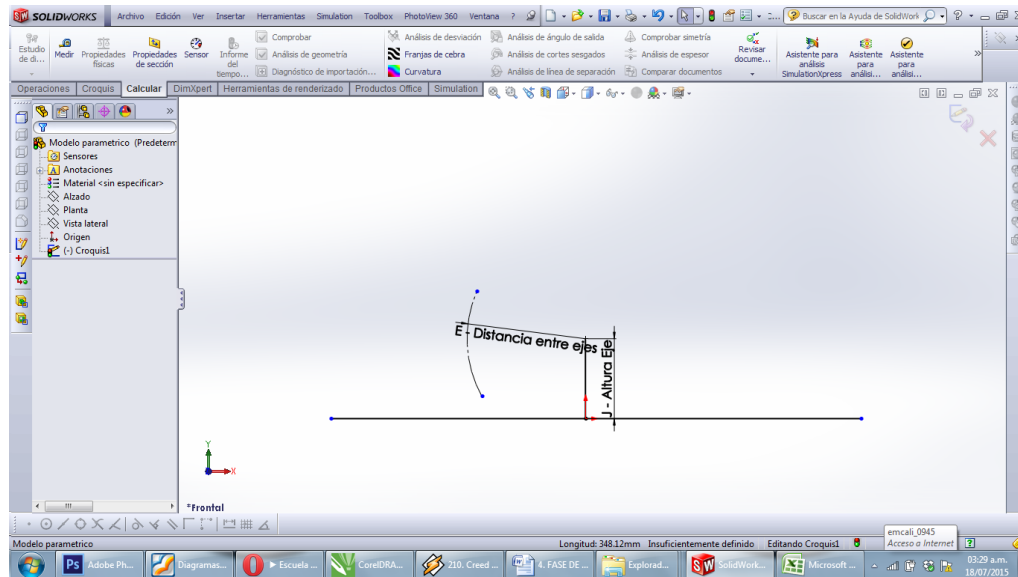
- Paso 1. Se traza una línea de suelo y se eleva el primer eje.



Fuente: Autor

- Paso 2. Se traza un arco hacia desde el eje hacia el centro de la llanta

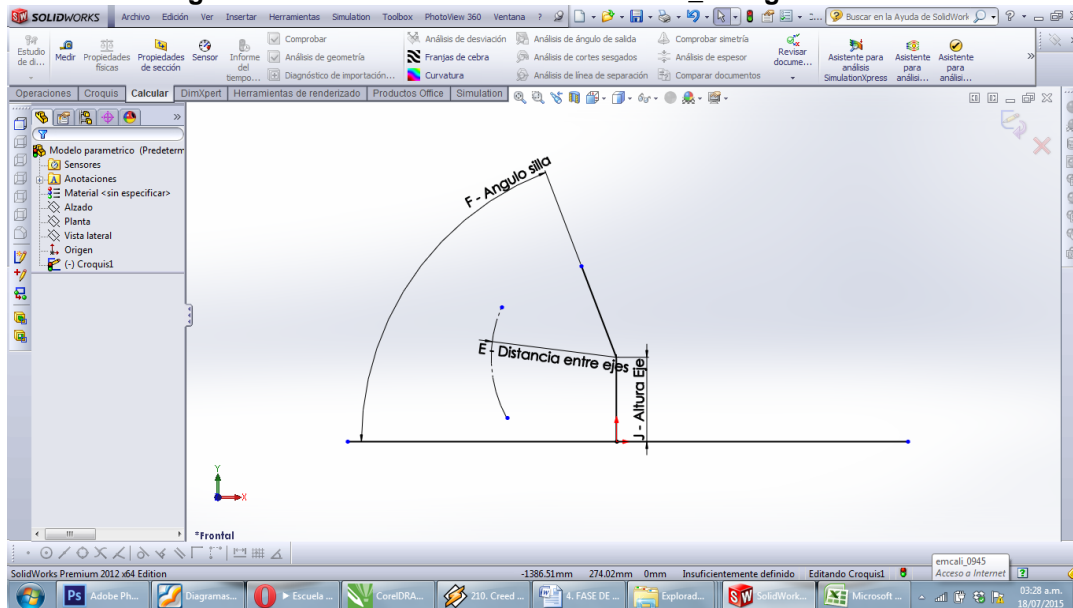
Figura 23. Paso 2 Construcción de marco_E-Distancia Centro/Eje trasero



Fuente: Autor

- Paso 3. Se traza una línea acotando el ángulo

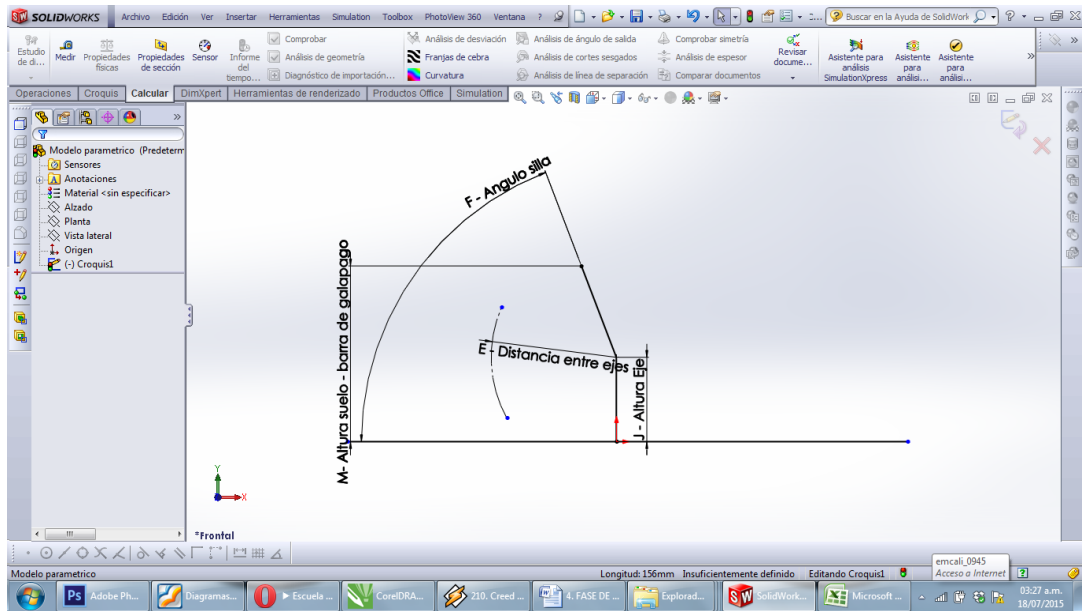
Figura 24. Paso 3 Construcción de marco_F-Angulo de sillín



Fuente: Autor

- Paso 4. Se marca la altura de la barra de sillín

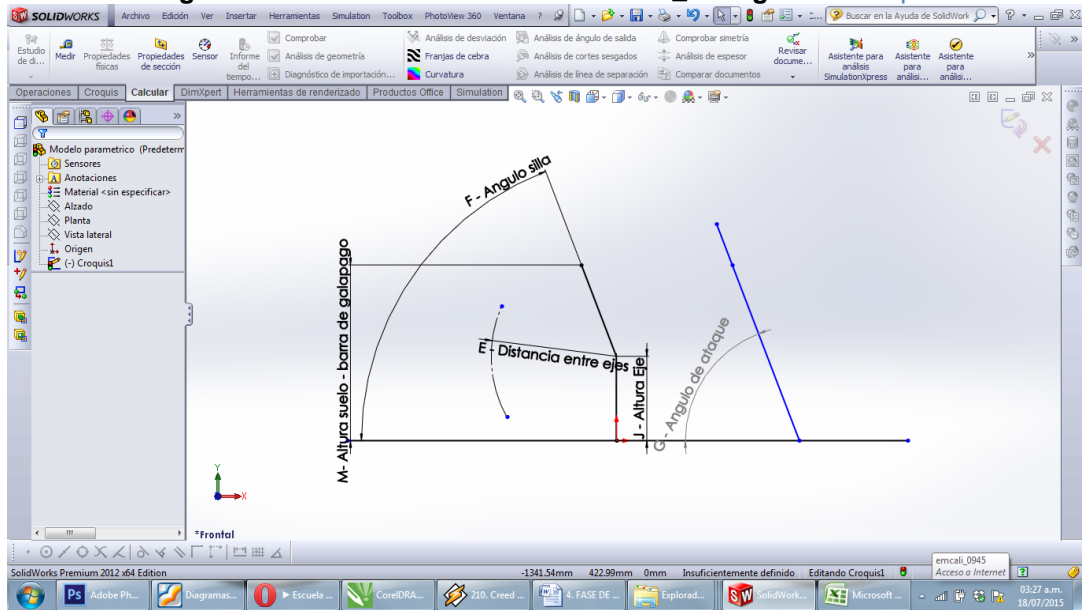
Figura 25. Paso 4 Construcción de marco_M-Altura suelo/Barra de galápago



Fuente: Autor

- Paso 5. Se traza la paralela al ángulo F representando el ángulo de ataque

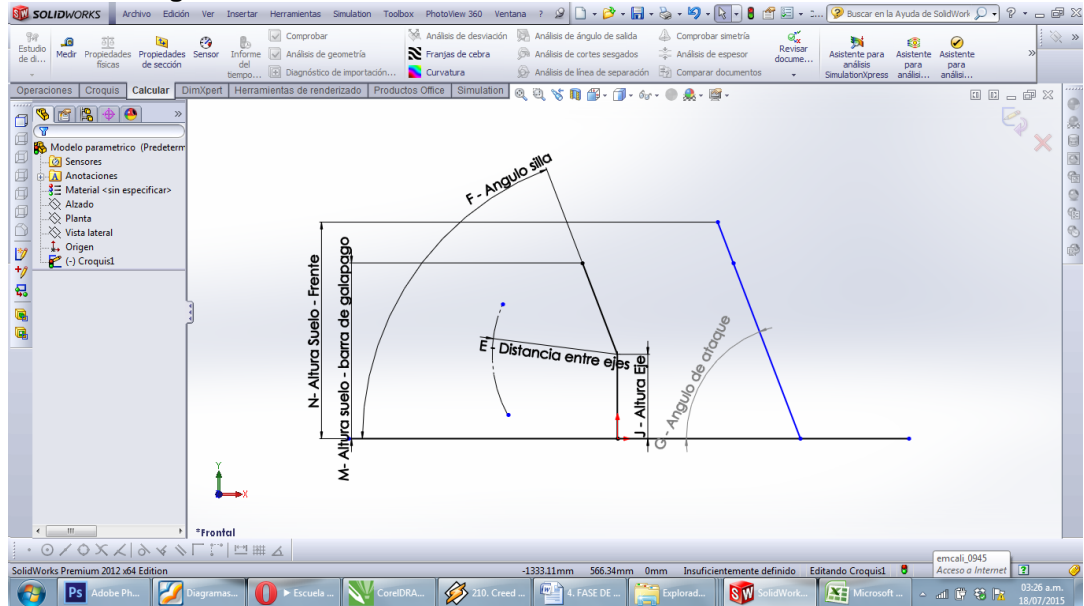
Figura 26. Paso 5 Construcción de marco **G**-Angulo de ataque



Fuente: Autor

- Paso 6. Se traza una la altura del frente sobre la proyección de la diagonal trazada

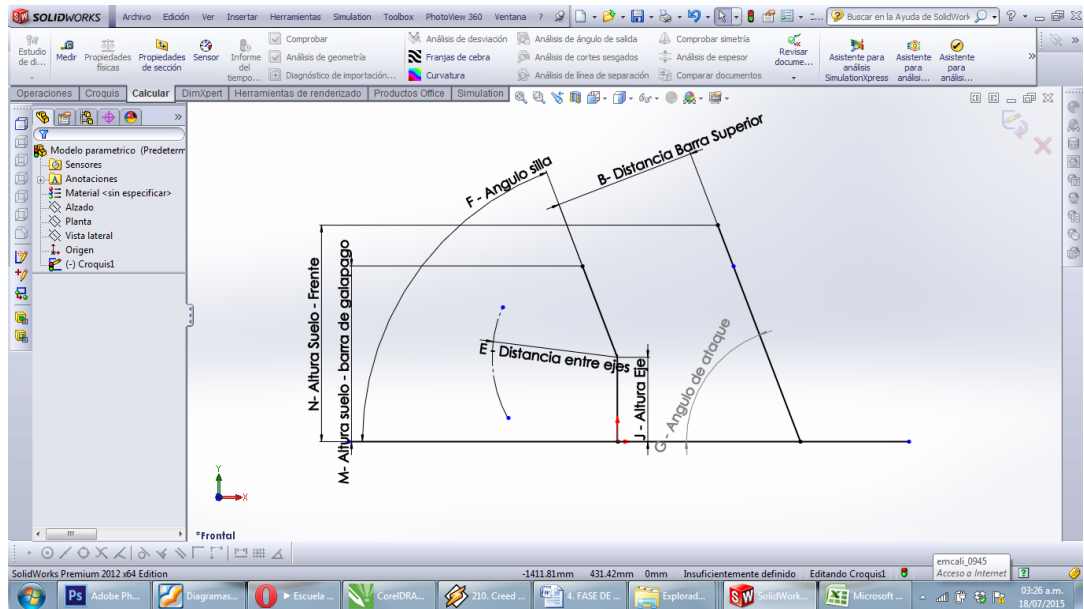
Figura 27. Paso 6 Construcción de marco_N-Altura suelo/Frente



Fuente: Autor

- Paso 7. Se traza la perpendicular entre los dos ángulos que representará la separación entre ambos

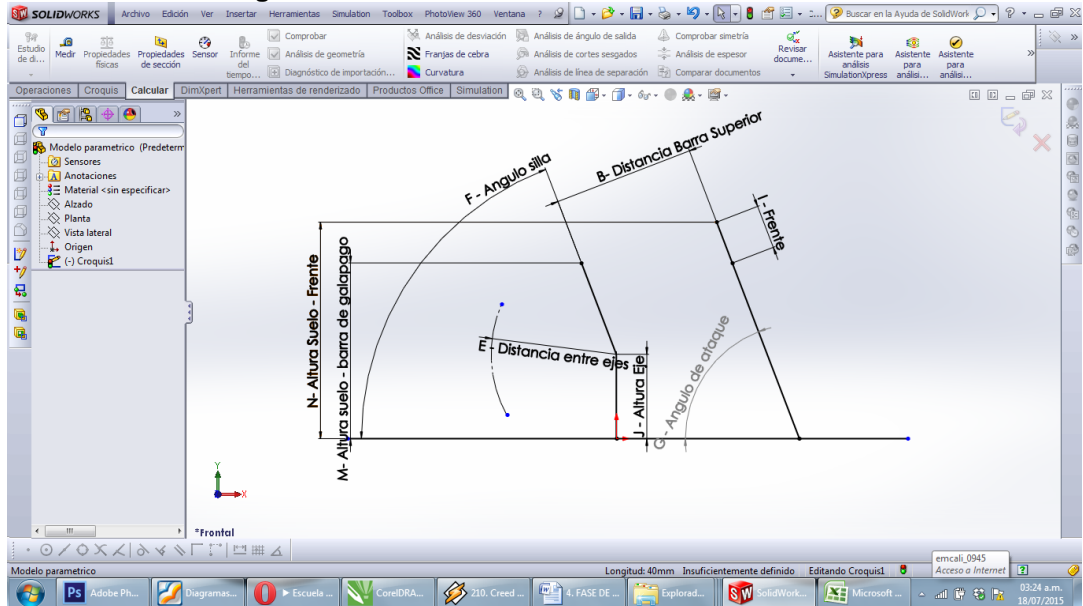
Figura 28. Paso 7 Construcción de marco_B-Distancia barra superior



Fuente: Autor

- Paso 8. Desde el punto más alto se traza el eje de frente o dirección

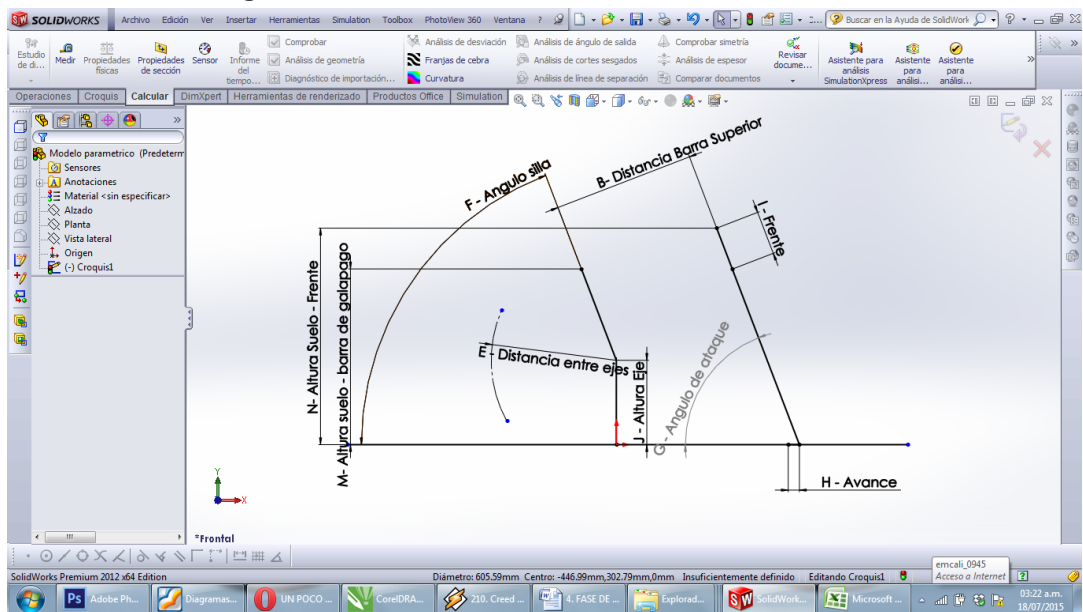
Figura 29. Paso 8 Construcción de marco_I-Frente



Fuente: Autor

- Paso 9. Se marca el avance desde el punto más adelantado

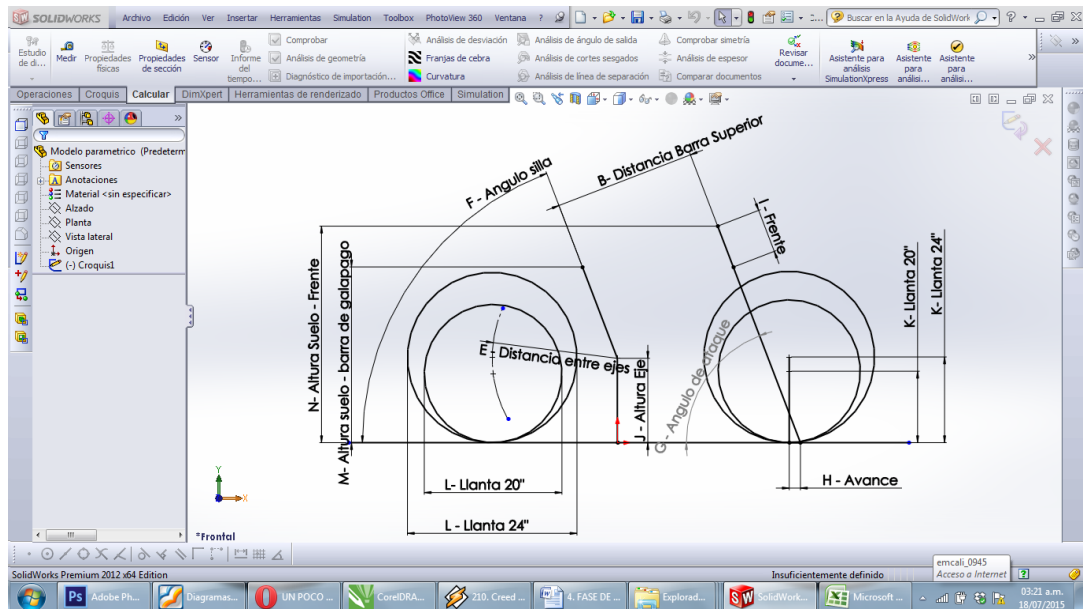
Figura 30. Paso 9 Construcción de marco_H-Avance



Fuente: Autor

- Paso 10. El arco E y la proyección vertical del punto de avance serán los puntos de ubicación del centro de las llantas, a su vez tangentes al suelo

Figura 31. Paso 10 Construcción de marco_L- Llanta trasera; K-Llanta delantera



Fuente: Autor

Se observa que el ángulo F es igual al G, por lo tanto los dos ángulos quedarán definidos en un solo paso cuando se cuantifique el ángulo F. Por otro lado, la recta A parte del origen determinado por la altura J y tanto su distancia como su dirección están completamente definidos como consecuencia de los parámetros J-E-F, esto significa que no será necesario cuantificar A. Después del paso H se observa que los segmentos D-C estarían completamente definidos y sin conflicto con ninguna otra medida, de esta manera también se descarta el paso consistente en cuantificar estas variables. Por último, la elección del tamaño de las llantas compatibles con la bicicleta está restringida por los diámetros disponibles en el mercado, así que basta con trazar las distintas circunferencias de las llantas con tangencia al suelo, moviendo los centros sobre las líneas proyectadas por donde debe pasar el centro de cada una para terminar de definir la estructura del marco.

Al final de estos 10 pasos se simplifica el proceso de construcción del marco en 8 pasos consecutivos en un orden lógico que proporciona una construcción controlada de la estructura:

J ⇒ E ⇒ F ⇒ M ⇒ N ⇒ B ⇒ I ⇒ H

Tabla 10. Tabla de parámetros finales

# De Paso	Elemento	Dimensión	Unidades	Tolerancia
1	J	280	Milímetros	±10
2	E	380	Milímetros	±2
3	F	68	Grados	+3
4	M	600	Milímetros	0
5	N	775	Milímetros	0
6	B	500	Milímetros	±5
7	I	130	Milímetros	0
8	H	40	Milímetros	+10

Fuente: Autor

Hasta el momento se ha creado un croquis que puede ser modificado en base a la alteración de los 8 parámetros básicos que se establecieron. La tabla 10 describe los valores necesarios de cada parámetro para cumplir con los requerimientos de diseño. Así mismo, se establece que rango de tolerancia tiene cada parámetro en caso de que sea necesario realizar algún ajuste.

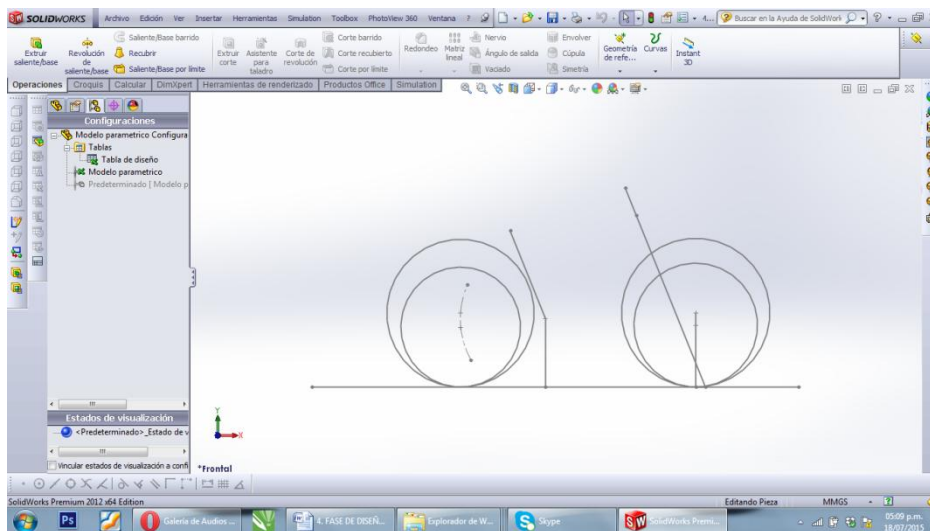
Una vez definidos estos valores se utiliza la herramienta “tabla de diseño” en Solidworks. Esta herramienta permitirá crear la tabla 11, una hoja de cálculo con todas las variables vinculadas en forma de cotas al croquis llamado “@Construcción de Marco”. La importancia de vincular el croquis a la hoja de cálculo radica en que servirá para generar infinidad de modelos a partir de la modificación de parámetros. Esto permitirá facilitar en adelante el diseño de cualquier bicicleta sin importar su tipo o tamaño, pues el proceso de diseño de marcos dejará de ser un ciclo consistente en proyectar-prototipar-evaluar, para convertirse en una tarea que se realiza mediante una introducción controlada de datos.

Tabla 11. Tabla de diseño

	1-Altura Eje@Construccion de Marco	2-Distancia entre ejes@Construccion de Marco	3-Angulo de silla@Construccion de Marco	4-Altura Suelo- Barra de galapago@Construccion de Marco	5-Altura Suelo-Frente@Construccion de Marco	6-Distancia barra superior@Construccion de Marco	7-Frente@Construccion de Marco	8-Avance@Construccion de Marco
Valor	280	380	68	600	775	500	130	40

Fuente: Autor

Figura 32. Croquis final de la estructura del marco



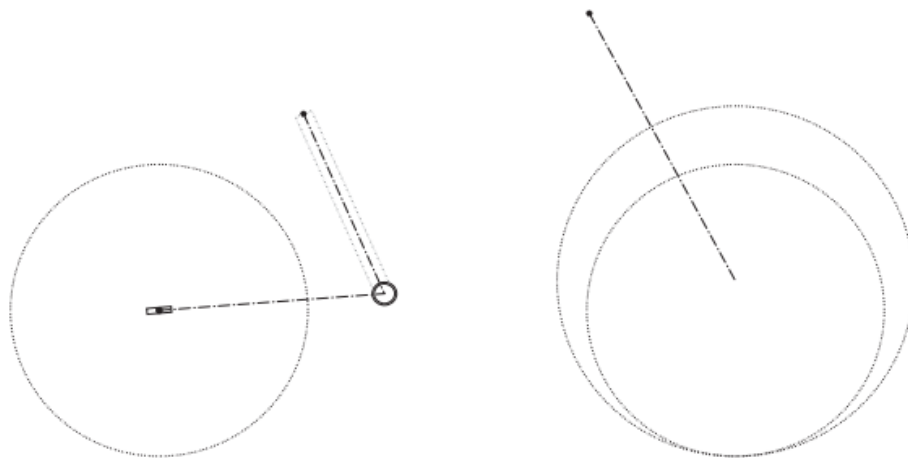
Fuente: Autor

4.4 GENERACION DE CONCEPTOS

La generación de conceptos inicia tras la estructuración de los elementos geométricos del marco realizada en Solidworks definiendo a partir del croquis una

plantilla con las coordenadas básicas (Los tres puntos de apoyo y los ejes de las llantas) dispuestas de tal manera que se asegure con certeza la funcionalidad esperada del marco. Así mismo, usando un slot²⁹ para el ensamble de la llanta trasera como se definió en los parámetros métricos con el fin de poder mover la llanta hacia atrás o adelante dependiendo del grado de tensión de la cadena de transmisión. El croquis contempló el uso de llantas estándares de diámetros de 20" y 24". En la parte trasera se evidencia que una llanta 24 no sería aconsejable por la cercanía con la barra de sillín, así que se descarta el uso de una llanta trasera grande con respecto al croquis final, en la parte delantera se dejan abiertas ambas posibilidades al no presentar ningún conflicto.

Figura 33. Croquis final de la estructura del marco



Fuente: Autor

Los programas vectoriales permitirán una mayor agilidad en la generación de alternativas puesto que los principales aspectos formales de diseño de un marco se definen en su cara lateral. Todas las alternativas se harán en base a la plantilla, ya que las dimensiones necesarias para el correcto funcionamiento ya están establecidas en la misma. La posibilidad de modificar los valores de algunos

²⁹El slot es una ranura de la pata trasera del marco que permite un grado de libertad al eje de la llanta posterior. De esta forma puede controlarse la tensión de la cadena.

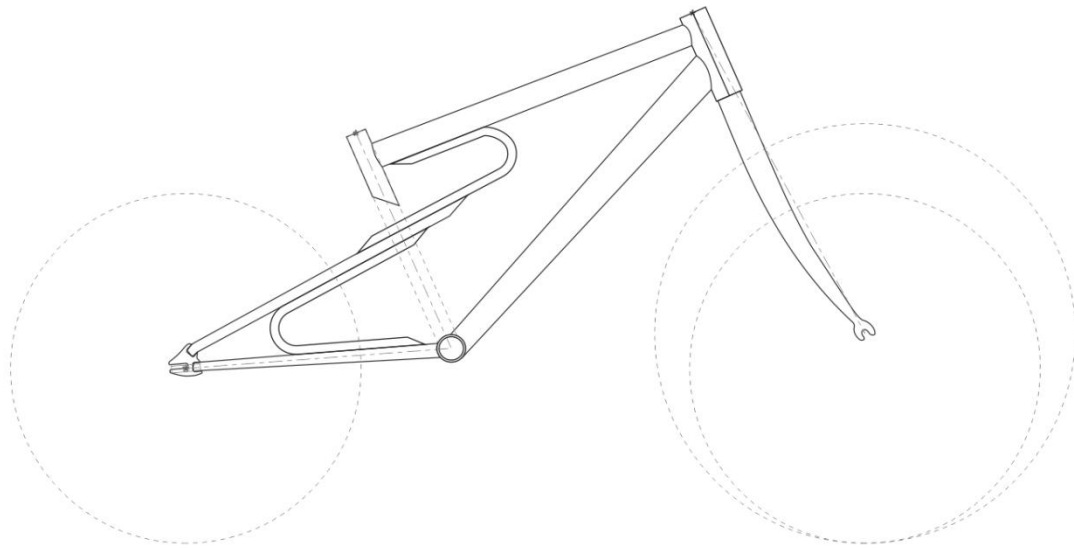
parámetros dentro del rango de tolerancia para lograr más diversidad en las alternativas se descarta de momento para simplificar el proceso pues las diferencias formales de estos cambios serían poco perceptibles. La posibilidad de modificar la geometría se tendrá en cuenta si llegara a presentarse algún conflicto no esperado durante el proceso de fabricación del prototipo o durante el ensamble de la bicicleta.

Aunque en todo proceso de diseño la evolución de la forma y la función debe desarrollarse como un proceso holístico, el uso de esta plantilla sirve para dirigir el trabajo formal a una dirección correcta que sea acorde a los requerimientos funcionales y técnicos tanto del marco visto como un producto final en sí mismo, como de su compatibilidad final con las demás piezas en el proceso de ensamble de la bicicleta. Las tuberías utilizadas en la generación de conceptos se proyectan de acuerdo a los estándares. Diámetros de 1/2 a 2 pulgadas en calibres de 14 a 22. Aunque también se considera el uso de platinas o tuberías ovaladas siempre y cuando estén dentro de los estándares comerciales.

4.4.1. Alternativa 1

Con esta alternativa se buscó una diferenciación a través de las lanzas traseras del marco, haciéndolas en varias partes y no en una sola aportando un aire de modernidad y esperando con los segmentos curvos dar la sensación de amortiguamiento en la parte trasera. La barra de sillín es parcial y no total, proyectada hacia el centro del eje del marco. La unión soldada se hará en la parte superior de este segmento para que el momento que genere peso del usuario sea transmitido en mayor medida a la mitad inferior del tubo de la barra superior y así sea soportado por todo el sistema trasero. De esta manera se busca que el marco sea lo suficientemente seguro a pesar de no tener un punto de unión entre el centro y la barra de sillín.

Figura 34. Alternativa de marco N°1



Fuente: Autor

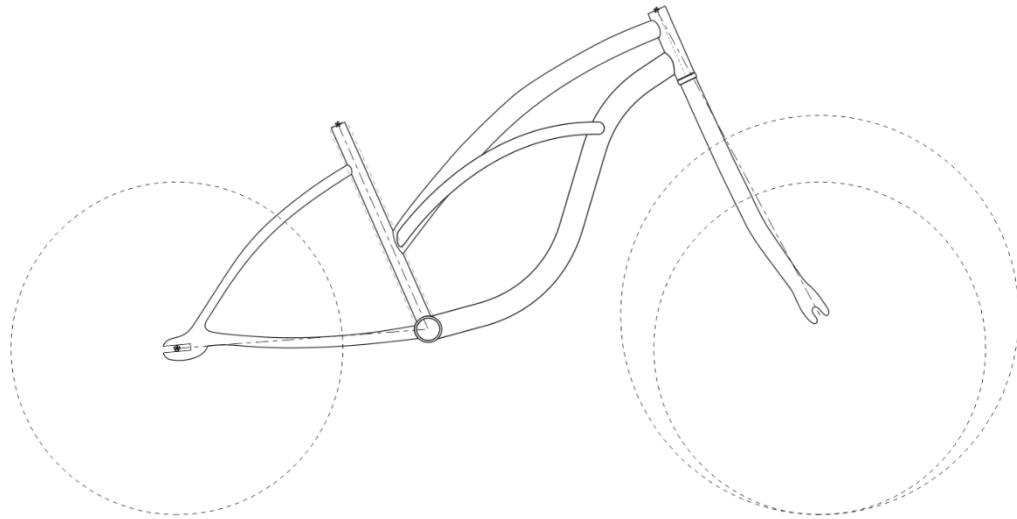
4.4.2. Alternativa 2

Se propone una alternativa que encaje en el concepto de bicicleta playera. Una tendencia recurrente en las bicicletas urbanas y que están asociadas a un concepto clásico y de gran confort para pedalear.

Dado que la bicicleta playera muchas veces está asociado a la feminidad, se busca utilizar una curva en la parte superior que logre evocar el concepto del tanque de una motocicleta.

Por otro lado la unión de la barra superior a la vertical se efectúa en un punto intermedio entre el más utilizado normalmente para hombres (la parte superior de la barra de sillín) y para mujeres (más cercano al eje de centro), esto con el fin de darle un sentido unisex al marco

Figura 35. Alternativa de marco N°2



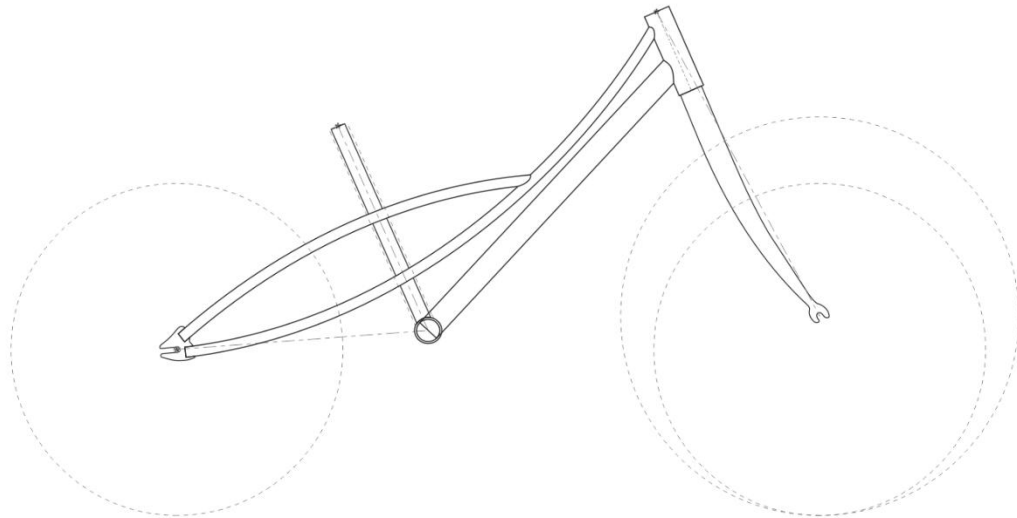
Fuente: Autor

4.4.3. Alternativa 3

La tercera alternativa busca optimizar la capacidad de producción (utilizando elementos con el mismo radio de curvatura pero con distintas longitudes), y al mismo tiempo hacer un cambio importante en los modelos comunes de marcos al eliminar las lanzas inferiores, haciendo de esta forma una conexión de la barra superior con la pata trasera del marco directamente.

El sustento estructural en esta alternativa sería la barra de sillín, ya que todas las barras que pasen por su lado serán soldadas al mismo, ya que por el diámetro utilizado en la barra superior (3/4"), sería riesgoso utilizar un elemento tan largo solo con dos puntos de apoyo que a su vez soportan las fuerzas de reacción del suelo. Esto es importante sobre todo teniendo en cuenta que al ser un producto que será propiedad de una institución del estado no todos los usuarios harán un uso cuidadoso de la bicicleta y por ende, del marco.

Figura 36. Alternativa de marco N°3



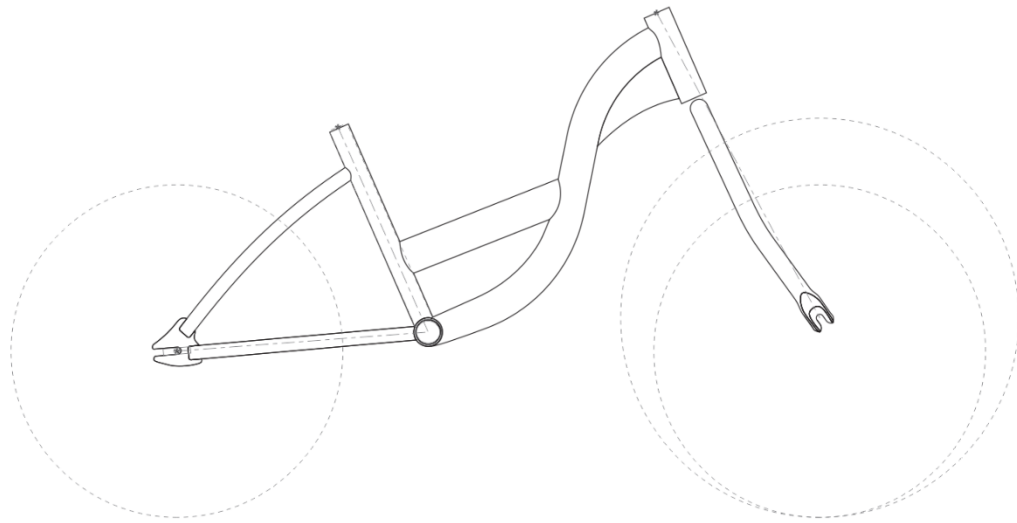
Fuente: Autor

4.4.4. Alternativa 4

Con este concepto se pretende desmaterializar el marco, se propone la barra superior ovalada y un corte diagonal en la unión con la barra inferior curvada. De esta manera distribuir los esfuerzos en la estructura causados por el peso del usuario. La platina de la parte frontal aportaría un apoyo para resistir el momento formado en esa unión a causa del peso del ciclista.

En definitiva se busca reducir el material en los dos elementos que más funcionan como soporte en este marco (la barra ovalada superior y la platina de refuerzo) sin alterar su funcionalidad.

Figura 37. Alternativa de marco N°4



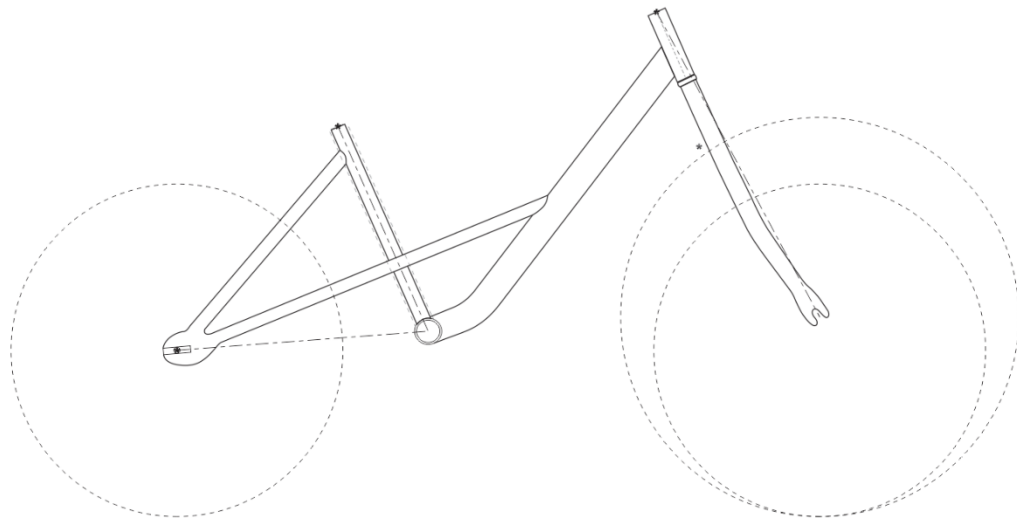
Fuente: Autor

4.4.5. Alternativa 5

Esta alternativa busca encontrar ligereza visual al utilizar pares de líneas rectas que sean paralelas entre sí. La ausencia casi total de dobleces tiene como efecto un alto grado de viabilidad de fabricación al reducir el proceso de alistamiento de tubería a una serie de cortes rectos a excepción del pequeño doblado de la barra inferior.

Sin embargo podría considerarse que los tubos rectos que hacen las veces de lanza inferior y se unen en la mitad de la barra superior puedan dar el mensaje al usuario de poder subir a otro niño sobre ese par de tubos.

Figura 38. Alternativa de marco N°5



Fuente: Autor

4.5 Análisis de requerimientos resueltos en la estructuración

Antes de calificar los distintos conceptos de diseño se realiza una evaluación de los requerimientos de diseño planteados en la fase de análisis que fueron resueltos parcial o totalmente con la estructuración del marco, su cumplimiento se logró al definir con acierto los parámetros y al escoger los repuestos. Aunque todos los requerimientos dependen de forma directa del marco, la mayoría se logran desde su estructuración y no desde su aspecto formal, por lo que su cumplimiento satisfactorio no se verá alterado independientemente de cuál sea la alternativa de diseño escogida (siempre y cuando haya sido acoplada a la geometría definida en la estructuración).

Tabla 12. Análisis preliminar de cumplimiento de requerimientos de diseño

Requerimiento	Aspectos que influyen en el cumplimiento del requerimiento	¿Cómo se cumplió?
Ventaja mecánica	Escoger la relación de transmisión adecuada y la distancia entre ejes	Parámetro E. Repuestos
Respuesta en las curvas	Una medida de avance adecuada en el sistema de control	Parámetro H
Adaptabilidad a posturas para distintos usuarios	Marco	Parámetros J - F - N - M - B
Resistencia a condiciones ambientales	Tratamiento adecuado de pintura	Pendiente
Fácil almacenaje	Ensamble	Pendiente
Protectores para no ensuciar la ropa	Adaptabilidad de accesorios	Pendiente
Algún tipo de elemento para llevar el morral	Adaptación de accesorios	Definido por repuesto
Velocidad máxima menor a 30km/h	Escoger la relación de transmisión adecuada y la distancia entre ejes	Parámetro E. Repuestos
Resistencia a la fatiga	Marco	Pendiente
Resistencia a peso de usuario	Marco	Pendiente
Centro de masa bajo	Marco	Pendiente
Permite montaje de frenos	Escogencia adecuada del sistema de frenos y pivots en el marco	Definido por repuesto
Adaptación de elementos reflectivos	Escogencia de repuestos	Definido por repuesto (pedales, llantas)
Visibilidad de la bicicleta	Marco	Pendiente
Adaptación de elementos sonoros	Escogencia de repuestos	Definido por repuesto (Pito, dirección)

Control de las curvas	Configuración adecuada del sistema de control	Parámetro H Definido por repuesto (Tenedor)
Uso de calibres comerciales	Marco	Pendiente
Uso de insumos disponibles en el mercado	Marco	Pendiente
Factibilidad de producción	Marco	Pendiente
Identidad visual del programa	Marco y accesorios	Pendiente
Sensación de seguridad	Marco	Pendiente

Fuente: Autor

Partiendo de este análisis preliminar la evaluación de alternativas se enfocará en la factibilidad de producción, visibilidad y el uso de materia prima de los mismos, así como de la identidad visual del programa.

Tabla 13. Listada filtrada de requerimientos

Requerimiento	Aspectos que influyen en el cumplimiento del requerimiento	¿Cómo se cumplió?
Resistencia a condiciones ambientales	Tratamiento adecuado de pintura	Pendiente
Fácil almacenaje	Ensamble	Pendiente
Protectores para no ensuciar la ropa	Adaptabilidad de accesorios	Pendiente
Resistencia a la fatiga	Marco	Pendiente
Resistencia a peso de usuario	Marco	Pendiente
Centro de masa bajo	Marco	Pendiente

Visibilidad de la bicicleta	Marco	Pendiente
Uso de calibres comerciales	Marco	Pendiente
Uso de insumos disponibles en el mercado	Marco	Pendiente
Factibilidad de producción	Marco	Pendiente
Identidad visual del programa	Marco y accesorios	Pendiente
Sensación de seguridad	Marco	Pendiente

Fuente: Autor

Se evidencia que son pocos los requerimientos que aun están sin solución, sin embargo algunos como la visibilidad y el almacenaje dependen mucho del ensamble y no del marco, por lo tanto también serán descartados para la realización de la evaluación de las alternativas de diseño

4.6 SELECCION DE CONCEPTOS

La evaluación de conceptos se realizó por parte de los jefes de área de la planta de producción de la empresa. La razón de ser de este modo de elección es que los requerimientos que quedan pendientes por cumplir y que se tomaron en cuenta para la elección son los relativos a la factibilidad de producción, resistencia y sensación de seguridad. Cada concepto fue calificado de 1 a 5 en cada requerimiento, siendo 5 el mejor y 1 el peor. De esta manera se podrá obtener una escala cuantitativa que involucre en el mismo proceso una calificación que permita comparar entre si cada una de las alternativas.

Tabla 14. Selección de concepto

Requerimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5
Resistencia a la fatiga	Depende del calibre usado				
Resistencia a peso de usuario	Depende del calibre usado				
Centro de masa bajo	1	4	2	5	3
Visibilidad de la bicicleta	3	5	1	4	2
Uso de calibres comerciales	5	5	5	5	5
Factibilidad de producción	1	3	4	5	2
Sensación de seguridad	2	4	1	3	5
TOTAL	12	21	13	22	17

Fuente: Autor

Después de sumar el puntaje de los conceptos, la alternativa que obtiene un mejor resultado es la 4; esta será entonces la alternativa escogida.

Se evidencia que las alternativas con mayor puntaje han sido las que presentan una mayor sensación de robustez. Esta característica es básica para un marco que está orientado a ser de uso público teniendo en cuenta las conductas vandálicas que podrían llegar a tener tanto los usuarios como personas ajenas al programa.

A pesar de tener un puntaje similar, la diferenciación de la alternativa 4 con respecto a la alternativa 2 radica en varias razones. Una de estas razones es la sensación de rigidez: La platina de refuerzo permite que la unión de la barra inferior y el frente sea lo suficientemente resistente, pues a pesar de no tener una segunda barra soldada al tubo de frente la adición de la platina aumenta el área de unión de esta zona del marco. Este aspecto es importante, pues en todo marco de bicicleta uno

de los puntos más sensibles a la rotura es precisamente la unión de barra superior e inferior al tubo frontal.

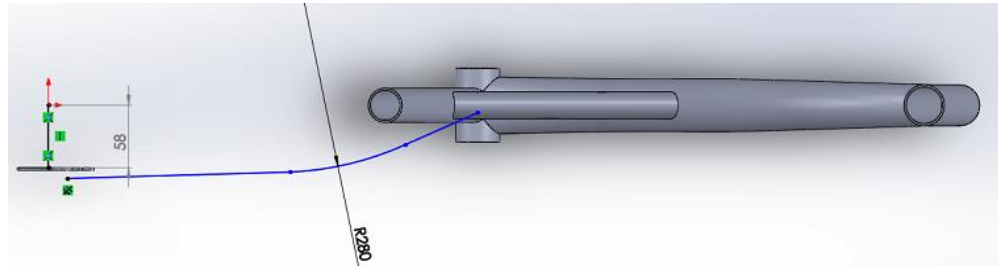
Por otro lado, la factibilidad de producción cumple un papel primordial en la asignación de puntajes. La tubería de la alternativa 4 requiere de muy pocos procesos de transformación previos a la aplicación de soldadura pues solamente una de sus barras tiene transformaciones importantes en la forma que se configura..

Finalmente, teniendo en cuenta que la concentración de material del marco en alguna zona específica del mismo genera de forma automática alteraciones en el centro de masa de la bicicleta, se observa que las alternativas 2 y 4 concentran su peso en la parte inferior del marco obteniendo con esto un centro de masa bajo y por ende, una mejor maniobrabilidad de la bicicleta. Como conclusión, se dará continuidad al proceso de diseño con la alternativa 4, teniendo en cuenta que existe una segunda opción bien calificada que podría ser desarrollada a nivel comercial por parte de la empresa o en futuros proyectos similares.

4.7. PRUEBA DE ENSAMBLAJE VIRTUAL

Una vez seleccionado el concepto más adecuado, se procede a modelar las piezas partiendo del croquis parametrizado. El marco en su mayoría estaba totalmente definido en la cara lateral, el único aspecto importante en otro plano es la separación de las lanzas que acorde a los parámetros métricos deben tener la suficiente separación para no interferir con los guardabarros.

Figura 39. Vista auxiliar de modelado_Separación de las lanzas traseras



Fuente: Autor

También se modela cada uno de los repuestos relevantes en el funcionamiento de la bicicleta y posteriormente se realiza el ensamble.

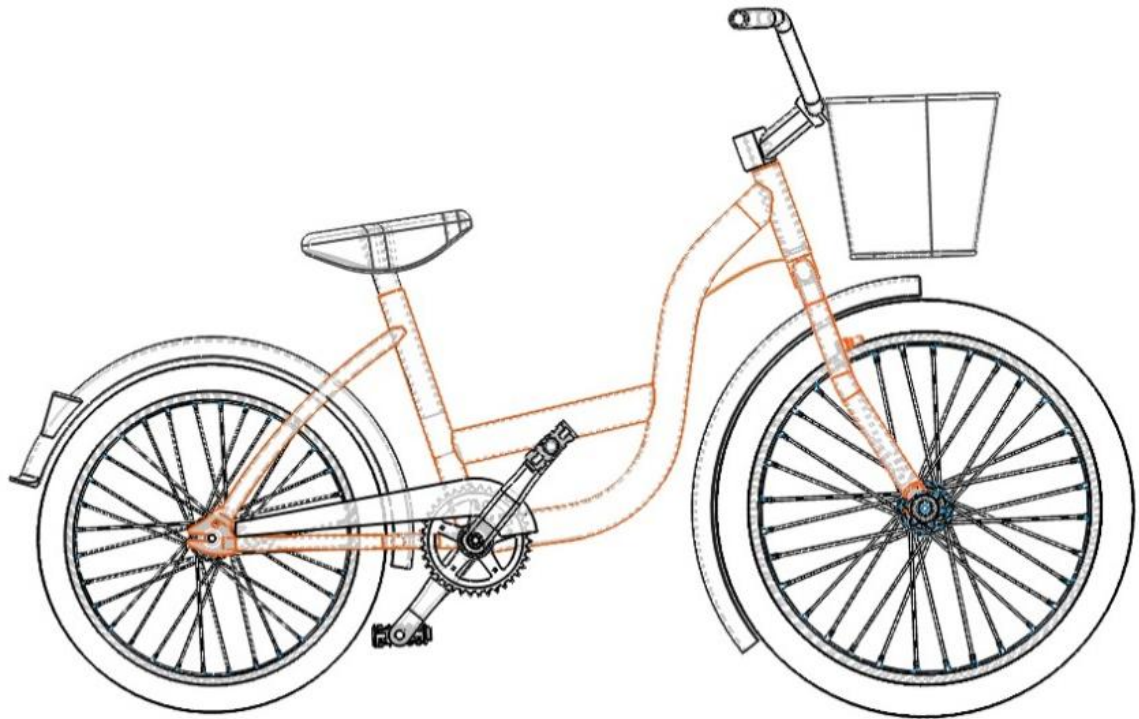
Figura 40. Ensamble virtual de la bicicleta en estilo de visualización sombreado



Fuente: Autor

El objetivo de realizar un ensamblaje virtual era encontrar algún tipo de incompatibilidad de elementos o colisiones. Al final se detecta que no existe ningún problema en este aspecto.

Figura 41. Ensamble virtual de la bicicleta en estilo de visualización ocultas visibles



Fuente: Autor

Se puede concluir que los ángulos de doblez y puntos de unión de la barra inferior, la platina y la barra ovalada superior pueden tener variaciones para aumentar la zona apoyo de la platina, así mismo, para aumentar la holgura entre el marco y el guardabarros. También se puede observar que la flexibilidad de variaciones de estos 3 elementos permite que puedan modificarse sus dimensiones finales de acuerdo a lo más viable desde el punto de vista productivo. Bajo esta premisa, se realizará el plano con los dobleces de forma simétrica para poder utilizar la misma dobladora para las dos puntas.

4.8 DISEÑO DE DETALLE

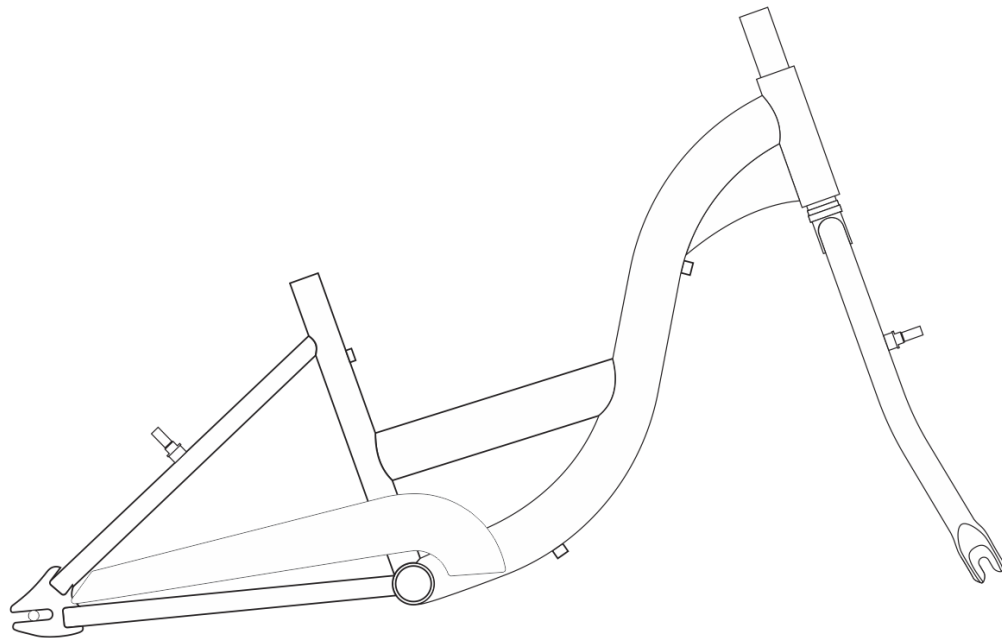
Una vez evaluada la factibilidad de ensamble de la bicicleta sobre el marco diseñado, se procederá a la aplicación de colores e identidad visual del programa y

la realización del plano final con las conclusiones de la prueba de ensamble para poder tener la información necesaria para dar inicio a la construcción del prototipo en la planta de producción de la empresa.

4.8.1 Aplicación de color e identidad visual.

Cuando se desarrolló la lista de repuestos se estableció que tanto el tenedor como el guardacadena también se fabricarían en la planta de producción con el fin de poder modificar sus formas y dimensiones acordes al marco y no al contrario. Así que estos repuestos harán parte de la identidad visual.

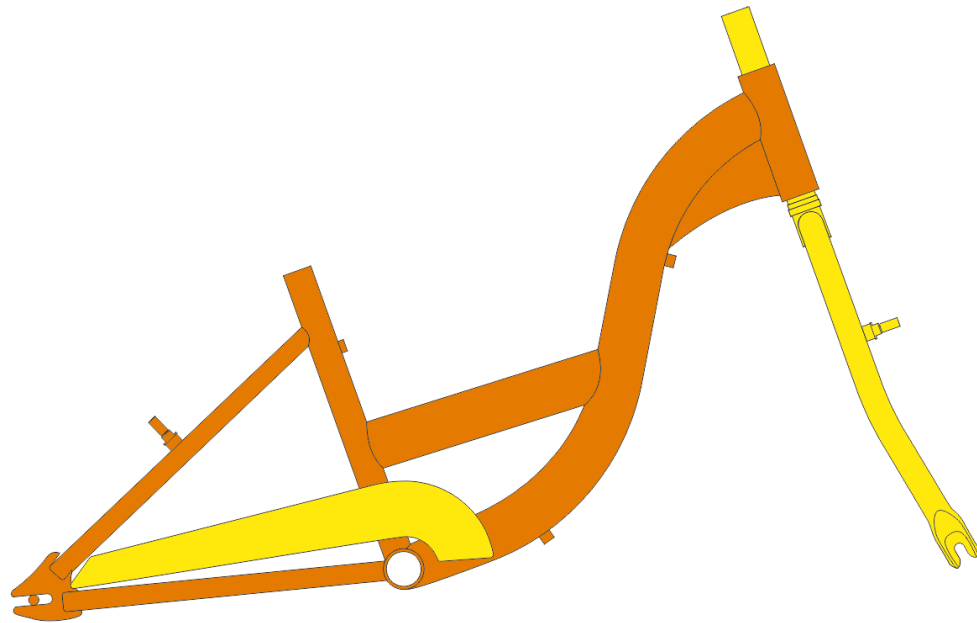
Figura 42. Ensamble de Marco-Tenedor-Guardacadena



Fuente: Autor

Se utilizará pintura electrostática en las 3 piezas, utilizando la gama de colores cálidos, resaltando el naranja por su alta visibilidad diurna

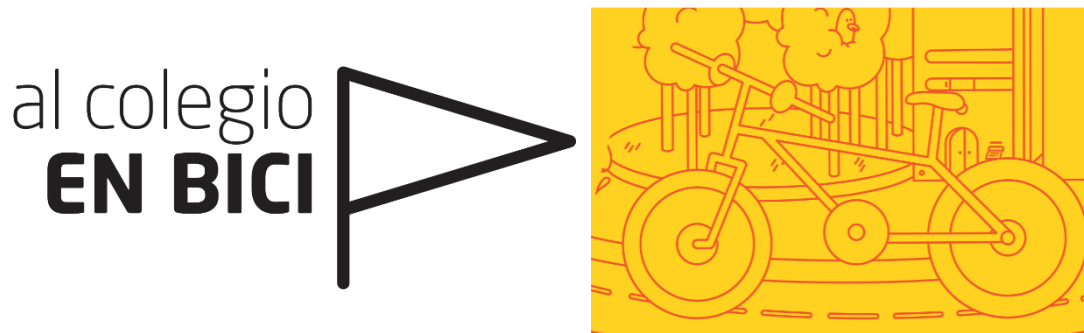
Figura 43. Aplicación de color en las partes fabricadas en la planta



.Fuente: Autor

Por otro lado, es imprescindible la aplicación de la identidad corporativa del programa "Al colegio en bici", en la cual se utilizara el logo y la imagen promocional en la gama de colores cálidos.

Figura 44. Logo e imagen promocional del programa "Al colegio en bici"

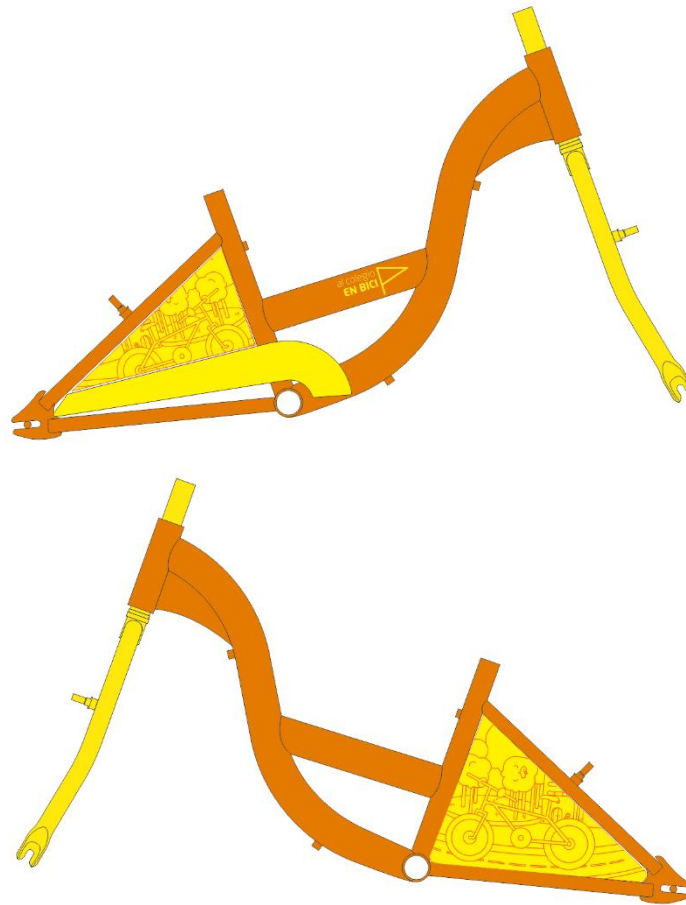


Fuente: Secretaría de Educación Distrital - Bogotá D.C.

El logotipo se colocará en el eje largo de la barra ovalada en color amarillo por medio de la técnica de aerografía después de pintar las otras piezas. La publicidad se colocará en los costados de las lanzas traseras en una aplicación adhesiva sobre láminas de poliestireno calibre 40. Debido a que en un lado estará el guardacadena

y por el otro no, el tamaño de la lámina publicitaria será distinto en cada costado para poder cubrir el mayor área posible. Para poder llevar a cabo la instalación de estas piezas al marco, deberán adicionarse platinas soldadas que sirvan como soporte para estos elementos.

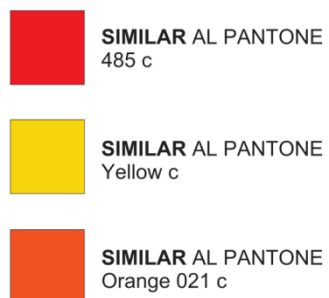
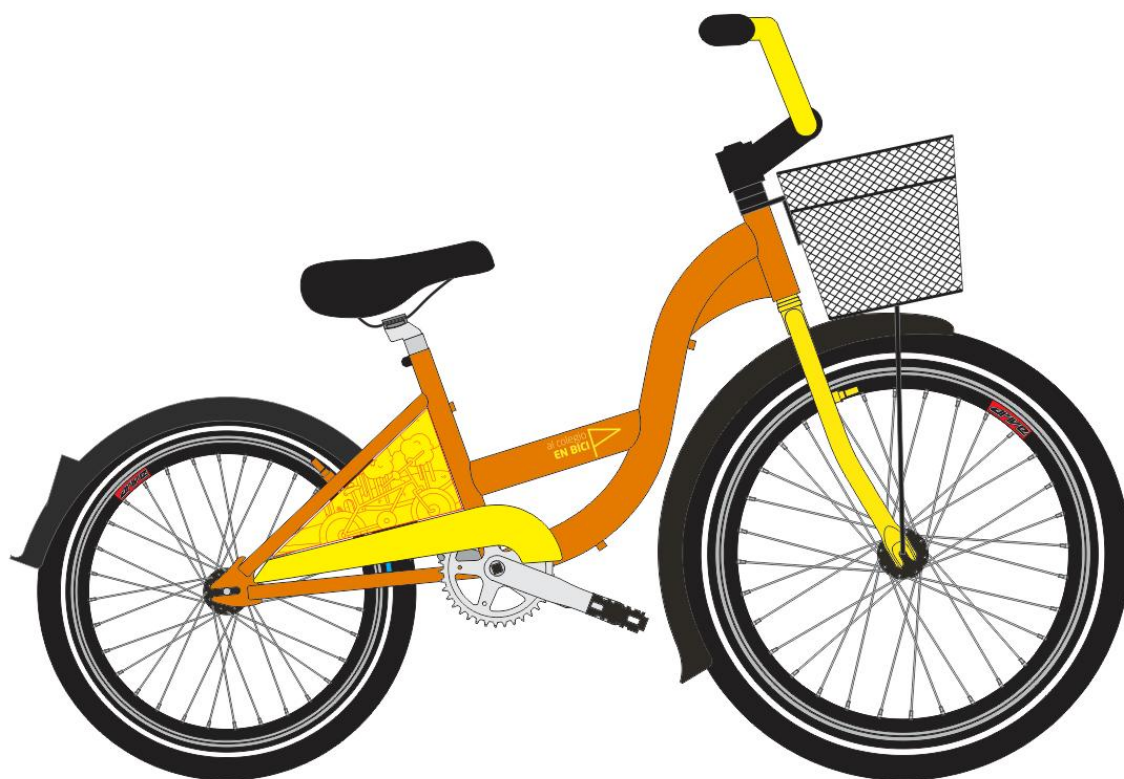
Figura 45. Aplicación de identidad visual costado derecho/izquierdo



Fuente: Autor

Una vez definidos los colores y elementos publicitarios, se puede visualizar el marco con el ensamble completo de la bicicleta.

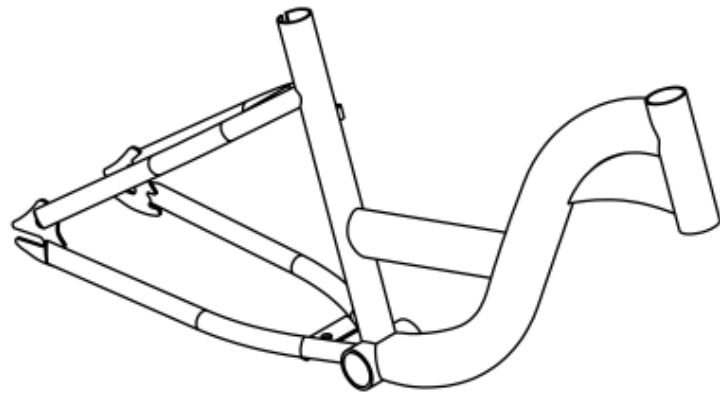
Figura 46. Diseño final del marco ensamblado con accesorios



Fuente: Autor

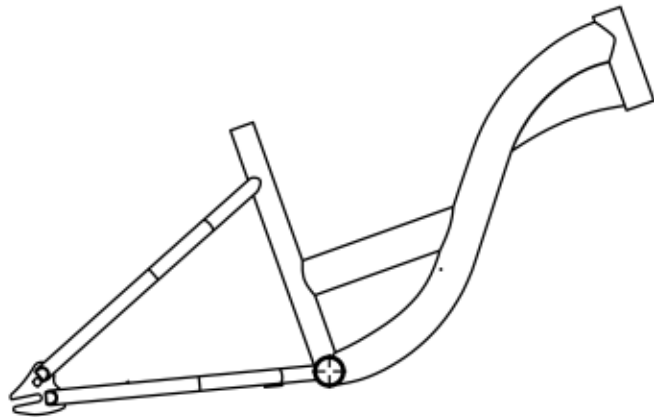
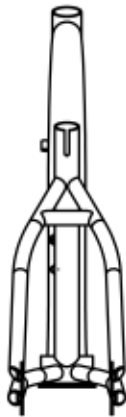
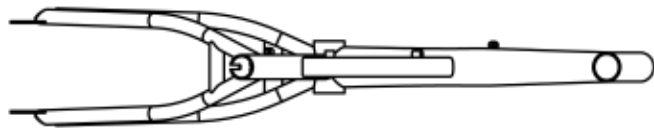
4.8.2 Planos Técnicos

Figura 47. Vista Isométrica



Fuente: Autor

Figura 48. Vistas Ortogonales



Fuente: Autor

Figura 49. Imagen del plano técnico final³⁰

³⁰ La figura mostrada es una imagen reducida del plano realizado en un formato A0, el cual se desarrolló en escala 1:1.

Una vez definido en detalle el diseño del marco se procede a la validación de su correcto funcionamiento mediante la construcción de un prototipo a escala real, esto con el fin de poner a prueba el marco en un contexto real de uso que permita corroborar la compatibilidad de ensamble, su rigidez y la postura de los usuarios. Estos aspectos son los necesarios para dar inicio a la producción en serie de un marco de bicicleta en acero.

5.1 AJUSTE DE MÁQUINAS PARA PRODUCCIÓN DEL PROTOTIPO

Las máquinas de las que dispone la planta de producción de INDUSTRIAS BICICLETAS MILAN S.A. requieren de pequeñas adaptaciones o cambios de troquelaría para poder fabricar el prototipo del plano que se definió.

Se fabricó un troquel para doblar las lanzas traseras y realizar el corte de los bordes al mismo tiempo (Figura 49). Se adquirió una broca para rimar con un diámetro de 1" (Figura 50) con el fin de remover los excesos de soldadura en la tubería de la barra de sillín.

Figura 50. Troqueladora



Fuente: Autor

Figura 51. Rimadora



Fuente: Autor

Finalmente se fabricó una polea de doblez con un diámetro de 9,5" para hacer los 2 dobleces que se plantearon para la barra inferior del marco, esta polea es adaptable a una de las dobladoras hidráulicas (Figura 51) de las que dispone la planta de producción

Figura 52. Intercambio de poleas de doblez



Fuente: Autor

5.2 CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO DEL MARCO

La fabricación del prototipo del marco de bicicleta requiere de precisión en cada uno de sus elementos y sobre todo de una alineación correcta. Por esta razón se utilizan estructuras o matrices rígidas que sirvan como un soporte fijo para colocar los elementos del marco antes de realizar las uniones soldadas como en el ejemplo de la figura 52.

De esta manera el operario de soldadura puede aplicar los cordones necesarios sin necesidad tener contacto con parte alguna del marco. De esta manera se evitan desajustes en el momento de la aplicación de la soldadura y además es una manera de asegurar que los tubos de sillín y el frontal sean paralelos.

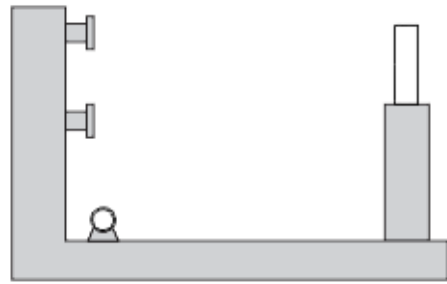
Figura 53. Matriz de soldadura de un marco de bicicleta



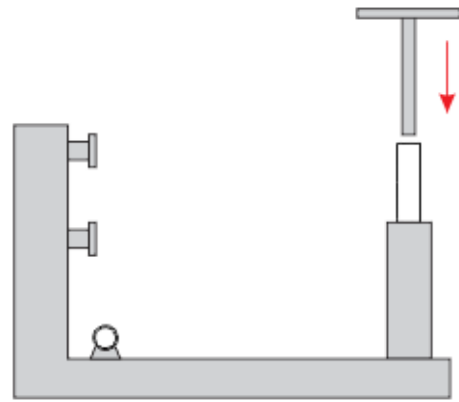
Fuente: Autor

Con los datos de los parámetros del marco se procede a modificar esta matriz. El modo en que se utilizó para la creación del prototipo se describe en la siguiente imagen.

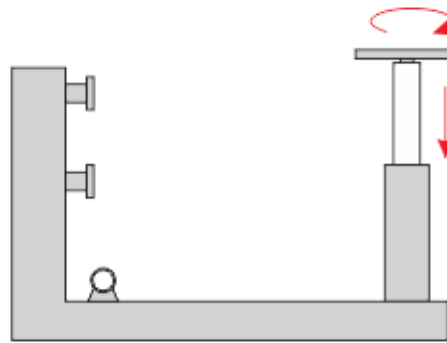
Figura 54. Procedimiento de soldadura del marco sobre una matriz



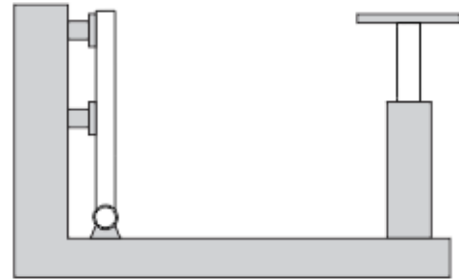
1. Se coloca el tubo de frente y el buje en el sitio correspondiente



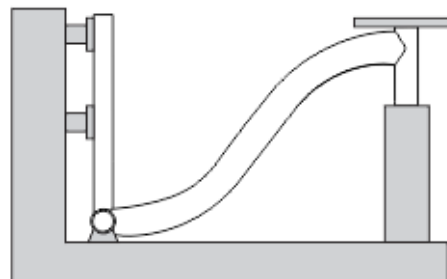
2. Se coloca agujero del tubo de frente se introduce un tornillo



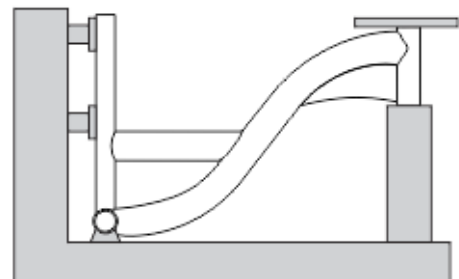
3. El tornillo se enrosca en la columna derecha de la matriz, de esta manera ejerce presión hacia abajo para fijar el tubo de frente



4. Se coloca el tubo de sillín sobre el buje, los dos soportes laterales se ajustarán hasta que el tubo de sillín y el tubo de frente queden paralelos



5. Se coloca la barra inferior entre el buje y el tubo de frente



6. Se coloca el tubo ovalado superior y la platina de refuerzo. Una vez puestos estos elementos se realizará la unión por soldadura

Fuente: Autor

Una vez lista la parte delantera del marco, se realiza una matriz también para las lanzas. En estos elementos es primordial la simetría de las tuberías y la ubicación precisa de los pivotes de los frenos. Se prepara una superficie lisa para colocar las lanzas de tal manera que las líneas de curvatura queden sobre el mismo plano. Así mismo se colocan bordes fijos sobre la superficie para que las lanzas no se muevan al aplicar la soldadura. Una vez unidas las lanzas, estas se soldan a la parte delantera para obtener el marco completo en obra negra. Actualmente en la empresa se utiliza soldadura MIG para todos los modelos por su bajo costo y facilidad de aplicación.

Figura 55. Matriz de fijación de lanzas del marco



Fuente: Autor

Figura 56. Marco terminado en obra negra



Fuente: Autor

5.2.1 Prueba preliminar

Antes de realizar los acabados del prototipo se realiza un primer ensamble de la bicicleta con un usuario de 80kg por un lapso de 2 horas. Aunque es una prueba que no puede medir la fatiga de la estructura, servirá para corroborar que los puntos de unión estén firmes, que las líneas de soldadura de la tubería no se abran e inspeccionar aspectos no manejables en el ensamblaje virtual como las posibles interferencias por residuos de soldadura o por errores dimensionales en los repuestos.

Figura 56. Prueba preliminar de la bicicleta ensamblada



Fuente: Autor.

Una vez realizado este ensayo no se encuentra ninguna anomalía que determine que el marco no esté en buenas condiciones para la aplicación de acabados. Se procede entonces a pintarlo.

5.2.2 Aplicación de acabados

Se utilizó un tratamiento de fosfato de zinc como medida para prevenir la corrosión de la bicicleta. El tipo de pintura utilizado fue electrostática epoxi poliéster color naranja. Posteriormente mediante aerografía con molde se pinta en color amarillo el logo del programa con una pintura en esmalte

Figura 57. Aplicación de pintura electrostática



Fuente: Autor

Figura 58. Aplicación del logo del programa



Fuente: Autor

Figura 59. Marco terminado



Fuente: Autor

5.3 ENSAMBLE DE LA BICICLETA COMPLETA

Para validar finalmente el diseño se procede a ensamblar por completo la bicicleta con todas sus partes y accesorios. No hubo ninguna dificultad, colisión ni incompatibilidad de partes durante el proceso.

Figura 60. Bicicleta terminada



Fuente: Autor

5.4 PRUEBA DE VALIDACIÓN ERGONOMICA

El objetivo de esta prueba es evaluar los aspectos primordiales de la ergonomía postural para ajustar o validar la geometría del marco.

5.4.1 Descripción del procedimiento

Se selecciona una muestra de usuarios con características antropométricas y/o edades que abarquen el target que está siendo evaluado por el IDR D para definir los usuarios finales del programa. Se les pide que utilicen la bicicleta por un lapso de 10 minutos cada uno, en un recorrido que involucre calles pavimentadas, terrenos ligeramente irregulares, terreno llano y pendientes de 5% (parámetros definidos ya por el IDR D). Se hace un registro fotográfico y de video para evaluar las posturas y ángulos durante el uso de la bicicleta. La evaluación se realiza observando y analizando a los usuarios desde el punto de vista postural.

VARIABLES INDEPENDIENTES:

- Recorrido de la prueba: terrenos irregulares, pendientes de 5%
- Características del modelo funcional
- Características de los usuarios. Se toma un muestreo que abarque el target del proyecto. Todos son niños de bachillerato de diferentes estaturas, las características se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 15. Características de usuarios participantes en la prueba de validación

# Usuario	Edad	Sexo	Curso	Estatura
1	10	F	6°	1,40
2	16	M	10°	1,68
3	13	M	8°	1,52
4	15	F	9°	1,60
5	17	M	11°	1,78

Fuente: Autor

VARIABLES DEPENDIENTES:

- Posturas adoptadas por los usuarios durante la prueba

HERRAMIENTAS

- Modelo funcional del marco ensamblado con los repuestos inicialmente propuestos para la bicicleta final
- Cámara Fotográfica
- Filmadora

5.4.2 Desarrollo de la prueba

Se realiza el registro fílmico y fotográfico para verificar el cumplimiento de los parámetros básicos a nivel postural. La altura de la silla y ángulo de la dirección son los elementos flexibles que pueden alterarse según las características de cada usuario para buscar la mejor postura posible antes de que inicien la prueba.

5.4.2.1 Flexión de las piernas en los puntos muertos de pedaleo. Se toman las mediciones para definir ángulos mínimos y máximos dados por la flexión de piernas de los usuarios, con el fin de concluir si es necesario cambiar la posición del sillín respecto al eje de pedaleo.

5.4.2.2 Alcance de los brazos al manubrio. Se espera que todos lo alcancen y puedan mantener la sujeción en curvas sin perder el control. De no ser así, inmediatamente se podrá concluir que se debe cambiar la altura del tren delantero, el manubrio y/o la distancia entre el sillín y el frente.

5.4.2.3 Ángulo entre la espalda y los brazos. Este parámetro es dependiente del anterior. En caso de que todos logren alcance del manubrio, se tomarán las mediciones para definir ángulos mínimos y máximos entre la espalda y los brazos sobre el plano sagital y evaluar en cada usuario si los ángulos límite que presentan son adecuados.

5.4.3 Evaluación de la prueba

Como se describió anteriormente, la evaluación visual se realiza pidiéndole a cada usuario que utilice la bicicleta por un tiempo determinado y se toman las mediciones de los ángulos y posturas en el momento que se necesita evaluar. Ni las piernas ni los brazos deben llegar a estar completamente estirados (175°) en ningún momento. Por otro lado el ángulo entre el brazo y el torso debe formar un ángulo recto 90° (Ver página 33) o un valor cercano al mismo $\pm 6^\circ$.

5.4.3.1 Usuario 1

Figura 61. Posturas del Usuario #1



Fuente: Autor

Este usuario es una niña de sexto grado de talla pequeña, es decir, un usuario de la menor talla. Las medidas tomadas son

- Flexión máxima de rodilla = 119°
- Ángulo de brazo-antebrazo = 168°
- Ángulo Torso-Brazo = 84°

5.4.3.2 Usuario 2

Figura 62. Posturas del Usuario #2



Fuente: Autor

Este usuario es una niño de décimo grado. Talla mediana-alta dentro del target

- Flexión máxima de rodilla = 151°
- Ángulo de brazo-antebrazo = 154°
- Ángulo Torso-Brazo = 81°

5.4.3.3 Usuario 3

Figura 63. Posturas del Usuario #3



Fuente: Autor

Este usuario es una niño de octavo grado. Es de talla mediana dentro del target

- Flexión máxima de rodilla = 151°
- Ángulo de brazo-antebrazo = 168°
- Ángulo Torso-Brazo = 80°

5.4.3.4 Usuario 4

Figura 64. Posturas del Usuario #4



Fuente: Autor

Este usuario es una niño de noveno grado. Es de talla mediana dentro del target

- Flexión máxima de rodilla = 151°
- Ángulo de brazo-antebrazo = 168°
- Ángulo Torso-Brazo = 80°

5.4.3.4 Usuario 5

Figura 65. Posturas del Usuario #5



Fuente: Autor

Este usuario es una niño de undécimo grado. Es de talla grande dentro del target

- Flexión máxima de rodilla = 124°
- Ángulo de brazo-antebrazo = 141°
- Ángulo Torso-Brazo = 73°

5.4.4 Resultado de la prueba

Tabla 16. Resultado prueba de Validación

Usuario	Sexo	Edad	Curso	Flexión Máxima de Rodilla	Angulo de Brazo- Antebrazo	Angulo Torso- Brazo
1	F	10	6°	119	168	84
2	M	16	10°	181	154	81
3	M	13	8°	151	168	81
4	F	15	9°	151	168	80
5	M	17	11°	124	141	73

Fuente: Autor

La estructura geométrica del marco permite ajustar los elementos de la bicicleta de tal manera que los brazos no lleguen a su punto de extensión máxima ni tampoco las piernas. Este es un resultado positivo pues del cumplimiento de estas premisas dependía gran parte de la seguridad del usuario por dos factores: evitar el estiramiento total de los músculos de forma constante al pedalear o hacer una curva, y también porque en ningún momento durante el pedaleo habrá riesgo de separarse de las zonas de contacto con la bicicleta disminuyendo el riesgo de perder el control durante el manejo³¹.

³¹ Castellote Olivito, Juan Manuel. Biomecánica de la extremidad inferior del ciclista. Archivos de Medicina del Deporte Volúmen III - N° 11. P 233-238

En cuanto al ángulo entre el torso y el humero, la medición de los usuarios de baja y mediana estatura indica que se cumplen con todas las expectativas de una postura correcta. Sin embargo se observa que en los usuarios más altos, la relación del torso-humero está alejada de ser la de un ángulo recto (73° en el caso estudiante más alto).

Para el caso de estos usuarios la acomodación de la caña y del manubrio se realizó correctamente. No obstante es necesario analizar que la distancia de la barra superior es influyente para que los niños más pequeños puedan maniobrar sin problema alguno pues de esto depende el alcance máximo frontal. En este orden de ideas no se realizarán ajustes para obtener un mejor ángulo entre el torso y el húmero pues se trata de un inconveniente de menor importancia para el desarrollo del proyecto comparado con la posibilidad de incumplir con los otros dos aspectos dimensionales.

La bicicleta es funcional para estudiantes con estatura de 1,75, pero el ángulo entre el hombro y torso hace que entre mayor sea la altura del usuario este ángulo siga disminuyendo. Teniendo en cuenta que el programa "Al colegio en bici" estipula que solo puede haber una talla de bicicleta y que los beneficiarios de grado décimo y once (los que tienden por edad a una mayor altura) son una minoría, el hecho de no otorgar una postura ideal a este segmento no desvirtúa la funcionalidad del marco, además, hay que tener en cuenta que si se amplía el confort para usuarios más altos, se perjudicaría el de los niños pequeños los cuales son la mayoría de beneficiarios del programa.

6. CONCLUSIONES

- El uso de métodos de diseño paramétrico para estructurar el marco permitió que el primer prototipo no presentara ninguna incompatibilidad en el ensamble y correcto funcionamiento de la bicicleta. Los resultados del proceso hicieron que la empresa lo replicara en el desarrollo de otros marcos de bicicleta.
- Para una empresa que tiene líneas de producción con mas de 10 años de haber sido puestas en marcha, la introducción de la disciplina del diseño industrial a través de esta práctica empresarial ha servido como una demostración tangible del impacto que puede tener el ejercicio profesional del diseño en el crecimiento de esta empresa. A raíz de esto la compañía creó dos puestos de trabajo fijos adicionales con la proyección de consolidar un departamento de I+D con el aporte de diseñadores industriales.
- Después de validar el prototipo, el desarrollo del producto para el proyecto “Al colegio en Bici” se convirtió en una realidad que ha impactado la calidad de vida de miles de niños. El proyecto ha sido llevado a cabo como se tenía presupuestado y con los resultados esperados en cuanto a calidad del producto e impacto social, esto ha hecho del proyecto una experiencia enriquecedora a nivel personal y profesional.
- El desarrollo del proyecto evidenció la necesidad de implementar procesos de mejora continua en la empresa. Pese a tratarse de una compañía sólida a nivel productivo es claro que la factibilidad de producción tiene ciertas limitantes para poder desarrollar productos de mayor complejidad en el corto plazo. Un proceso estructurado de trabajo entre los departamentos de producción e importaciones de la empresa, junto con el área de diseño permitirá en un mediano plazo ampliar los alcances de innovación de diseño de productos sin consecuencias negativas para la competitividad comercial.

- Sería altamente recomendable el desarrollo de equipos especializados de medición de ángulos para el caso de las posturas y en lo posible también la medición de la deformación que sufre la estructura en pruebas de peso acordes a normas internacionales para pruebas de materiales. En la ciudad no se encontraron equipos apropiados para hacerlo, lo cual es lógico teniendo en cuenta lo específico de las pruebas necesarias para evaluar la calidad de un marco de bicicleta. Para la empresa sería un proyecto que ayudaría a incrementar la eficiencia de los procesos de calidad de los productos

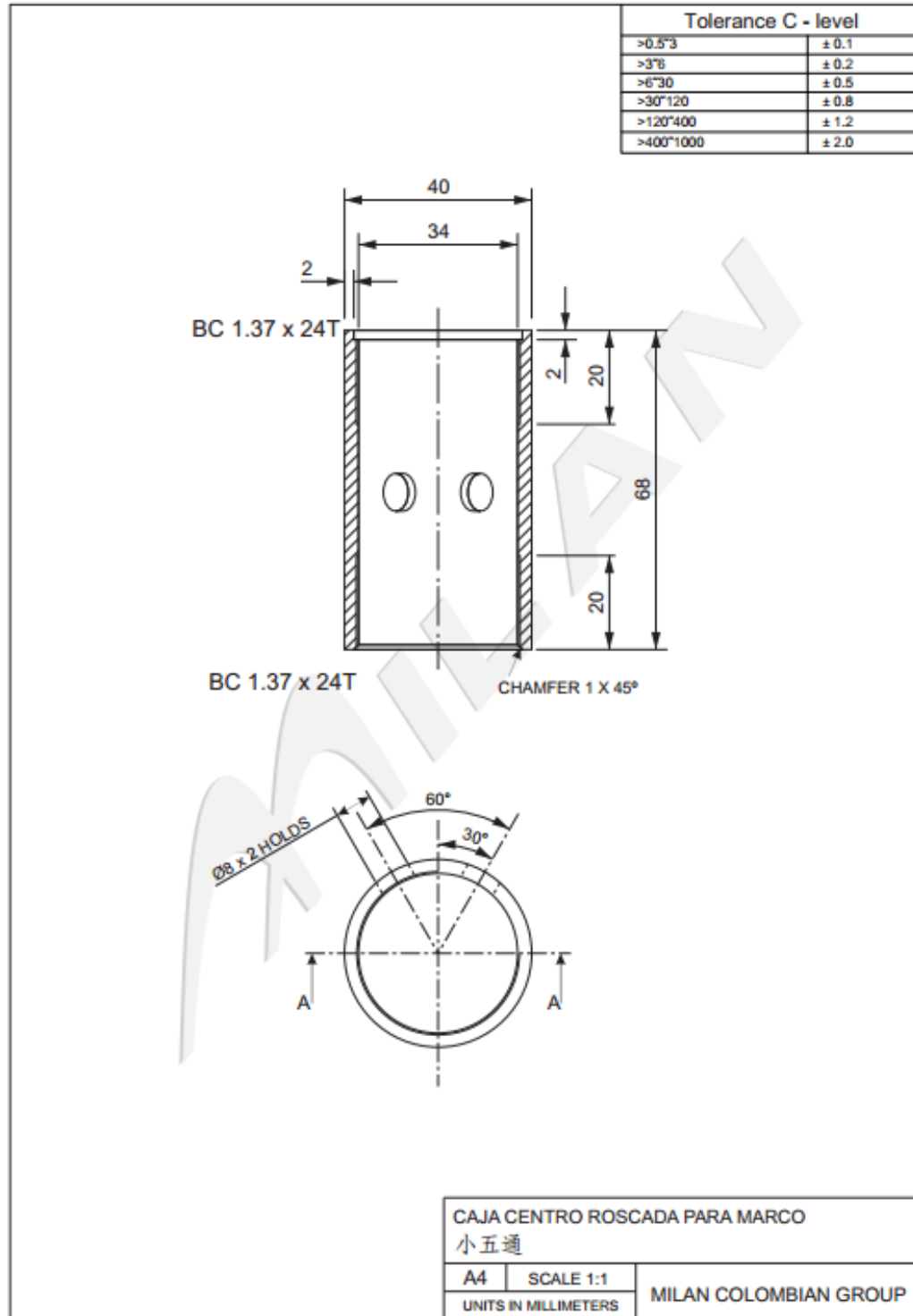
7. BIBLIOGRAFIA

- [1] López, Alfonso. El Despertar de las Bicicletas Públicas. 15 septiembre 2007, Revista Integral, nº 33
- [2] Banten, D. and C. Miller, The Geometry of Handling, *Bicycling*. July 1980. p 97-106
- [3] Brown, Sheldon.Harris Cyclery Bicycle Technical Info.Disponible en: http://sheldonbrown.com/gloss_ch.html#chaincase
- [4] Castellote Olivito, Juan Manuel. Biomecánica de la extremidad inferior del ciclista. Archivos de Medicina del Deporte Volumen III - Nº 11. P 233-238
- [5] Gardiner, K et al: Biomechanique et bicyclette. Cinesiologie, 78: 671. Dic 1980
- [6] Gibertini, G. & Grassi, D. (2008).Cycling aerodynamics, in H. Nørstrud (ed.), Sport Aerodynamics, CISM Courses and Lectures, vol.506, Springer, Wien, pp. 23–47.
- [7] J. Dekoster, U. Schollaert. Cycling: the way ahead for towns and cities. ISBN 92-828-5724-7 European Communities, 1999.Bruselas, Bélgica. Disponible en: http://ec.europa.eu/environment/archives/cycling/cycling_en.pdf
- [8] Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 53(3): 431–440
- [9] K. T. Ulrich, S. D Eppinger. Diseño y desarrollo de productos. Cuarta edición. Ed. México; McGraw-Hill, 2009.
- [10] Kossack, J., Bicycle Frames. Anderson World Inc, Junio 1981
- [11] Mondelo, Pedro., Gregori, Enrique., Barrau, Pedro. Ergonomía 1 Fundamentos. Ediciones UPC. Mutua Universal. 1994
- [12] Ochoa, Carlos., Arana Germán. Orbea, La fabricación y venta de bicicletas. Universidad del País Vasco, Escuela Universitaria Politécnica de Donostia-San Sebastián. ISBN: 978-84-611-6332-8

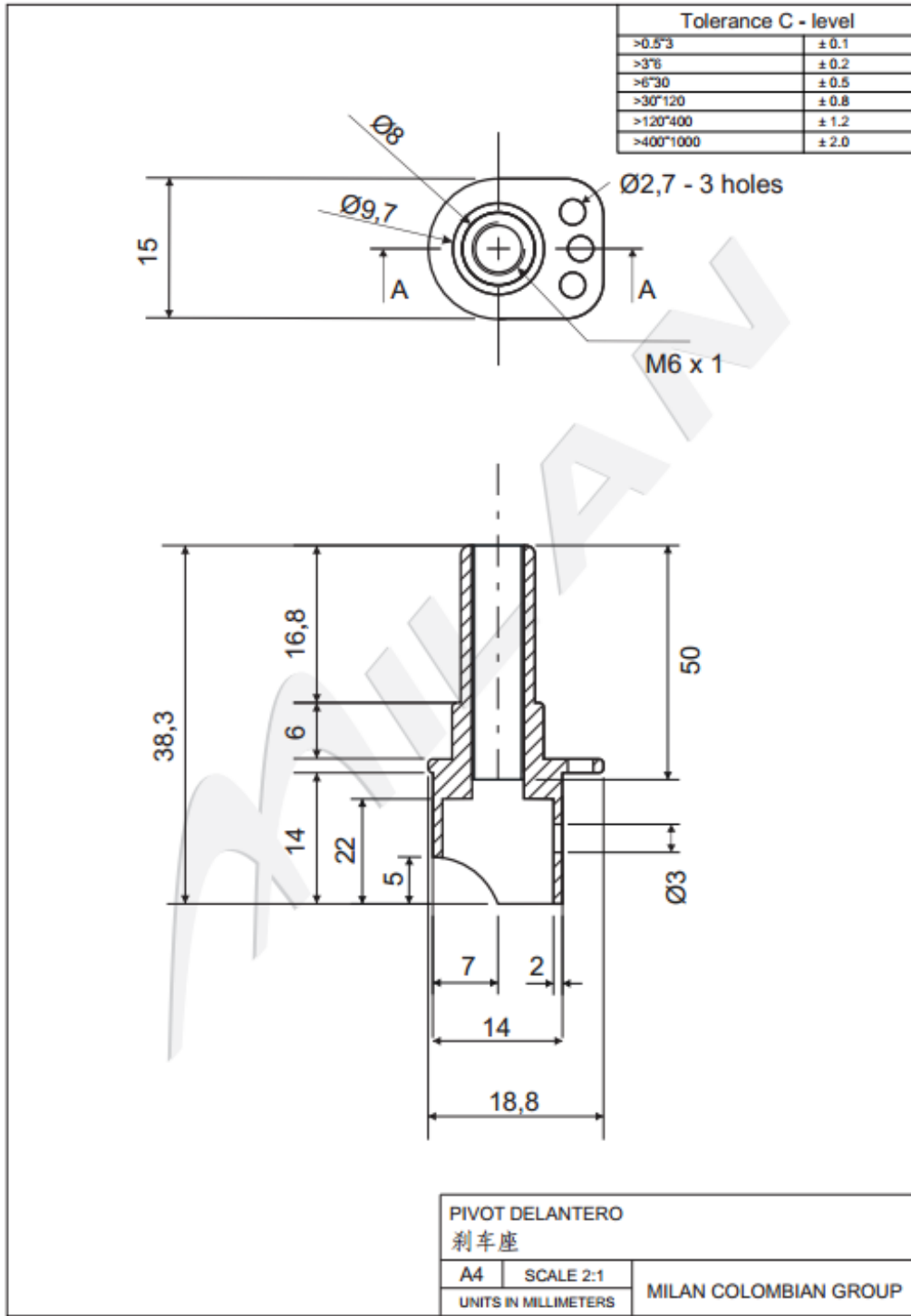
- [13] Pheasant, S. Bodyspace. Anthropometry, Ergonomics and Design. Ed. Taylor & Francis, Londres, 1988.
- [14] Richard Gran / Richard Valentine, El Gran Libro de la Bicicleta, (pág. 27, extracto) – Texto: Español – Editor: Dorling Kindersley Limited, London / El País, Aguilar, Madrid, (1992) – ISBN 84 03 59182 9
- [15] Sayer, A. & Stanley, P. (1994). Drag force on rotating racing cycle wheels,
- [16] Sperandio, Jean-Claude. L'Ergonomie du travail mental. Paris: Masso, 1981
- [17] Too, Danny & Landwer, Gerald E. (2003). Factors affecting performance in human powered vehicles: a biomechanical model. Human Power Technical Journal of The Ihpva. Number 54 Spring 2003, 14-16

ANEXOS

Anexo A - Planos de insumos adicionales utilizados para el marco



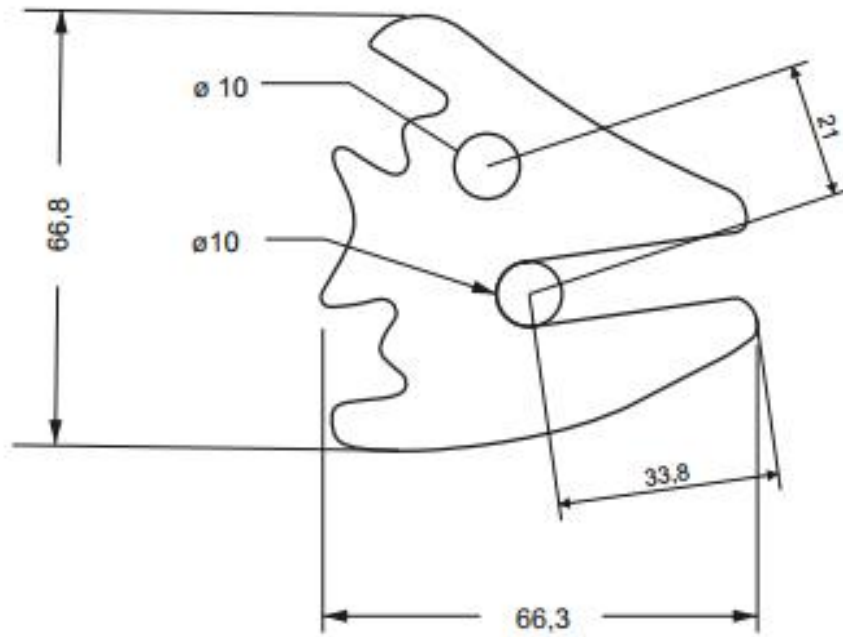
Esta imagen es una reducción del plano real. No está a escala real



Esta imagen es una reducción del plano real. No está a escala real

PATA TRASERA

THICKNESS 3mm
Weigth: 62GR/PC



Esta imagen es una reducción del plano real. No está a escala real