



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE BICICLETA URBANA

T E S I S

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

**PRESENTA:
GERARDO PÉREZ RAMOS**

**DIRECTOR DE TESIS:
DR. JESÚS MANUEL DORADOR GONZÁLEZ**



MÉXICO D.F.

JUNIO 2007.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	iii
OBJETIVOS.....	iv
I. ANTECEDENTES.	
I.1. ¿Qué es una bicicleta?	1
I.2. Tipos de bicicletas.....	2
I.2. Sistemas y componentes básicos de la bicicleta.....	5
I.4. El diseño.....	5
I.5. Método del elemento finito.....	6
I.6. Importancia de la simulación asistida por computadora en el diseño de productos	7
II. MARCO TEÓRICO.	
II.1. Perfil de diseño del producto (PDP).....	8
II.2. Diseño conceptual.....	14
II.3. Metodología Datum para selección de conceptos	15
II.4. Diseño de configuración.....	17
II.5. Consideraciones para el método del elemento finito.....	19
III. DESARROLLO.	
III.1. El PDP.....	23
III.1.1. Aspectos generales	23
III.1.2. Aspectos de mercado.....	24
III.1.3. Benchmarking.....	25
III.1.4. Conceptos y prototipos de bicicletas urbanas.....	27
III.1.5. Aspectos de producción.....	27
III.1.6. Materiales usados en las bicicletas.....	28
III.1.7. Aspectos de distribución	29
III.1.8. Aspectos funcionales.....	29
III.1.9. Aspectos ergonómicos.....	29
III.1.10. Aspectos estéticos.....	31
III.2. Diseño Conceptual.....	31
III.2.1. Requerimientos del producto.....	31
III.2.2. Actividad de lluvia de ideas.....	32
III.2.3. Generación de conceptos a partir de lluvia de ideas.....	33
III.2.4. Búsqueda de productos análogos.....	34
III.2.5. Diagrama de funciones.....	35
III.2.6. Cartas morfológicas.....	37
III.2.7. Matriz DATUM Para Selección de Concepto.....	41

III.3. Diseño de Configuración.....	43
III.3.1. Descripción de funcionamiento.....	44
III.3.2. Ventajas competitivas.....	44
III.3.3. Configuración del cuadro.....	45
III.3.4. Doblado de tubo.....	46
III.3.5. Modelado de la bicicleta.....	47
III.3.6. Materiales considerados.....	48
III.3.7. Aspectos importantes en el diseño propuesto de la bicicleta urbana.....	48
III.3.8. Consideraciones para los análisis de esfuerzos-desplazamientos en el cuadro.....	51
III.3.9. Análisis de esfuerzos-desplazamientos en el cuadro mediante elementos finitos.....	52
 IV. RESULTADOS FINALES.	
IV.1. Equivalente de impacto.....	57
IV.2. Costos.....	58
IV.3. Diseño final.....	59
IV.4. Modelo de visualización.....	62
 CONCLUSIONES.....	63
 Bibliografía y Mesografía.....	65

INTRODUCCIÓN.

El proyecto consistió en el diseño de una bicicleta urbana solicitado por la empresa Bicileyca (fabricante de triciclos, bicicletas principalmente para niños y maquilador de otros productos como burros para planchar) debido a una necesidad en la industria mexicana manufacturera de bicicletas y al incremento del uso de la bicicleta en los últimos años en México, teniendo en cuenta que este tipo de mercado se encuentra muy desarrollado en países de América del norte, europeos y asiáticos.

Este trabajo está basado en un proyecto interdisciplinario que conjunta carreras como: Diseño Industrial, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Mecatrónica e Ingeniería Industrial, con el objetivo de que los alumnos interactúen entre sí y con su entorno, que analicen las necesidades reales que se presentan en la industria. De esta manera tanto empresas como alumnos reciben beneficios.

En este trabajo se contó con la participación de los siguientes estudiantes de diseño industrial: García Vázquez Adriana R., Zarza Leal Sinuhé; ingeniería industrial: Espinosa Ramírez Víctor M. Estos compañeros intervinieron en el desarrollo del concepto, configuración, modelos tridimensionales (3D) de visualización y desarrollo de modelo a escala. Esto fue desarrollado basándose en el perfil de diseño del producto (PDP), diseño conceptual y diseño de configuración.

En la presente tesis se complementó y profundizó el proyecto interdisciplinario mencionado, con antecedentes, selección de elementos mecánicos para el sistema diseñado, modelado tridimensional del diseño en un software especializado, que permitió simular mediante el método de elementos finitos (FEM), así analizar desplazamientos y esfuerzos en el diseño, teniendo una mejor visión sobre los materiales a utilizar, geometría, medidas, rediseño del cuadro y posibles procesos de manufactura. De tal forma que la bicicleta pudiera ser fabricada en los próximos años, siendo ésta una bicicleta urbana competitiva en el mercado nacional y mundial, capaz de ser manufacturada en las instalaciones de dicha empresa con la maquinaria y tecnología con que se cuenta actualmente o con la posibilidad de considerar compra de maquinaria o maquila externa en caso necesario.

Actualmente en el mercado mexicano podemos encontrar bicicletas convencionales como lo son las de ruta, montaña (en todas sus categorías) o las de tipo más acrobática como son las tipo BMX, en el caso de bicicletas urbanas como tal, son muy escasas y se encuentran a precios muy elevados, actualmente existen muchos aspectos que favorecen el desarrollo de este tipo de tecnología, como lo son:

- Contaminación excesiva por la combustión de automotores.
- Problemas de salud por falta de ejercicio.
- Serios problemas de congestión vial.
- Creación de ciclistas y parques de ciclismo.
- Crecimiento en el mercado mexicano de bicicletas (mexicanas y extranjeras) especializadas.

En la actualidad el transportarse dentro de las grandes urbes tiende a convertirse en un problema urbano mayor, aunado a los aspectos medio-ambientales que se tienen. En los últimos años se ha visto que una de las posibles soluciones viables es el transporte alternativo como es la bicicleta, donde la tendencia es brindar la comodidad de poderla desplazar consigo a cualquier lugar y en cualquier lugar, reduciendo su tamaño y utilizando diseños unisex, sin descuidar los aspectos funcionales y ergonómicos que mujeres y hombres necesitan, adquiriendo con esto una estética en relación a la función, aplicando la tecnología en el uso de materiales adecuados y de manufactura ideal para la producción del producto.

La bicicleta plegable es una bicicleta que se puede hacer más pequeña doblándola en dos o más partes. Este tipo de bicicleta está diseñada para que cuando no está en uso pueda adquirir una forma que ocupe menos espacio, ya sea para almacenamiento o transporte.

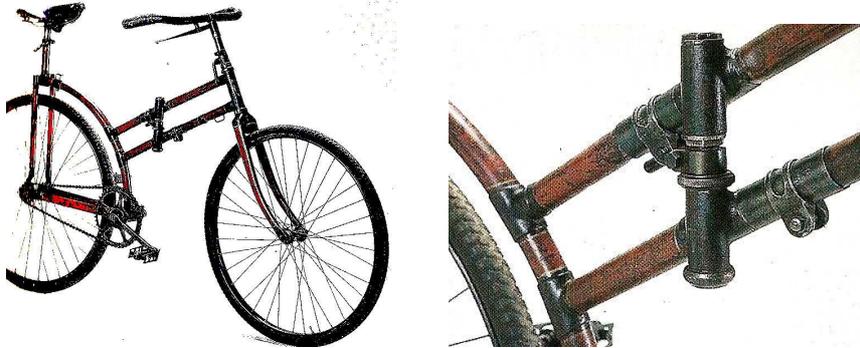


Figura 1. Bicicleta plegable militar y bisagra, Francia 1904. [1]

El hecho de poder plegarla hace que sea más fácil de transportar y almacenar, gracias a ello se puede guardar en casa, automóvil, oficina, etc. Se puede combinar su uso con el transporte público con más facilidad que una bicicleta tradicional. La idea de una bicicleta plegable es casi tan vieja como la bicicleta misma (figura 1). Se dice que cada novedad en el mundo de la tecnología de bicicletas ya ha sido probada hace al menos cien años, y como prueba incluso el velocípedo (figura 3-a) existía en una forma en la que se podía desmontar la rueda grande y plegar el cuadro para meter la bicicleta en una bolsa específica. Pero fue hasta los años 1960's cuando los fabricantes comenzaron a reducir los tamaños de los cuadros y llantas de éstas, combinando la plegabilidad en sus diseños como se muestra (figura 2. (a) y (b))



Figura 2. (a) Modelo 2000. 1960-65 [1]



(b) Pocket bici. Italia 1960-65 [1]

Recientemente, la popularidad de este tipo de bicicleta ha ido creciendo. Actualmente la mayoría de las bicicletas plegables tiene ruedas pequeñas, pero incluso para casi todo tipo de bicicleta como: montaña, carreras, o incluso reclinada, se puede encontrar un diseño plegable. Se ha desarrollado una industria de bicicletas plegables de altas prestaciones con todo tipo de comodidades como: cambios, suspensión, ajuste de talla, altura del manillar, bisagras adecuadas y resistentes, etcétera.

OBJETIVOS.

El desarrollo de productos es una tarea multidisciplinaria en la que deben participar todas las áreas de una empresa, aunque sólo algunas personas tengan la responsabilidad de realizar las actividades relativas al diseño.

El proceso de innovación de productos depende en forma fundamental del equipo de personas que lo realizan. Así, ocasionalmente o de manera permanente, personas involucradas en los rubros de: mercadotecnia, administración, diseño, ingeniería, producción, distribución, venta, instalación y mantenimiento participan en el equipo de desarrollo del producto en cuestión. Además, es fundamental la participación de los directivos de la empresa.

El objetivo principal de esta tesis fue que se diseñaría una bicicleta urbana, para lo cual se decidirían sus características en cuanto a tipo de cuadro y dimensiones, si sería o no plegable, tamaño de las llantas, materiales a utilizar, componentes y accesorios que incluiría. Estas características fueron necesarias para definir a la bicicleta urbana, puesto que no existe un concepto general.

Cabe aclarar que el presente trabajo se enfocó principalmente en el diseño del cuadro de la bicicleta y no al diseño de los componentes y accesorios, por lo que los dos últimos aspectos mencionados, fueron una selección de elementos existentes en el mercado.

Para cumplir con el objetivo principal se seguiría un proceso de diseño para el cual se partiría de un perfil de diseño del producto, posteriormente se realizaría el diseño conceptual y de configuración, por último se modelaría el diseño con el apoyo de dos softwares: RHINOCEROS y UNIGRAPHICS NX 3. El primero se enfocaría en los aspectos estéticos de la bicicleta, recreando escenarios que brinden una mejor perspectiva de la bicicleta. En cuanto al segundo software se enfocaría a un modelado más detallado para su posterior simulación por elementos finitos en donde se realizaría un análisis estructural del diseño de cuadro, analizando los esfuerzos y desplazamientos a los que podría estar sometido el diseño. Todo lo anterior permitiría la adecuada selección en cuanto al uso de materiales se refiere, procurando que estos sean los más adecuados sin incrementar los costos de fabricación, teniendo así una comparación con la realidad en cuanto a dimensiones y comportamiento del cuadro para así tener un buen rediseño, realizando así un proceso que permita predecir en cierta medida el comportamiento del producto, por último se construiría un modelo a escala.

Se pretende que esta bicicleta sea competitiva en el mercado nacional e internacional en el aspecto funcional, estético y tecnológico, capaz de ser producida por Bicileyca, brindándole la tecnología, diseño adecuado y la mejor calidad posible en comparación con productos análogos en el mercado.

I. ANTECEDENTES.

¿QUÉ ES UNA BICICLETA?

La bicicleta fue el primer vehículo construido por el hombre para un movimiento rápido y auto-propulsado. Desde el primer velocípedo, creado en 1791 (célérifere, figura 3-a), hecho totalmente con madera y desprovisto de pedales como la conocemos hoy en día; fue así como apareció ese extraño armatoste de dos ruedas coaligadas (figura 3a) que con el paso del tiempo llamaríamos bicicleta.



Figura 3. a) Velocípedo, 1791 [1] b) Michaudine, Francia 1867 [1] c) Bicicleta militar, Italia ≈1878 [1]

La bicicleta ha evolucionado a través de los años, ésta puede ser y ha sido un medio de transporte o una herramienta de trabajo, la cual no ha dejado de cambiar. Hacia el año de 1861 el ciclista perdió relación con el suelo, debido al ingenio de F. Pierre Michaux que le agregó pedales y bielas a la bicicleta (figura 3-b), por otro lado el desarrollo máximo estaba limitado por la entrepierna del ciclista, ya que el radio de la rueda no podía ser igual ni superior a la propia entrepierna (figura 3-c).

Un diseño aproximado a lo que actualmente conocemos como bicicleta, se logró hasta 1880 (figura 4), después de que la exigencia de la competición obligara a tales cambios.



Figura 4. Inglaterra 1880-1885 [1]

En la postguerra europea decayó el transporte a pedal, dando una imagen de pobreza o de algo pasado de moda ante el brioso desarrollo de la industria del motor.

Desde 1890 el antiguo velocípedo transformado ya en bicicleta, entra en un largo período de estabilización, evolucionando de tal manera que en el primer tercio del siglo XX ya disponía de equipamientos tales como cambios de velocidad, piñón libre, etc. [1]

TIPOS DE BICICLETAS.

La bicicleta de ruta.

Este tipo de bicicleta (figura 5) es ligera, aunque rígida, a menudo pesa menos de 10 kg y está dotada de un cuadro de acero, aluminio, titanio o fibra de carbono. Una de las más importantes distinciones en este tipo de bicicleta es que el manubrio está ligeramente por debajo del asiento, lo que brinda una variedad de posiciones que favorecen a este estilo de bicicleta de ruta o carrera. En las bicicletas modernas, los frenos y los cambios son integrados, lo que forma una simple unidad operada por cada mano. Esta bicicleta fue utilizada únicamente para las competencias, pero hoy en día son muchos cicloturistas equipados con este tipo de bicicleta, a veces de muy alto nivel técnico.



Figura 5. Bicicleta de ruta [5]

La bicicleta de montaña.

Este tipo de bicicletas (figura 6) han sido unas de las más desarrolladas técnicamente en años recientes que otros tipos de bicicletas, primero que nada, las bicicletas de montaña tenían más catarinas que ninguna otra antes de ésta, ya que se necesitaba de cambios de velocidades rápidos y fáciles, nuevos diseños de cambios han aparecido. Estas bicicletas han ido evolucionando de tal forma que se desarrollaron frenos más potentes, nuevos diseños de horquillas con suspensión delantera y más recientemente las de tipo doble suspensión (full-suspension), las llantas se han desarrollado para adaptarse mejor a diferentes terrenos, incluso los cuadros son de diferentes geometrías como son los tipo diamante, en V, en Y, etcétera. Estos grandes avances en la tecnología de estas bicicletas se debe a que dentro del ciclismo de montaña existen categorías que demandan altos desempeños en el cuadro y componentes (frenos, horquillas, suspensión, cambios, materiales, etcétera) de la bicicleta como son: down hill (descenso libre por veredas y barrancas a altas velocidades en el menor tiempo); freeride (combinación entre el estilo BMX y down hill); off road (recorridos de ciertas distancias en el menor tiempo sobre circuitos en terrenos boscosos).

Las bicicletas bmx.

Como la bicicleta de montaña, esta es una bicicleta capaz de resistir todo terreno, con la característica de tener llantas más pequeñas que las de montaña (20 pulgadas); este tipo de bicicleta comenzó a finales de los años 1970's. La bicicleta bmx (figura 7) cuenta con solo una velocidad, es decir que ésta no tiene cambios de velocidades (1 cadena y 2 catarinas), con este tipo de bicicletas se puede conseguir grandes saltos y acrobacias debido a la gran resistencia que sus cuadros y componentes presentan, las tipo bmx han atraído a muchas generaciones de gente joven, quienes le han dado un carácter urbano.



Figura 6. Tipos de bicicletas de montaña usadas en diferentes categorías. [5]



Figura 7. Bicicleta tipo BMX. [5]

Las bicicletas para ciclo cross.

Son muy parecidas a las de ruta, pero con un par de adaptaciones, éstas son utilizadas para competir en circuitos, principalmente para carreras, algunas veces con obstáculos como escalones, pendientes, etcétera, ésto obliga al ciclista a desmontar la bicicleta y cargarla, estos circuitos pueden ser recorridos con bicicletas de montaña, pero éstas pueden ser menos técnicas y rápidas que una cross country, cuestiones que en algunas fases de la competencia son requeridas. Además, estas bicicletas son diseñadas de tal forma que el lodo no interfiera con la rotación de las llantas, por lo que generalmente utilizan frenos de disco para ambas ruedas..



Figura 8. Bicicleta tipo ciclo-cross. [5]

La bicicleta híbrida.

Las bicicletas híbridas se han desarrollado en respuesta a una demanda específica del consumidor de bicicletas urbanas. Debido a la popularidad de las bicicletas de montaña, éstas fueron adaptadas para el uso común en todo tipo de escenarios, pero debido a que en algunas ocasiones se requiere de que éstas sean como de ruta o de montaña (o más precisamente con las mejores características de ambas), se creó una bicicleta híbrida, la cual fue diseñada para hacer al ciclista más adaptable a diferentes situaciones: estar parado en el tráfico, terrenos irregulares, posiciones más aerodinámicas, etcétera. En mi opinión a este tipo de bicicleta podríamos llamarles bicicletas urbanas de montaña-ruta con cuadros compactos y llantas de 26 pulgadas. Cabe aclarar que una bicicleta híbrida puede ser también una combinación entre las tipo montaña, plegables, bmx, etcétera.



Figura 9. Ejemplo de bicicleta híbrida. [5]

La bicicleta plegable.

La bicicleta plegable de pequeña rodada (menor o igual a 20 pulgadas) ha sido producida desde los años 1960's. Muy recientemente varios fabricantes han retomado el concepto y han hecho varios cambios, de tal forma que éstas puedan ser fáciles y rápidas de plegar, capaces de ser cargadas, transportadas, cuestiones que han permitido el resurgimiento de este tipo de bicicleta.

En el diseño de este tipo de bicicletas se debe ser cuidadoso de no caer en pequeñas dimensiones que dificulten su uso, este tipo de bicicletas por lo regular se pliegan mediante alguna(s) bisagra(s) implementadas en algún(os) punto(s) del cuadro, lo que exige una gran resistencia en el cuadro y componentes. Las bicicletas plegables principalmente fueron hechas por practicidad más que por funcionamiento, sus pequeños tamaños y sus pequeñas llantas no siempre son las ideales para un uso urbano, pero los diseñadores han sido altamente ingeniosos de tal forma que se han creados conceptos que hacen de este tipo de bicicleta efectiva, cómoda, práctica y una solución de transporte conveniente. [5]



Figura 10. Bicicleta plegable. [5]



Figura 11. Sistemas y componentes básicos de la bicicleta. [15]

EL DISEÑO.

Diseñar es formular un plan para la satisfacción de una necesidad específica o resolver un problema. Si el plan propicia la creación de algo que tiene una realidad física, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que se pueda fabricar y comercializar. Para recordar que los diseños tienen limitaciones y que deben mostrar al principio cualidades conocidas, el imperativo del diseño se expresa como sigue:

Diseñe (sujeto a ciertas restricciones de la solución del problema) un componente, sistema o proceso que realizará una tarea específica (sujeta a ciertas restricciones de solución) óptimamente.

Las expresiones entre paréntesis se refieren a restricciones impuestas sobre el diseño. La metodología de la solución se limita a lo que el diseñador sabe o puede hacer; la solución, también debe ser legal y adecuarse a los códigos y normas aplicables.

Es importante que el diseñador comience por identificar exactamente como reconoce una alternativa satisfactoria y como se distingue entre dos alternativas satisfactorias, con objeto de identificar a la mejor. Partiendo de este punto, se forman o seleccionan estrategias de optimización. Luego se desarrollan las siguientes tareas:

- Inventar soluciones alternas.
- Por medio del análisis y de las pruebas, simular y predecir el desempeño de cada alternativa, conservar las alternativas satisfactorias y desechar las que no lo son.
- Elegir la mejor alternativa descubierta, como una aproximación a la optimización.
- Implantar el diseño.

Los resultados del proceso de diseño son decisiones con respecto a los componentes y su conectividad, geometría, procesos de manufactura, tratamientos termomecánicos y tolerancias asociadas.

A menudo la tarea inicial del diseñador consiste en identificar con claridad la necesidad. Puede haber más de una solución, así que la distinción entre ellas para elegir la mejor requiere la habilidad para manejar un gran número de soluciones sin abrumarse. El diseño es un proceso innovador, iterativo, de toma de decisiones y una actividad de intensa comunicación en la cual se usan palabras, dibujos, imágenes, croquis y fotografías.

Las herramientas de la ingeniería (como las matemáticas, la estadística, la computación, las gráficas y el lenguaje) se combinan para producir un plan, que cuando se lleva a cabo crea un producto funcional, seguro, confiable, competitivo y útil, que se pueda fabricar y comercializar sin importar quien lo construya o lo utilice. [6]

MÉTODO DEL ELEMENTO FINITO.

A través de los años se han ido desarrollando métodos numéricos para predecir el comportamiento de ciertas estructuras, el análisis por elementos finitos o método del elemento finito (*FEA: finite element analysis o FEM: finite element method*) es una técnica muy poderosa y popular para resolver problemas matemáticos de ingeniería y física. El método tuvo grandes avances en la industria aeroespacial al comienzo de los años 1950's. En 1956, el método fue reconocido como un procedimiento de minimización similar al bien conocido método de Rayleigh-Ritz en el cual William Strutt Rayleigh desarrollo un método para predecir la frecuencia natural de una estructura simple, después Walter Ritz expandió este método.

En problemas estructurales el método resulta en un sistema de ecuaciones minimizando la energía potencial del sistema. Este hecho llevo a la adopción del método en muchos campos de la ingeniería, incluyendo la transferencia de calor, análisis de esfuerzo-deformación, análisis de fluidos y flujos electromagnéticos.

El concepto fundamental del FEA es dividir el dominio del problema en un número finito de subdominios llamados elementos. Cada elemento es definido por un número finito de puntos llamado nodos, el sistema de nodos y elementos es llamado malla.

Las funciones continuas de cada pieza son asumidas en cada elemento para aproximar la variación en la cantidad física para lo cual se desea una solución. El procedimiento del FEM se basa en la solución de un sistema de ecuaciones resultado de la minimización de una asociación funcional con la cantidad física. De éste se obtiene una solución más exacta si se consideran un mayor número de elementos.

Los resultados del FEM deben ser evaluados cuidadosamente, apoyados de la experiencia y conocimiento del método, se puede desear una variación del modelo usando un diferente número de elementos o elementos alternativos para aumentar la confianza en los resultados. Si se utiliza apropiadamente el FEM se puede anticipar de manera muy cercana el comportamiento de un prototipo y por lo tanto reduce los recursos requeridos para producir un diseño confiable.

En general, el método del elemento finito es un medio para obtener aproximaciones a la solución de problemas que requieren la integración de un sistema de ecuaciones diferenciales y posteriormente en la forma de un problema algebraico, que provisto de diferentes condiciones, definen completamente el problema y de ahí se obtiene su solución.

El método de elementos finitos es un procedimiento analítico, y cuando se aplica en un medio continuo, éste se modela analíticamente subdividiéndolo en sub-regiones (elementos finitos) en los que el comportamiento de cada uno es definido por grupos separados de funciones que definen esfuerzos y deformaciones en esa región; las funciones se seleccionan de forma que se satisfagan las condiciones de equilibrio y continuidad a través de todo el medio; y las fuerzas internas se definen aplicando el principio del trabajo virtual al minimizar la energía potencial. De esta manera el método del elemento finito con ayuda de la computadora conduce rápidamente a una aproximación de la solución (solución numérica) de problemas elásticos lineales complejos en los cuales una solución analítica no era posible. [7]

IMPORTANCIA DE LA SIMULACIÓN ASISTIDA POR COMPUTADORA EN EL DISEÑO DE PRODUCTOS.

Las herramientas de simulación han reducido dramáticamente el ciclo de diseño de productos. Formas, dimensiones, ajustes y funcionamiento pueden ser revisados tridimensionalmente, la recreación de escenarios provee técnicas de venta, con ejemplos, antes de que algún producto sea producido. Los niveles de esfuerzos y deformaciones en el producto pueden ser examinados bajo condiciones extremas, estos análisis pueden ser costosos si se realizan en un prototipo. fallas potenciales, valiosas reducciones de costos y tiempos pueden ser previstas en el proceso.

Tres tecnologías han surgido para proveer buena comunicación, visualización y capacidades de simulación, estas tecnologías son: el modelado tridimensional, el análisis con elementos finitos y los prototipos rápidos.

Modelos de partes sólidas y ensamblajes han permitido a diseñadores rápidamente representar sus ideas, en donde miembros de equipos de diseño pueden calificar las técnicas de ensamble, la facilidad de manufactura, ver y sentir físicamente el producto. Estos modelos sólidos son frecuentemente considerados como la base de datos maestra para la parte o sistema y son usados para aplicaciones como diseño de detalle, documentación, prototipos, manufactura y mercadotecnia.

Cuando se diseña algo se tiene todo un proceso de diseño, el cual si no esta bien estructurado o no se tienen las herramientas adecuadas, los costos pueden incrementarse dependiendo de la etapa en la que se realicen cambios, la figura 12 muestra los costos relativos en el tiempo y la complejidad de los cambios en las diferentes etapas del proceso de diseño.

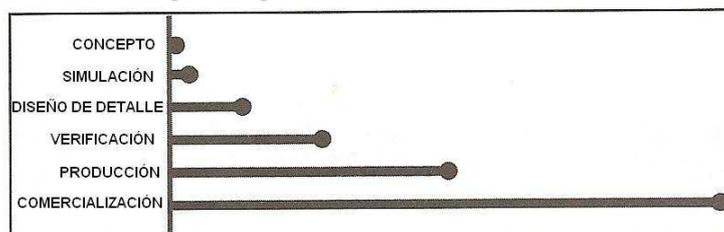


Figura 12. Costos relativos en los cambios de producto en las diferentes etapas del proceso de diseño. [8]

Por lo que es deseable que se aplique un proceso de diseño el cual permita predecir su comportamiento como se muestra (figura 13), en donde el ciclo de pruebas y el rediseño sea desarrollado en software que realice modelos y prototipos.

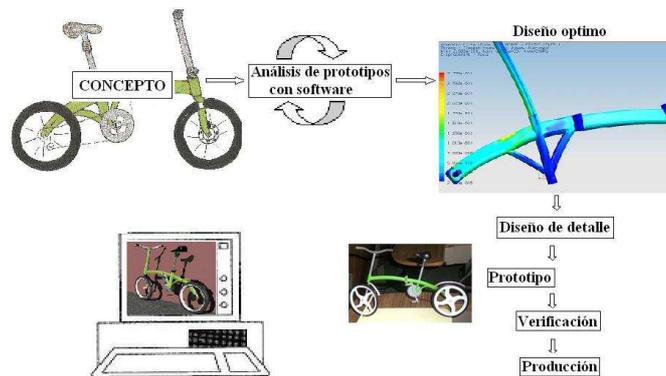


Figura 13. Proceso de diseño en el desarrollo de productos.

Con este proceso no solo se pueden probar los diseños y después hacerlos con un menor costo, sino que también la simulación le permite al ingeniero explorar las opciones de diseño o escenarios en los que interactuará el producto. [8]

II. MARCO TEÓRICO.

A continuación se presenta un resumen sobre que es el perfil de diseño del producto, diseño conceptual y diseño de configuración, tomado de apuntes del curso (Programa empresarial para el diseño de productos [10]).

EL PDP.

Sus siglas significan: perfil de diseño del producto, se nombra así al conjunto de lineamientos que determinarán las características particulares de un producto a diseñar o una parte de éste.

Un PDP completo, permite definir con claridad parámetros y criterios de los que dependen en gran medida la aceptación y éxito de un producto en el mercado. En caso de diseñar un elemento o parte de un producto, el PDP garantizará su perfecta armonía y adecuación al conjunto.

En general el PDP nos proporciona el balance adecuado entre funcionamiento, estética y precio. Para ello se deberán precisar todos y cada uno de los aspectos que incidan en la solución adecuada del producto completo o una parte de éste, el cual esta conformado como se menciona a continuación.

Aspectos generales.

De qué se trata; En este punto se recomienda una breve descripción del producto o parte de éste, para unificar la idea general entre todos los involucrados en el desarrollo del proyecto.

Propósito: Informar, aclarar dudas y unificar criterios de decisión entre los involucrados en el desarrollo del proyecto en cada una de sus partes.

¿Para qué sirve?; de igual manera y con el mismo propósito del rubro anterior se elaborará una descripción muy general de la expectativa de utilidad de este objeto o la parte correspondiente.

Propósito: informar, aclarar dudas y unificar criterios de decisión entre los involucrados en el desarrollo del proyecto.

Qué normas y restricciones lo rigen; se describirán normas y reglamentos que acoten directa o indirectamente al objeto en cuestión o la parte correspondiente.

Propósito: informar, aclarar dudas y acotar criterios de diseño y solución entre los involucrados en el desarrollo del proyecto.

Aspectos de mercado.

Quién lo va a comprar; describir al posible cliente, definiendo las características físicas, socioculturales, habituales, psicológicas, económicas, cronológicas y todas aquellas que pudieran afectar la identificación con el producto y que pudieran ser importantes en su decisión de compra.

Propósito: adecuar los criterios de diseño del objeto a las expectativas del consumidor.

Quién o quiénes lo van a usar; describir al posible o posibles usuarios, definiendo las características físicas, mentales, habituales, psicológicas, cronológicas y todas aquellas que pudieran afectar la relación con el producto y que pudieran ser importantes en la operación del mismo.

Propósito: adecuar los criterios de diseño a las posibilidades físicas y mentales del usuario.

Qué es lo que se espera de éste; determinar con precisión las cualidades mínimas normales en un producto similar existente, así como las cualidades extras que se pretende incorporar al nuevo proyecto.

Propósito: dirigir el diseño a superar las expectativas mínimas del consumidor.

Dónde se va a colocar y/o usar; definir el lugar o los lugares donde se usará o colocará el objeto, incluyendo en lo posible las características dimensionales y condiciones físicas de estos.

Propósito: adecuar los criterios de diseño al contexto de ubicación.

Dónde se pretende adquirirlo; definir el tipo de comercio destinado para la comercialización del producto y las normas, condiciones y limitantes que lo afecten directamente.

Propósito: adecuar los criterios de diseño a la forma de distribución, venta, empaque, espacio en piso, almacenaje y entrega.

Qué ofrece la competencia; analizar virtudes y defectos en todos los productos equivalentes o similares disponibles que pudieran compartir el mismo nicho de mercado.

Propósito: detectar oportunidades de mejora en la solución del diseño.

Cómo podría ser mejor; una vez analizados los productos de la competencia, determinar oportunidades de posibles mejoras en cuanto a producción, función, ergonomía y estética.

Propósito: detectar oportunidades de incrementar valor agregado al producto.

Cuál sería un precio adecuado; determinar en función de todo lo anterior y en acuerdo con todos los involucrados dentro del proyecto un rango óptimo de precio al público.

Propósito: adecuar los criterios de diseño dentro de un mercado potencial.

Aspectos de distribución.

Dónde se almacenará; determinar con precisión el volumen y características de almacenaje en planta y en los lugares de distribución y ventas.

Propósito: adecuar los criterios de diseño dentro de las limitantes y características de los probables espacios de almacenado.

Cómo se empaquetará y estibarán; definir con precisión los parámetros y características del empaque y estiba.

Propósito: igual que lo anterior, adecuar los criterios de diseño dentro de limitantes y características adecuadas de empaque y embalaje.

Cómo se distribuirá y transportará; determinar con precisión sitios, volúmenes, frecuencia y distancias de las plazas de distribución y ventas.

Propósito: adecuar los criterios de diseño al contexto de distribución y venta.

Aspectos productivos.

Cantidad y tiempo; determinar con precisión el volumen de producción y velocidad de éste.

Propósito: adecuar los criterios de diseño dentro de procesos que cumplan con las expectativas al mejor costo.

Dónde se va a producir; analizar localización, características, condiciones, criterios de integración, cercanía de maquila y de proveedores de insumos.

Propósito: adecuar los criterios de diseño dentro de posibilidades productivas reales.

De qué maquinaria y procesos se dispone; enlistar y seleccionar maquinaria y procesos disponibles, capacidad de mano de obra y posibilidades de maquila externa.

Propósito: adecuar los criterios de diseño dentro de posibilidades productivas reales.

Qué materiales se pueden emplear; definir con la información anterior, los materiales adecuados, disponibles y posibles.

Propósito: adecuar los criterios de diseño dentro de posibilidades productivas reales.

Cuáles son las expectativas de utilidad; delimitar el costo de producción descontando los costos de distribución y comercialización, manteniendo un precio al público determinado.

Propósito: saber el monto máximo disponible para producción y adecuarlo al diseño.

Aspectos funcionales.

Qué deberá hacer; acotar el propósito del producto o parte de éste, la labor que desempeñará, las características y límites de éste.

Propósito: determinar las expectativas funcionales del producto en cuestión, dimensiones y peso; o bien la parte o elemento a integrar.

Cómo lo deberá hacer; descripción detallada de su posible funcionamiento, anexar esquemas, especificaciones y medidas de los elementos mecánicos, eléctricos, electrónicos, hidráulicos, etc. según sea el caso, así como la interacción con el resto del conjunto en caso de estar diseñando sólo una parte de éste.

Propósito: adecuar el diseño del producto a los requerimientos físicos de los dispositivos.

Dónde lo deberá hacer; descripción del lugar o los lugares donde se colocará y/o usará, área, instalaciones, características, acceso, facilidades, instalaciones, problemática, etcétera, según sea el caso.

Propósito: incorporar soluciones al diseño del objeto que garanticen el buen funcionamiento.

Frecuencia de uso; determinar el tiempo y frecuencia de uso, así como la vida útil esperada.

Propósito: incorporar soluciones y criterios al diseño del objeto que garanticen la duración esperada del producto.

Qué deberá resistir; precisar los agentes, situaciones, temperatura, humedad y esfuerzos a los que será sometido el producto.

Propósito: incorporar soluciones al diseño del objeto que garanticen la resistencia del producto.

Cómo se le dará mantenimiento; plantear las necesidades de mantenimiento, accesos para reparación y limpieza.

Propósito: incorporar soluciones al diseño del objeto que garanticen el acceso a los componentes para su mantenimiento y servicio, así como las labores de limpieza cotidiana.

Aspectos ergonómicos.

Cómo debe usarse; analizar la posible interrelación del objeto con el o los usuarios por medio de esquemas, descripciones y flujos.

Propósito: incorporar soluciones al diseño del objeto que ayuden a comprensión, armado o plegado y manejo del producto en su conjunto con todas y cada una de las partes que lo integran.

Qué tan fácil y cómodo debe ser; analizar la secuencia o secuencias de uso y operación del objeto o parte de este, con el fin de optimizarlas; utilizar tablas y herramientas ergonómicas. Cuánto podrá pesar y medir para poderla emplear según sea el caso.

Propósito: incorporar soluciones al diseño del objeto que mejoren y faciliten el manejo del producto.

Qué tan seguro debe ser; detectar las posibilidades de riesgo y los factores que las provocarían, revisar las posibilidades de accidente.

Propósito: incorporar soluciones al diseño del objeto que protejan al usuario y a su entorno.

Cómo debe transportarse; explorar el manejo del producto para su distribución y definirlo.

Propósito: incorporar soluciones al diseño del objeto que ayuden a su eficiente empaque o embalaje, posibilidad de distribución plegado o desarmado.

Aspectos estéticos (aplica de igual manera en conjunto y partes).

Gustos particulares del comprador; definir el gusto del posible comprador, analizar las tendencias estéticas respecto a edad, sexo, cultura, clase socioeconómica, etcétera, analizar decisión en compras anteriores de artículos similares.

Propósito: adecuar el diseño del objeto al gusto del comprador.

Qué intención estética debe proyectar; revisar los aspectos semióticos (ciencia que estudia la vida de los signos en el seno de la vida social) del objeto, si pertenece a una gama de productos, si

requiere incorporar identidad de marca o si obedecerá a una tendencia de moda o estilo definido y en caso de diseñar una parte de este, asegurar la armonía del conjunto.

Propósito: reforzar las cualidades estéticas del objeto para posicionarlo dentro de un mercado específico.

En qué contexto se insertará; revisar la concordancia estética con el contexto en el que se ubicará, si deberá tener alguna tendencia de moda o estilo.

Propósito: armonizar la estética del objeto para su mejor aceptación.

Etapas del PDP.

Primera etapa: definición de requerimientos y valores cualitativos deseables y acordados.

Segunda etapa: traducción de requerimientos a valores nominales, especificaciones técnicas cuantificables y medibles.

Recomendaciones.

Se recomienda iniciar el trabajo de diseño de primeras propuestas después de acordar entre los participantes todos los aspectos que integran al PDP, pudiendo incluso ser respondidos de manera intuitiva sin el aval de un fundamento concreto. Es normal que un PDP durante el desarrollo del proyecto sufra modificaciones por cambio de políticas, la aparición de mayor información o mayor profundización en las respuestas obtenidas de primer intento, esto modificará según sea el caso alguna o varias de las soluciones propuestas hasta el momento.

Cualquier alteración en PDP deberá ser informada, analizada y autorizada con todos los participantes involucrados en el proyecto.

El resultado final idealmente responderá a todos los lineamientos marcados en el PDP, en muchos de ellos de manera sobresaliente y en otros de manera apenas razonable, esto invitará a una junta final para tomar la decisión de invertir en herramental para dar inicio a la fabricación de los primeros prototipos para prueba o la producción piloto según sea el caso.

Búsqueda de información.

La realización de entrevistas a clientes es una actividad que requiere relativamente pocos recursos, tiempo y que ofrece información muy útil para identificar oportunidades de innovaciones de productos.

Los temas a considerar en entrevistas para detectar necesidades de clientes deben considerar: qué le gusta del producto, qué le cambiaría o cómo lo mejoraría y cómo compara el producto con los competidores.

Definición de requerimientos.

Los requerimientos o necesidades del cliente, deben ser documentados en una forma clara y útil pues serán la base de las especificaciones a las que el producto se debe ajustar. Además, deben reflejar y sintetizar la información contenida en el PDP.

La información recolectada en el PDP se debe sintetizar en una lista de frases que traduzca la información dada por los clientes. Cada frase será un requerimiento.

Las frases deben:

- Decir lo que el producto debe hacer y no cómo debe hacerlo.
- Ser tan específicas o detalladas como la información proporcionada por los clientes.
- Ser formuladas en forma positiva y no negativa.
- Expresar la información en términos de atributos del producto.

En caso de que la lista sea muy grande, es recomendable agrupar los requerimientos en categorías. Con el propósito de identificar los requerimientos críticos, es importante asignarles un factor de peso. Es común el empleo de una escala numérica del 1 al 5, en que 1 es poco relevante y 5 es críticamente relevante. Es recomendable que se pregunte nuevamente a los clientes sobre el factor para cada requerimiento de los de la lista realizada.

Establecimiento de especificaciones.

Las especificaciones de un producto expresan en forma precisa y medible lo que el producto debe hacer. Constituyen una traducción técnica de los requerimientos del cliente, y por tanto del PDP, realizada por los integrantes del equipo de trabajo.

Para definir las especificaciones, cada requerimiento debe ser estudiado y traducido en una o más propiedades, características u otros aspectos técnicos.

Cada especificación debe ser medible en una escala cuantitativa o cualitativa. Ejemplos de escalas cuantitativas son unidades de longitud, masa, fuerza, volumen, velocidad, potencia, etcétera. Dependiendo de la relevancia de la especificación, el equipo de trabajo puede definir una escala cuantitativa basada en relaciones matemáticas o en un conjunto de propiedades (por ejemplo *potencia / peso, capacidad / precio*).

Las unidades cualitativas son empleadas cuando el otro tipo de escalas no puede ser aplicable, y en muchas ocasiones son definidos por el equipo de trabajo. Ejemplos de ellas son cumplimiento o no de normas (escala *sí o no*), facilidad de apertura de un empaque (escala; *1- muy difícil, 2- difícil, 3- fácil, 4- muy fácil*), etcétera. Luego de lo anterior, es importante definir valores objetivos para cada requerimiento y su rango aceptable de variación. Es recomendable fijar estos valores considerando datos del mercado.

Al hacer la lista de las especificaciones, es importante revisar que se haya formulado cuando menos una especificación para cada requerimiento. Además, las especificaciones deben incluir el factor de importancia del requerimiento al que corresponden y ser ordenadas de acuerdo a ellos. La lista de especificaciones es un documento que se debe revisar constantemente y suele modificarse conforme se avanza en el proceso de innovación del producto. [10]

DISEÑO CONCEPTUAL.

En la etapa de diseño conceptual, el diseñador utiliza diversas capacidades y técnicas de comunicación y estimulación creativa, dentro de las actividades usuales como la visualización del concepto son la representación y la simulación, en las que se realizan dibujos, modelos y simuladores en donde se expresan reflexiones y emociones vinculadas al desarrollo del producto.

Algunas de las técnicas usadas en la estimulación creativa son: *la lluvia de ideas, la extrapolación y la iconografía.*

La lluvia de ideas es una técnica grupal usada para generar ideas originales en un ambiente relajado, esta técnica genera más y mejores ideas que las que los individuos pueden producir trabajando de manera independiente, la técnica utiliza un proceso interactivo de grupo no estructurado.

Acciones comunes en la técnica de la lluvia de ideas:

- Designar a alguien que sea el que tome notas de las ideas.
- Escribir en un tablero una frase que represente el problema o el asunto en discusión.
- Escribir cada idea en el mayor número de palabras posible.
- Establecer un tiempo límite.
- Fomentar la creatividad; construir ideas sobre ideas de otros, nunca se deben criticar las ideas.
- Revisar la lista para facilitar su comprensión.
- Eliminar las duplicidades, problemas no importantes y aspectos no negociables. Llegar a un consenso sobre los problemas que parecen redundantes o no importantes.

La extrapolación es una técnica que se usa de manera libre por todas las personas, se toman ideas, conceptos o modelos de un ámbito y se aplican a otro, de forma completa o parcial. Ésto implica básicamente el comprender o entender la esencia de la idea, concepto o modelo para poder aplicarlo bajo otras condiciones.

Acciones comunes en la técnica de extrapolación:

- Identificar la idea, concepto o modelo que nos resulta interesante para poderlo aplicar en una situación para la que no hemos encontrado una postura o solución.
- Enunciar por escrito las características que definen al fenómeno en estudio, tratando de clarificar los elementos significativos.
- Graficar las características anteriores (darles una interpretación gráfica si es posible).
- Experimentar con las características señaladas para comprender sus límites de realidad.
- Definir las reglas de operación del fenómeno y sus márgenes de acción.
- Aplicar las reglas en el nuevo contexto.

La iconografía se basa principalmente en fragmentar las imágenes de los productos en elementos significativos e intercambiarlos por otros fragmentos de imágenes icónicas.

Acciones comunes en la técnica iconográfica:

- Reconocimiento del objeto, se establece el icono base y se determinan los elementos significativos del objeto de manera gráfica.
- Reconocimiento de fronteras, se determinan los límites configurativos en donde el objeto aún es reconocible (variaciones, tipología de objetos similares, tipología de objetos análogos.)
- Reconocimiento de fronteras por negación, se determinan los límites configurativos agregando elementos que contradicen su esencia (ambigüedad, incongruencia).
- Reconocimiento de fronteras por estructura y configuración, se determinan los límites configurativos planteando abstracciones de la estructura y su configuración.
- Propuestas, se revisa el trabajo exploratorio eligiendo los planteamientos más atractivos y coherentes con el PDP. [10]

METODOLOGÍA DATUM PARA SELECCIÓN DE CONCEPTOS.

Este método también es conocido como el método de convergencia controlada, no es únicamente un método que ayuda a la creatividad. Puede catalogarse como un método de selección de alternativas o de toma de decisiones, en el cual la selección de alternativas incluye un proceso de mejora y refinamiento de las existentes, de manera que la solución final puede no ser íntegramente ninguna de las propuestas al iniciar el proceso.

El método de la convergencia controlada fue desarrollado por Pugh en 1981. Éste utiliza directamente el eje vertical de una matriz para expresar los criterios de selección, y el eje horizontal para expresar las distintas alternativas.

Una gran ventaja de este método frente a otros métodos de selección por matrices, como ya se ha apuntado, es que permite alternar el pensamiento divergente (análisis) y el convergente (síntesis), ya que es alternativamente un método de generación de soluciones y de selección de las mismas. Una característica esencial es la comparación de cada alternativa con una solución referencia.

El método también hace difícil que la gente pueda imponer sus ideas por motivos no razonados. El punto de vista variable, junto con los necesarios intentos por eliminar las características negativas de cada solución aparentemente menos aceptable en comparación con la solución de referencia, produce la aparición de nuevas soluciones. Como el método es iterativo, las continuas iteraciones expanden y contraen la matriz hasta el punto en que se alcanza la convergencia en el mejor diseño.

Una solución referencia es aquella que se considera la mejor; es decir, aquella que más probablemente cumpla las restricciones de las especificaciones de diseño del modo más efectivo.

Procedimiento para el desarrollo del método:

1. Todas las ideas deben ser generadas desde la perspectiva de las especificaciones.
2. Representar las soluciones posibles en bocetos con el mismo nivel de detalle para todas ellas.
3. Establecer una matriz de comparación y evaluación de conceptos, de modo que se comparen las distintas soluciones generadas frente a los criterios de evaluación.
4. Es conveniente que la matriz incorpore bocetos relativos a cada solución, de manera que el equipo de diseño tenga siempre presente cuál es cada una.
5. Hay que asegurarse de que la comparación de las distintas soluciones es válida, es decir que todas ellas sean comparables a un mismo nivel.
6. Los criterios frente a los cuales se van a evaluar las soluciones deben estar basados en los requerimientos descritos en las especificaciones, éstos deben ser claros, entendidos y aceptados por todos los miembros del equipo.
7. Elegir un producto de referencia frente al cual se comparan las demás propuestas, si ya existe algún producto similar que se considera líder en el mercado, puede tomarse ése como primer referente. Si no existen diseños competitivos de los estudiados, se tomará una de las propuestas generadas.

8. Al comparar cada solución en cada criterio frente al modelo de referencia se puede usar la siguiente leyenda.
 - + Significa mejor que, más barato que, más fácil que.... con relación al referente.
 - Significa peor que, más caro que, más difícil de desarrollar que... con relación a referente.
 - = Se empleará si se considera que la solución comparada y el referente satisfacen el criterio.
9. Habiendo seleccionado el referente, realizar una comparación inicial de las otras soluciones usando la simbología comentada. De este modo se establece un patrón matricial en términos de +, - e = relativos al referente.
10. Evaluar los valores de cada solución sumando el número de +, - e =. Algunas soluciones presentarán resultados muy positivos (diseños fuertes), mientras que a otras les ocurrirá lo contrario (diseños débiles).
11. Examinar los puntos negativos de los diseños fuertes. ¿Qué es necesario para mejorar ese diseño y eliminar dichos puntos?, ¿es posible conseguirlo?, si es así, ¿puede que las modificaciones afecten los factores positivos perjudicándolos?, si se realizan mejoras en una solución deben ser introducidas a la matriz como una solución nueva, no alterando la original.
12. Examinar los diseños débiles y estudiar los diseños negativos intentando mejorarlos, si ello es posible sin afectar a los aspectos positivos, se introducirá la solución conseguida como una nueva.
13. Habiendo llevado a cabo los puntos 11 y 12, los diseños realmente débiles deben ser eliminados de la matriz.
14. Si no aparece un cierto número de diseños fuertes como resultado, esto es indicativo de que los diseños son ambiguos o generan confusión.

Una vez construida la nueva matriz, se toma el producto más fuerte como nuevo "datum" de referencia y se repite el proceso. Puede llegar a ser necesario evaluar más de 4 veces la matriz antes que un único concepto surja, el cual se lleva entonces a diseño final, simulación, detalle y fabricación. [9]

DISEÑO DE CONFIGURACIÓN.

En cuanto a la configuración, este término se utiliza cuando se integran elementos ya conocidos en su geometría y dimensiones, sean comerciales o soluciones ya conocidas para resolver el problema funcional planteado, en otras palabras, la configuración se refiere a la conexión de elementos ya existentes para lograr una finalidad dada.

Criterios generales.

Es conveniente que se tenga clara la integración que se haya definido como objetivo del producto en cuanto a componentes comerciales, y por otra parte, a los componentes de tecnología específica o propia de la empresa que se deben integrar al producto. También es conveniente establecer el vínculo con los requerimientos de manufactura y ensamble que deberá cumplir el producto.

La decisión de integrar elementos comerciales o elaborar los propios, depende de la fortaleza tecnológica en la empresa, o de su estrategia tecnológica para controlar los elementos clave de operación del sistema.

Se tiene que tomar en cuenta que al comenzar a darle forma a un producto se debe considerar el costo, la rapidez en la manufactura, la distribución de refacciones, la vida estimada del producto en el mercado y aspectos de funcionalidad de manera preponderante. Esto sin olvidar la oportunidad de lanzamiento al mercado, que fija ciertos plazos, de acuerdo a la estacionalidad o vida esperada en el mercado del producto.

Definición de las superficies durante la configuración.

En la configuración de sistemas técnicos es más sencillo en los aspectos de maquinaria y equipos de producción, ya que en estos casos, la funcionalidad está sobre los demás criterios como una regla general inamovible.

En todo elemento existen superficies de contacto, superficies de transferencia de energía, de transferencia de señales de control y superficies conectoras, en las cuales se tiene que obtener relaciones entre los tipos de superficies, su complejidad, sus tolerancias, etcétera.

Visualización mediante modelos.

Es de vital importancia visualizar el comportamiento de las diferentes partes que se van definiendo en su forma, conexión e interacción con otros elementos. Para lograr esto, en muchas ocasiones se requiere utilizar diferentes tipos de modelos. En las áreas de ingeniería generalmente se prefiere utilizar modelos funcionales que se utilizan para demostrar que los principios de funcionamiento operan y son capaces de cumplir con las restricciones impuestas durante la definición de especificaciones del producto.

Los modelos se denominan en algunas ocasiones como modelos de prueba de concepto y su importancia es mayor en el caso de productos dinámicos. Los modelos funcionales pueden en muchos casos demostrar la operación de un elemento aparte o de un fenómeno en particular del funcionamiento del producto.

Modularidad y accesorios.

Una de las consideraciones más importantes durante la etapa de configuración es definir si a partir del producto en desarrollo se va a definir una familia de productos. Las familias de productos se desarrollan utilizando dos conceptos, que no son excluyentes entre sí, la modularidad y los accesorios.

El desarrollo modular tradicionalmente se identifica como aquel que tiene un producto base y se pueden ampliar sus capacidades mediante la incorporación de módulos que se adquieren por separado. Esto se ve de manera clara en muebles, herramientas y equipos electrónicos principalmente. Para este caso se considera que existe un concepto común de equipo y en ocasiones a pesar de los estándares, existen diferentes empresas o marcas que pueden proporcionar los módulos para ir complementando el equipo.

Otro ejemplo de modularidad es el producto que tiene una estructura física central y mediante las variaciones superficiales en el elemento, asegura siempre la compatibilidad entre sus accesorios y líneas de trabajo. Un ejemplo clásico es Lego.

La modularidad no únicamente se da por razones de posicionamiento local de mercado, también existen los productos de uso masivo y mundial, los cuales tienen requerimientos marcados globales que les permiten adaptar una plataforma básica y manejar de manera modular varios componentes, para así poder producir las versiones requeridas por diferentes mercados, como ejemplo está la industria automotriz y la industria de la bicicleta.

Un caso que requiere ser tomado en cuenta es la estrategia de producción y manufactura, cuando se manejen sub-ensambles, se requiere integrar una estructura del producto que permita agregar los módulos de acuerdo con los requerimientos específicos del mercado o las diferentes presentaciones que se manejen.

Otro caso que influye mucho es la manufactura de equipo y partes para modelos anteriores, que se integran en el desarrollo del producto, para mantener una estructura de mantenimiento y servicio por la corporación. En este caso se debe tener cuidado con la estandarización de partes o ensambles de los equipos.

Un desarrollo por accesorios, involucra un producto que puede ampliar sus capacidades por medio de accesorios, que son instalados de acuerdo con el consumidor o en una versión que se adquiere previamente ensamblada.

Para lograr esto, se debe tener mucho cuidado cuando el producto es el iniciador de una familia de productos y en que forma se va a estructurar esta familia. Así de manera típica se tienen los siguientes ejemplos:

1. La familia que tiene un componente central y mediante accesorios se hace más caro o exclusivo. Un ejemplo son los equipos caseros de audio.
2. La familia que se escala mediante un producto central, este producto tiene los componentes tecnológicos y la imagen para posicionarse en el mercado, el cual se ampliará dependiendo de cómo se modifique su concepto.
3. El producto que utiliza una estructura básica en imagen y funcionamiento para el consumidor, pero que puede aumentar la capacidad de operación del producto base y se escalan los tamaños y capacidades del producto. Un ejemplo son los moto reductores.
4. Los productos que únicamente comparten la imagen exterior, pero que se van escalando no sólo en cuanto a capacidades sino en accesorios que los hacen más adecuados para mercados de mayor poder adquisitivo. Un ejemplo pueden ser los electrodomésticos.

La modularidad y el desarrollo de productos por accesorios, involucran el definir una estructura de producto, donde se consideran las diferentes capacidades y accesorios que se agregarán para ir aumentando las capacidades del producto. Cuando se define la estructura del producto se puede mantener una base tecnológica por periodos largos, o se puede manejar la vida estimada del producto. [10]

CONSIDERACIONES PARA EL METODO DEL ELEMENTO FINITO.

Existen cuatro tipos de suposiciones que se realizan cuando se utiliza el método del elemento finito (FEM), éstas son en cuanto a: geometría, propiedades del material, mallado, condiciones de frontera, en adición, éstos pueden ser afectados por la calidad de los elementos finitos, suposiciones

de tipo estático lineal, que son las más comúnmente usadas. Estas suposiciones mencionadas pueden ser aplicadas en casos de tipo: estructural, electromagnético, movimiento de fluidos o simulaciones de manufactura.

Geometría.

La geometría debe ser considerada en un contexto correcto. En realidad, la geometría desarrollada con el diseño asistido por computadora (CAD) es solamente una plantilla para construir el mallado. Algunos los paquetes que utilizan el FEM no tienen la capacidad de entender las geometrías, sino más bien entienden a los nodos y las conectividades entre éstos, los cuales son conocidos como elementos. Es común idealizar la geometría que será usada como plantilla, suprimiendo características innecesarias, representando estructuras sólidas con superficies o líneas tipo viga. [8]

Propiedades del material.

Es típico suponer que muchas de las partes sean isotrópicas (propiedades independientes de la orientación geométrica) y homogéneas (los valores de las propiedades permanecen constantes a través de todo el volumen). Estas suposiciones son completamente ciertas en pocas industrias. En la mayoría de las compañías que realizan este tipo de análisis, requieren procesos de manufactura de partes o sistemas los cuales tienen algún nivel de anisotropía como es el caso de la orientación de las fibras de vidrio en partes de plástico y la orientación de granos en laminado en frío de placas.

Cuando escogemos propiedades, siempre se debe recordar el campo limitado de las suposiciones. Las propiedades como el módulo de Young, módulo de cedencia, coeficiente de Poisson, espesor de superficies, propiedades de vigas, pueden idealizarse para el entendimiento de alguna parte bajo investigación. El comportamiento del doblado de una viga es linealmente proporcional al módulo de Young, y si el espesor del material puede variar más o menos el 15%, el comportamiento de doblado puede variar alrededor del 15%. Sin embargo, algunas reacciones al cambiar las propiedades no pueden ser cuantificadas con facilidad. En esos casos es importante que no se asuman propiedades simples, mientras el conjunto de suposiciones llegue a ser más completo, los resultados pueden ser capaces de ayudarnos a tener mejores decisiones en el diseño. [8]

Mallado.

El mallado es la forma de comunicación entre la geometría y el FEM. La solución de los problemas dependerá de la calidad del mallado. Éste se puede realizar usando elementos idealizados como vigas, superficies, suponiendo que esos elementos pueden representar adecuadamente la geometría y que ellos pueden captar las respuestas estructurales del sistema. Estas suposiciones no son siempre fáciles de calificar. [8]

Condiciones de frontera.

Al seleccionar las condiciones de frontera se realizan suposiciones para representar partes o efectos que no son, o no pueden ser explícitamente modelados, pudiendo simular estos fenómenos.

Suposiciones estático lineales.

Existen varios tipos de análisis estructural y algunos de ellos son usados en el FEM, sin embargo las soluciones estático lineales son las más usadas en general. Las razones son simples: velocidad, disponibilidad, paquetes básicos con módulos estático lineal de softwares desarrollados son los que comúnmente se encuentran disponibles debido a sus bajos costos, para soluciones no lineales y de

tipo vibratorio se utilizan módulos que usualmente requieren de habilidades especiales y conocimientos mayores de las técnicas de tipo estático lineal. [8]

Suposiciones Lineales.

Las tres principales áreas de interés cuando se califica a un sistema lineal o no lineal son las siguientes:

- *Propiedades del material;* un material se dice que es lineal si la relación esfuerzo-deformación puede ser asumida como lineal. Los materiales lineales deben cumplir con la ley de Hooke cuando están en términos del esfuerzo. $\sigma = E * \epsilon$

En donde E es el módulo de Young o módulo de elasticidad del material. Muchos aceros permanecen lineales para todos los propósitos prácticos hasta el punto de cedencia del material. Otros metales y materiales como fundiciones de hierro o plásticos, tienen un pequeño rango lineal de deformación.

- *Consideraciones geométricas;* es referido a un fenómeno llamado endurecimiento geométrico (geometric stiffening) que puede afectar a los resultados del FEM en cuanto a desplazamientos. El resultado de esta condición es el decremento de los desplazamientos bajo el incremento de carga, la causa primaria es el incremento en esfuerzos de tensión en las áreas deformadas. En estos casos se debe correr una solución no lineal con grandes desplazamientos, si las diferencias entre la solución lineal y la no lineal son significantes en el área de interés, se debe usar los resultados de la solución no lineal.
- *Condiciones de frontera;* Se refiere a que las condiciones de frontera no cambian desde la aplicación de cargas hasta el final de la deformación. Las cargas deben ser constantes en magnitud, orientación y distribución, si una de ellas cambia significativamente, la suposición lineal no es válida. Si un par de superficies no están en contacto cuando no hay cargas pero llegan a tener contacto cuando las cargas son aplicadas, fuerzas de reacción se presentarán en esta región de contacto y por lo tanto cambiará la distribución de fuerzas en el sistema. [8]

Suposiciones estáticas.

Como en las suposiciones lineales, es común asumir que todas las cargas son aplicadas gradualmente hasta su total magnitud. Si la carga es aplicada con una entrada vibratoria, impulso, senoidal y si es generada por impactos con otro cuerpo, es muy probable que no se trate de un fenómeno estático. Sin embargo, muchas aplicaciones pueden ser modeladas estáticamente y muchas veces resultan muy interesantes estos casos. Un cuerpo o estructura suponiendo que tiene un estado estable, con una velocidad constante o aceleración constante puede ser modelado como estático.

Existen tres tipos primarios de cargas dinámicas en el FEM y cada uno requiere una solución aparte.

- *Respuesta transitoria o carga dependiente del tiempo.* Si el periodo del evento es muy pequeño de tal forma que el sistema no pueda responder rápidamente a la completa deformación antes de que la carga sea removida, los niveles de esfuerzo pueden diferir significativamente de los reportados por un análisis estático.

- *Respuesta frecuencial o carga senoidal.* La magnitud y la orientación de la carga varía senoidalmente. Como la frecuencia de entrada se aproxima a cualquier frecuencia natural del sistema, la diferencia entre respuestas estáticas y dinámicas divergen.
- *Respuesta aleatoria.* Ésta difiere de la respuesta frecuencial en la naturaleza de las cargas mientras la respuesta frecuencial es en libras contra frecuencia, en la aleatoria puede ser con la forma de aceleración al cuadrado contra frecuencia. Estos datos son usualmente compilados en forma de curvas llamadas power spectral density (PSD), éstas por ejemplo, han sido compiladas en diferentes terremotos, eventos sísmicos, etcétera.

Los dos primeros tipos de respuesta son comúnmente encontrados en el diseño de productos. Si la carga primaria en el sistema es vibratoria o si se trata de una tipo impulso, la suposición estática debe siempre ser comparada con la solución dinámica, aunque es preferible que para entradas dinámicas se resuelva con soluciones dinámicas. [8]

Elementos sólidos.

Existen tres tipos de elementos comúnmente utilizados en el FEM: bloque, cuña y tetraedro (figura 14). Cada elemento puede ser modelado en primer orden o segundo orden en códigos-h (este código permite captar más condiciones de esfuerzos con suficiente grado de libertad en el área de interés.)

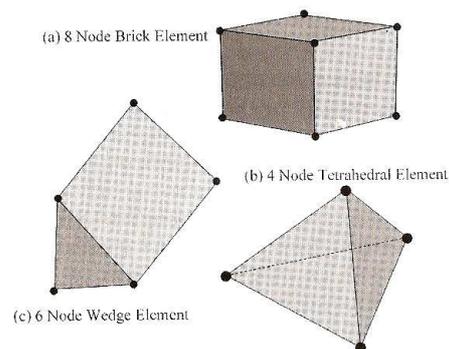


Figura 14. Formas de elementos sólidos comunes. [8]

Los códigos P-elementos (este código es excelente para captar altos gradientes de esfuerzos) usan el mismo tipo de elemento pero la definición de bordes es más compleja. En códigos h-elementos, en primer orden los tetraedros tienen deformación constante y tienden a comportarse demasiado duros de moldear. El mallado tetraédrico ha llegado a ser de los más disponibles y muchos usuarios agradecen la buena convergencia en los resultados que este mallado puede proveer en muchos casos.

A pesar de que el mallado no automático ha tenido gran aceptación, algunos proveedores de softwares han desarrollado tecnologías automáticas. Cabe mencionar, que si se tiene una geometría sólida la cual puede ser fácilmente extruída o revolucionada dentro de un mallado de bloques sin ninguna pérdida de geometría, puede ser computacionalmente más eficiente que el mallado con tetraedros. Sin embargo, si la geometría no puede ser fácilmente separada en componentes para un mallado de bloques, el mallado tetraédrico es el único aceptado para el llenado de un volumen, por lo que puede ser usado por casi todo tipo de mallado como un código estructural en el FEM. [8]

Selección de elementos y mallado automático.

La decisión de la selección de elementos en el mallado está en términos de las idealizaciones juzgadas en el problema. Usar elementos sólidos para partes sólidas, y vigas para partes tipo viga. Sin embargo, más allá de estos principios, los diseñadores pueden encontrarse con el uso de elementos triangulares o rectangulares. Algunos software se encuentran programados predeterminadamente con elementos de tipo cuadrilátero para mallar superficies y tetraedros para modelos sólidos. Las formas escogidas fueron debido a la precisión más que por conveniencia.

La decisión de construir manual o automáticamente el mallado, usualmente es determinada por la necesidad de usar elementos tipo bloque o tetraedro, muchas veces no hay alternativa, como se menciono anteriormente. Una buena estimación es que uno puede necesitar 5 tetraedros por cada bloque en un modelo para obtener los mismos resultados.

El mallado manual requiere más tiempo que el automático, sin embargo mientras el automallado permite empezar a correr las simulaciones más rápido; el exceso de elementos requeridos logra el mismo grado de precisión, aunque la solución requiere un mayor tiempo.

Un modelo simple con buenos niveles de convergencia puede resolverse rápidamente si es construido con elementos tipo cuñas o bloques; sin embargo, la velocidad de solución de modelos con grandes mallados tetraédricos es relativamente rápida para análisis de tipo estático lineal. [8]

III. DESARROLLO.

PERFIL DE DISEÑO DEL PRODUCTO.

Tabla 1. Tabla resumen de PDP.

<i>Descripción del producto.</i>	Será una bicicleta urbana la cual deberá de ser cómoda, ergonómica, funcional, con una estética amable, económica, innovadora, factible de manufacturar, cumpliendo con los requisitos y necesidades de la empresa (Bicileyca) de tal manera que la bicicleta a diseñar sea proyectada para los próximos años.
<i>Objetivos principales del negocio.</i>	Se trata de una bicicleta urbana , que servirá como medio de transporte alternativo, facilitando el traslado de la misma, ayudando al ejercitamiento físico y reduciendo problemas de transito como en el caso de la ciudad de México.
<i>Mercado primario.</i>	El producto podrá ser adquirido por personas que cuenten con el poder adquisitivo necesario, para posteriormente ser usado por esas mismas personas o aquellas que gusten del uso de este transporte. El rango de edad de los usuarios puede ser mayoritariamente entre 12-40 años (ambos sexos).
<i>Características básicas del producto</i>	Se usará en un contexto urbano, en el cual se encuentran terrenos pedregosos, pavimentados, lodosos, encharcados, con baches, escaleras, pastos, etcetera. La bicicleta urbana deberá ser ligera, cómoda, fácil de transportar, fácil de usar y segura.
<i>Principales competidores en el mercado primario y secundario</i>	<ul style="list-style-type: none">• Nacionales: Alubike, Turbo, Benotto, Mercurio, Magistroni, Ozeky, Bimex, Cinelli, Nahel, Veloci, BR, entre otros.• Internacionales: Giant, A-bike, Cannondale, Dahon, Jamis, Ixi, Hawk, GT, Haro bikes, Airnimal, Montague, Birdy, Mobiky y muchos más.
<i>Riesgos del proyecto</i>	<ul style="list-style-type: none">• Deficiente tecnología implementada en la empresa.• Deficientes sistemas de Comercialización del Producto.• Entrada al mercado de mejores bicicletas urbanas.

Aspectos generales.

Se trata de una bicicleta urbana, que servirá como medio de transporte alternativo, facilitando el traslado de un lugar a otro y de ésta, ayudando al ejercicio físico y reduciendo problemas de tránsito como es en el caso de la ciudad de México.

Teniendo en cuenta que entre los tipos de bicicletas en el mercado se encuentran las de carretera o ruta: que son ligeras, con unas ruedas muy finas y un manillar que obliga a una postura que favorece la aerodinámica; bicicletas de montaña con y sin suspensión: en las cuales el cuadro se reforza y las ruedas se ensanchan con el fin de poder circular por terrenos abruptos; las tipo bmx: las cuales están hechas de tal forma que se tenga una mejor manipulación de ésta, para así realizar ciertas acrobacias o saltos.

La suspensión es un elemento que puede estar presente en diferentes tipos de bicicleta, ésta añade comodidad y valor a la bicicleta, la suspensión trasera es importante puesto que es la que interviene con el asiento, la delantera es quizás más prescindible, ya que sin ésta, los impactos de la llanta delantera se absorberán en gran medida por las muñecas del operario.

Hay quien tendrá muy claro que desea practicar ciclismo de ruta o exclusivamente de montaña porque le parece muy peligroso compartir el asfalto con los automóviles. Para quien no lo tenga tan claro o quien pueda usar la bicicleta en ambientes muy similares a los de montaña y carretera, (topes, baches, banquetas, escaleras, tierra, charcos, asfalto, pequeñas piedras, pendientes, trayectos cortos, largos, etcétera.) una bicicleta tipo híbrida es una buena solución, ya que puede ser adecuada para quien quiera darle un uso urbano como medio de transporte.

Aspectos de mercado.

El producto será adquirido por personas que cuenten con el poder adquisitivo necesario, para posteriormente ser usado por personas que gusten del uso de este transporte. El rango de edad de los usuarios puede ser mayoritariamente entre 12-40 años, (ambos sexos).

Podrá ser colocada en racks (bases para colocar o transportar bicicletas u otras cosas), ubicados en distintos puntos de la ciudad o lugares (escuelas, centros comerciales, parques, autos, transporte público, etcétera).

Teniendo en cuenta que en la actualidad existen varias empresas que ofrecen prestigio de marca, materiales adecuados para cada tipo de bicicleta, variedad en precio y diseño, el producto deberá competir mejorando los aspectos antes mencionados, por lo que se contempla un precio estimado entre \$3000 – \$6000 M.N.

Considerando los procesos de manufactura en la empresa, se estima una producción Baja de ≤ 6000 unidades al año. La bicicleta se podrá adquirir en centros comerciales, tiendas deportivas y distribuidores del ramo.

Benchmarking.

En cuanto a las bicicletas existentes, se utilizan materiales y diseños en los cuadros dependiendo del tipo y uso de la bicicleta, en general los materiales son:

- Aleaciones de Acero.
- Aleaciones de Aluminio.
- Fibras de carbono.
- Aleaciones de Titanio.

Ejemplos de bicicletas y especificaciones en el mercado:

1.-Marca Alubike.

Especificaciones:

- Cuadro de Aluminio 7005 tipo MTB, suspensión Suntour.
- Rines de Aluminio doble pared.
- Llantas tioga 26x1.95, frenos de Aluminio.
- Manubrio de AL Ø22.2mm x 580mm.
- Abr. asiento de AL Ø31.8mm c/tornillo.
- Poste manubrio AL Ø28.6mm.
- Poste asiento AL Ø28.6mm.
- Pedales de acero.
- **Precio: \$ 3,400.00 M.N.**



Figura 15. Bicicleta de montaña marca Alubike.

2.-Marca Turbo.

Especificaciones:

- Rodada 24”.
- 21 velocidades.
- Cuadro de acero.
- Suspensión en parte delantera y trasera.
- Frenos “V” Brake.
- Asiento y postes FIAMME.
- **Precio: \$ 2,749.00 M.N.**



Figura 16. Bicicleta de montaña marca Turbo.

3.- Marca Jamis.

Especificaciones:

- Cuadro de aluminio 7005.
- Cambio Shimano RevoShift.
- Frenos Shimano coaster brake.
- Peso 14.2 Kg.
- Llantas de 26”.
- Protección en cadena y catarinas.
- **Precio: \$ 3,740.00 M.N.**



Figura 17. Bicicleta tipo urbana marca Jamis.

4.- Marca Specialized.

Especificaciones:

- Cuadro de aleación Specialized.
- Rodada 26”.
- Componentes shimano.
- **Precio: \$ 3,600.00 M. N.**



Figura 18. Bicicleta tipo urbana marca Specialized.

5.- Marca Specialized.

Especificaciones:

- Cuadro de aluminio.
- Componentes shimano.
- Rodada 26”.
- **Precio: \$ 9,500.00 M.N.**



Figura 19. Bicicleta tipo urbana marca Specialized.

6.- Marca A-Bike.

Especificaciones:

- Plegable.
- Peso de 5.6kg / 12.6 lbs.
- Cuadro de Aluminio 6061 T6 y material compuesto GF PA66.
- Llantas neumáticas a una presión 90psi.
- Medidas en estado plegado 67cm x 30cm x 16cm.
- Medidas sin plegar 100cm x 70cm x 43cm.
- **Precio ≈ \$ 2,500.00 M.N.**



Figura 20. Bicicleta plegable marca A-Bike.

7.- Marca Dahon.

Especificaciones:

- Cuadro : Serie L, aluminio 7005, tubo Sonus, bisagra forjada y tecnología patentada Vise Grip y Embed.
- Desarrollo: 71-218 cm.
- Distancia de la tija de sillín al manillar: min. 650mm-máx. 665 mm.
- Distancia del sillín al pedal: min. 575mm-máx. 950 mm.
- Tamaño plegada: 31 x 64,5 x 82 cm.
- Peso : 14,7Kg.
- Tiempo de plegado: 15 segundos.
- Altura estimada del usuario: 142-193 cm.
- Peso máximo del usuario: 105 Kg.
- **Precio ≈ \$ 9,000.00 M.N.**



Figura 21. Bicicleta plegable marca DAHON.

8.- Marca Giant.

Especificaciones:

- Cuadro: aluminio 6061.
- Horquilla: hi-ten unicrown.
- Frenos: alhonga u-brake de aluminio.
- Bielas: aluminio.
- Llantas: femco, 20 ”.
- Manillar: aluminio.
- Sillín: dual density comfort velo.
- Tija sillín: aluminio.
- **Precio ≈ \$ 8,650.00 M.N.**



Figura 22. Bicicleta plegable marca GIANT.

Conceptos y prototipos de bicicletas urbanas.

Debido a que el concepto de bicicleta urbana se presta a diferentes interpretaciones (figura 23), se han desarrollado innumerables conceptos urbanos, tanto por las grandes empresas con gran prestigio como por diseñadores independientes.



Figura 23. Ejemplos de conceptos de bicicletas urbanas.

Aspectos de producción.

Las bicicletas se producirán en la planta de BICILEYCA, ubicada en Tlaxcala, carretera México-Veracruz vía Texcoco Km. 127, Tlacoaloyan Yauhquemecan, San Lorenzo México. En la cual se dispone de la siguiente maquinaria:

- Prensas troqueladoras.
- Equipos de soldadura (MIG/ arco eléctrico), teniendo como posibilidad la adquisición de antorchas para soldadura de aluminio.
- Dobladoras de tubo y lamina.
- Equipo de corte de materiales.
- Maquinaria para abocardar tubos.
- Hornos de vulcanización.
- Máquinas de inyección de plásticos.
- Máquinas de soplado de plásticos.
- Pintura micro pulverizada.

Una posible alternativa puede ser el contar con servicios externos, por ejemplo, para posibles tratamientos térmicos en los productos, con el fin de mejorar algunas propiedades mecánicas.

Materiales usados en las bicicletas.

La parte más importante de la bicicleta es el esqueleto sobre el que se montan los elementos restantes, es lo que denominamos el cuadro, y en función del material de que esté hecho variará sustancialmente su valor. Un gran referente para la industria de la bicicleta es la industria aeronáutica, que busca precisamente materiales muy ligeros pero a la vez muy resistentes.

De aleaciones de acero (incluido el famoso "Cromoly") se dice que ya pasaron por su época dorada y hoy en día ya no es tan común su uso en bicicletas, por lo regular se utiliza para bicicletas de gama baja (niño) o para bicicletas exclusivas, como las fabricadas por artesanos. Estos materiales son muy resistentes y fáciles de conformar, se usan desde el acero al carbono 1012 (muy común) hasta los más sofisticados como los aceros al cromo-molibdeno (Cromoly), las aleaciones de acero en sus diferentes calidades pueden incluir pequeños porcentajes de cromo, molibdeno, níquel, carbono, sílice, manganeso, fósforo, azufre, vanadio y titanio.

Los materiales compuestos a base de fibras de carbono o kevlar se utilizan cada vez más en la fabricación de cuadros y componentes.

Las aleaciones de aluminio tienen pequeñas cantidades de otros elementos como zinc, magnesio, cobre, silicio, etcétera. Estos elementos se añaden en cantidades normalmente muy pequeñas y dentro de unos márgenes muy estrictos. Sin embargo, son suficientes para que las propiedades (tenacidad, ductilidad, resistencia a la fatiga, corrosión, etcétera) de la aleación cambien, en algunos casos de manera considerable. Este es el material usado por excelencia en la industria de la bicicleta por sus grandes ventajas, por lo cual es difícil que sea desbancado. Sus ventajas son muchas:

1. Ligero.
2. Buena resistencia a la corrosión
3. Es uno de los metales más abundantes en la superficie terrestre, constituyendo aproximadamente un 8 % del total de la corteza terrestre de nuestro planeta.
4. Buenas propiedades mecánicas.

Clasificación de aleaciones de aluminio usadas en bicicletas:

Aleaciones 2xxx; van aleadas con cobre, lo que mejora mucho su resistencia mecánica. En bicicletas no se usan mucho porque resulta difícil hacer formas complejas.

Aleaciones 6xxx; son aleadas con magnesio y silicio. Las típicas son 6061 ó 6063, muchos cuadros son de este grupo, básicamente por que se conforma fácilmente y tiene buenas propiedades mecánicas.

Aleaciones 7xxx; están aleadas mayoritariamente con zinc. Los aluminios de esta serie tienen magníficas propiedades mecánicas, aunque el conformado no es en general tan bueno como las aleaciones 6xxx. La aleación 7075, por ejemplo, tienen una extraordinaria resistencia mecánica, pero en muchos casos no se utiliza para las formas complicadas en el cuadro, sino que se usa en general para formas más o menos simples como los manillares. La resistencia a la corrosión es en general peor que otras series, aunque para una bicicleta no suele ser realmente un factor tan importante.

El resto de las series no tienen importancia para la industria de la bicicleta, sino que se usan en otras aplicaciones.

En cuanto a las geometrías de los tubos, estos pueden tener una gran gama (figura 24), lo que nos proporciona una gran ventaja para el diseño y manufactura de bicicletas.

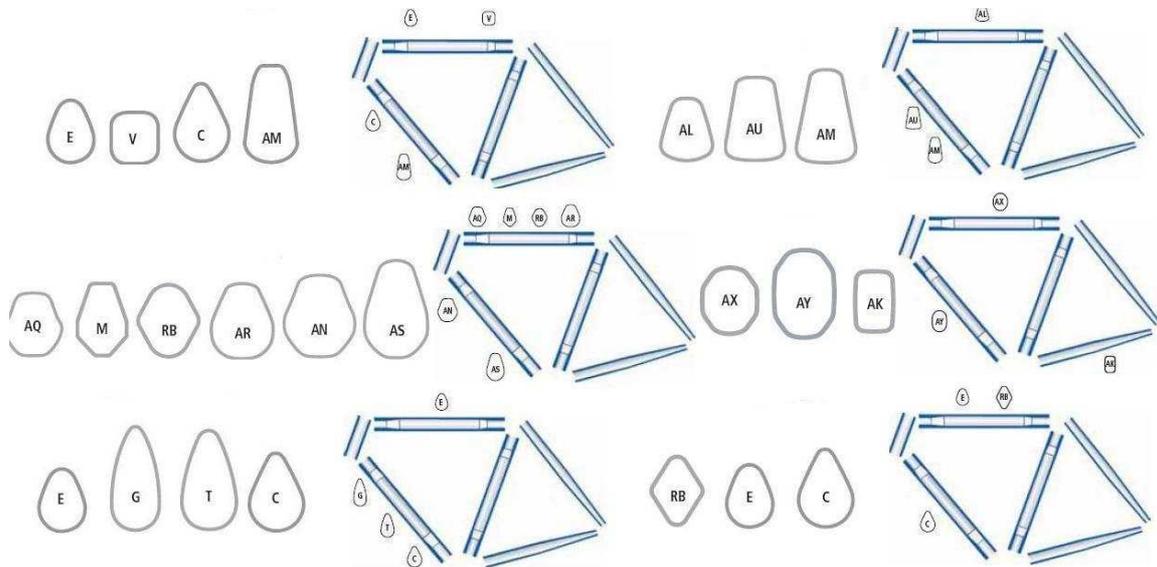


Figura 24. Geometrías de tubos de aluminio marca Columbus.

Aspectos de distribución.

Las bicicletas pueden ser envueltas con plásticos y cartón para evitar daños como ralladuras, golpes, etcétera. Éstas podrán ser colocadas en cajas de cartón, con el manillar girado en paralelo al chasis, los pedales y partes salientes desensambladas o invertidas, la presión de las ruedas reducida, otra opción puede ser si se trata de una bicicleta plegable, de esta forma la bicicleta puede ser empacada en su forma más reducida, por lo que se reduciría material de embalaje y con ello los costos, así, se podrá tener un mejor embalaje, almacenamiento y distribución del producto.

Aspectos funcionales.

La bicicleta deberá transportar al usuario distancias promedio de 10 km. diarios. Ésto lo hará por medio del sistema básico de la bicicleta (pedales, transmisión, llantas).

La bicicleta deberá resistir a los agentes climáticos (en cuanto a la corrosión y degradación), también deberá soportar un peso del usuario (máximo de 250 kg)*, impactos generados por banquetas, escalones, etcétera.

En cuanto al mantenimiento, deberá de ser mínimo y sencillo, aplicándose básicamente a llantas, transmisión y frenos.

Aspectos ergonómicos

Las bicicletas son maquinas precisas, que interaccionan con diversas partes del cuerpo humano. Por ésto se han creado diversas tallas de chasis.

*Aclaración en capítulo III sección: Consideraciones para los análisis de esfuerzos-desplazamientos del cuadro.

La talla del chasis de una bicicleta es una relación entre la altura del ciclista y la distancia entre la entrepierna y la planta del pie, corresponde a la distancia que hay entre el eje del pedalier hasta el final del tubo donde se introduce el tubo del asiento (figura 25). En muchos casos esta longitud se obtiene de multiplicar la distancia entre planta del pie y entrepierna por 0.5 o 0.65 [cm].

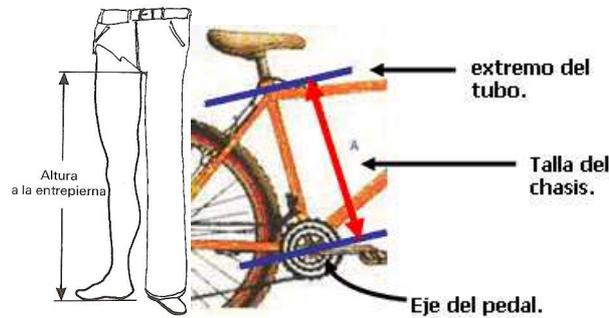


Figura 25.

Existen tablas que facilitan la equivalencia entre la altura del ciclista y la talla del chasis que mejor se adapta a la persona. Las medidas del chasis se expresan en centímetros o en pulgadas, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2. relación entre altura y tallas.

Altura (cm.)	Carretera (cm.)	Montaña (pulgadas)
160 - 165	47 - 51	14
165 - 170	51 - 53	16 - 17
170 - 175	53 - 55	18
175 - 180	55 - 57	18 - 19
180 - 185	57 - 59	20
185 - 190	59 - 61	20 - 22
190 -	61 -	22 -

Otro aspecto de suma importancia es el uso adecuado de la bicicleta y sus componentes.

La altura del asiento debe permitir que estando el pedal abajo quede la pierna casi estirada, alcanzar el suelo con las puntas de los pies, evitando así que las piernas se flexionen demasiado (Fig. 26).



Figura 26. Posición correcta.



Figura 27. Posición incorrecta.

Si el asiento (sillín) se encuentra demasiado bajo, las piernas no se estiran lo que deberían, lo cual provoca un sobre esfuerzo muscular que cansa al usuario rápidamente (Fig. 27).

Para saber la altura correcta cuando estamos montados en una bicicleta debemos colocar el pie sobre el pedal de manera que el eje del mismo quede debajo de las articulaciones donde empiezan

los dedos y mover el asiento hasta que la pierna quede ligeramente flexionada, o en otros términos la distancia entre el centro de la caja del pedalier hasta la parte alta del sillín es equivalente a la medida de la entrepierna al pie multiplicada por 0.885

Con las bicicletas urbanas, una posición erguida brindara al usuario una mayor visibilidad y cuidado del cuerpo.

La altura del manillar es de suma importancia para el adecuado posicionamiento corporal en una bicicleta. Una manillar demasiado bajo, por debajo de la altura del sillín facilita realizar grandes esfuerzos y controlar la bicicleta en terrenos irregulares, por otro lado, esta posición es incómoda y fuerza la musculatura del cuello para poder mirar por donde vamos. Por el contrario, una posición del manillar más alta nos obliga a una posición excesivamente erguida o rígida, que no facilita los giros y limita la agilidad para conducir y reduce la velocidad al generar una mayor fuerza de arrastre.

La altura correcta del manillar para bicicletas urbanas, sería entre 2 y 10 cm por encima de la altura del sillín. Una correcta posición en bicicletas urbanas puede ser aquella en la que nos permita un ángulo casi recto entre el torso y el húmero.

A su vez, las manijas de freno y de cambio de marchas deben estar colocadas de forma que no debamos mover la muñeca cada vez que se requiera frenar o cambiar de marcha. Una posición adecuada es aquella en la que las manijas o palancas están alineadas con la trayectoria que describe el brazo cuando agarramos el manillar.

Aunque el utilizar la bicicleta es saludable y contribuye a un sin fin de mejoras fisiológicas (cardiovasculares, musculares, metabólicas, etcétera), se debe mencionar que un uso inadecuado puede incitar determinadas lesiones como por ejemplo: tendinitis, distrofias musculares, hipo dermatitis, etcétera. La bicicleta no deja de ser una máquina que se acopla a una persona y por tanto ésta debe adaptarse a las características del usuario y por consiguiente adaptar el diseño al uso prioritario (ciudad, montaña, carretera, etcétera).

Aspectos estéticos.

Ya que se trata de usuarios en su mayoría jóvenes (mujeres y hombres) consientes de los problemas urbanos que existen en ciudades como en el Distrito Federal, donde la necesidad de transportarse se vuelve día con día un problema mayor. La solución es el transporte alternativo como es la bicicleta, y que mejor, si brinda la comodidad de poderla desplazar consigo a cualquier lugar, al reducir su tamaño casi o igual a la mitad y con un diseño unisex, sin descuidar los aspectos funcionales y ergonómicos, adquiriendo una estética en relación a la función.

DISEÑO CONCEPTUAL.

Requerimientos del producto.

- Descripción del producto; Será una bicicleta urbana la cual deberá de ser cómoda, ergonómica, funcional, con una estética amable, económica e innovadora, factible de manufacturar, cumpliendo con los requisitos y necesidades de la empresa (Bicileyca) de tal manera que la bicicleta a diseñar sea proyectada para los próximos años.
- Objetivos principales del negocio; Se trata de una bicicleta urbana, que sirva como medio de transporte alternativo, facilitando el traslado de un lugar a otro, ayudando al ejercitamiento físico y reduciendo problemas de tránsito como es el caso de la ciudad de México.

- Características básicas del producto; Se usará en un contexto urbano, en el cual se encuentran territorios pedregosos, pavimentados, escaleras, etc.

Actividad Lluvia de Ideas.

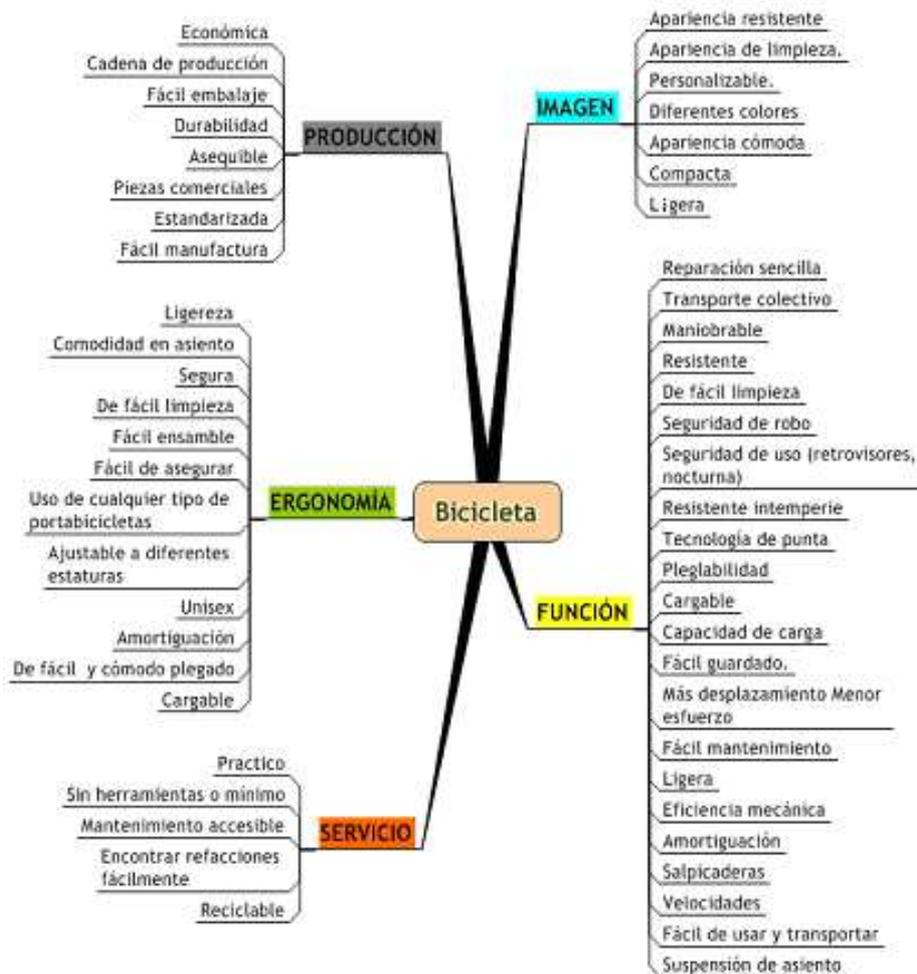


Figura 28. Lluvia de ideas desarrollada por el grupo de trabajo.

Generación de Conceptos a partir de la lluvia de ideas.

Tabla 3. Conceptos generados.

IMAGEN	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3	Concepto 4
Apariencia resistente				
Apariencia de limpieza				
Personalizable				
Diferentes colores				
Apariencia cómoda				
Compacta				
Ligera				
FUNCIÓN				
Reparación sencilla				
Transporte colectivo				
Maniobrable				
Resistente				
De fácil limpieza				
Seguridad de robo				
Seguridad de uso (retrovisores, nocturna)				
Resistente intemperie				
Tecnología de punta				
Plegabilidad				
Cargable				
Capacidad de carga				
Fácil guardado				
Más Desplazamiento Menor Esfuerzo				
Fácil mantenimiento				
Ligera				
Eficiencia mecánica				
Amortiguación				
Salpicadura				
Velocidades				
Fácil de usar y transportar				
Suspensión en el asiento				
Transmisión convencional.				
Frenos				
Pedales				
SERVICIO				
Practico				
Sin herramientas o mínimo				
Mantenimiento accesible				
Encontrar refacciones fácilmente				
Reciclable				
ERGONOMÍA				
Ligereza				
Comodidad en asiento				

Segura				
De fácil limpieza				
Fácil ensamble				
Fácil de asegurar				
Uso de cualquier tipo de portabicicletas				
Ajustable a diferentes estaturas				
Unisex				
Amortiguación				
De fácil y cómodo plegado				
Cargable				
PRODUCCIÓN				
Económica.				
Cadena de producción.				
Fácil embalaje.				
Durabilidad.				
Asequible.				
Piezas comerciales.				
Estandarizada.				
Fácil manufactura				

Búsqueda de productos análogos a partir de los conceptos generados.

Ya que se tuvo noción del tipo de bicicleta que se desarrollaría, se buscaron productos con características similares a los conceptos que tenían (figura 29), con lo que se encontró información muy interesante y se notaron algunas tendencias de diseño en modelos plegables, muchas en función del tipo de tecnología con que contaban o habían desarrollado.



Figura 29. Bicicletas análogas a conceptos creados.

Diagramas de Funciones

Una bicicleta por lo regular es un vehículo de dos ruedas que suelen ser del mismo tamaño, dispuestas en línea, aunque existen excepciones para lo mencionado anteriormente (figura 30). Sirve para el transporte de una, dos o más personas, gracias a la fuerza que se ejerce sobre los pedales y que es transmitida al piñón en la rueda trasera por una cadena circular.



Figura 30. Ejemplo de bicicleta urbana no convencional.

La bicicleta urbana a desarrollar deberá ser un medio de transporte sano, ecológico, sostenible y económico, tanto para trasladarse por ciudad como por algunas zonas rurales. Será una bicicleta destinada a la ciudad o a caminos en estado regular. Se hará énfasis en la comodidad, en aspectos como lo son el asiento y manubrio, además de contar con aditamentos como parrillas o canastillas para el transporte de objetos, así como también será deseable que se cuente con accesorios como corneta, reflectores y luces.

Las partes de la bicicleta en general son:

Tabla 4.

Chasis, bastidor o cuadro	El más común es en forma de rombo, también llamado de diamante o de doble triángulo.
Horquilla	Es la pieza de la dirección que sujeta la rueda delantera, puede ser fija, con suspensión y de uno o dos brazos.
Ruedas	Por lo regular funcionan con una cámara de aire al interior de la llanta, las ruedas pueden ser iguales o de diferente rodada.
Grupo: Conjunto de elementos (cadena de transmisión, cambios, piñones, platos, bielas, ejes y pedales).	Aprovechan la fuerza motriz convirtiéndola en desplazamiento.
Frenos	Usualmente son de tijera o en V, pero también se encuentran de disco.
Manubrio o Manillar	Debe ser ergonómico y antiderrapante para la seguridad del usuario de la bicicleta
Asiento o Sillín	Es la base donde el usuario se sienta para poder usar la bicicleta.
Salpicaderas	Evita que el lodo del camino salpique al usuario.
Tija	Es un tubo generalmente de aluminio o acero que une el sillín de la bicicleta con el cuadro de la misma.
Luces	Por dínamo o batería.

Funciones en la bicicleta.

Entradas

Humano: da energía a la bicicleta.

Suspensión: da comodidad en el uso de la bicicleta amortiguando impactos.

Transmisión: es el dispositivo que transmite la energía a las ruedas de la bicicleta.

Cuadro: es la estructura que sostiene a los demás elementos de la bicicleta.

Frenos: detienen el movimiento de la bicicleta.

Asiento: proporciona comodidad de traslado.

Pedales: son parte del sistema de transmisión que interactúa con el hombre.

Manubrio: da la dirección deseada a la bicicleta.

Ruedas: son la parte de la bicicleta e interactúan con el suelo.

Salidas

Seguridad de transportación.

Comodidad en el traslado.

Menor esfuerzo aplicado por el hombre para desplazarse mayor distancia.

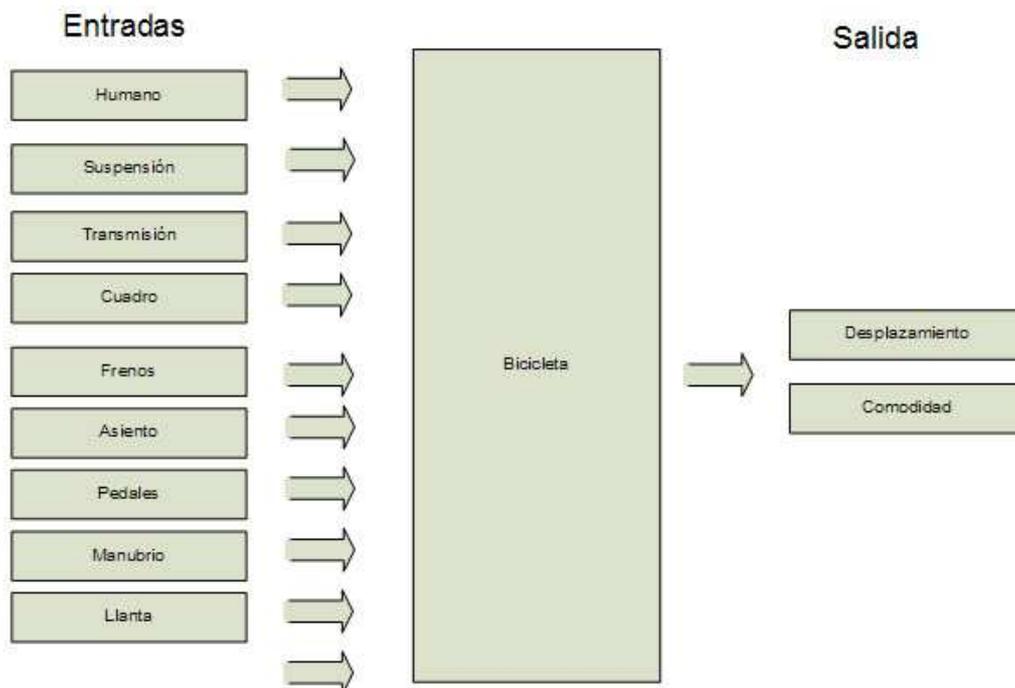


Figura 31. Entrada y salidas al sistema (bicicleta).

Cartas Morfológicas

Concepto 1 .

Tabla 5.

MAGEN			
Apariencia resistente	Llantas anchas	Cuadro robusto	
Compacta	Rodada 16	Rodada 20	Rodada 18
FUNCIÓN			
Maniobrable	Manubrio en línea casi vertical con el eje de la llanta delantera.	Manubrio antiderrapante	Manubrio desfasado de la línea vertical del eje de llanta delantera.
Seguridad de uso (retrovisores, nocturna, reflejantes)	Si	No	
Resistente intemperie	Si	No	
Plegabilidad	agra en el eje del simetría pecto a llantas	Bisagra desplazada del eje de simetría	Buje y rodamiento en el eje del sillín
Capacidad de carga	Si	No	
Ligera	Acero	Aluminio	Mat. Compuesto
Transmisión	Cadena	Cardan	Banda
Pedales	Plegables	Fijos	
SERVICIO			
Mínimo herramental de mantenimiento.	Si	No	
ERGONOMÍA			
comodidad en asiento	Si	No	
Ajustable a diferentes estaturas	Si	No	
Unisex	Si	No	
Cargable	Si	No	
PRODUCCIÓN			
Fácil embalaje.	Si	No	
Piezas	Intercambiables	Fijas	
Materiales	Acero	Aluminio	Mat. Compuesto



Figura 32. Boceto de concepto 1.

Concepto 2.

Tabla 6.

IMAGEN			
Apariencia resistente	Llantas anchas	Cuadro Robusto	
Compacta	Rodada 16	Rodada 20	Rodada 18
FUNCIÓN			
Maniobrable	Manubrio en línea casi vertical con el eje de la llanta delantera.	Manubrio antiderrapante.	Manubrio desfasado de la línea vertical del eje de llanta delantera.
Seguridad de uso (retrovisores, nocturna)	Si	No	
Resistente intemperie	Si	No	
Plegabilidad	Bisagra en el eje del simetría respecto a llantas	Bisagra desplazada del eje de simetría.	Buje y rodamiento en el eje del sillín
Ligera	Acero	Aluminio	Mat. Compuesto
Amortiguación	Resorte y amortiguador	Hidráulico	Polímero.
Velocidades	Traseros	Delanteros	
Amortiguación	Trasera	Delantera	
Transmisión	Cadena	Cardan	Banda
Pedales	Plegables	Fijos	
SERVICIO			
Mínimo herramienta de mantenimiento.	Si	No	
ERGONOMÍA			
Comodidad en asiento	Si	No	
Ajustable a diferentes estaturas	Si	No	
Unisex	Si	No	
Cargable	Si	No	
PRODUCCIÓN			
Fácil embalaje.	Si	No	
Piezas	Intercambiables	Fijas	
Materiales	Acero	Aluminio	Mat. Compuesto

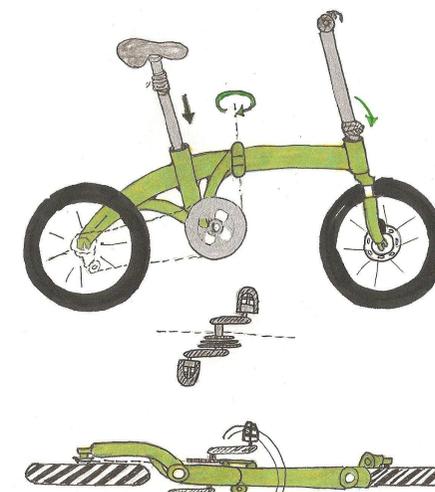


Figura 33. Boceto de concepto 2.

Concepto 3.

Tabla 7.

IMAGEN			
Apariencia resistente	Llantas anchas	Cuadro Robusto	
Compacta	Rodada 16	Rodada 20	Rodada 18
FUNCIÓN			
Maniobrable	Manubrio en línea casi vertical con el eje de la llanta delantera.	Manubrio antiderrapante	Manubrio desfasado de la línea vertical del eje de llanta delantera
Resistente	Acero	Aluminio	Mat. Compuesto
Seguridad de uso (retrovisores, nocturna)	Si	No	
Plegabilidad	Buje rodamiento en el eje del sillín	Bisagra en el eje del simetría respecto las llantas	Bisagra desplazada del eje de simetría
Frenos	En V	Disco	Tambor
Ligera	Acero	Aluminio	Mat. Compuesto
Amortiguación	Trasera	Delantera	
Transmisión	Cadena	Cardan	Banda
Pedales	Plegables	Fijos	
SERVICIO			
Sin herramientas o mínimo	Si	No	
ERGONOMÍA			
Comodidad en asiento	Si	No	
Ajustable a diferentes estaturas	Si	No	
Capacidad de carga	Delantera	Trasera	
PRODUCCIÓN			
Fácil embalaje.	Si	No	
Piezas	Intercambiables	Fijas	
Materiales	Acero	Aluminio	Mat. Compuesto



Figura 34. Boceto de concepto 3.

Concepto 4.

Tabla 8.

IMAGEN			
Apariencia resistente	Llantas anchas	Cuadro robusto	
Compacta	Rodada 16	Rodada 20	Rodada 18
FUNCIÓN			
Maniobrable	Manubrio casi en línea vertical con el eje de la llanta.	Manubrio antiderrapante	Manubrio desfasado de la línea vertical del eje de llanta delantera
Resistente	Acero	Aluminio	Mat. Compuesto
Seguridad de uso (retrovisores, nocturna)	Si	No	
Plegabilidad	No convencional.	Bisagra en eje de simetría respecto a las llantas	Bisagra desplazada del eje de simetría
Ligera	Acero	Aluminio	Mat. Compuesto
Amortiguación	Trasera con polímero	Delantera en horquilla.	
Transmisión	Cadena	Cardan	Banda
Pedales	Plegables	Fijos	
Capacidad de carga	Delantera	Trasera	
SERVICIO			
Sin herramientas o mínimo	Si	No	
ERGONOMIA			
Comodidad en asiento	Si	No	
Ajustable a diferentes estaturas	Si	No	
PRODUCCIÓN			
Fácil embalaje.	Si	No	
Piezas	Intercambiables	Fijas	
Materiales	Acero	Aluminio	Mat. Compuesto



Figura 35. Boceto de concepto 4.

Matriz DATUM para selección de concepto.

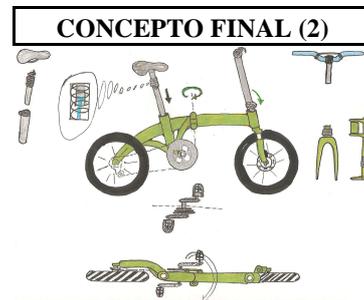
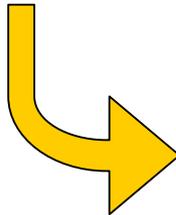
Tabla 9. 1ra iteración.

				
	CONCEPTO 2 (REF.)	CONCEPTO 1	CONCEPTO 3	CONCEPTO 4
RESISTENTE		=	+	+
FACIL PLEGLADO		+	=	-
COMODA		=	-	-
COMPACTA		-	-	-
LIGERA		-	-	-
SEGURA		+	+	=
SIMPLIFICADA		-	+	-
FÁCIL DE USAR		=	=	=
FÁCIL DE MANUFACTURAR		+	=	=
PIEZAS COMERCIALES		+	+	+
MANIOBRABLE		-	=	=
	suma			
	+	4	4	2
	-	4	3	5
	=	3	4	4
	ptos. (+) - ptos.(-)	0	1	-3

Matriz de método DATUM para selección de concepto

Tabla 10. 2da. Iteración.

	CONCEPTOS FINALISTAS	
		
	CONCEPTO 2 (REF.)	CONCEPTO 3
RESISTENTE		X
FACIL PLEGLADO	X	
COMODA	X	
COMPACTA	X	
LIGERA	X	
SEGURA		X
SIMPLIFICADA	X	
FÁCIL DE USAR		X
FACIL DE MANUFACTURAR		X
PIEZAS COMERCIALES		X
MANIOBRABLE	X	
SUMA DE PUNTOS.	6 PUNTOS	5 PUNTOS



DISEÑO DE CONFIGURACIÓN.

Boceto general de Concepto seleccionado.

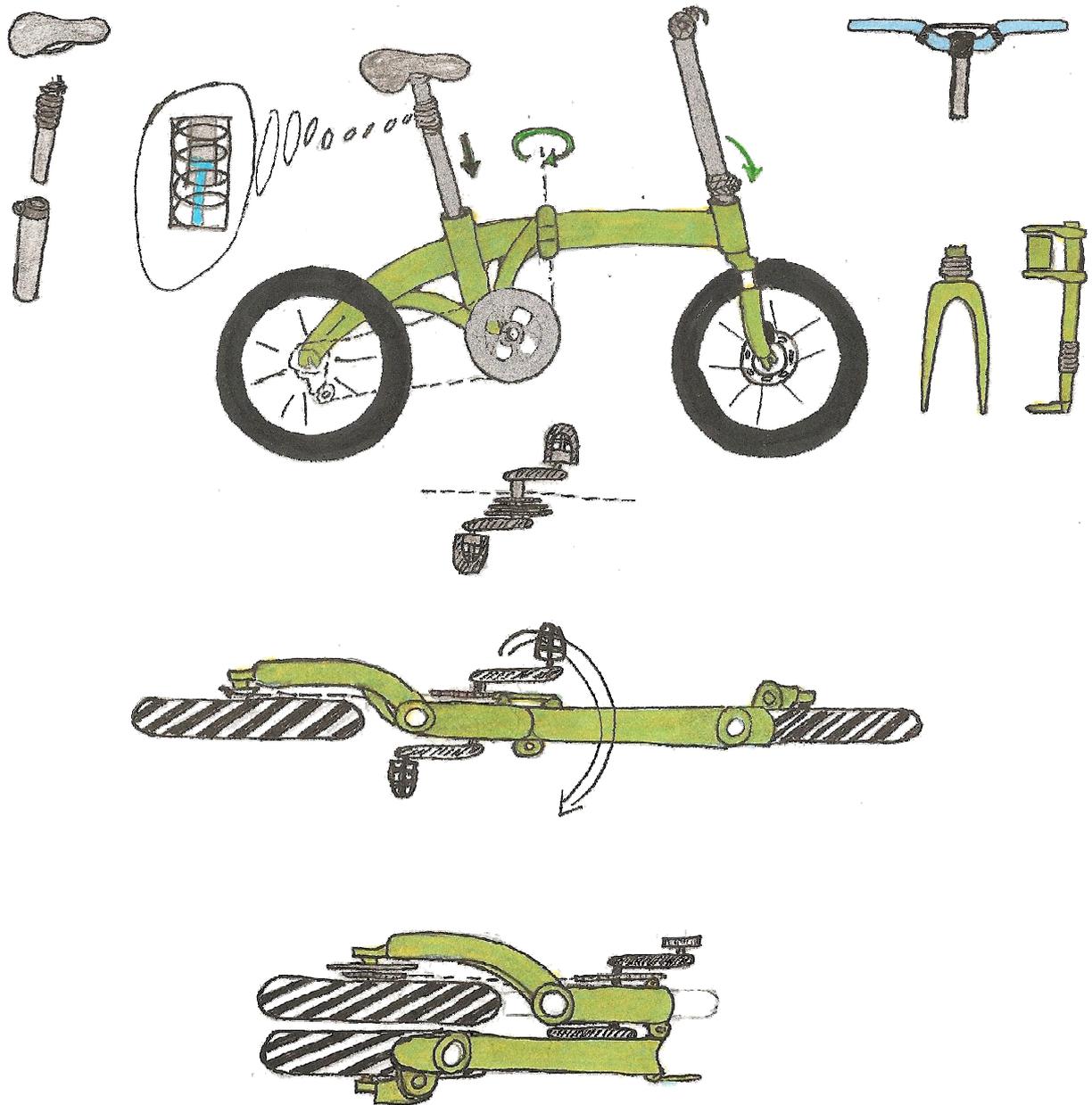


Figura 36. Boceto de concepto desarrollado.

Descripción de funcionamiento.

Se trata de una bicicleta plegable, rodada 20, que mediante una bisagra robusta (comercial) situada simétricamente en la bicicleta, pueda ser plegada de tal forma que quede doblada por la mitad, consta de un volante con poste abatible (figura 37), de forma que éste quede situado en costado al momento del pliegue, el tubo que sostiene al sillín (tija) es telescópico, de tal manera que éste se desliza hacia abajo como se muestra en la figura 36 ayudando a mantener la bicicleta plegada en equilibrio mediante tres puntos de apoyo (2 llantas y el tubo del sillín (figura 38)).

Esta bicicleta urbana tendrá doble amortiguación, la cual estará situada en el poste del sillín y la tijera delantera de un solo brazo como se muestra en la figura 36 (esta tecnología fue considerada a partir de la patente HeadShok numero 5509676, la cual es usada en amortiguación del poste del sillín como en la horquilla delantera), ésto debido al éxito de las horquillas: Cannondale-lefty y USE S.U.B. Anti-Dive, usadas en bicicletas de montaña e incluso en bicicletas para down hill (rama de la bicicleta de montaña–descenso extremo).

Esta bicicleta urbana contará con salpicaderas (trasera y delantera), pedales plegables, frenos de disco (son los mas adaptables a este tipo de orquillas), cambios delanteros(3 cambios situados en el eje del pedaliar), asiento unisex cómodo, reflejantes para seguridad nocturna y volante tipo bmx (ésto con la finalidad de darle un toque más audaz y urbano).

Cabe resaltar que tanto la horquilla delantera como la trasera serán de un solo brazo, lo que permitirá reparar las llantas ponchadas sin quitar la rueda de la bicicleta, también con esta configuración se evitará que se forme un ángulo de plegado entre los tubos principales del cuadro (figura 40), brindando una mayor plegabilidad y comodidad al momento de transportar, guardar, etcétera, por otro lado para evitar que la bicicleta una vez plegada tenga un movimiento libre en la bisagra, mediante un sistema imanes (figura 39) o seguros se evitará que las llantas se separen fácilmente.

Ventajas competitivas.

- Ligera, aún siendo de acero.
- Cuadro resistente y con forma innovadora(detalle de orquilla trasera).
- Compacta, ya que se elimina ángulo de plegado (figura 40).
- De fácil y rápido plegado.
- De fácil mantenimiento (facilidad de reparar llantas ponchadas sin quitar la rueda).
- Refacciones comerciales.
- Cómoda (doble amortiguación).
- Mínimo herramental de servicio y mantenimiento (de forma que con una o tres llaves allen sea suficiente para desarmar la bicicleta o darle algún mantenimiento).
- Ajustable a diferentes estaturas.



Figura 37. Ej. de poste abatible.



Figura 38. Ej. de plegado mediante bisagra a la mitad del cuadro.

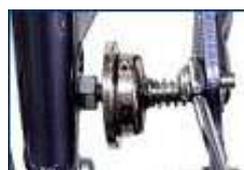


Figura 39. Dispositivo de imanes.



Figura 40. Angulo de plegado convencional.

Configuración del Cuadro.

Una vez elegido el concepto a desarrollar y teniendo en cuenta la configuración general propuesta de la bicicleta urbana, se procedió a la obtención de las medidas fundamentales para el diseño del cuadro, debido a que el concepto tiene gran relación con diferentes tipos de bicicletas plegables de rodada 20 y modo de plegado (figura 41), se partió de las consideraciones ergonómicas de talla, distancia entre ejes, distancia sillín-dirección, ángulo de sillín y dirección, se hizo una investigación de medidas recomendadas y en comparación con las bicicletas desarrolladas por empresas que llevan años desarrollando este tipo de bicicletas, se obtuvo una serie de medidas para el boceto de concepto realizado (Fig. 42) para posteriormente resumirlas en las medidas fundamentales del cuadro (Fig. 43).



Figura 41. Bicicleta marca DAHON.

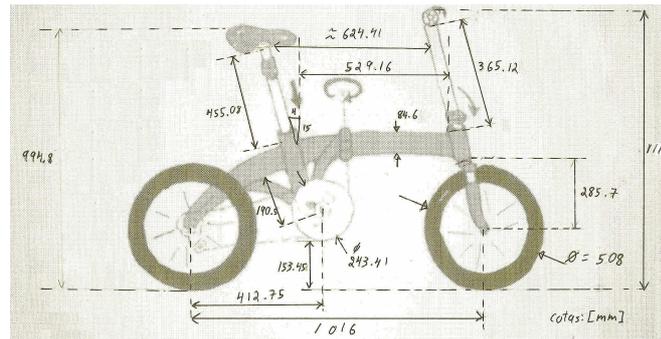


Figura 42. Boceto de Concepto final.

DIMENSIONES FUNDAMENTALES

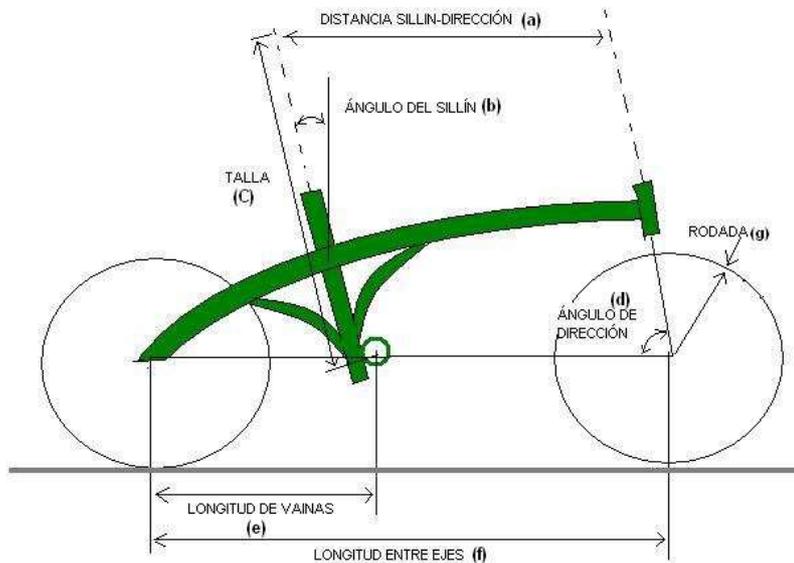


Figura 43. Dimensiones fundamentales del concepto final.

Dimensiones del diseño (Figura 38), los intervalos de valores entre paréntesis que se muestran a continuación son aceptables, los propuestos son los que no están entre paréntesis.

- | | | |
|---------------------|-----------------------|---------------------|
| a) 620 mm (600-620) | d) 17° (17° ± 1°) | g) 508 mm (490-508) |
| b) 15° (15° ± 1°) | e) 413 mm. | |
| c) 725 mm (700-725) | f) 1016 mm (996-1056) | |

Doblado de tubo.

Debido a que el cuadro en su totalidad será tubular y requiere de algunas curvaturas en su estructura, se propone que estos tubos sean doblados con el uso de un mandril (Fig. 45), ésto para evitar que el tubo se colapse o se formen arrugas, cabe mencionar que los radios de doblado requeridos son pequeños por lo que se considera que no afectara en la resistencia mecánica del material, para conseguir la configuración deseada existen varios procesos de doblado y curvado de tubo con los que se pueden alcanzar configuraciones como se muestra (figura 44).

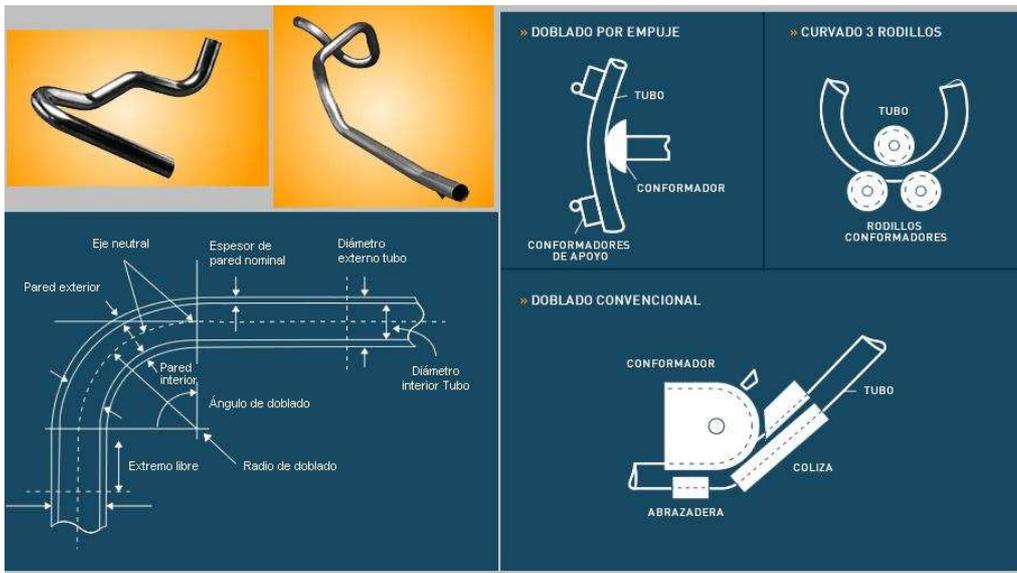


Fig. 44. Tipos de doblado de tubo y formas que se pueden obtener.

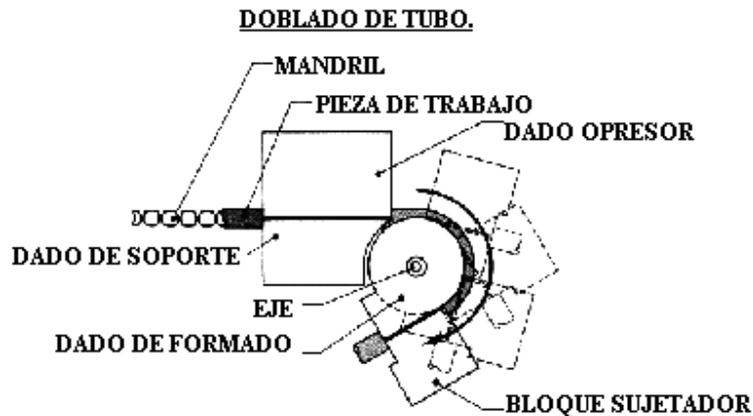


Fig. 45. Doblado de tubo con mandril.

Modelado de la Bicicleta.

Una vez analizada la posibilidad de manufacturar el cuadro, se procedió al modelado. Para el modelado en 3 dimensiones de la bicicleta se utilizaron dos paquetes de software (RHINOCEROS Y UNIGRAPHICS NX3), los cuales se utilizaron respectivamente para realizar los renders (modelos tridimensionales) con mayor presentación visual y modelos 3D para su posterior análisis de desplazamientos y esfuerzos mediante el método de elementos finitos (FEM).

Para el cuadro modelado (Fig. 46), se consideraron tubos comerciales con secciones transversales ovaladas y circulares, estas secciones transversales están disponibles comercialmente tanto para tubos de aleación de acero como de aluminio, cabe mencionar que ésto se seleccionó en comparación de bicicletas existentes en el mercado y tomando en cuenta los requerimientos que se necesitan en los tubos en cuanto a los esfuerzos de flexión y torsión, también se fue seleccionando con base a las simulaciones realizadas y los resultados obtenidos que se mostrarán más adelante.

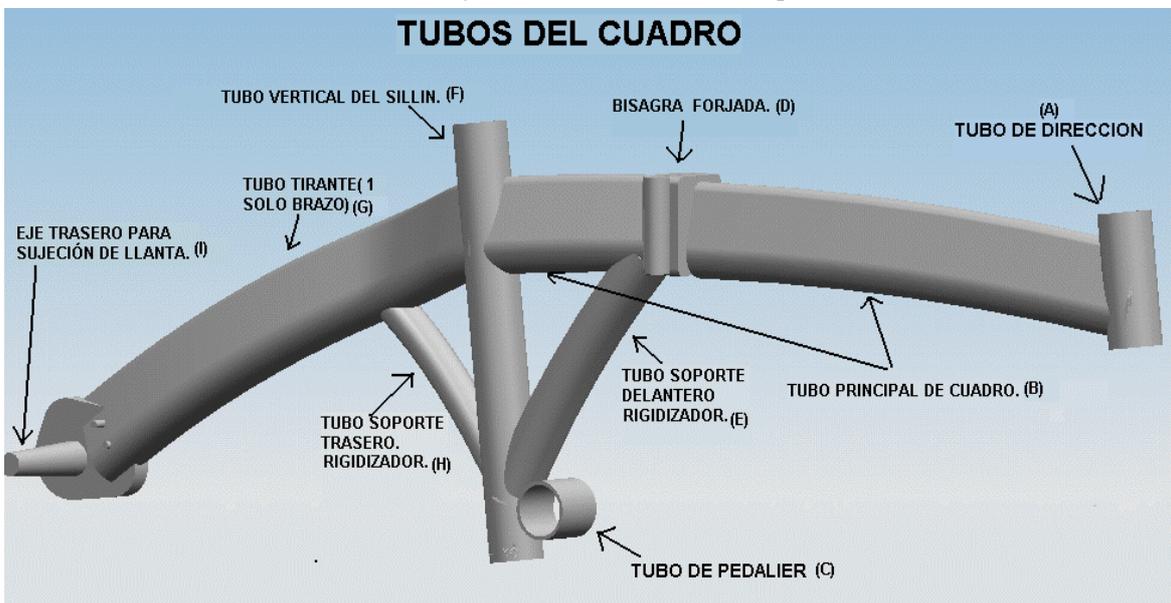


Figura 46. Cuadro modelado en UNIGRAPHICS NX3.

- (A) Sección transversal circular (Fig. 47)
- (B) Sección transversal ovalada (Fig. 48)
- (C) Sección transversal circular
- (E) Sección transversal circular
- (F) Sección transversal circular
- (H) = (E) Sección transversal circular
- (G) = (B)

- Dext = 38 mm; Dint = 32 mm; e = 3 mm
- L = 63 mm; A = 35 mm; e = 2 mm
- Dext = 40 mm; Dint = 35 mm; e = 2.5 mm
- Dext = 35 mm; Dint = 28 mm; e = 3.5 mm
- Dext = 38 mm; Dint = 32 mm; e = 3 mm
- Dext = 26 mm; Dint = 23.2 mm; e = 1.4 mm

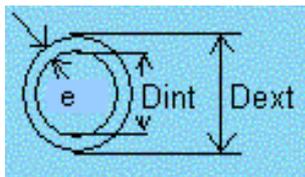


Figura 47. Sección transversal circular.

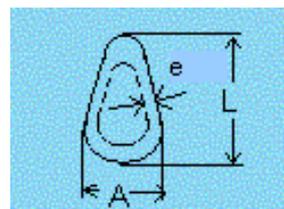


Figura 48. Sección transversal ovalada.

Materiales Considerados.

Debido a que el diseño propuesto requiere de gran resistencia, aunado a las necesidades y capacidades de manufactura de Bicileyca, los materiales más aptos para las necesidades del diseño propuesto son las aleaciones de aluminio y acero.

Tras haber investigado sobre los tipos de materiales usados en la construcción de cuadros de bicicletas, se encontró que entre los más comerciales y usados se encuentran las aleaciones de aluminio 6061 y 7005, en cuanto a las aleaciones de acero, el acero al cromo-molibdeno (Cromoly) es bastante conocido y usado en la industria de la bicicleta.

Se investigó sobre las propiedades de estos materiales para su posterior análisis, también se calculó las masas y precios respectivos de los cuadros con los 3 tres materiales para su posterior comparación (Tabla 11).

Tabla 11. Propiedades de aleaciones comerciales usadas en cuadros y masas de cuadros respectivos. [14]

Material	Densidad [Kg/m ³]	Modulo de Young [MPa]	Modulo de Poisson	Esfuerzo de cedencia [MPa]	Máximo esfuerzo de tensión [MPa]	Masa de Cuadro [kg]
Acero 4130	7850	205000	0.29	415	615	4.27
Aluminio 6061 – T6	2700	68947.57	0.33	276	310	1.47
Aluminio 7005 T6	2780	72000	0.33	290	350	1.51

Con base en la tabla 11 se observó que en el caso de las masas de los cuadros usando diferentes materiales, al usar la aleación de acero, el incremento de masa es casi el triple en comparación con las aleaciones de aluminio, la diferencia es de aproximadamente de 2.7 kg, lo cual es considerable, pero aún utilizando acero, el cuadro es ligero debido a la simplicidad del diseño, por lo que no es de gran relevancia el uso de aluminio en el diseño propuesto, aunque siempre es más atractivo que en una bicicleta y más aún en las plegables se tenga la masa mínima, pero finalmente el material a usar estará condicionado por los resultados obtenidos en las simulación de esfuerzos y desplazamientos.

Aspectos importantes en el diseño de la bicicleta urbana.

Bisagra comercial robusta (Fig. 50) esta puede ser forjada y soldada a los tubos principales con la posibilidad de tener un alma (Fig. 49) en los extremos a soldar, ésto con el objetivo de brindarle al cuadro mayor resistencia en las uniones.

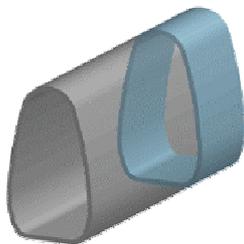


Fig. 49. Tubo con alma.



Fig. 50. Bisagras existentes en el mercado.

Eje de acero-alta resistencia, comercial o con la posibilidad de ser maquinado (Fig. 52) con unión mediante roscado a placa de acero o simplemente a presión sujeto con tornillo prisionero.



Figuras 51. Horquillas delanteras Cannondale - Lefty para llanta rodada 26.



Fig. 52. Eje de acero de alta resistencia.



Figura 53. Horquilla delantera USE S.U.B. Anti-dive.

Las horquillas delanteras de un solo brazo (Fig. 51 y 53) en la actualidad son escasas y de precio muy elevado, en el caso de las tipo Lefty son exclusivas, es decir, que sólo son compatibles con las bicicletas Cannondale-Lefty, no siendo así para las horquilla USE S.U.B., las cuales han surgido por la demanda de este tipo de tecnología, se ha notado que la tendencia en los diseñadores de bicicletas es diseñar con estas características, por lo que en unos años no será nada raro observar diferentes productores de este tipo de horquillas en diferentes rodadas, entre ellas la que requiere el diseño propuesto, que es la de rodada 20, por lo tanto los precios serán más accesibles, de cualquier forma la tecnología existe y podrá ser usada en caso de que Bicileyca u otra empresa desee producir este tipo de horquillas.

Masas(bujes) especiales comerciales para el eje propuesto (Fig. 54), hoy en día estas masas son producidas por más de dos empresas, ésta es una masa especial para eje cónico, la cual consta de dos rodamientos como lo muestra la figura 56, los precios oscilan de entre 800 y 1400 pesos, incluso estas masas podrían ser maquinadas por Bicileyca para reducir costos.



Figura 54. Masas especiales.

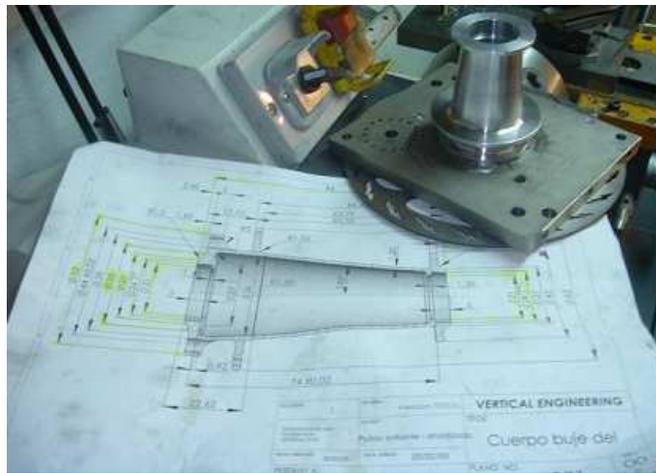


Figura 55. Plano de buje (masa).

Objeto #	DESCIPCIÓN	
1	QHDFLEF/BBQ Buje para Lefty, negro mate, w/ auto extraíble con tornillo de ensamble.	
2	QC113/ Conjunto de rodamientos y sellos para el buje Lefty.	
3	QC118/ Conjunto de sellos para rodamientos de buje Lefty 25 mm.	
4	QC117/ Conjunto de sistema de extracción de buje.	15 Nm
5	QCTL108/ Eje de horquilla Lefty.	

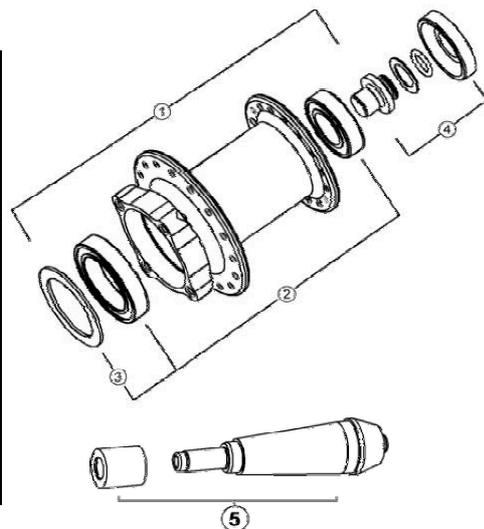


Figura 56. Buje Coda Lefty.

Tras haber analizado el eje, bisagras y configuración del cuadro, se considera que la opción más viable en cuanto material a utilizar es la aleación de acero, esto por que la unión de la placa de acero que sujetará al eje cónico pueda ser soldada con el cuadro, cuestión que se complicaría en caso de utilizar una aleación de aluminio, para la cual se tendría que considerar otra forma de sujeción ajena a la soldadura.

Consideraciones para los análisis de esfuerzos - desplazamientos en el cuadro.

Puesto que el diseño del cuadro propuesto provocó gran incertidumbre en cuanto a su resistencia, principalmente en la horquilla trasera, la cual se considera que es el punto más débil, se planteó un escenario en el cual una persona de peso considerable (125 kg) y un peso de la bicicleta-accesorios calculado de aproximadamente de 9 kg, esto aunado a que se desciendan escalones, banquetas, etc. , se estimó 3000 Newtons de carga, esto para estandarizar las pruebas virtuales que se realizaron y así determinar el diseño del cuadro, sección transversal de tubos y material, cabe aclarar que en el PDP se consideraron 250 kg máximo, esto se hizo para considerar un factor de seguridad, pero que realmente está determinado no sólo por la masa sino también por la resistencia del material.

Las fuerzas generadas por la masa del ciclista se distribuyen en los 3 puntos de apoyo (sillín, pedales y volante) y a su vez las masa de todo el sistema en los dos ejes de las llantas, una condición critica es si solo se considera que en un punto se aplica toda la fuerza generada por todo el sistema, por lo que en las siguientes simulaciones se simularon las condiciones críticas para comprobar la resistencia del cuadro.

En cuanto a las condiciones de frontera, las restricciones fueron aplicadas en el eje de la llanta trasera, el cual en el sentido horizontal se desplazaba por que estaba restringido en 2 de las 3 direcciones, en cuanto al tubo en donde se sitúa el conjunto de rodamientos para la horquilla delantera se fijo en los tres ejes. Por otro lado las fuerzas aplicadas fueron del tipo estático, aplicadas sobre superficies.

Cabe aclarar que estas suposiciones se realizaron debido a que no se contaba con el módulo de simulaciones dinámicas en el software utilizado, por lo que las simulaciones son del tipo estático-lineal y teniendo en cuenta un material lineal, isotrópico y homogéneo en el cuadro.

En cuanto a la geometría utilizada, se decidió utilizar elementos sólidos en lugar de vigas o superficies, puesto que se trataba de un proyecto en el que se requería no solo de una visión técnica, sino también de una visión estética, aunado a las ventajas del análisis del diseño en forma tridimensional que provee este tipo de modelado y simulación. Por otra parte, se utilizaron elementos CTETRA de 10 nodos (figura 57) en todos los modelos, ya que éstos se encuentran predeterminados en el software utilizado.

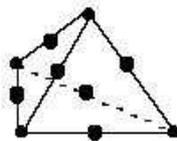


Figura 57. Elemento CTETRA con 10 nodos

El mallado se realizó por medio de la opción de mallado automático, en donde se obtuvieron distintos números de elementos, tamaños, número de nodos. Las características de mallado se mencionarán con sus respectivos modelos en las siguientes páginas.

A continuación se muestra el conjunto de iteraciones que se realizaron para la obtención del modelo final.

Análisis de esfuerzos-desplazamientos en el cuadro mediante elementos finitos.

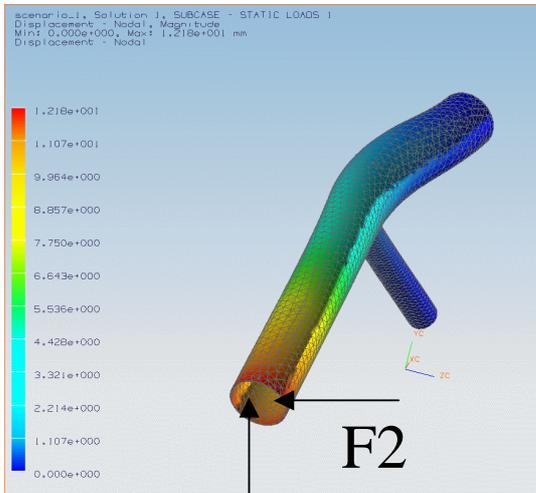


Figura 58.Desplazamientos.

F1=2000 N
 F2=1000 N
 # de elementos = 14194
 # de nodos = 28621
 Tamaño de elemento = 8 mm



1ra iteración -tubo circular-Aluminio 6061 horquilla trasera.

Desplazamiento máx. = 12mm
 Esfuerzo máx. = 569 MPa
 Esfuerzo - cedencia = 276 MPa

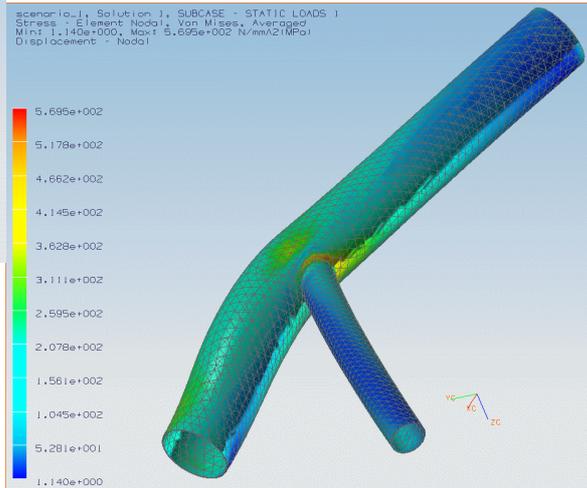


Figura 59.Esfuerzos.

Para este tipo de tubo de aluminio los esfuerzos máximos son mayores a los esfuerzos de cedencia y los desplazamientos son muy grandes, por lo que se descartó esta sección transversal.

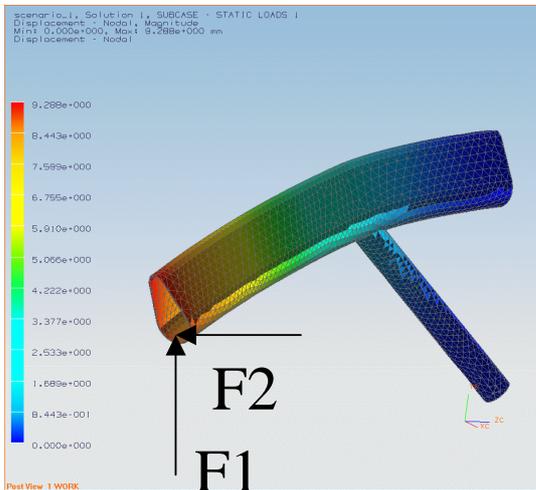


Figura 60.Desplazamientos

F1=2000 N
 F2=1000 N
 # de elementos = 16299
 # de nodos = 32716
 Tam. de elemento = 8.64 mm



2da iteración -tubo ovalado-aluminio 6061 horquilla trasera.

Desplazamiento máx. = 9 mm
 Esfuerzo máx. = 185 MPa
 Esfuerzo - cedencia = 276 MPa

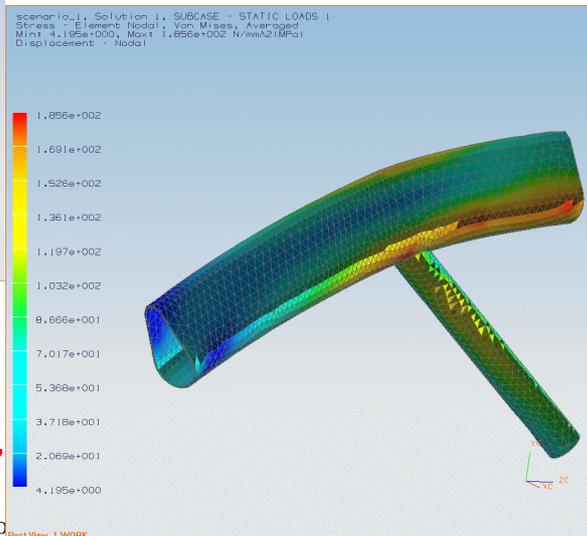


Figura 61.Esfuerzo

Con esta segunda iteración se noto que con la sección transversal ovalada a pesar de ser una aleación de aluminio el factor de seguridad es: esfuerzo. de cedencia / esfuerzo máximo = 1.5, por lo que este material resiste a estas fuerzas, pero el desplazamiento es grande (9 mm).

3ra iteración- tubo ovalado-aluminio 6061.

Desplazamiento máx. = 3.77 mm
 Esfuerzo máx. = 217 MPa
 Esfuerzo - cedencia = 276 MPa

F1=3000 N
 # de elementos = 43248
 # de nodos = 86339
 Tamaño de elemento = 9.09 mm

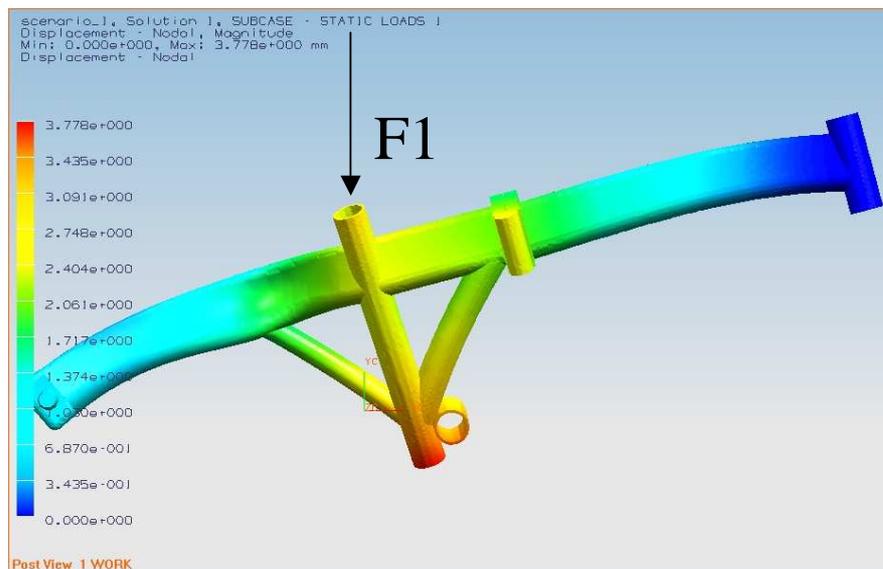


Figura 62. Desplazamientos.

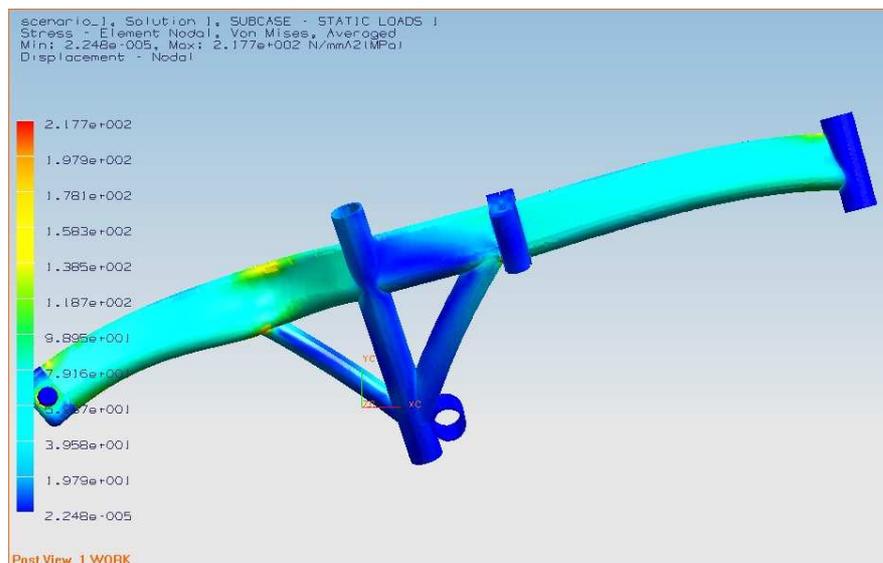


Figura 63.Esfuerzos.

En este caso el factor de seguridad (FS)= 1.27, y el desplazamiento es de casi 4 mm.

4ta iteración -tubo ovalado-acero 4130.

Desplazamiento máx. = 1.23 mm
Esfuerzo máx. = 220 MPa
Esfuerzo - cedencia = 415 MPa

F1 = 3000 N
de elementos = 43248
de nodos = 86339
Tamaño de elemento = 9.09 mm

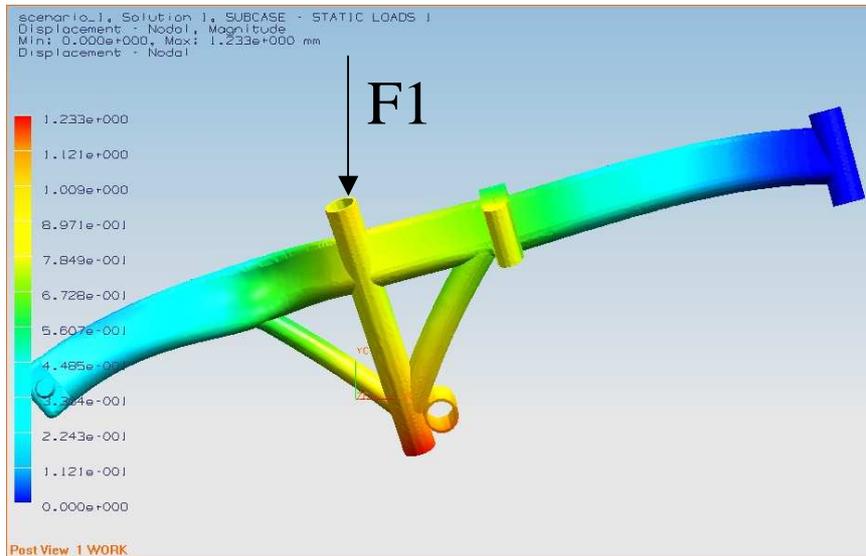


Figura 64.Desplazamientos.

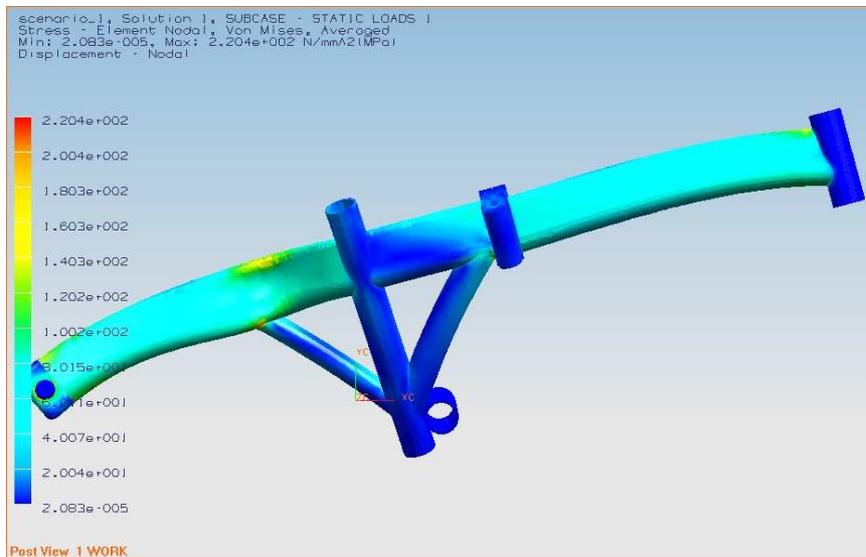


Figura 65.Esfuerzos.

En este caso el factor de seguridad (FS)= 1.88, y el desplazamiento es pequeño (1.23 mm).

5TA iteración- tubo ovalado con fuerza aplicada en el poste del sillín-acero 4130.

Desplazamiento máx. = 0.54 mm
Esfuerzo máx. = 27.8 MPa
Esfuerzo - cedencia = 415 MPa

F1=3000 N
de elementos = 49237
de nodos = 98353
Tamaño de elemento = 9.29 mm

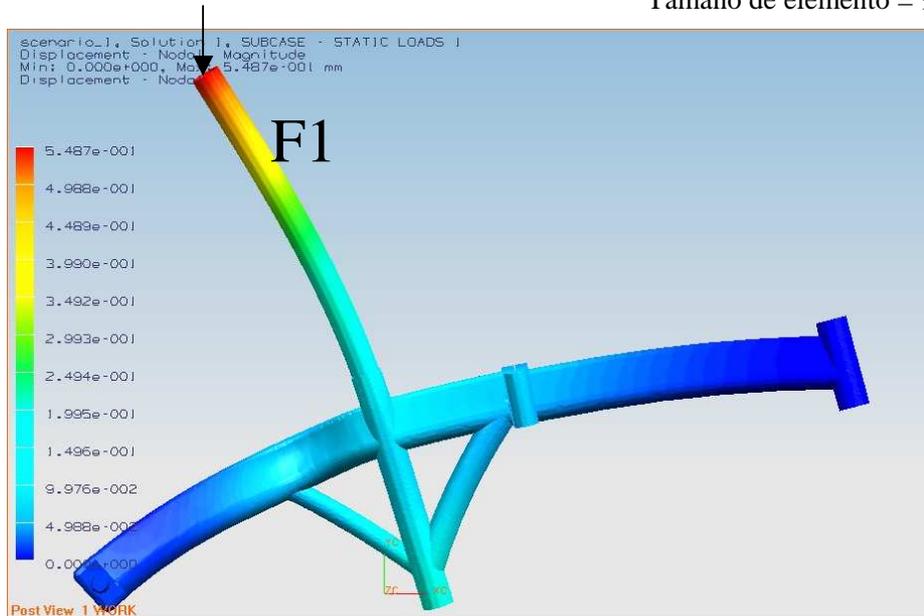


Figura 66. Desplazamientos.

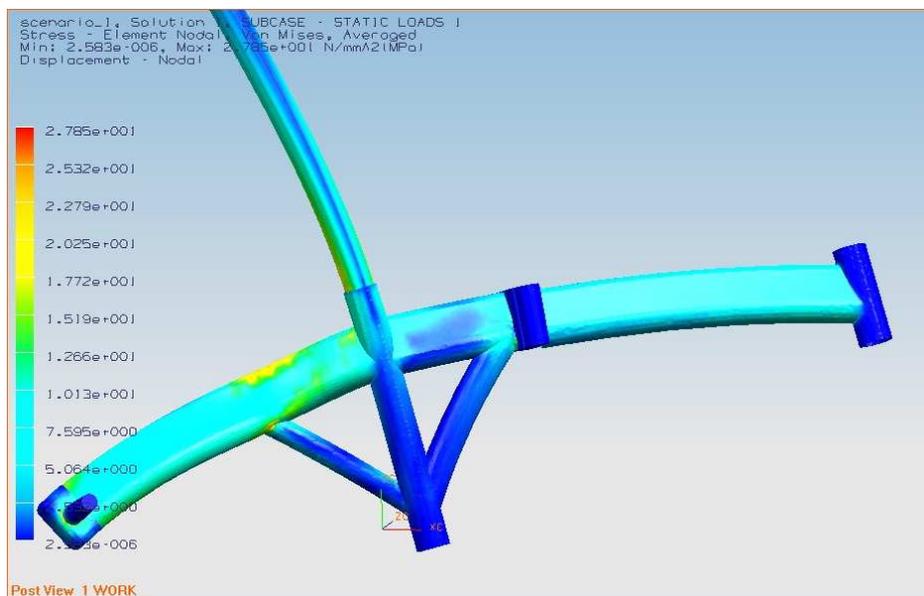


Figura 67. Esfuerzos.

Por lo que podemos ver que los esfuerzos se distribuyen mejor con el poste del sillín de tal forma que el FS = 13, con un desplazamiento despreciable de 0.5 mm, también podemos observar que la mayor concentración de esfuerzos se sitúan en la parte de la horquilla trasera, en donde se esperaba.

5TA iteración -tubo ovalado con fuerza aplicada en pedalier-acero 4130.

Desplazamiento máx. = 1.7 mm
Esfuerzo máx. = 344 MPa
Esfuerzo - cedencia = 415 MPa

F1=3000 N
de elementos = 49237
de nodos = 98353
Tamaño de elemento = 9.29 mm

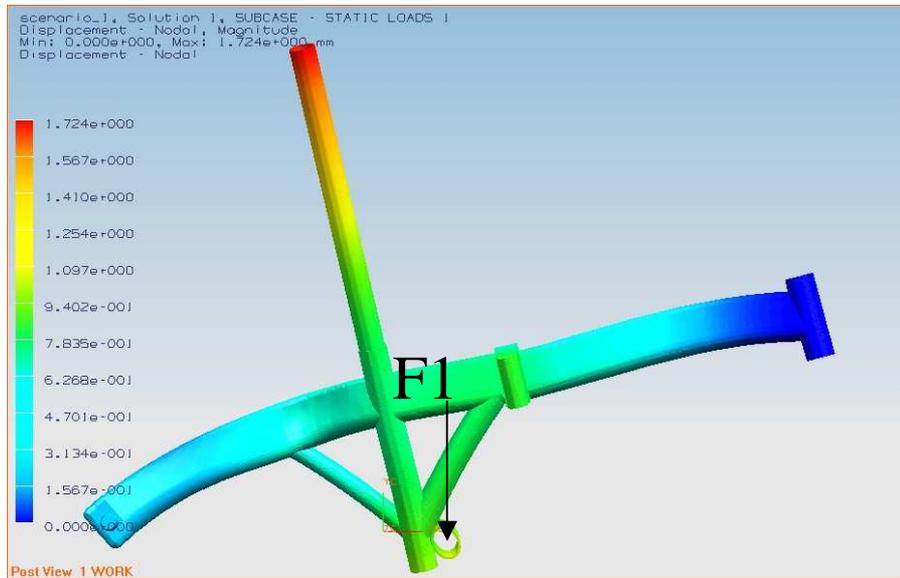


Figura 68. Desplazamientos.

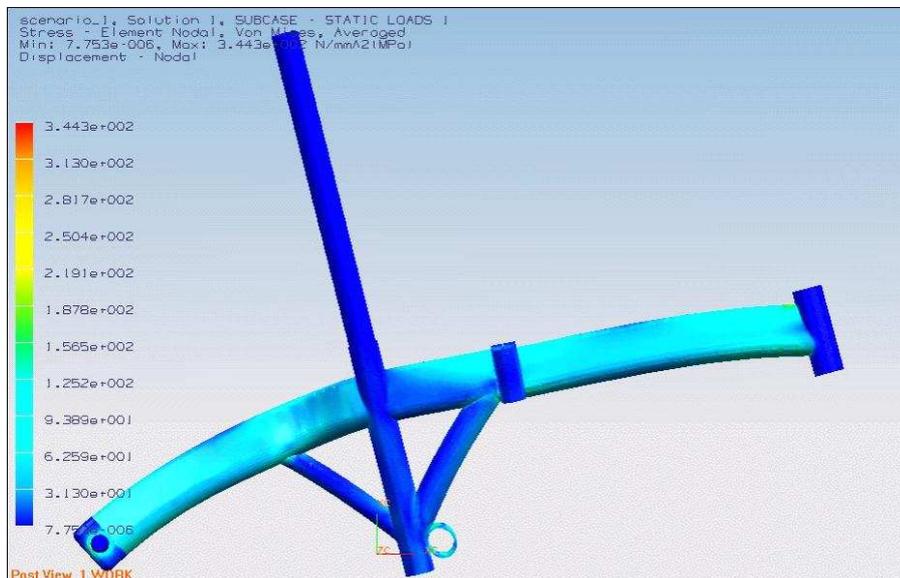


Figura 69. Esfuerzos.

Para este caso podemos ver una condición más crítica con un FS = de 1.2 y un desplazamiento de 1.7 mm lo cual aun indica que el cuadro resistirá, teniendo en cuenta que la cadena de transmisión puede compensar aun más el sistema y que los esfuerzos críticos se presentan en zonas como en el tubo del pedalier en donde estas condiciones cambian al colocar todo el sistema de rodamientos y el eje de la llanta, el cual como se ha mencionado se utilizan materiales más resistentes con lo que se evitaría estas concentraciones de esfuerzos.

Cabe mencionar que incluso el tubo rigidizador trasero puede ser recorrido un poco hacia el eje trasero, con lo cual se reducirían los esfuerzos al haber menor brazo de palanca y con ello un menor momento.

Con estos resultados obtenidos conjuntamente con el análisis de la interacción de los otros elementos como son el eje-placa de sujeción y cuadro, teniendo en cuenta los costos y masas del cuadro con los distintos materiales, se considera que el material que debe ser usado para el cuadro es de la aleación de acero 4130 (Cromoly).

IV. RESULTADOS FINALES.

Equivalente de impacto.

Ya habiendo realizado las simulaciones y tras haber obtenido resultados en cuanto a esfuerzos de deformación para los 3000 N y partiendo de que:

$$\text{Energía} = \int_v \int \sigma \cdot d\varepsilon \cdot dV$$

En rango elástico:

Integrando y considerando un esfuerzo medio de deformación :

$$\text{Energía} = \frac{1}{2E} \bar{\sigma}^2 V = mgh$$

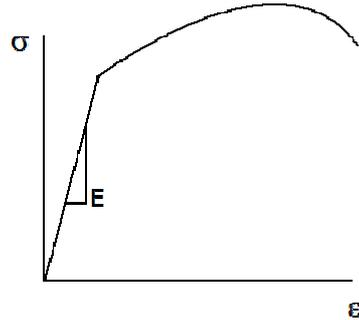


Figura 70. Gráfica de esfuerzo-deformación aplicable a los materiales considerados.

Igualando a la energía de un impacto equivalente y considerando la deformación media para 3000 N, el modulo de young para el acero 4130, el volumen del cuadro, la masa y la gravedad, el cuadro soportará sin problemas un impacto de una caída de aproximadamente 15 cm, considerando que la conduce una persona de 90 kg.

Cabe aclarar que estas suposiciones y simulaciones nos proporcionan una idea general del comportamiento del cuadro diseñado, pero será necesaria la construcción de un prototipo a escala 1:1 a el cual se le puedan aplicar pruebas reales y validar los resultados obtenidos en el software.

Costos.

Para la producción de la bicicleta será necesario contemplar el costo del material, en este caso será de tubo de Acero 4130 para el cuadro, y los accesorios comerciales. A continuación se proporciona una tabla con las partes y sus respectivos precios comerciales al menudeo. Cabe aclarar que estos precios fueron tomados en el mes de junio del 2007 y la tabla fue para tener una visualización a grosso modo del costo de la bicicleta sin considerar costos de producción y otros.

Tabla 12.

Parte	Precio
Tubo Acero	\$ 373.58

Accesorios	Precio
Sillín	\$ 100
Pedales plegables	\$ 423.93
Ruedas	\$ 150.00
Freno de disco	\$ 300.00
Estrellas	\$ 200.00
Cadena	\$ 32.39
Manubrio	\$ 150.00
Chicote	\$ 21.52
Cambiadores de velocidad	\$ 75.87
Reflejantes	\$ 30.00
Salpicaderas	\$ 80.00
Masas (2)	\$ 1500
Horquilla (estimado)	\$ 1000.0
Poste Sillín-con amortiguador	\$ 300
Ejes de acero (2)	\$ 550.00
Bisagra (Estimado)	\$ 600.00
Total ≈	\$ 5,884.00 M.N.



A estos costos habrá que sumarle los costos por soldadura del cuadro, pintura y los costos operacionales de la fabricación como ya se mencionó anteriormente. Cabe mencionar que estos costos están dentro del margen del presupuesto planteado en la sección del PDP.

Diseño Final

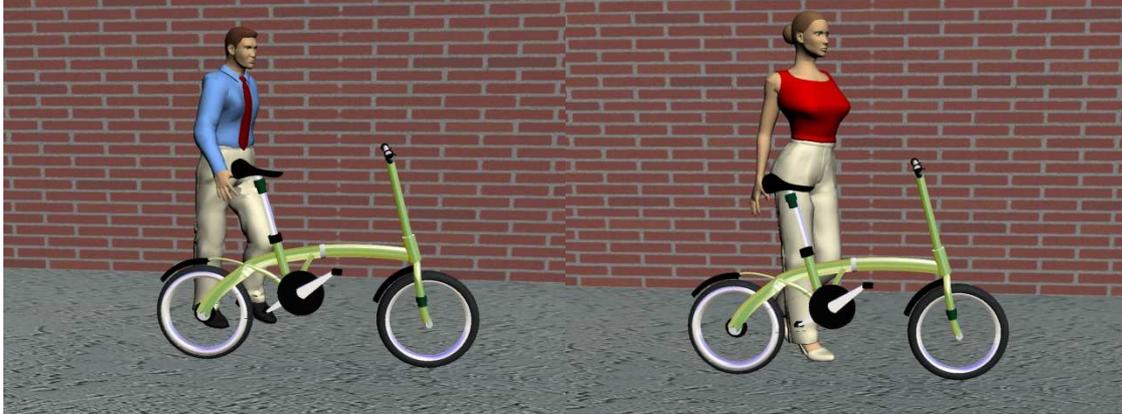


Figura 71. Diseño Final.



Figura 72. Diseño Final.



Figura 73. Diseño Final.

Diseño Final



Figura 74. Diseño Final.



Figura 75. Diseño Final.



Figura 76. Diseño Final.

Diseño Final



Figura 77. Diseño Final.



Figura 78. Diseño Final.

Modelo de visualización.

Para tener una mejor visión sobre como se vería el diseño, se construyo un modelo a escala mediante el uso de algunos plásticos, pegamentos y pintura acrílica, montando en el cuadro unos rines no convencionales para observar si pudiera ser conveniente la implementación de este tipo de rines y que impacto tendría en su estética.



Figura 79. Modelo a escala.

Con el modelo se observo que la bicicleta tendría una estética más dinámica, brindándole un toque más deportivo y juvenil, lo cual no va en contra con el concepto urbano.

CONCLUSIONES.

Con base en el análisis y acuerdos realizados se puede concluir que la bicicleta urbana fue diseñada satisfactoriamente para cumplir con los aspectos principales de los que dependerá su impacto en el mercado como son: función, ergonomía y estética. Del primero se debe reconocer principalmente la importancia en el uso de mecanismos apropiados y la adecuada aplicación de materiales y otros factores que pudieran afectar en la función del producto, ya que la mayoría de los accesorios funcionales propuestos son comerciales, por lo que la selección de estos fue muy importante para este proyecto.

Esta bicicleta urbana describe y refleja el concepto creado por el equipo de diseño, basado en las especificaciones que se plantearon en el PDP, lluvia de ideas y referencias de mercado. Se considera que esta bicicleta es altamente adaptable a todo contexto urbano, capaz de resistir estructuralmente las condiciones de uso, compacta, ligera y con una propuesta realmente interesante e innovadora que conjunta la plegabilidad con las grandes ventajas que proporciona la tecnología descrita en el trabajo, principalmente la horquilla trasera con un solo brazo.

Cabe mencionar que el diseño propuesto en cuanto a la horquilla trasera de un solo brazo es algo nuevo en el mercado según la investigación realizada, por lo que se cree que causará gran expectativa, aunado al buen desempeño y alto atractivo visual que tiene la propuesta. Se considera y se notó en la investigación hecha que la tendencia de muchos diseñadores de bicicletas es el diseño de bicicletas con el uso de horquillas como las descritas en esta tesis, en la actualidad existen dos empresas que desarrollan esta tecnología entre ellas “Cannondale” marca mundialmente reconocida, la cual ha tenido buenos resultados, mostrando al mundo como una horquilla con sus peculiares características puede soportar condiciones tan severas como las proporcionadas por la montaña.

En cuanto a los aspectos ergonómicos se logró lo necesario para satisfacer y ajustar las diferentes tallas por ser un producto unisex y al mismo tiempo tener una estética agradable para los usuarios.

En producción, los tiempos de fabricación y tipos de procesos de manufactura dependerán de la empresa fabricante.

Por otro lado se puede concluir que esta tesis fue muy enriquecedora para los integrantes del equipo de trabajo y para mí, ya que nos permitió interactuar en un proyecto en el cual el diseño y la ingeniería están íntimamente ligados.

Con esta tesis pude aprender, analizar y realizar el proceso de diseño de productos, interactuando con una visión de diseño industrial y las herramientas con que cuenta la ingeniería. Por mi parte, además de colaborar ampliamente en el diseño conceptual y configuración, la visión ingenieril en el diseño estructural fue complementaria ya que se pudo determinar que el diseño de cuadro propuesto resiste a las condiciones planteadas, también el análisis realizado en cuanto a los adecuados componentes, accesorios, materiales y manufacturabilidad, paralelamente con el modelado tridimensional e iteraciones realizadas en el análisis por elementos finitos, me permitió tener una visión general del diseño de productos con las implicaciones que se presentan en todo el proceso de diseño y más aun cuando uno diseña en un ambiente interdisciplinario, ya que la metodología mostrada en esta tesis es aplicable a un sinnúmero de productos.

Es de gran importancia tener en cuenta que las suposiciones y simulaciones nos proporcionan una idea general del comportamiento del cuadro diseñado, pero será necesaria la construcción de un prototipo a escala 1:1 a el cual se le puedan aplicar pruebas reales y validar los resultados obtenidos en el software.

Bibliografía:

Bicycles (le bicyclette).
Fermo galbiati, Nino Ciravegna.
Chronicle books. 1994 [1]

La técnica del ciclismo .
Giuseppe Ambrosini.
Ed. Hispano europeas S.A. Octava edición 1984. [2]

Ciclismo total, fundamentos del ciclismo volumen 1.
José Luis Algarra, antxon gorrotxategi.
Ed. Gymnos. 1996 [3]

Guía general del ciclismo.
Gérard porte.
Ed. Tutor. 1995 [4]

On your bike! The complete guide to cycling.
Matt Seaton
Guardianbooks 2006 [5]

Diseño en ingeniería mecánica.
Joseph E Shigley, Charles R Mischke
Edit. Mc Graw Hill. Sexta edición 2002 [6]

Diseño y análisis de una maquina dobladora de barras estabilizadoras para suspensiones automotrices, Tesis
Licenciatura (Ingeniero Mecánico Electricista)-UNAM, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón
México : El autor, 2001 [7]

Building better products with finite element analisis.
Vince Adams, Abraham Askenazi
Edt. Onword press. 1999 [8]

Diseño del producto, métodos y técnicas.
Alcaide, Jorge; Artacho, Miguel.
Coedición: Alfaomega-Universidad Politécnica de Valencia. 2004 [9]

Apuntes de curso
Programa Empresarial Para El Diseño De Productos 2007.
(disponibles en www.ulrich-eppinger.net)[10]

Diseño de una bicicleta de montaña
d. Javier López Martínez
Universidad de Málaga e.t.s.i. industriales
Proyecto fin de carrera, 2005 [11]

Tesis profesional; bicicleta de montaña con doble suspensión.
Marco Antonio Cruz Aranda..
Dir. De tesis; D. I. Jhose Luis alegría. 2000[12]

Catalogo; Taiwán Bicycle Source 2007-2008[13]

Mesografía:

<http://www.matweb.com> (junio-07) [14]
http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Diagrama_bicicleta.svg (abril-08) [15]
<http://www.bikefold.com/> (octubre-07)
<https://www.turbo.com.mx> (junio-07)
<http://bicicletasmercurio.com.mx/links.htm> (junio-07)
<http://www.benotto.com.mx> (junio-07)
<http://www.terra.org/articulos/art01250.html> (junio-07)
<http://personal5.iddeo.es/cmontefusco/bicicleta.htm> (junio-07)
<http://www.dahon.com/intl/folding-bicycles-intl-utility.htm> (agosto-07)
<http://www.bicicletasplegables.com/marcas/otras.htm> (mayo-07)
<http://www.telecable.es/personales/albatros1/bicicletas.htm> (junio-07)
<http://metals.about.com/od/manufacturedmetalsgoods/l/aabikeframemate.htm> (junio-07)
<http://www.chainreactioncycles.com/Models.aspx?ModelID=7265> (julio-07/)