

**UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS” - FACULTAD
TECNOLÓGICA
PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA
FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO**

N.º DE RADICACIÓN: _____

INFORMACIÓN EJECUTORES

Ejecutor 1

Nombre (s):	Víctor Hernando
Apellido (s):	Piñeros Salgado
Código:	20142375117
E-mail:	vhpineros@correo.udistrital.edu.co
Teléfono fijo:	6718115
Celular:	3103372811



Ejecutor 2

Nombre (s):	Andrés Alberto
Apellido (s):	Romero Doncel
Código:	20142375118
E-mail:	aaromerod@correo.udistrital.edu.co
Teléfono fijo:	2285710
Celular:	3102120552



INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Título del Proyecto:	DISEÑO DE UN SISTEMA DE PARQUEO PARA MOTOCICLETAS PARA LA FACULTAD TECNOLÓGICA DE LA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.	
Duración (estimada):	6 MESES	
Tipo de Proyecto: (Marque con una “x”)	Innovación y Desarrollo Tecnológico	<input checked="" type="checkbox"/>
	Prestación y Servicios Tecnológicos	<input type="checkbox"/>
	Otro	<input type="checkbox"/>
Modalidad del Trabajo de Grado:	Monografía	
Línea de Investigación de la Facultad*:	Desarrollo tecnológico local e institucional	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular**:	Diseño en Ingeniería Mecánica	
Grupo de Investigación:		
Proyecto de Investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra:	Física, Estática, Resistencia de materiales, materiales, transmisión de potencia, cadenas, motores eléctricos, juntas de sujeción, soldadura, anclaje, acabados, lubricación, mecanismos.	

INFORMACIÓN PASANTÍA

Nombre de la empresa:	
Dirección:	
Teléfonos:	

Correo electrónico:	
Página Web:	
INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	
Director: (Vo. Bo.)	Ing. Oswaldo Pastrán Beltrán
Proyecto de Pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.)	
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)	

Tabla de contenido

Índice de Ilustraciones.....	4
Índice de Tablas	4
Resumen:	5
1. Planteamiento del problema	5
2. Estado del Arte:	6
3. Justificación	11
4. Objetivos.....	11
4.1. Objetivo general	11
4.2. Objetivos específicos	11
5. Marco Teórico.....	12
5.1. Diseño de estructuras	12
5.2. Cargas.	13
5.3 . Cargas Axiales	14
5.4. Torsión	14
5.5. Flexión	15
5.6. Cargas Transversales	15
5.7. Esfuerzo.....	15
5.8. Deformación.....	16
5.9. Materiales	16
5.10. Aceros	17
5.11. Resistencia a la tensión.	17
5.12. Ductilidad.....	18
5.13. Resiliencia	18
5.14. Tenacidad.....	19
6. Metodología.....	20
7. Cronograma.....	21
8. Presupuesto.	22
9. Bibliografía.....	23
10. Referencias	23

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Sistema de parqueo por Pkamps. IdeaMagiks-support, 2015. Consultado 25 de septiembre de 2018.....	7
Ilustración 2. Sistema diseñado por Parking Lot System Co. (Parking Lost System, 2012) Consultado 25 de Septiembre 2018	7
Ilustración 3. Sistema de parque de la empresa Lotte Co. (Lotte E&M, 2016). Consultado 25 de septiembre 2018.....	8
Ilustración 4. Vista del interior del sistema diseñado por Lotte Co. (Lotte E&M, 2016). Consultado 25 de septiembre 2018.....	8
Ilustración 5. Robomot. (Archetype Tech, 2016). Consultado 25 de septiembre 2018.....	9
Ilustración 6. Diseño de Julián David Toro. (Agencia de noticias UN, 2017). Consultado 25 de septiembre 2018.....	9
Ilustración 7 Sistema BikePark. (i-Park, 2015). Consultado 25 de septiembre 2018	10
Ilustración 8. Sistema Bike2Park. (i-park, 2015). Consultado 25 de septiembre 2018.....	10
Ilustración 9 Proceso de diseño estructural (Fuente: Luis Zapata, Diseño estructural en acero).....	13
Ilustración 10 Elemento sometido a torsión. Shigley	14
Ilustración 11 Elemento sometido a flexión. Beer.....	15
Ilustración 12 Cortante. Beer	15
Ilustración 13 El cubo de esfuerzos, sus normales de superficie y sus componentes de esfuerzo. (Norton Diseño de máquinas un enfoque integrado Cuarta edición)	16
Ilustración 14 Diagrama esfuerzo deformación. (Shigley, 1996).	17
Ilustración 15 Módulo de resiliencia. (Beer, 1995).....	19
Ilustración 16. Módulo de elasticidad. (Beer, 1995).....	19

Índice de Tablas

Tabla 1 Clases de carga. Norton, 2011.....	14
Tabla 2 Cronograma.....	21
Tabla 3 Presupuesto	22

Resumen:

Diseñar un sistema de parqueo de motocicletas; el número en aumento del parque automotor de este tipo de vehículos como medio de transporte y como solución a la situación de movilidad de las grandes ciudades genera bastantes complicaciones, entre una de las más importantes está el espacio y la forma improvisada para su ubicación en parqueaderos, para lugares con un número importante de asistentes, como centros comerciales, unidades residenciales, centros de eventos, hospitales, clínicas y universidades; es nuestro interés y meta diseñar un sistema de parqueadero para motocicletas que cuente con las soluciones de espacio y de diseño necesarias para nuestra universidad, con la aplicación de áreas del conocimiento como física, resistencia de materiales, mecanismos, elementos de sujeción, soldadura, materiales, diseño y demás que se requieran aunado a un análisis de cargas con el uso de software, nuestro objetivo diseñar un sistema de parqueo que cuente con las características de diseño para su desarrollo.

1. Planteamiento del problema

El incremento vertiginoso en la ciudad de Bogotá del parque automotor, especialmente de las motocicletas, como opción de desplazamiento y solución de movilidad ha hecho que la ciudad tenga que adaptarse a un ritmo demasiado acelerado para no entrar en un caos aún mayor, en lo que a temas de movilidad y estado de las vías se refiere. El incremento de motocicletas en la ciudad es un factor importante para las constructoras del país, las cuales ya comienzan a incluir en sus diseños un espacio en el parqueadero destinado especialmente para las motocicletas.

En Bogotá, según datos del gerente de la empresa Acecolombia, Carlos Hernán Betancourt, las constructoras tienen planeado inaugurar 5 nuevos centros comerciales este año y realizar 16 proyectos de ampliación en los próximos 4 años. A partir de lo observado en algunos de los centros comerciales existentes en la ciudad, los parqueaderos son un tema que requiere una atención especial, ya que su capacidad en muchas ocasiones se ve superada por la gran cantidad de vehículos que ingresan. En el caso de las motocicletas el tema es aún más grave, ya que el área destinada en la mayoría de los casos no es suficiente, haciendo necesario el uso de los espacios asignados para automóviles, en el caso de los centros comerciales existentes, las adecuaciones reducen o requieren de trabajos que intervengan las áreas destinadas para automóviles.

Observando esto, los problemas que enfrentan los centros comerciales existentes son dos: por un lado, el área destinada para el parqueo de motos es insuficiente y no logra soportar la demanda de vehículos, ocasionando así pérdida de clientes potenciales; Por otro lado, dicho espacio es inadecuado ya que las motos allí ubicadas pueden sufrir golpes o ralladuras.

Un problema similar lo presentan los conjuntos residenciales. Aunque en éstos el flujo de vehículos no es un factor determinante, ya que la cantidad de éstos se podría considerar como fija. Sin embargo, debido a la normativa vigente, muchas constructoras destinan un área de parqueadero para los automóviles que no es suficiente para todos los residentes del conjunto y por lo tanto las administraciones deben solucionar el problema sorteando el parqueadero. Para las motocicletas el espacio es mucho menor, con menos de un 10% del número de lugares asignados para los carros y por lo general no cuentan con espacios, además que solo hay uno o dos espacios para visitantes.

Otras entidades con dificultades de parqueadero para automóviles y motocicletas son los hospitales, clínicas restaurantes y universidades.

La Universidad Distrital es un caso que debe ser considerado una mezcla de las dos situaciones anteriores ya que el flujo de motocicletas es variable a lo largo del día, pero con un número importante de estudiantes que ingresan en promedio a la universidad, durante toda la jornada de estudio. Actualmente se está realizando una ampliación de la facultad tecnológica y el área que estaba destinada para parqueadero de motocicletas hace más de un año es precisamente esta parte. El área actual no cuenta con la capacidad necesaria para el número de motocicletas lo que hace necesario parquear a las afueras de la universidad.

Lo que se propone es diseñar un sistema mecánico de parqueo de motocicletas que aproveche mejor el espacio y permita almacenar mayor cantidad de motos con total seguridad y mayor cuidado.

2. Estado del Arte:

El poder parquear la motocicleta cuando se llega a algún lugar en el cual debe realizarse alguna actividad (trabajar, estudiar, divertirse, etc.) que el espacio sea seguro y con la confianza que no sufrirá algún daño es la principal preocupación para el motociclista; con el auge de las motos tanto en el país como en el mundo entero, es un tema que toma cada vez más importancia, tanto que se buscan soluciones de muchas formas imaginables. Algunas de estas soluciones logran el cometido de ofrecer seguridad y confianza para el motociclista, pero se sigue trabajando y optimizando el problema de la optimización del espacio.

En la india las motocicletas ocupan el 80% de todo el parque automotor, por lo que de allí es donde más han salido soluciones para muchos de los problemas que se presenten con respecto al uso de este medio de transporte. Tal vez una de las soluciones más atractivas sea la diseñada por la empresa

Pkamps (sólo se encontró el nombre, no hay dirección de internet) la cual muestra su diseño por medio de un video en YouTube titulado “Motorcycle Parking System”, el cual es un sistema mecánico capaz de almacenar hasta 54 motocicletas en el espacio donde normalmente caben 10, por medio de una especie de rueda de chicago en donde se aprovecha el espacio vertical.



Ilustración 1 Sistema de parqueo por Pkamps. IdeaMagiks-support, 2015.
Consultado 25 de septiembre de 2018.

La mayoría de grandes ciudades del continente asiático poseen un volumen alto de motocicletas, en Taiwán se ofrece una solución para el parqueo de motos más simple que la anterior. La empresa Parking Lot System technology Co. diseñó un sistema de parqueadero en el cual se eleva la motocicleta por medio de un sistema de motor y cadena y que permite parquear simultáneamente 2 vehículos:



Ilustración 2. Sistema diseñado por Parking Lot System Co. (Parking Lost System, 2012) Consultado 25 de Septiembre 2018

Una forma mucho más complicada la presenta la empresa coreana Lotte Co, la compañía opta por construir un edificio circular en el cual almacenar las motocicletas por medio de mecanismos hidráulicos y mecánicos. Durante la recolección de información no se pudo obtener gran cosa aparte de un video en YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=hOIkB8SxxTc>. 2018, noviembre 25) de una animación en render de lo que sería el sistema de parqueo.



Ilustración 3. Sistema de parqueo de la empresa Lotte Co. (Lotte E&M, 2016). Consultado 25 de septiembre 2018.

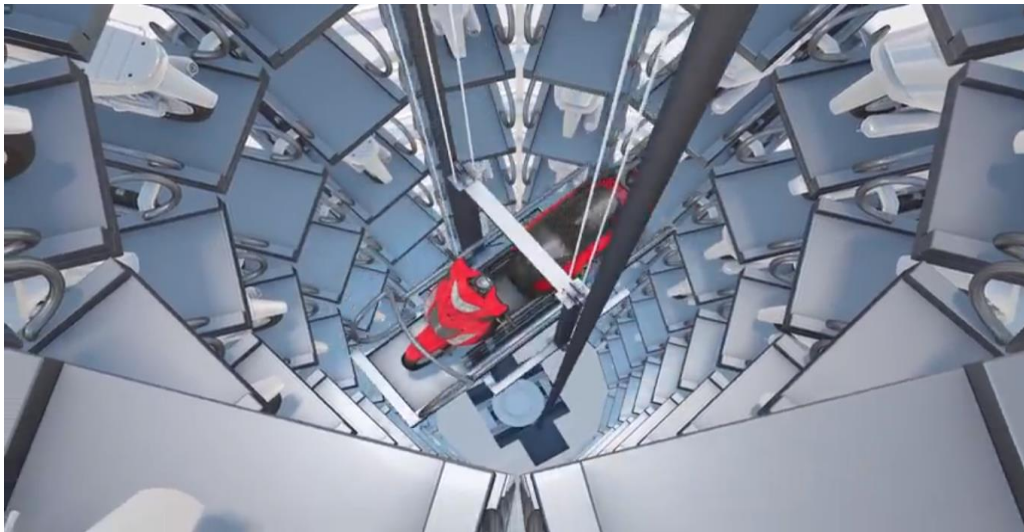


Ilustración 4. Vista del interior del sistema diseñado por Lotte Co. (Lotte E&M, 2016). Consultado 25 de septiembre 2018

Una solución para reducir el espacio ocupado por las motos parqueadas lo ofrece la compañía italiana Archetype Tech y cuyo nombre es Robomot, el cual es un sistema muy simple, en el cual el vehículo se sube en un dispositivo que permite el movimiento en cualquier dirección sin modificar la posición de la motocicleta:



Ilustración 5. Robomot. (Archetype Tech, 2016). Consultado 25 de septiembre 2018

Un sistema parecido a Robomot fue diseñado a finales del 2017 por el estudiante de la Universidad Nacional, Julián David Toro, en conjunto con Edison Rátiva y Brayan Palomino, ingenieros mecánicos de la Universidad Distrital. Aunque mucho más pequeño que el de la empresa italiana, el diseño de Julián David permite aprovechar al máximo la disposición de espacios y logra disminuir considerablemente el problema que significa ubicar la motocicleta en espacios muy restringidos. El dispositivo se instala cerca a la llanta trasera de la moto y permite el desplazamiento en cualquier dirección. La comercialización del dispositivo cuenta con el apoyo del Programa Emprendimiento de Base Tecnológica de la Facultad de Ingeniería (Innóvate) de la U.N. y la Cámara de Comercio de Bogotá.



Ilustración 6. Diseño de Julián David Toro. (Agencia de noticias UN, 2017). Consultado 25 de septiembre 2018.

En la ciudad de Medellín también se empieza a incursionar en los sistemas automatizados para parqueo de motocicletas. La empresa i-Park ofrece los servicios de diseño, instalación, montaje, operación logística, importación y mantenimiento de todo lo que respecta a sus líneas de producto. En el caso

de los parqueaderos automatizados para motocicletas tienen dos opciones de diseño:

La primera está pensada para almacenar varias motocicletas de forma que se aprovecha el espacio vertical:



Ilustración 7 Sistema BikePark. (i-Park, 2015). Consultado 25 de septiembre 2018

La segunda opción es un sistema que permite almacenar dos vehículos duplicando así la capacidad de almacenamiento del espacio disponible:



Ilustración 8. Sistema Bike2Park. (i-park, 2015). Consultado 25 de septiembre 2018.

La poca información encontrada al respecto en lo que a parqueaderos para motocicletas se refiere, indica que hasta ahora se está empezando a pensar de manera seria en una solución para un problema que cada día va en aumento, aún en países con un desarrollo económico y tecnológico muy por encima del nuestro como lo es la India y Corea del sur. Una gran cantidad de

información se puede encontrar en el caso de parqueaderos para bicicletas ya que las condiciones son más fáciles de solucionar

3. Justificación

Según la ANDI y FENALCO en enero de 2018 el país presentó un crecimiento de 2,08% con respecto al año anterior en el número de motocicletas matriculadas (Informe de motocicletas a enero 2018).

Este crecimiento puede ser explicado desde el punto de vista socio-económico, ya que es un medio de transporte que implica un costo mucho menor en mantenimiento y reparaciones con respecto a un carro y con una relación costo-beneficio mejor que el transporte público. Las personas de estratos 1, 2 y 3 son los mayores compradores de motocicletas, ya que mejora su calidad de vida disminuyendo los tiempos de desplazamiento considerablemente, al no pasar tanto tiempo en el transporte público.

Según el informe de la ANDI “La motocicleta ha logrado establecerse en más de 4.1 millones de hogares colombianos, más del 28.5% del total de familias”. Al tener una mayor demanda por parte de los estratos bajos, la mayor parte de los estudiantes de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas se movilizan en transporte público, un porcentaje en aumento se moviliza en motocicleta y un bajo porcentaje en carro. Al ser la motocicleta un medio de transporte en aumento, el área destinada para parqueadero de motos en algún momento puede ser insuficiente y, previendo esto se propone desde ya una posible solución a un tema que afecta enormemente a la comunidad universitaria, unidades residenciales, sitios de eventos públicos, grandes superficies y centros comerciales.

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

DISEÑAR UN SISTEMA DE PARQUEO PARA MOTOCICLETAS PARA LA FACULTAD TECNOLÓGICA DE LA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.

4.2. Objetivos específicos

- Proponer distintas soluciones de sistema de parqueadero y seleccionar la más adecuada de acuerdo a los parámetros de diseño utilizando una matriz QFD
- Calcular la estructura por medio del software de diseño Inventor
- Seleccionar los elementos estandarizados y diseñar los elementos no estandarizados
- Realizar una tabla de costos de los materiales.
- Por medio de una animación mostrar el funcionamiento del sistema de parqueo.
- Elaborar planos de fabricación y montaje.
- Elaborar los manuales de operación y mantenimiento.

5. Marco Teórico

5.1. Diseño de estructuras

El diseño de estructuras requiere en parte de la habilidad del ingeniero para solucionar de manera matemática el problema de las cargas y la resistencia de cada uno de los elementos involucrados en dicha estructura, pero también es necesaria la capacidad de decisión para dar validez a los resultados obtenidos y tomarlos como totalmente ciertos para usarlos en la selección de los materiales de la estructura. Según Luis Zapata (Diseño estructural en acero, 2016), el diseño estructural se puede definir como: *“Una mezcla de Arte y Ciencia que combina los sentimientos intuitivos del ingeniero con los principios de la Estática, Dinámica, Mecánica de los Materiales, y el Análisis Estructural, para producir una estructura segura que sirva sus propósitos”*.

El proceso de diseño no consta de una serie de pasos que se siguen hasta llegar a una solución definitiva. Las iteraciones son necesarias para alcanzar un diseño óptimo que suponga un equilibrio entre varios factores iniciales que determinan que la estructura sea satisfactoria: Costo de la estructura, tiempo de fabricación, necesidad del cliente, consideraciones de espacio. Varios autores proponen un procedimiento para el diseño estructural:

1. Planeamiento: En el cual se definen las condiciones que debe cumplir la estructura.
2. Configuración preliminar: En la cual se define la geometría y el espacio que debe ocupar.
3. Determinación de las cargas: permite conocer las condiciones iniciales de esfuerzo a las cuales será sometida la estructura.
4. Selección preliminar de los elementos estructurales: La cual permitirá realizar un análisis de estructura más preciso.
5. Análisis estructural: El cálculo matemático que se realiza para obtener los esfuerzos internos de cada elemento estructural y así realizar una comparación con las necesidades.
6. Evaluación: Se comparan los datos obtenidos en el paso anterior con los requerimientos establecidos al principio, si el resultado es satisfactorio se da por terminado el diseño, de lo contrario aparece una nueva etapa.
7. Rediseño: Una iteración de los pasos 3 al 6 hasta alcanzar un resultado que cumpla con las condiciones iniciales.
8. Decisión: Decidir si los resultados son adecuados para cumplir con un diseño óptimo. Si los resultados cumplen, no son necesarias más iteraciones.
9. Elaboración de planos: En los planos se detalla cada elemento de la estructura para que pueda ser fabricado.

Un diagrama de flujo de las etapas de diseño lo podemos encontrar en el libro del ingeniero Luis Zapata (Diseño estructural en acero, 2016)

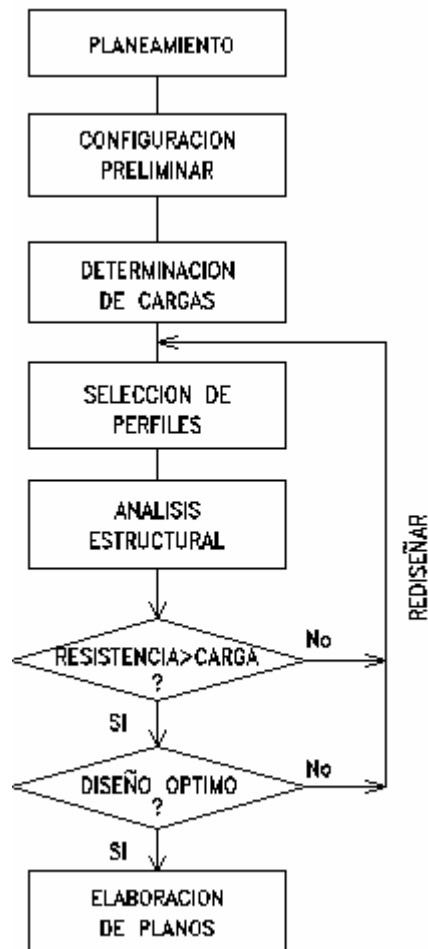


Ilustración 9 Proceso de diseño estructural (Fuente: Luis Zapata, Diseño estructural en acero).

5.2. Cargas.

Las cargas son aquellas fuerzas a las cuales que actúan sobre la estructura. La división más amplia que se puede hacer es en dos tipos:

- Carga viva: Es aquella carga de gravedad que actúa sobre la estructura cuando ésta se encuentra ya en servicio y que puede variar en posición y valor durante la vida útil de la estructura.
- Carga muerta: Es una carga de gravedad fija en posición y magnitud, y se define como el peso de todos aquellos elementos que se encuentran permanentemente en la estructura o adheridos a ella.

Esta división es muy utilizada en el diseño de estructura en ingeniería civil, sin embargo, no toma en cuenta la gran cantidad de cargas a las cuales está sometido cada uno de los elementos que componen la estructura. Para esto, la ingeniería mecánica aporta una mejor clasificación de las cargas a las cuales se puede someter un elemento.

Los tipos de cargas se dividen en varias clases, con base en el carácter de las cargas aplicadas, y la presencia o ausencia de movimiento en el sistema. Una vez que se define la configuración general de un sistema mecánico y se calculan sus movimientos cinemáticos; el siguiente paso consiste en

determinar las magnitudes, así como direcciones de todas las fuerzas y los pares que hay en los diferentes elementos. Estas cargas pueden ser constantes o variables con el tiempo. Los elementos en el sistema pueden ser estacionarios o estar en movimiento (Robert Norton, 2011).

Norton hace una clasificación de las cargas teniendo en cuenta tanto los elementos como el tipo de carga al cual puede estar sometido dicho elemento:

Tabla 1-1 Clases de carga		
	Cargas constantes	Cargas variables con el tiempo
Elementos estacionarios	Clase 1	Clase 2
Elementos móviles	Clase 3	Clase 4

Tabla 1 Clases de carga. Norton, 2011.

Los sistemas clase 1 requieren de un análisis de cargas estáticas ya que dichas cargas que actúan sobre el elemento no varían con el tiempo. En la clase 2, 3 y 4 se requieren análisis de cargas dinámicas ya que alguno de los dos componentes del sistema es variable. En el caso de los elementos móviles, la velocidad hace que el elemento sea sometido a grandes cargas que no pueden ser analizadas como si fueran estáticas. Si su velocidad y aceleración fueran bajas, podrían considerarse elementos estacionarios para el caso del análisis, y sin embargo hay un factor que hace complejo el análisis: La ubicación de las cargas máximas en el elemento.

5.3. Cargas Axiales

La carga axial se define como aquella fuerza que actúa sobre el eje longitudinal de un elemento. Si es aplicada en el centro de su sección transversal se llama carga axial centrada, en caso contrario se llama carga axial excéntrica.

5.4. Torsión

También llamado par de torsión o momento torsor, son cargas que se aplican al elemento en su superficie en sentido opuesto y ocasionan que dicho elemento gire sobre su propio eje.

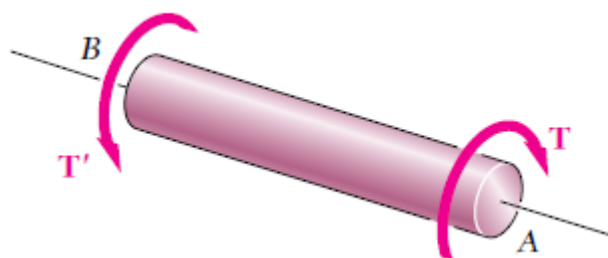


Ilustración 10 Elemento sometido a torsión. Shigley

5.5. Flexión

Las cargas de flexión son aquellas ocasionadas por pares iguales y opuestos que actúan en el mismo plano longitudinal (Beer).

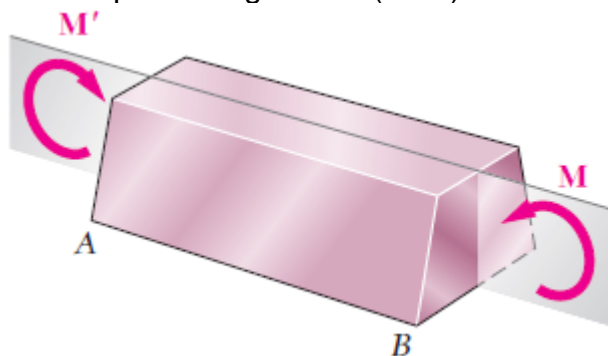


Ilustración 11 Elemento sometido a flexión. Beer.

5.6. Cargas Transversales

Una carga transversal es aquella que se aplica al elemento de manera que vaya en la misma dirección que su área transversal, estas cargas ocasionan un efecto en el interior del elemento que se conoce como esfuerzo cortante.

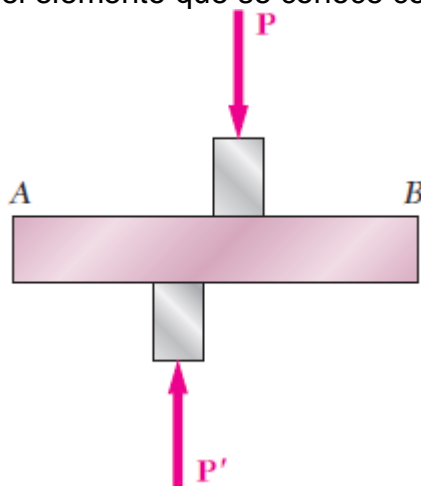


Ilustración 12 Cortante. Beer

Las cargas ocasionan que el elemento reaccione de manera que no sufra una deformación. A estas reacciones se les conoce como esfuerzos

5.7. Esfuerzo

Se define como una fuerza por unidad de área, cada elemento dentro de un material puede experimentar esfuerzos distintos al mismo tiempo lo que hacemos es modelar estos elementos en secciones infinitesimalmente pequeños para poderlo analizar y apreciar, es muy común que se realicen como un cubo

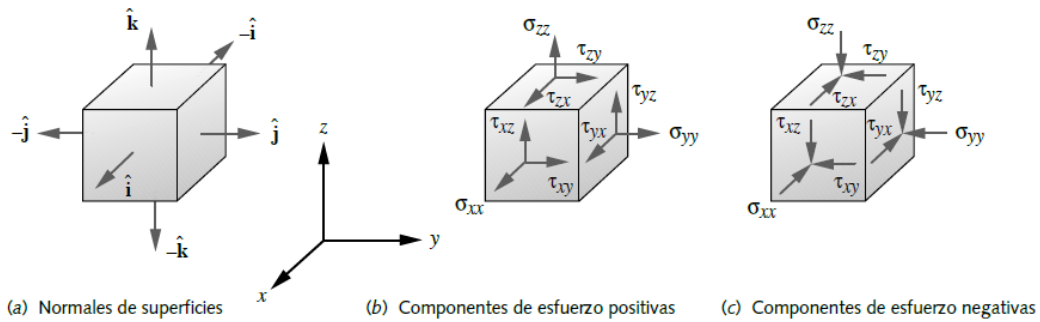


Ilustración 13 El cubo de esfuerzos, sus normales de superficie y sus componentes de esfuerzo. (Norton Diseño de máquinas un enfoque integrado Cuarta edición)

Los componentes del esfuerzo actúan sobre las caras de los cubos de dos modos distintos.

Esfuerzos normales: los que actúan de forma perpendicular (normal) y tienen la tendencia a tirar del cubo generando un esfuerzo a tensión normal o a empujarlo, lo que llamamos esfuerzo a compresión normal.

Esfuerzos cortantes: éstos actúan paralelos a las caras de los cubos en pares sobre las caras opuestas lo que tiende a distorsionar el cubo en forma de romboide, generalmente se designa con la letra σ para identificar los esfuerzos normales y τ para los esfuerzos cortantes cada componente de esfuerzos contiene tres elementos una magnitud expresada por σ o por τ la dirección de un normal o superficie de referencia y una dirección de acción.

El tensor de esfuerzo para dos dimensiones es:

$$\begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \tau_{xy} \\ \tau_{yx} & \sigma_{yy} \end{bmatrix} \quad (1)$$

5.8. Deformación

En la región elástica de la mayor parte de los materiales de ingeniería el esfuerzo y la deformación están relacionados de manera lineal mediante la ley de Hooke, la deformación es también un tensor de segundo orden y se representa con la letra ϵ ; en la curva esfuerzo deformación encontramos un cierto número importante de parámetros del material, el punto σ_L , es el límite de proporcionalidad por debajo del cual el esfuerzo es proporcional a la deformación expresada en la ley Hooke

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (2)$$

Donde E es el módulo de Young o módulo de elasticidad, es una medida de la rigidez del material en su rango elástico y tiene las unidades del esfuerzo (Psi o Pa)

5.9. Materiales

La selección de un material para construir una parte de máquina o elemento estructural es una de las más importantes decisiones que debe tomar el diseñador. Por lo general, la decisión se toma antes de establecer las dimensiones de la parte. Después de seleccionar el proceso para crear la

geometría deseada y el material (éstos no pueden estar separados), el diseñador puede proporcionar el elemento de manera que se evite la pérdida de funcionalidad o que la probabilidad de dicha pérdida de funcionalidad se mantenga a un nivel de riesgo aceptable.

Tomando una muestra del material y sometiéndolo a una prueba de tensión, se puede construir un gráfico en el cual se comparen la deformación que sufre el material de acuerdo a la fuerza aplicada. La prueba más conocida es el ensayo de tensión y en la cual obtenemos un gráfico Esfuerzo-Deformación en el cual podemos encontrar varios datos que son de suma importancia en el momento del diseño

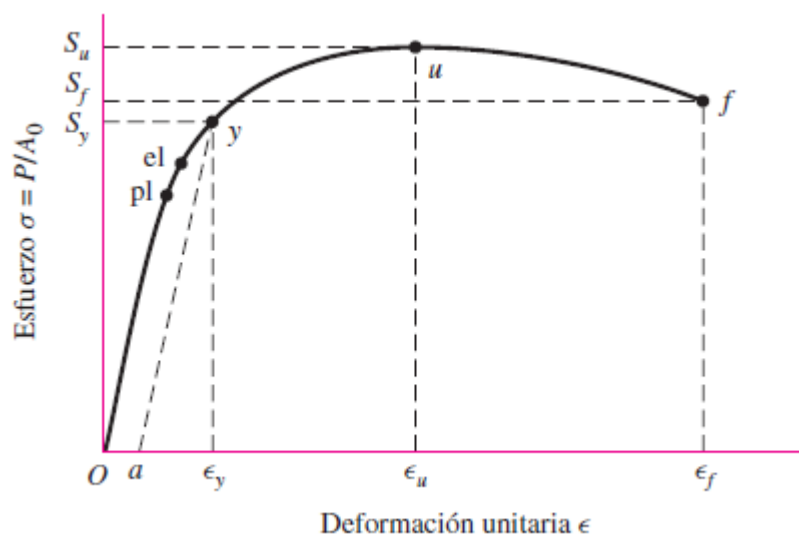


Ilustración 14 Diagrama esfuerzo deformación. (Shigley, 1996).

5.10. Aceros

Si hay un material característico en la ingeniería este es el acero. Sus propiedades mecánicas han hecho del acero un material perfecto en el diseño estructural ya que su resistencia, ductilidad, dureza y rigidez les permiten soportar grandes cargas.

“Las propiedades mecánicas de los materiales se determinan realizando ensayos cuidadosos de laboratorio que reproducen las condiciones de servicio hasta donde sea posible. Los factores que deben considerarse son la naturaleza de la carga aplicada, su duración, así como las condiciones del medio. La carga puede ser una tracción, una compresión o una cizalladura, y su magnitud puede ser constante en el tiempo o bien fluctuar continuamente. El tiempo de aplicación puede ser de solo un segundo o durar un periodo de varios años. La temperatura de servicio puede ser un factor importante” (William Callister, 1995).

5.11. Resistencia a la tensión.

Una vez sometemos el material a una fuerza de tensión, éste comienza a generar un esfuerzo para evitar la deformación. En el diagrama esfuerzo-deformación de la ilustración 14 cuando se llega al punto S_y , comienza la deformación plástica, se sigue aplicando una fuerza hasta que el material

alcanza el punto u y luego comienza a descender hasta que se fractura completamente. Este punto u es lo que se conoce como resistencia a la tensión ya que es el punto de máxima tensión que soporta el material.

“Las resistencias a la tensión pueden variar entre 50 Mpa (7000 psi) para aluminios hasta valores tan altos como 3000 Mpa (450 000 psi) para aceros de alta resistencia” (William Callister, 1995).

5.12. Ductilidad

La ductilidad es una medida del grado de deformación plástica que puede soportar un material antes de que falle. Un material con poca deformación plástica es denominado como frágil. La Ductilidad se puede expresar como un porcentaje de deformación de longitud o como un porcentaje de deformación de área:

$$\%EL = \left(\frac{l_f - l_0}{l_0} \right) \times 100 \quad (3)$$

Donde l_f es la longitud al momento de la fractura y l_0 es la longitud al inicio del ensayo.

$$\%AR = \left(\frac{A_f - A_0}{A_0} \right) \times 100 \quad (4)$$

Donde A_f es el área al momento de la fractura y A_0 es el área al inicio del ensayo.

5.13. Resiliencia

“La resiliencia es la capacidad de un material de absorber energía elástica cuando es deformado y de ceder esa energía cuando se deja de aplicar la carga. La propiedad asociada se denomina *módulo de resiliencia*, U_r , que es la energía de deformación por unidad de volumen que se requiere para deformar un material hasta el límite elástico” (Callister, 1995).

El módulo de resiliencia se puede definir como el área bajo la curva hasta el límite de fluencia en la curva esfuerzo-deformación:

$$U_r = \int_0^{\delta_y} \delta \, d\epsilon \quad (5)$$

Suponiendo una región elástica lineal:

$$U_r = \frac{1}{2} \delta_y \epsilon_y \quad (6)$$

Si ponemos la deformación ϵ en función del módulo de elasticidad E:

$$\epsilon = \frac{\delta_y}{E} \quad (7)$$

Y la reemplazamos en la ecuación (6), obtenemos:

$$U_r = \frac{1}{2} \delta_y \left(\frac{\delta_y}{E} \right) = \frac{\delta_y^2}{2E} \quad (8)$$

Por tal razón los materiales con alta resiliencia son aquellos con módulos de elasticidad bajos y límites elásticos altos.

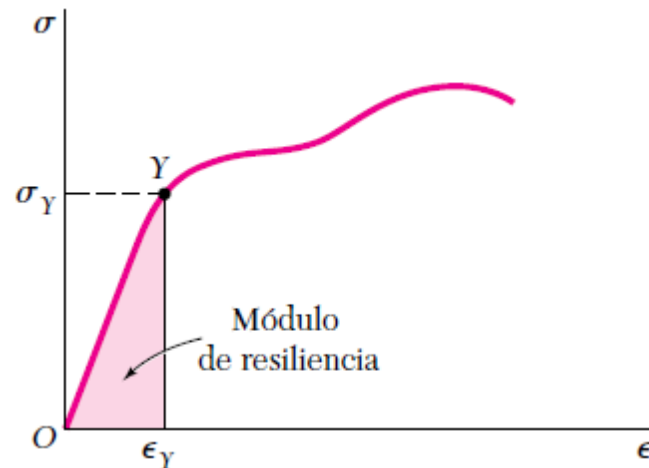


Ilustración 15 Módulo de resiliencia. (Beer, 1995).

5.14. Tenacidad

La tenacidad de un material se define como la capacidad de absorber energía antes de llegar a la fractura. Si el módulo de resiliencia es el área bajo la curva hasta fluencia, el módulo de tenacidad es el área bajo toda la curva, desde cero hasta la ruptura del material.

Es claro que la tenacidad del material se relaciona con la ductilidad y con la resistencia última, y que la capacidad de una estructura para resistir un impacto depende de la tenacidad del material usado. Si el esfuerzo σ_y permanece dentro del límite de proporcionalidad del material, se aplica la ley de Hooke y puede escribirse:

$$\delta_x = E \epsilon_x \quad (9)$$

Entonces:

$$U = \int_0^{\epsilon_1} \delta_x d\epsilon_x = \int_0^{\epsilon_1} E \epsilon_x d\epsilon_x$$

$$U = \frac{E \epsilon_1^2}{2} \quad (10)$$

Reemplazando el término superior y poniéndolo en función del esfuerzo:

$$U = \frac{\delta_1^2}{2E}$$

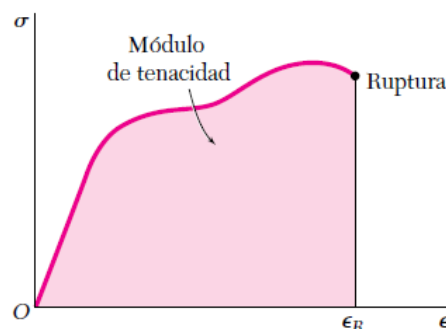


Ilustración 16. Módulo de elasticidad. (Beer, 1995).

6. Metodología

1. Parámetros de diseño: se realizarán visitas para evaluar el lugar donde teóricamente se instalará el sistema de parqueo y se analizarán las restricciones de diseño.
2. Recolección de información: con la oficina de bienestar y la empresa de vigilancia conocer el número aproximado de motocicletas que utilizan el parqueadero de la universidad.
3. Selección: entre las opciones posibles de diseño seleccionar la más adecuada para lo cual usaremos una matriz QFD
4. Condiciones iniciales: se determinarán las cargas, el sistema de movimiento y transmisión de potencia, los elementos móviles y los materiales a utilizar.
5. Realizar el análisis de cargas y calcular los elementos de fijación, elementos de unión, elementos de soporte, soldaduras, elementos móviles mediante la utilización del software Inventor
6. Elaborar planos de fabricación y montaje
7. Elaborar los manuales de operación y mantenimiento: Se realizarán los manuales los cuales contienen un instructivo paso a paso de como operar el equipo, precauciones, árbol de fallos y un cronograma de mantenimiento.
8. Elaborar una tabla de costos de materiales: Se elaborará una lista con las cantidades y valores de los elementos estandarizados, los perfiles estructurales y láminas de acero.
9. Ensamble del sistema: Mediante una animación se mostrará el funcionamiento del equipo.

7. Cronograma.

A continuación, se presenta un cronograma con los tiempos aproximados para la realización del proyecto:

	Meses	1				2				3				4				5				6			
Actividades	Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Parámetros de Diseño		■																							
Recolección de información		■	■																						
Selección			■	■																					
Condiciones iniciales				■	■	■	■																		
Calcular los elementos por medio de software				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Realizar planos de Fabricación y montaje				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Elaborar los manuales de fabricación y montaje																									
Realizar tabla de costos de materiales																									
Ensamble del sistema y Conclusiones																									

Tabla 2 Cronograma

8. Presupuesto.

A continuación, se presenta la tabla con el presupuesto necesario para realizar el proyecto.

ÍTEM	Unidad	#unidad	\$Unidad	Subtotal	Financiación
Internet	Hora	62,5	1300	81250	Recurso propio
Fotocopias	Páginas	100	50	5000	Recurso propio
Biblioteca	Consultas			0	Universidad Distrital Francisco José de caldas.
Impresiones	Hojas	48	100	4800	Recurso propio
Planos	Hojas	35	2500	87500	Recurso propio
Transporte	Pasaje	15	2000	30000	Recurso propio
Mano de obra	Persona	2	317000	634000	Recurso propio
Asesorías Tutor	Horas	32	30000	960000	Universidad Distrital Francisco José de caldas.
Total				\$1.802.550	

Tabla 3 Presupuesto

9. Bibliografía

1. Luis. Zapata Baglieto, «DISEÑO ESTRUCTURAL EN ACERO». 1era edición. Editorial: LIMUSA. Lima, Perú [1997].
2. William D. Callister. «INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DE LOS MATERIALES». Editorial Reverte [1995].
3. Robert L. Norton, «DISEÑO DE MAQUINAS, un enfoque integrado». 4 edición. Editorial: Prentice Hall [2011].
4. Merhyle. F. Spotts. «ELEMENTOS DE MÁQUINAS». 7 Edición. Editorial: Prentice Hall [1999].
5. James F. Shackelford, «INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DE MATERIALES PARA INGENIEROS». 6 edición. Editorial: Pearson [2005].
6. Richard G. Budynas, J. Keith Nisbett, «DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY». 8 EDICIÓN. Editorial: Mc Graw-Hill [2008].
7. Joseph E. Bowles, «DISEÑO DE ACERO ESTRUCTURAL». Editorial: LIMUSA [1993].
8. Ferdinand P. Beer, E. Rusell Jhonston jr, John T. DeWolf, David F. Mazurek, «MECÁNICA D EMATERIALES». 5 EDICIÓN. Editorial: Mc Graw-Hill [2010]
9. Robert L. Mott, «DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS». 4 edición. Editorial: Pearson [2004].

10. Referencias

1. IdeaMagiks-support. (2015, julio 16). Motorcycle Parking System [Archivo de video]. Recuperado el 25 de septiembre de 2018 de: <https://www.youtube.com/watch?v=T0GHbXr4Guw>.
2. Parking Lot System Co. (2012). Motorcylce parking system [Imagen]. Recuperado el 25 de septiembre de 2018 de: <http://plstw.imb2b.com>.
3. Lotte E&M. (2016, octubre 20). Lotte Automated Parking System-Motorcylce Parking [Archivo de video]. Recuperado el 25 de septiembre de 2018 de: <https://www.youtube.com/watch?v=hOIkB8SxxTc>.
4. Archetype Tech. (2016). Robomot Simplex [Imagen]. Recuperado el 25 de septiembre de 2018 de: <http://robomot.it/de/>.
5. Agencia de noticias Un. (2016). El diseño de la plataforma permite que, una vez utilizada para estacionar una moto, pueda ser empleado de nuevo [Imagen]. Recuperado el 25 de septiembre de 2018 de: <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/articulo/dispositivopermite-parquear-motos-en-areas-reducidas.html>.
6. I-park. (2015). [imagen]. Recuperado el 25 de septiembre de 2018 de: i-park.com.co.