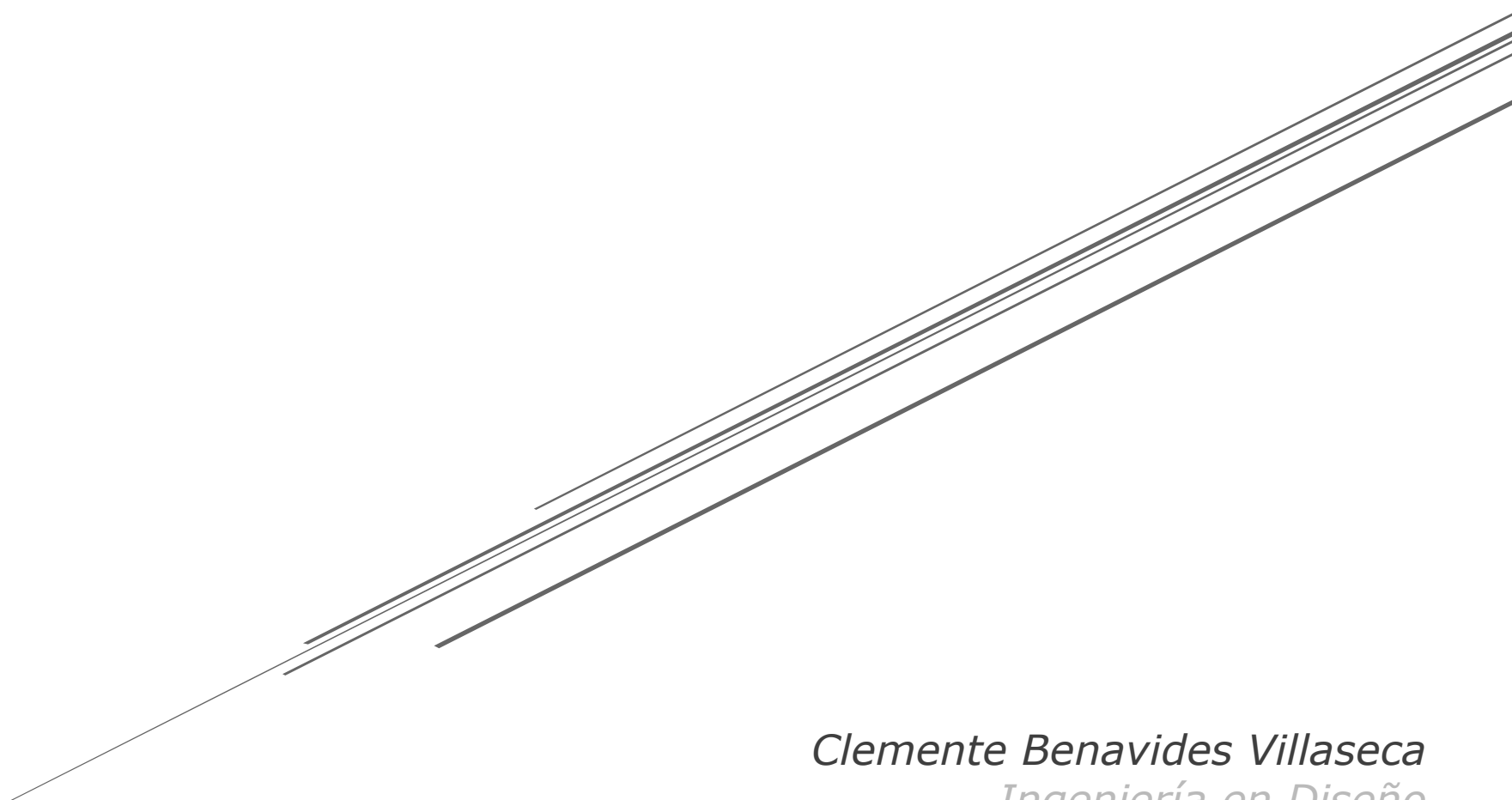




PORTAFOLIO

Diseño y Mecanismos 2019



Clemente Benavides Villaseca
Ingeniería en Diseño

Resumen

A continuación se encuentra resumida la materia evaluada durante el semestre cursando el ramo Diseño y Mecanismos.

Se inicia con una versión resumida del informe acerca de la construcción de un brazo fabricado en MDF que debe resistir la mayor carga posible, hasta llegar a su punto de ruptura.

Con tan solo una plancha de 250 x 250 mm se requería un brazo de al menos 50 metros de largo que soportara una carga en aumento hasta su debido quiebre. El diseño debía ser previamente analizado con el software Autodesk Inventor 2017, más específicamente con análisis FEA, el que permite evaluar los puntos fuertes y débiles de la estructura antes de su fabricación.

Se concluyo que la herramienta digital cuenta con gran precisión, lo que permite ahorrar tiempo y descubrir fallas de diseño aun antes de armar el primer prototipo.

A partir de este ejercicio también se logra un básico entendimiento de trabas mecánicas.

En una segunda parte se entrega una versión resumida del segundo informe realizado acerca de un mecanismo que debe realizar alguna acción en particular determinada donde este se extiende y retrae de alguna manera, que fuera operable con una sola mano y que se encuentre fabricado con el apoyo y utilización de Autodesk Inventor 2017.

Una vez mas el material utilizado fue MDF, y el objeto a diseñar en cuestión consistió en una mesa plegable para soporte de Notebook.

Una vez más se evidenció como las herramientas de fabricación digital tales como Inventor pueden prestar una gran ayuda al momento de prototipar.

Contenido

Resumen	1
Introducción al Portafolio	3
Desafío de Carga	4
Introducción	4
Diseño Inicial	5
Diseño Final	6
Análisis FEA Diseño Final.....	7
Resultados	9
Conclusiones	10
Diseño de Mecanismo.....	11
Introducción.....	11
Modelo 01	12
Modelo 02	13
Modelo 03.....	16
Modelo 04.....	18
Resultados	20
Conclusiones Generales	21
Resultados Finales	22
Conclusiones Definitivas	23

Introducción al Portafolio

El siguiente portafolio intenta representar de manera ordenada los objetivos, procesos y resultados obtenidos durante el ramo Diseño y Mecanismos, realizado el primer semestre del 2019 en la Universidad Adolfo Ibáñez.

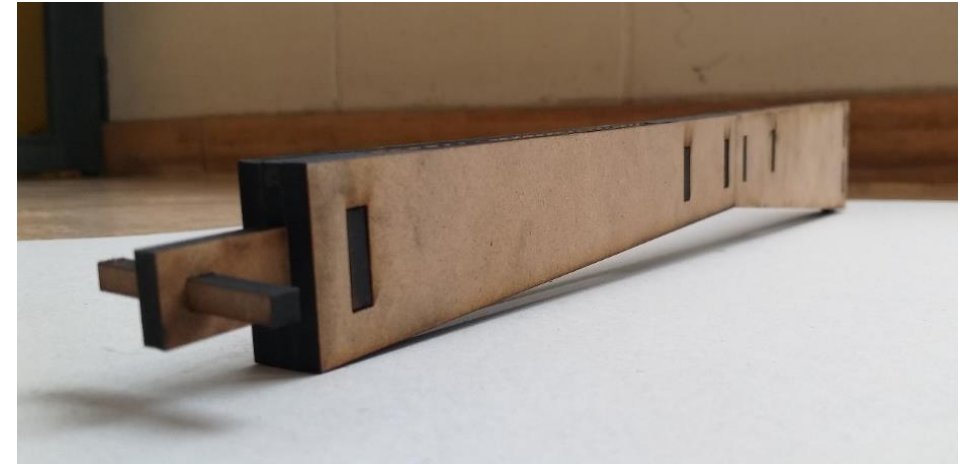
Durante esta asignatura se intenta enseñar al alumno las ventajas que ofrecen los programas de apoyo para diseño, en conjunto con conocimientos sobre mecanismos, impulsando y motivando la creatividad personal en el transcurso de los diferentes desafíos planteados por el profesor.

Se tuvo la oportunidad de diseñar un brazo de soporte en MDF con ciertas reglas que se explican en la siguiente página.

También se diseñó un mecanismo planteado por el alumno que cumpliera ciertas reglas, donde se generara un "ir y volver" en un solo movimiento.

Ambos desafíos llegan a la conclusión que los programas como Autodesk Inventor prestan una gran ayuda al momento de generar diseños de prototipos.

Estos permiten evaluar y poner a prueba los objetos antes de su construcción definitiva, disminuyendo la brecha de tiempo al momento de prototipar.



Desafío de Carga

Introducción

El presente informe trata sobre el desarrollo y evolución de una pieza básica pensada para soportar una carga incremental a una distancia determinada.

Para ello se utiliza las herramientas del programa de modelamiento "Autodesk Inventor 2017", permitiendo visualizar la pieza y preparar su ensamblado previo a la fabricación final. Se utiliza análisis FEA para comprobar fuerza y durabilidad del "brazo", nombre por el cual se referirá a la pieza.

Por medio de varios análisis FEA se puede realizar una aproximación de la realidad respecto a los distintos modelos planteados, y de esta manera mejorar el diseño inicial hasta llegar a la mejor alternativa para el desafío propuesto.

El Experimento

Fabricar un brazo en MDF de 5,5 mm de espesor, el que es sometido a una prueba de carga hasta alcanzar la tensión de ruptura.

Este brazo se conecta a una pared de MDF con espesor 11 mm, y al otro extremo a una canasta la que incrementa su peso poco a poco hasta destruir el material.

Desafío: diseñar un brazo que soporte la mayor cantidad de peso posible.

Objetivo específico: cotejar el análisis realizado por el software con la realidad.

Limitaciones

- La cantidad máxima de MDF a utilizar debe estar contenido en un cuadrado virtual de 250 x 250 mm, con un volumen máximo de 343.750 mm³
- El largo mínimo del brazo debe ser 50 cm, midiendo desde la cara del muro hasta el centro de la argolla de la canasta.
- No se permite el uso de pegamentos ni adhesivos, las uniones deben estar construidas a través de encajes y trabas mecánicas.

Objetivos Generales

- Entender el comportamiento de una estructura frente a diferentes fuerzas.
- Desarrollar habilidades de análisis durante la etapa de planeación de un proyecto.
- Aprender a leer y utilizar análisis FEA, y otras herramientas digitales.
- Introducir al alumno al mundo del diseño de estructuras y mecanismos.

Diseño Inicial

El enfoque del primer diseño tiene como finalidad el lograr una estructura rígida, que soporte tensión tanto de arriba a abajo (fuerzas que debe resistir según el contexto del experimento), como de un lado a otro, evitando su flexibilidad en el mayor grado posible.

Para lograr esto, basándose en el concepto de viga doble T, se ideó una barra compuesta por 3 componentes primarios:

- Dos piezas largas "A" (500 x 41 x 5,5 mm) por cada lado externo, unidas por una pieza de menor largo "B" (140 x 41 x 5,5 mm) ubicada entre ambas piezas "A" por al medio.

Debido a las limitaciones del desafío las piezas "A" se deben dividir por la mitad, por ende, las piezas del exterior de la estructura se fragmentan en 4 componentes iguales de dimensiones 250 x 41 x 5,5 mm.

Ahora se tiene 4 piezas "A" unidas entre si por una sola pieza "B".

Para unir estas 5 piezas se utiliza un total de 8 "tarugos" fabricados con MDF con dimensiones de 5,5 x 5,5 x 16,5 mm. Para asegurar la correcta implementación de los tarugos, se fija un mínimo de 1 cm de distancia entre los agujeros y el perímetro (bordes) de los componentes. En otras palabras, cada orificio se encuentra situado al menos a 1 cm de distancia

tanto de los bordes como entre sí, distribuyendo de manera pareja la carga que deben soportar.

Luego de tener la estructura primaria ensamblada, se diseñó un simple gancho para la pared de 11 mm de espesor y otro para el orificio de la canasta cuyas dimensiones eran 16,5 x 16,5 x 16,5 mm.

Dichas piezas se diseñaron en torno al espacio sobrante dentro de los 250 x 250 mm permitidos, e implicaron la necesidad de 4 tarugos más, llevando a un total de 12 tarugos para el ensamble final.



Diseño Final

Para el diseño definitivo se considera lo estudiado por el diseño inicial, perfeccionando cada detalle de la estructura para asegurar su correcto comportamiento al momento de poner todo a prueba.

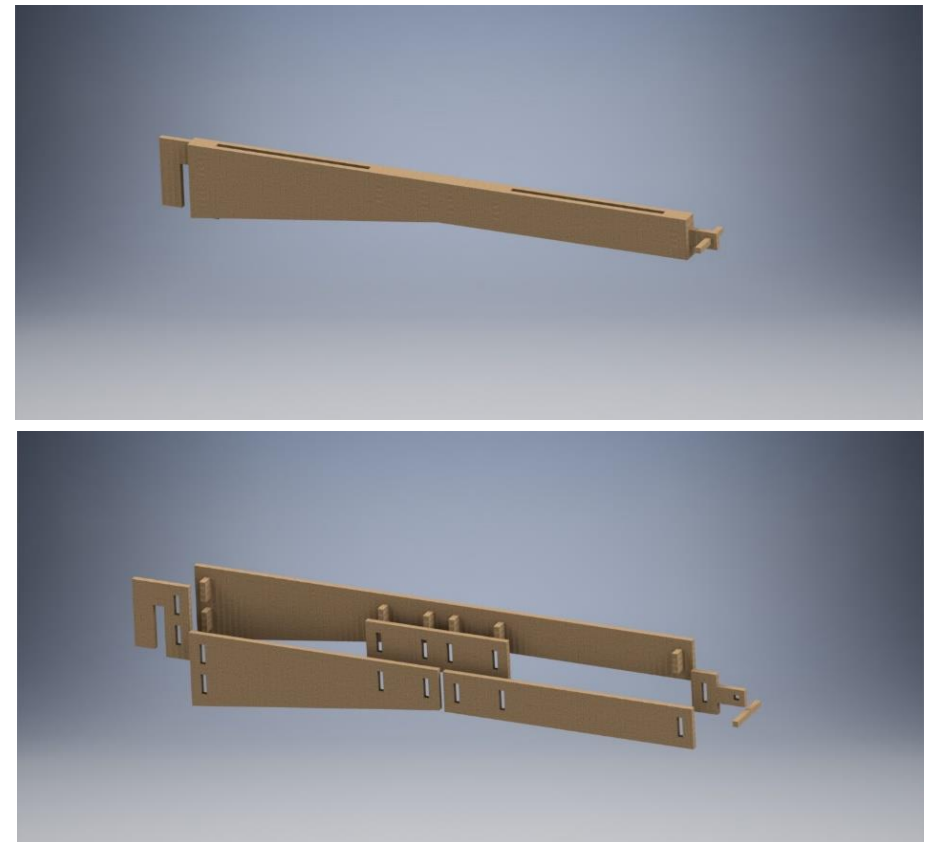
El primer cambio importante es reforzar el área de las piezas "A" por el lado de la pared. Para esto se maximiza el espacio delimitado de 250 x 250 mm creando una pendiente en 2 de los 4 componentes "A", incrementando su volumen considerablemente. De esta manera se obtienen 2 piezas nuevas que llevaran el nombre de "C". Entonces, la estructura principal del brazo se encuentra compuesta por 2 piezas "A" y 2 piezas "C", unidas por la misma pieza "B" de siempre.

Después se planteó un nuevo enfoque que reemplaza los "tarugos" por algo más eficiente en términos de resistencia y distribución de fuerza. Se cambian los 12 tarugos por 6 piezas de 5,5 x 20 x 16,5 mm, respetando todavía 1 cm de separación con el perímetro de las piezas.

Respecto al gancho de la pared, se adaptan sus dimensiones a la altura máxima alcanzada por las piezas "C" y aprovechando al máximo los límites del material total utilizable.

Por último, el gancho para el orificio de la canasta sufre modificaciones que balancean la carga y se le agrega un simple palo de 5,5 x 5,5 x 17,5 mm para bloquear e impedir el desprendimiento de la canasta.

En vista de que el orificio de la canasta posee dimensiones de 16,5 x 16,5 x 16,5 mm, y el gancho, en la parte de ensamble con el orificio, solo cuenta con dimensiones de 16,5 x 16,5 x 5,5 mm (menor profundidad que la del orificio), se opta por aprovechar el material sobrante del corte laser generando 4 pequeñas piezas de soporte para recubrir el espacio dentro del orificio. Estos pequeños soportes llevan dimensiones de 16 x 5,5 x 5,5 mm y cumplen con la misión de mantener la canasta centrada al momento de ser insertada con el brazo.



Análisis FEA Diseño Final

El modelo es sometido a un análisis FEA el que permitirá evaluar si los cambios propuestos fueron una buena decisión.

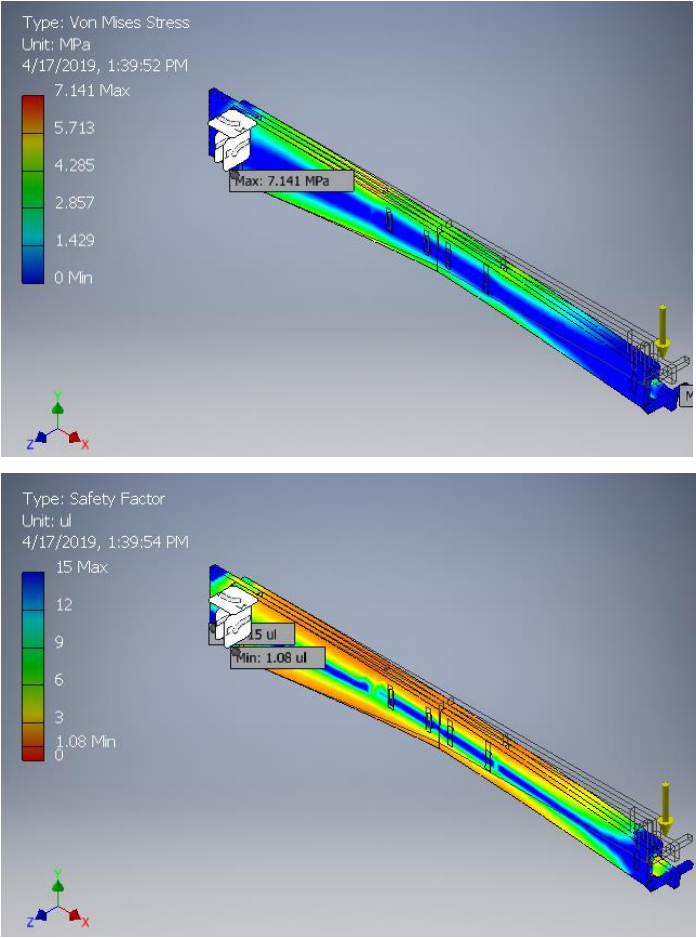
Durante la prueba Von Mises Stress, la imagen muestra que el brazo alcanza un máximo de 7.141 MPa, cifra favorable para el propósito que debe cumplir. Por los colores de la imagen se evidencia que la estructura soporta sin dificultades el estrés generado por el peso.

Luego con la prueba de factor de seguridad se puede ver que la carga es compartida por toda la estructura, también se puede notar que el soporte extra generado por los componentes "C" amplía visiblemente la superficie azul de la zona central.

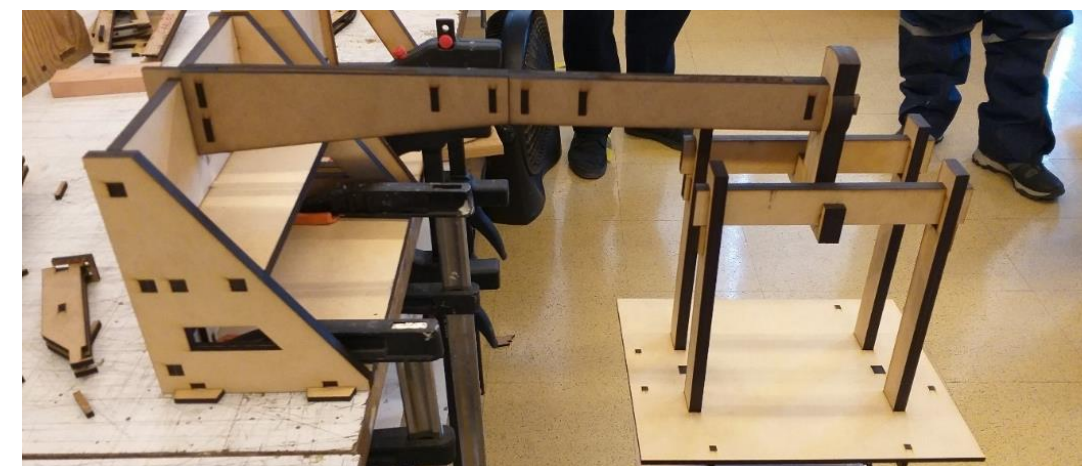
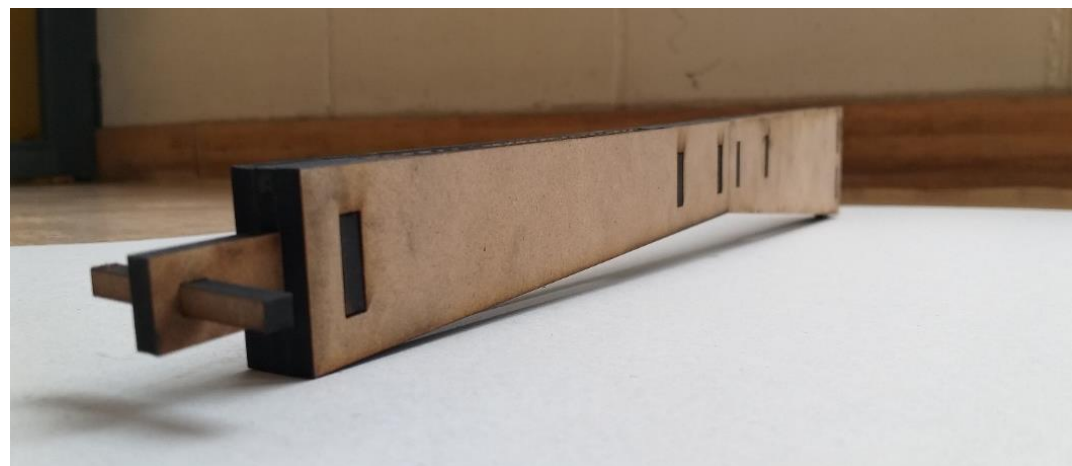
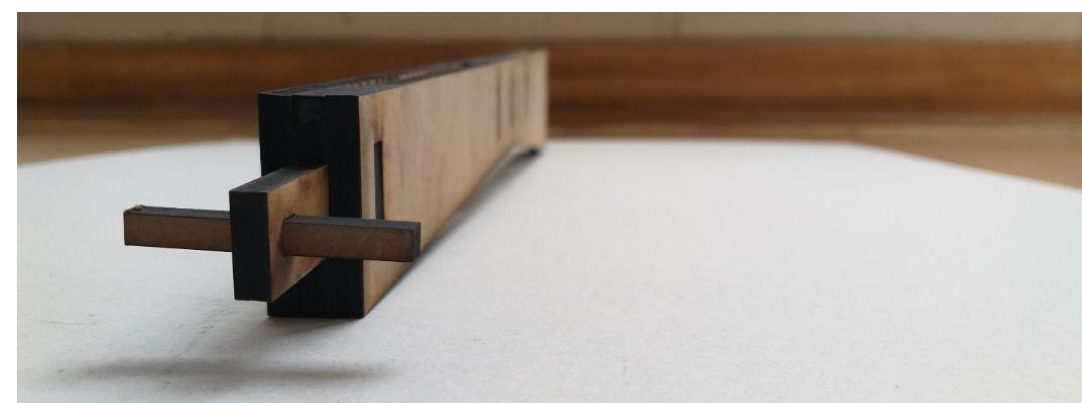
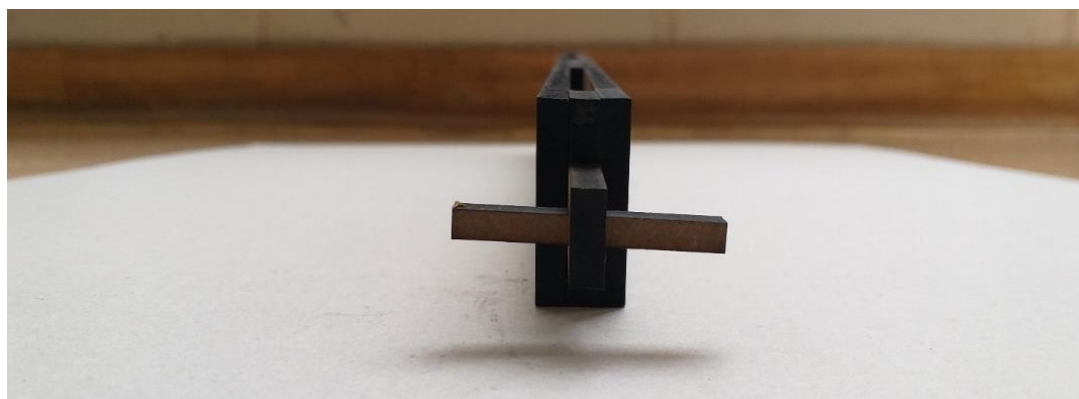
Finalmente, para que el experimento sea exitoso, se solicita que el brazo soporte un torque de al menos 25,933686 Nm. Del análisis FEA se desprende que este brazo soporta hasta 41,5199 Nm

Entonces a partir del análisis FEA podemos concluir que nuestro diseño se encuentra listo para ser puesto a prueba.

Las modificaciones planteadas parecen ser efectivas, es momento de fabricar el brazo que será sometido al desafío propuesto.



Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Fixed Constraint:1	80 N	0 N	41.5199 N m	0 N m
		80 N		0 N m
		0 N		41.5199 N m



Resultados

La resistencia mínima solicitada por el experimento era el de soportar la canasta (8,77 N) y 3 pesos (13,47 N, 14,50 N, 15,12 N), para luego ir incrementando poco a poco con cajas de leche en 2 tamaños (200ml y 1 L).

El brazo soportó sin problema alguno los pesos iniciales, logrando resistir hasta 3,4 Litros de leche agregados.

Según el análisis FEA, el brazo puede soportar un torque de hasta 41,52 Nm

Convirtiendo los 3,4 litros a newton da como resultado 33,34 N. Sumando los 3 pesos y la canasta se tiene un total de 85,2 N. Multiplicando esto por la distancia del brazo se obtiene el torque real:

$$85,2 \text{ N} * 0,5 \text{ m} = 42,6 \text{ Nm}$$

Como se puede ver, la cifra entregada por el programa se encuentra muy cercana a la realidad. En la imagen de la derecha se puede apreciar el punto de quiebre.



Conclusiones

Durante el desarrollo de este informe se estudió los 2 modelos planteados como propuesta para el desafío de carga, descrito en este informe como “El Experimento” al comienzo.

Luego se puso a prueba la versión final, comparando los resultados con los esperables según el análisis FEA realizado. De esta comparación se concluye que existe una increíble aproximación entre las predicciones del software y la realidad.

En esta situación los resultados predichos se encontraron sumamente cercanos con los reales, lo que nos da certeza que, si bien no son perfectos, los programas son sumamente útiles y deben usarse con seriedad, aprovechando al máximo sus capacidades.

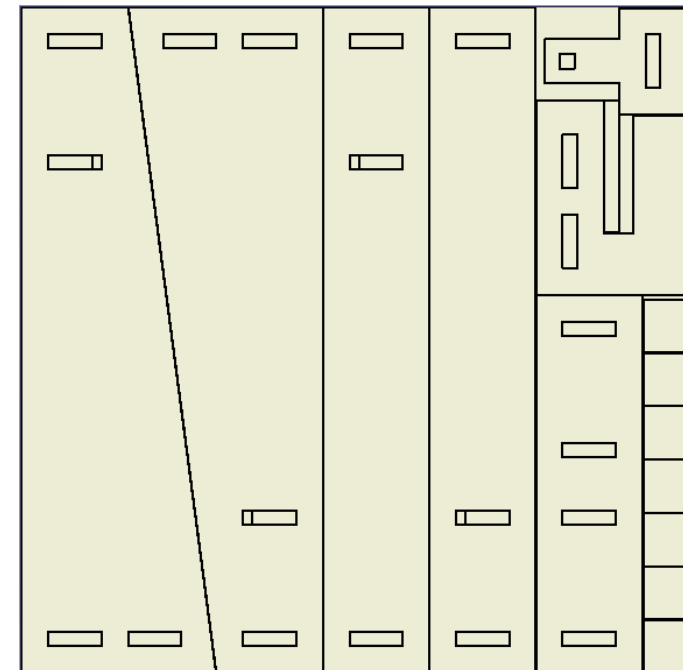
El ejercicio cumple con los objetivos generales propuestos. Se puede evidenciar un claro progreso a lo largo del desarrollo del proyecto. Aun cuando este modelo en específico no sufrió grandes modificaciones a su estructura entre el modelo inicial y el final, si se puede evidenciar un mejor manejo de las herramientas digitales, principalmente por parte del análisis FEA.

Además, su correcta ejecución del diseño de brazo demuestra un entendimiento básico de estructuras y mecanismos por parte del alumno.

El uso de análisis FEA durante el ejercicio permitió entender el comportamiento de las fuerzas sobre el brazo. Ahora entendiendo correctamente el cómo usar esta herramienta, el

alumno puede realizar sus propios estudios sobre otras estructuras aplicando otras fuerzas.

Del experimento podemos concluir que las herramientas digitales prestan una gran ayuda al momento de diseñar.



Diseño de Mecanismo

Introducción

El presente informe trata sobre el diseño de un mecanismo el que debe realizar alguna acción en particular determinada donde este se extienda y retraiga de alguna manera, que sea operable con una sola mano y que se encuentre fabricado con el apoyo y utilización de Autodesk Inventor 2017.

En esta oportunidad se tiene como objeto de fabricación una mesa para utilizar el computador de manera cómoda, ya sea en la cama o trabajando parado.

El mecanismo por desarrollar busca generar en un solo movimiento el abrir y cerrar de sus patas de apoyo de manera que este pueda ser plegado para un mejor trasladado, con gran facilidad y comodidad.

Este se encuentra desarrollado en base a 2 materiales: MDF 5.5mm y palos de maqueta redondos 8mm.

De aquí en adelante se entenderá toda "viga", "riel", "plancha" o "soporte" como un componente de MDF con grosor 5.5mm

Por su parte los "pasadores" deben ser asociados a palos de maqueta redondos con 8 mm de diámetro.

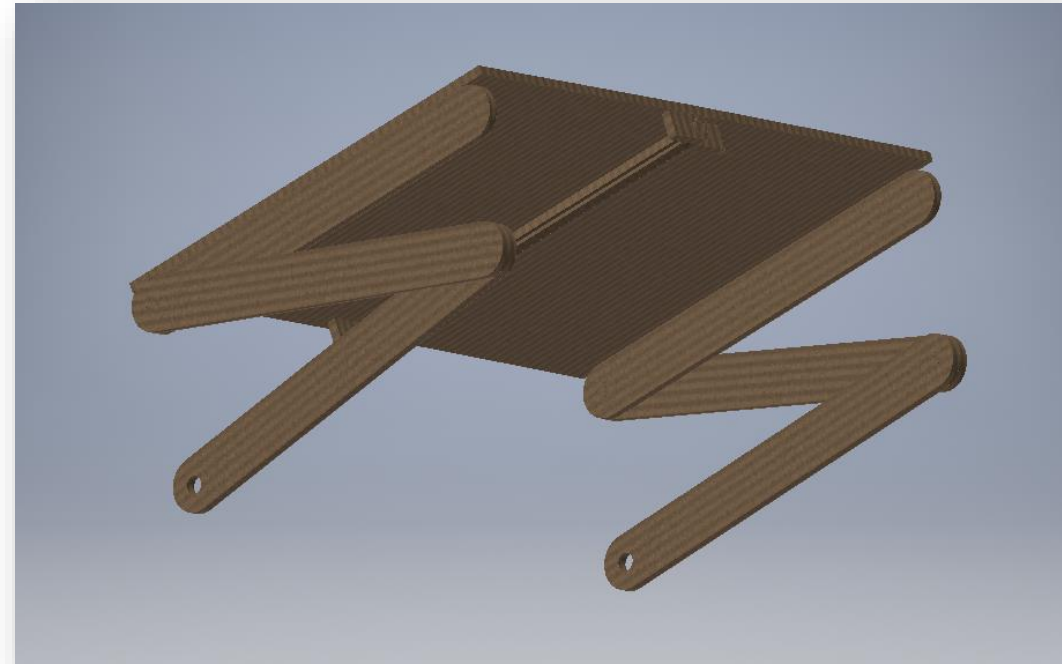
Modelo 01

El primer diseño fue fabricado en base a las dimensiones de un notebook HP Omen 15 (36 x 27 cm).

Se intentaba pensar en un sistema donde las piernas se extienden de arriba para abajo una al lado de la otra con un sistema de bloqueo que permitiera dejar firmes todas las piezas, la mesa a la altura y ángulo deseada por el usuario.

Luego de modelar el primer concepto dentro de Inventor 2017 se pudo hacer notar la alta dificultad de generar dicho bloqueo sin implementar nuevos puntos de soporte para la estructura.

En consecuencia se reevaluó el comportamiento por el cual se rigen los soportes de la mesa dando origen a una nueva manera de mantenerla en pie.



Modelo 02

En el segundo intento se eliminó el sistema de soporte anterior, también se agregó un pliegue por al medio que permite doblar en 2 partes la mesa.

Agregando un punto de pliegue por al medio, se puede dar inicio a una cadena de sucesos generados a partir de mecanismos y trabas que finalmente resulten en abrir o cerrar los soportes.

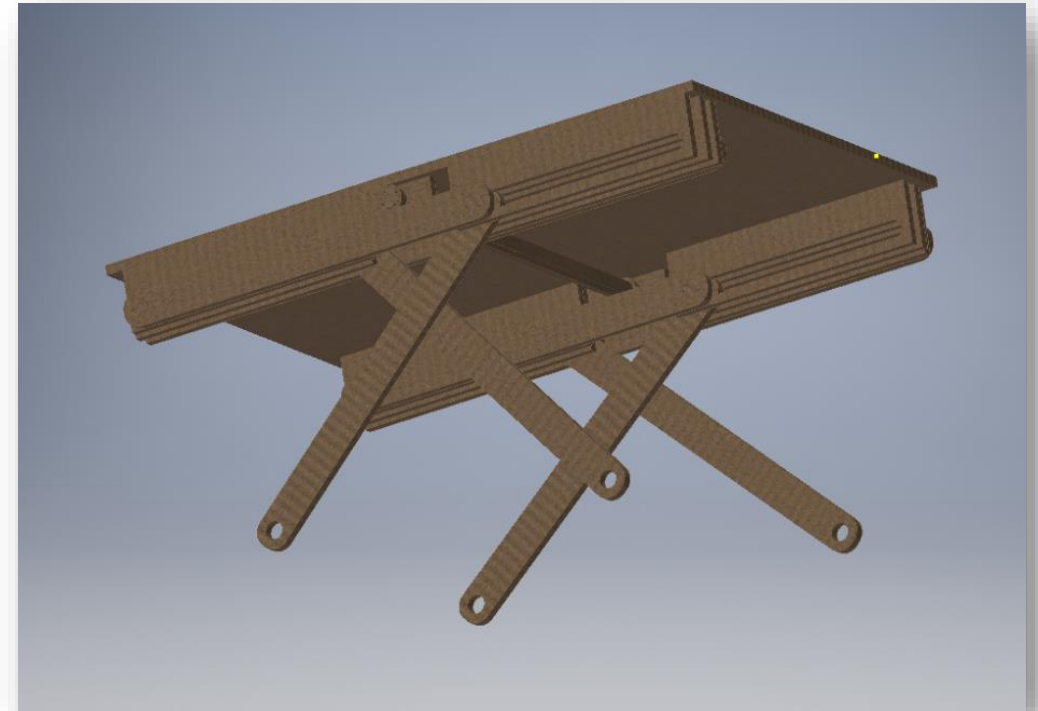
El nuevo sistema consiste en un par de patas que se entrelazan de manera perpendicular con ángulos de 90°.

Para lograr este objetivo se instala un riel y un punto fijo al lado contrario. Se posiciona una viga que se encuentra instalada por un extremo en el punto fijo con la posibilidad de rotar de arriba a abajo, mientras que por el otro extremo se conecta al riel utilizando un pasador. A este pasador es conectado una de las 4 patas (o soportes) del objeto.

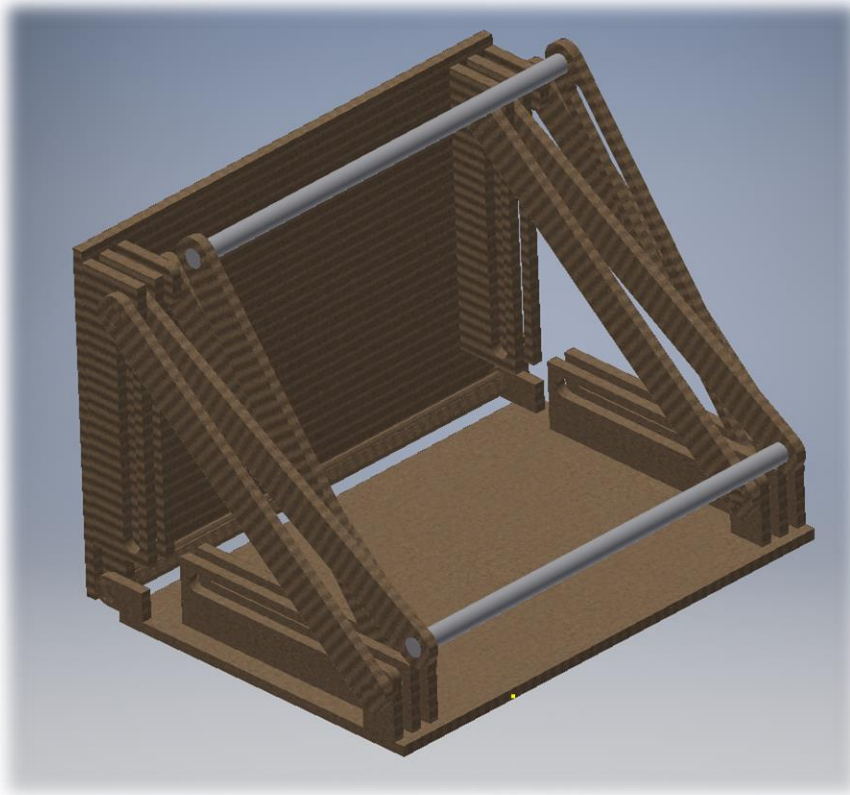
Se repite el ultimo sistema un total de 4 veces en cada esquina de las planchas con un desplace de 5.5mm entre las de un lado y otro permitiendo así el contacto directo entre las patas de soporte con su respectivo par frontal. Dichas patas poseen un riel interno que las une utilizando otro pasador, este tiene la función de mantener una alineación correcta, manteniéndolas de manera cruzada.

Así se da uso de la fuerza generada al abrir o cerrar la mesa, impulsando a los pasadores dentro de los rieles a través del punto fijo en cada esquina.

Luego gracias a la unión entre ambas patas, estas quedan posicionadas de manera que soportan las planchas que conforman la mesa.



Con Inventor 2017 se pudo observar la primera complicación que enfrenta este nuevo sistema. La imposibilidad de cerrarse de manera completa como un libro.



[Predicción de inventor]



[Resultado obtenido]

Imágenes Componentes Fabricados



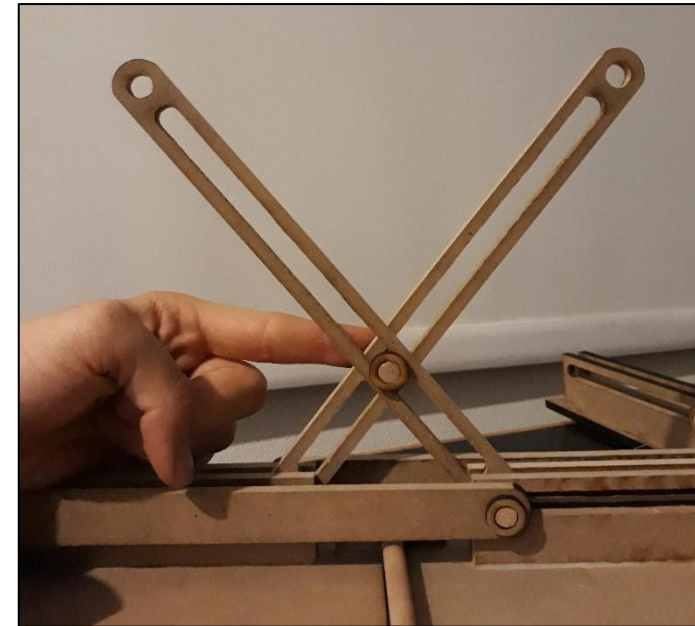
[Punto Fijo]



[Viga]



[Riel]



[Patas de Soporte]

Modelo 03

El sistema de rieles funciona correctamente pero genera ciertas complicaciones al momento de querer dar cierre a la mesa. El tercer modelo, y segundo prototipo físico, intenta resolver esta problemática.

Para esto lo primero que se plantea es un segundo punto de pliegue para las planchas. Esto genera una tercera plancha ubicada al medio donde se fijan los puntos de soporte previamente ubicados en los extremos, pero en esta oportunidad se instalan en los extremos de la "plancha central".

Las patas de soporte ya no se encuentran unidas entre sí, y su dimensión ha sido disminuida significativamente. También se han acortado las "vigas" y se a creado una nueva pieza que cumple la doble función de fijar la viga, y permitir el pliegue de las planchas

Todo esto logra finalmente que la mesa cierre por completo como libro.

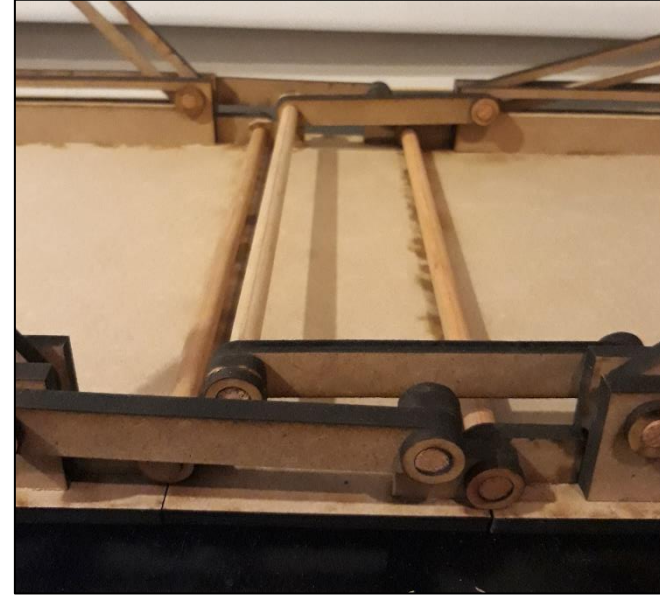
Las imágenes a continuación ilustran lo mencionado anteriormente para mayor comprensión del lector.



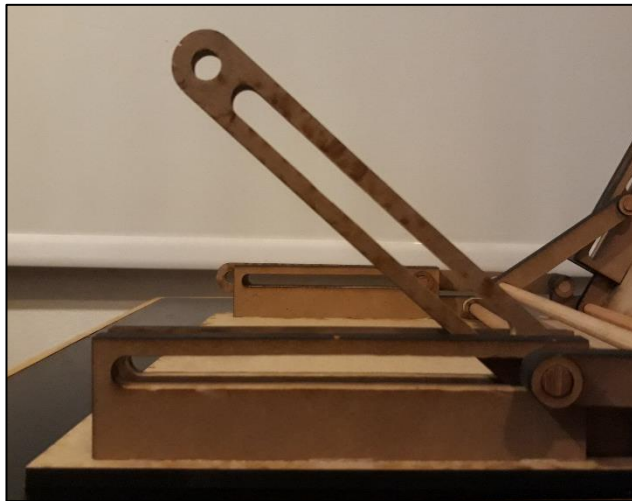
Imágenes Componentes Fabricados



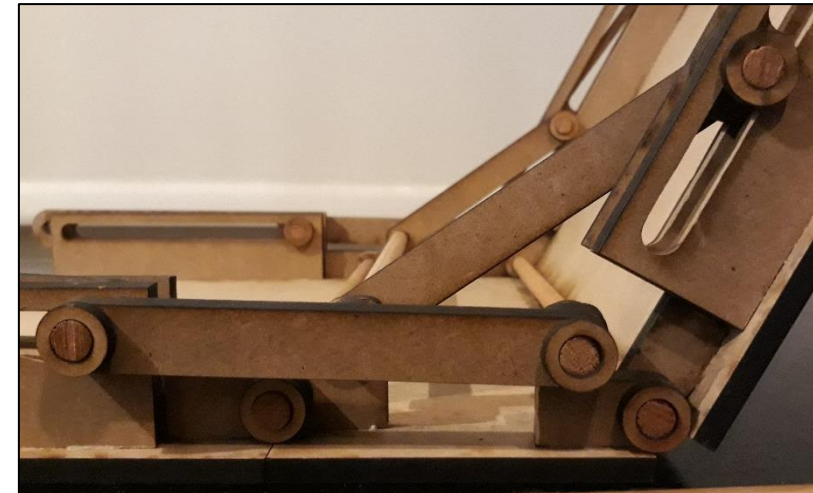
[Fijador/Bisagra]



[Plancha central]



[Pata de Soporte]



[Nuevas Vigas]

Modelo 04

El diseño anterior soluciona el tema del cierre total de la mesa, pero no enfrenta el problema de cómo mantener las patas abiertas y en el lugar correcto.



[Modelo 03]

Para esta misión se rediseñan los rieles y se agrega una nueva viga muy corta, la que se encuentra conectada por un lado al pasador del riel y por otro a una vara que une las patas que se encuentran paralelas entre sí, a través del riel interno de estas.

Este nuevo componente genera una traba para las patas lo que finalmente logra fijarlas en un ángulo adecuado y firme para el sustento del notebook.

Luego la curvatura en el borde del riel permite que la traba se libere y así se estiran las patas de manera que se puede cerrar y trasladar como bolso la mesa con sus respectivas manillas.

A la derecha se puede ver la mesa cerrada y abierta.



Imágenes Componentes Fabricados



[Unión entre patas]



[Nueva viga corta]



[Riel con terminacion en curva]

Resultados

El diseño final (Modelo 04) nos entrega la funcionalidad deseada al comienzo del ejercicio.

Podemos abrir y cerrar la mesa como un libro, y ésta por consecuencia abre y cierra sus patas de soporte de manera automática y directa.

Una dura prueba de calidad nos muestra que la mesa soporta el peso suficiente para su labor.

Sus proporciones en estado de "cerrada" la hacen de fácil almacenamiento y con los palos entre las patas de soporte se genera una perfecta manilla para su traslado.

Tenemos entonces un mecanismo que se extiende y retrae, es operable con una sola mano y fue fabricado con el soporte de Inventor 2017.

Se puede afirmar que el desafío está completo y se a realizado con éxito.



Conclusiones Generales

El diseño de un mecanismo requiere de varias etapas previas, donde se van resolviendo distintos problemas que dan a conocer los diferentes prototipos construidos.

Las herramientas de tipo CAD (Computer Aided Design) tales como Autodesk Inventor, proporcionan un espacio digital para la fabricación de prototipos. De esta manera disminuye la brecha del tiempo requerido para llegar al resultado deseado.

En esta oportunidad se puede ver al comienzo la utilidad que el programa presenta. Una vez realizado correctamente el ensamble digital y el real, se puede hacer notar que funcionan igualmente.

Tanto el digital como el real se comportan de igual manera por lo que se puede deducir que el programa entrega una representación de la realidad precisa y acertada.

Se recomienda para futuros proyectos la utilización de herramientas digitales ya que son realmente útiles para el desarrollo de conceptos, sin importar el nivel de complejidad que estos tengan.

Resultados Finales

Los resultados de ambos desafíos fueron bastante positivos.

En el primero se aprecia la precisión con que el software Autodesk Inventor logra predecir el punto de quiebre del objeto, tal como se aprecia en la tabla a continuación.

Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Fixed Constraint:1	80 N	0 N	41.5199 N m	0 N m
		80 N		0 N m
		0 N		41.5199 N m

Además de mostrar gráficamente el comportamiento de las fuerzas aplicadas.

El brazo logra soportar la cantidad mínima esperada, y más aun alcanza un nivel de resistencia bastante elevado en comparación a su competencia.

Respecto al “Diseño de Mecanismos” se logra un diseño que cumple con los requisitos previamente propuestos.

El diseño implementado es fluido y conciso. Operable con una sola mano y transportable. Fabricado a base de MDF y con una estructura inventada completamente por el alumno.

Se puede ver su funcionamiento en el siguiente link:

https://www.youtube.com/watch?v=fqz3k_cFWUhU

Conclusiones Definitivas

Luego de la realización de los trabajos anteriormente descritos en detalle, se llega a la conclusión de que en los tiempos de actualidad es fundamental el uso de herramientas digitales durante un proceso de fabricación.

Éstas ahorran tiempo de manera significativa mostrando las fuerzas y debilidades de los objetos que se diseñan previo a su construcción.

Además es importante destacar que, sin importar lo que se tenga en mente fabricar, cualquier diseño de cualquier objeto toma varios intentos, varios modelos, prototipos, etc. En palabras mas simples, existe un proceso de indeterminadas iteraciones previas al resultado final que se intenta obtener.

Debido a todo esto y luego de un profundo análisis, se recomienda al lector aprovechar toda herramienta digital de actualidad que pueda facilitar su labor, ya sea en áreas de diseño estructural, visual, mecanismos de alta o baja complejidad, etc. En fin, para cualquier labor que requiera planeación y testeo existirá algún programa que facilitará las cosas, como lo fue en esta oportunidad el caso de Autodesk Inventor 2017.

