

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Diseño y construcción de prototipo de sistema de sujeción de
cargas de un transelevador para el acomodamiento de tarimas
en bodega de Grupo Roca Fuerte Guatemala**

Protocolo de trabajo de graduación presentado por Carlos Daniel
Hengstenberg Chocooj, estudiante de Ingeniería Mecatrónica

Guatemala,

2022

Resumen

El siguiente protocolo de graduación consiste en la propuesta del diseño y construcción de un prototipo del mecanismo de sujeción de un transelevador para el Grupo Roca Fuerte como trabajo de graduación. Principalmente se propone diseñar un prototipo del sistema de sujeción que sea capaz de realizar un movimiento horizontal en donde la garra del motacargas pueda obtener los pallets de las estanterías y soportar el peso de dicha carga, se descarta la idea de diseñar una garra retraible como la de los montacargas convencionales ya esto puede afectar el equilibrio de todo el sistema ya que es monocolumna y limitaría significativamente los ángulos de sujeción al sistema, por lo que se pretende diseñar una garra estática que se desplazará horizontalmente mediante un riel haciendo que la sujeción de los pallets sea más eficiente. El segundo reto que implica el diseño del mecanismo de sujeción consiste en que la garra no solo tendrá que tomar los pallets de una estantería sino que tendrá que hacerlo en dos estanterías que se encuentran una al lado contrario de la otra y el mecanismo se encontrará en el medio de estas dos estanterías, por lo que para resolver este inconveniente, aprovechando que el sistema total es monocolumna, se propone agregar a la garra un sistema de movimiento que permita a la garra girar 180 grados haciendo que pueda encarar tanto la estantería de adelante como la de atrás, esto sin comprometer el equilibrio ni la seguridad de todo el sistema de montacargas.

Antecedentes

Sistemas de almacenamiento a nivel local en Guatemala

Los sistemas de almacenamiento autónomo son un invento que vino a revolucionar la industria ya que brinda una mayor rapidez en los procesos, eficientizando así, todo el proceso de almacenamiento ya que reduce tiempos en la colocación de los productos en sus respectivos racks y en la extracción de los mismos hasta una zona de despacho, esta tecnología se utiliza para reducir los costos de operación, reducir personal operativo, aprovechar de una mejor manera los espacios de la bodega y para evitar cualquier tipo de error humano en la manipulación de las cargas.

En nuestro país Guatemala existe una gran cantidad de empresas las cuales se dedican a la venta de diferentes productos, ya sea de construcción, alimenticios, agrícolas, agropecuarios, entre tantos otros productos más de los cuales se necesita almacenar mientras estos mismos son vendidos, las empresas grandes utilizan bodegas de tamaños considerablemente grandes para el almacenamiento de estos, la mayoría de empresas almacenan sus productos en sus bodegas utilizando racks convencionales como efectivamente lo hace el Grupo Roca Fuerte. Cabe recalcar que actualmente en Guatemala no existe operando una bodega autónoma en su totalidad y ninguna con el sistema autónomo de transelevación.

En Guatemala existen varias empresas que se dedican a brindar soluciones de almacenamiento que tratan de eficientizar los procesos para las bodegas de almacenamiento. Se tomaron 3 de estas empresas más relevantes en el país como referencia para indagar más acerca del tema de almacenamiento eficiente y de como se podría mejorar estos procesos. Las empresas mas sobresalientes en el país son las siguientes:

1. Logimerk:

Es una empresa innovadora en sistemas de almacenaje y venta de productos industriales, con más de 15 años sirviendo al mercado guatemalteco y centroamericano, ofreciendo un servicio personalizado, productos de calidad y precios competitivos. Trabajan diseños personalizados que se ajustan a las necesidades de almacenamiento, además de contar con personal altamente capacitado para su instalación.[1]

2. Grupo Equisa Centroamérica.

Equisa se dedica a la comercialización de servicios de almacenamiento a nivel industrial, identificados en el mercado como la Compañía líder y de mayor prestigio y experiencia en Centroamérica en Importación, Implementación y Montaje de Sistemas de Almacenaje (Sistemas de Estanterías Metálicas) ofreciendo las mejores marcas a nivel mundial tanto en calidad, servicio, tecnología de punta y servicio técnico.[2]

3. Remisa.

Esta empresa distribuye Sistemas de Almacenamiento de la marca Estanterías Record fundada en Granada España en 1978, tienen a su disponibilidad sistemas selectivos, drive in, picking, cantiléver Etc. Ofrecen asesoría técnica, mediciones de bodega con el diseño que mejor se ajuste a las necesidades del cliente según producto, industria y capacidad proyectada para almacenar[3]

Sistemas de almacenamiento a nivel internacional

El sistema de almacenamiento de cargas autónomo cada vez es más cotizado por las empresas que utilizan bodegas para guardar sus productos mientras estos son vendidos, esta industria de la automatización ha sido en gran parte una mejora para todas aquellas empresas que han adaptado la autonomía a sus procesos e ideologías de almacenamiento, muchas empresas de primer mundo actualmente trabajan con bodegas totalmente autónomas que funcionan de distintas maneras y una de las más eficientes y cotizadas por las empresas es el sistema automatizado por medio de transelevadores, existen varias empresas a nivel mundial que están desarrollando y vendiendo esta tecnología, sin embargo, hay ciertas empresas que destacan dentro de la industria por su alta calidad y eficacia con la que trabajan y de las cuales se tomaron como referencia para el desarrollo del sistema de almacenamiento autónomo para Roca Fuerte, las cuales se presentan a continuación:

1. Mecalux

Esta es una empresa de España los cuales son pioneros en la industria de almacenamiento automatizado y han hecho trabajos para empresas muy importantes de su región para empresas de renombre y se caracterizan por automatizar bodegas muy grandes. [4]



Figura 1: Transelevador Mecalux [4]

2. SSI Schaefer.

SSI Schaefer fue fundada en 1937 como una empresa de fabricación de productos de chapa y desde entonces ha ido creciendo hasta convertirse lo que hoy en día se le conoce como el proveedor de soluciones de productos y sistemas logísticos más importante del mundo.[5]



Figura 2: Transelevador SSI Schaefer [5]

3. TGW group.

Esta es una empresa que ofrece sistemas de intralogística altamente automatizados, eficientes y preparados para el futuro, TGW soluciona los desafíos de la cadena de suministro de sus clientes.[6]



Figura 3: Transelevador TGW Group [6]

Justificación

En la industria de la construcción generalmente se utilizan más materiales de tamaño grande que pequeños y por eso los distribuidores de estos materiales ocupan bodegas en donde sitúan todo el inventario. mediante una plataforma en internet ofrecen el catálogo de materiales que están vendiendo y la cantidad de la que disponen, en el caso de Roca Fuerte utilizan la plataforma llamada WMS que lleva toda la base de datos del inventario que disponen en la bodega. El procedimiento para los pedidos funciona mediante una orden realizada directamente desde la página web en WMS seleccionando el material y la cantidad necesaria que desea el cliente y mediante esa orden los obreros de Progreso Labs empiezan a alistar la orden cargando todo el material solicitado ya sea con montacarga o mediante los obreros para poder llevarlos al lugar de despacho, muchas veces los pedidos se atrasan ya que al tener únicamente espacio para un montacargas el tener dos o más órdenes en un periodo de tiempo corto la fila de espera se vuelve más y más larga ya que el equipo de despacho se satura tanto que en ocasiones se deben cargar los materiales con los obreros debido a que el montacarga se encuentra ocupado, este proceso no es solo tardado sino que compromete la salud de los obreros, y ahí es en donde nuestro equipo de trabajo de graduandos de quinto año de Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica de la Universidad del Valle de Guatemala encuentra una solución que consiste en la automatización de la bodega de Roca Fuerte mediante un sistema de levantamiento de cargas que actúa mediante un mecanismo que se mueve verticalmente y horizontalmente para ubicar las estanterías de donde se requiere el material que ubicará mediante posiciones matriciales, utilizará sensores ultrasónicos, un sistema de pinzas de montacarga para la sujeción de los materiales en sus respectivos palets y una serie de rieles por donde dicho mecanismo se movilizará y llevará el pedido en un tiempo muy reducido hasta el sitio de despacho, agilizando el proceso de entrega y evitando que los clientes esperen tanto tiempo por su pedido, así como también se evitarán las cargas muy pesadas para los obreros.

En las bodegas que distribuyen materiales de construcción en volúmenes relativamente altos siempre se debe de hacer una larga espera luego de hacer el pedido ya que la demora es mientras los operadores de las tiendas alistan el pedido y lo cargan a los camiones y como en la industria de la construcción en su mayoría de veces los materiales son muy pesados y esto hace que los operadores demoren bastante en despachar el producto a los consumidores, la demora por esperar a cargar el producto al transporte es un problema que se da y que los clientes tienen que soportar ya que no hay una manera más eficiente de cargar los productos

y llevar la cuenta de los mismos, para esto se utiliza un montacargas convencional que es el encargado de despachar los pedidos hacia el área de despacho para cargar el producto y enviarlo a los clientes, los pedidos se mantienen montados sobre pallets (Figura No.8) y ordenados en una bodega con carriles de estanterías, para el sistema de levantamiento de cargas la empresa de Roca Fuerte asignó un carril entre dos estanterías para desarrollar el mismo.

Acomodamiento de cargas es un proyecto que estudia los espacios, colocación, transporte y toda la logística sobre la automatización del carril asignado en una bodega de despacho de materiales de construcción agilizando el proceso para la entrega de los productos y reduciendo el tiempo de espera de los clientes, esta es una solución que ayudará tanto a los clientes como a la tienda propia ya que se podrá despachar más pedidos por día y los compradores no tendrán que soportar una larga demora para obtener su pedido, así como también se evitarían los retrasos ya que el sistema haría el proceso de colocar los productos en las estanterías de una manera más eficiente y también se reducirían las pérdidas o descontrol de inventario ya que al momento de la colocación o extracción el sistema automáticamente irá mandando información hacia el software WMS para llevar un conteo más certero.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar una propuesta para el diseño y fabricación de un prototipo del sistema de sujeción de cargas en pallets de un mecanismo monocolumna automatizado capaz de colocar y retirar dichas cargas en dos estanterías para la automatización de bodegas.

Objetivos Específicos

- Diseñar un sistema de sujeción de cargas que sea preciso y eficiente, eliminando el error humano por factores externos haciendo el proceso de carga y descarga de pallets más eficiente y seguro.
- Diseñar un modelo 3D del prototipo de sistema de sujeción de cargas ensamblado para la simulación del funcionamiento del mismo en la vida real.
- Diseñar un mecanismo de sujeción capaz de cargar y descargar pallets de estanterías situadas a lados opuestos de un carril en donde el sistema de sujeción estará en el medio, adaptando un sistema de giro de 180° mediante la utilización de servo-motores.
- Diseñar un sistema de desplazamiento horizontal de la garra con el fin de adquirir los pallets de cualquier posición situada en cualquier estantería siendo este capaz de realizar el proceso de sujeción de una forma rápida y eficiente sin comprometer el equilibrio de todo el mecanismo
- Diseñar el sistema de sujeción de forma que esta pueda ser integrada al sistema completo automatizado, conectándose con las demás fases del proyecto como lo son el movimiento vertical de monocolumna, el movimiento de riel y la comunicación entre

mecanismo-interfaz, haciendo posible la comunicación entre cada fase para el correcto funcionamiento de todo el sistema automatizado.

- Incorporar una correcta relación entre piñon cremallera para el movimiento horizontal del mecanismo de sujeción sea suave y estable para poder tener una precisión alta para la recolección de pallets.
- Utilizar un voltaje adecuado para los servo-motores con el fin que el movimiento sea lo suficientemente rápido y estable para manipular los pallets sin comprometer el equilibrio del sistema completo ni tener el riesgo de dejar caer las cargas a sujetar.
- Realizar una propuesta para la implementación del sistema de sujeción de cargas de un transelevador para el acomodamiento de tarimas en bodegas en la vida real.

Marco teórico

Espacio de almacenaje

En la industria de almacenaje de productos existen bodegas de distintos tamaños que es donde se encuentra el inventario de las empresas que guardan sus productos para que se conserven de la mejor manera para que al momento de ser despachados estén en su mejor estado, dependiendo del producto que la empresa ofrezca a sus clientes, estas tienden a utilizar bodegas muy grandes como lo es en el caso de Roca Fuerte y muchas veces el espacio con el que cuentan las bodegas se limita dependiendo de la demanda de los productos, estas bodegas utilizan estanterías para hacer carriles a lo largo de la bodega con el fin de aprovechar al máximo el espacio disponible. En las empresas uno de los principales objetivos es la reducción de costos, mientras más se reduzcan los costos operativos, más grandes serán las ganancias de la empresa por lo que es muy importante tomar en cuenta todas aquellas opciones que sean factibles para la reducción de estos costos, el almacenaje de productos es un gasto que todas las empresas que cuentan con inventario tienen que realizar y el aprovechar al máximo el espacio disponible es un factor clave para aumentar las ganancias.[4]



Figura 4: Ejemplo de bodega de almacenaje con estanterías [4]

Riesgos

Para el proceso de carga y descarga de un producto dentro de una bodega de almacenaje se utilizan vehículos con sistema hidráulicos llamados montacargas para sujetar y trasladar las cargas de un lugar a otro, estas cargas o productos se encuentran montadas en pallets los cuales son plataformas especiales para que la garra del montacargas pueda cargar o descargar cualquier producto que se encuentre montado en estas.[7]

El llevar el proceso de carga y descarga de productos de una bodega es un trabajo duro y requiere de mucha concentración por parte de los operarios que lo realizan ya que requiere de mucha precisión por parte de los montacargas y de un buen manejo de los mismos, y esto es algo que muchas veces se descuida por causas externas o bien por el mismo error humano, provocando accidentes y daños tanto para la estructura de la bodega, para los productos e incluso para la integridad de los operarios, es por eso que el tener una bodega automática reduce por completo el error humano haciendo que el trabajo se realice con la mayor precisión posible y evitando toda clase de accidentes por distracciones u otras causas. Debido a la constancia con la que suceden todo tipo de accidentes con montacargas en la industria, el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional NIOSH (por sus siglas en inglés)[8] solicita ayuda para prevenir lesiones y muertes entre los trabajadores que operan montacargas o trabajan cerca de los mismos. Muchos de estos accidentes pueden ayudar a evitarse si se siguieran al pie de la letra las disposiciones que establecen la normas OSHA, la misma que estima que ocurren alrededor de 680,400 accidentes de montacargas cada año, y se lastiman alrededor de 9000 trabajadores. **OSHA**



Figura 5: Ejemplo de bodega de almacenaje con estanterías [4]

Manejo de inventario

El manejo del inventario se realiza mediante anotaciones en libros que toma un operario que acompaña al montacargas para llevar la cuenta de los productos que entran y salen y la cantidad de estos, sin embargo este es un trabajo que requiere de concentración y muchas veces por distracciones o factores externos el inventario no suele coincidir con las cuentas de los productos que salen y entran de las bodegas, esto puede causar perdidas en las ganancias y el tener un encargado del inventario por cada montacargas que se opera, indirectamente es un gasto más para la empresa, el reducir el personal para realizar este tipo de tareas le beneficiaría significativamente a la empresa ya que el mismo personal se pudiera utilizar para realizar otro tipo de tareas o bien el recorte de personal haciendo que los gastos en

empleados se reduzca.[9]



Figura 6: Ejemplo de toma de inventario en bodega [9]

Tiempos de proceso de despacho

Para realizar el proceso de carga y descarga dentro de una bodega, la operación empieza desde que el cliente solicita el producto hasta que el producto es despachado al camión que lo transportará hacia el destino que se haya solicitado, este es un proceso que lleva varios antes de ser concluido. El proceso inicia desde la orden solicitada por el cliente, luego de que la orden sea enviada en el sistema se debe ubicar en que posición está el pallet respectivo del producto para que luego el operador del montacargas se dirija hacia él, al momento de ser retirado, otro operador toma nota del inventario y de que producto es el que se retirará y de que posición, esto mediante un lector de códigos de barra que se encuentran en cada ubicación de las estanterías para llevar el conteo de productos por estantería y saber cuando es posible ingresar o no nuevos productos en esa posición, luego de esto se procede a llevar el pallet correspondiente hacia el camión que transportará el producto hacia su destino. El tiempo de operación es un factor clave para reducir costos de la empresa y aumentar las ganancias de la misma, es por lo que las empresas están en una búsqueda constante de optimizar sus procesos para desarrollar los mismos procedimientos ofreciendo la misma calidad y resultado mediante procesos distintos que lo hagan en un tiempo menor.

Reducción del uso de personal

El uso del personal en las empresas es un costo fijo que las empresas tienen que pagar y en la industria del almacenaje, carga y descarga de productos se utiliza una significativa cantidad de operarios que se encargan de realizar diferentes tareas para que los procesos se realicen de la mejor manera y todo marche según lo planeado, cada tarea es importante y el incumplimiento de estas provocaría defectos en el proceso e incluso accidentes o pérdidas en los productos. Las industrias siempre van en busca de una mejora para reducir sus gastos y la automatización es una opción muy factible que ha brindado resultados a las empresas que la han adquirido ya que el realizar procesos mediante la ayuda de máquinas inteligentes no solo reemplaza al personal haciendo muchas más tareas a la vez de lo que un operario puede hacer sino también evita los errores por distracciones o factores externos que se presenten a la hora de cumplir con las tareas asignadas.

Metodología

Para llevar a cabo el sistema de levantamiento de cargas se planea seguir una serie ordenada de pasos dividiendo el proyecto en fases para el análisis correcto de todos los componentes y estructuras que lo conforman, estas fases se irán trabajando con el tiempo hasta llegar a un resultado de prototipo final que sea satisfactorio tanto para el equipo de graduandos de Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica como para el personal de Cementos Progreso y Roca Fuerte. A cada integrante del grupo del proyecto se le asignará una parte importante para idear, prototipar y desarrollar por lo que cada parte es sumamente importante y dependiente de las demás partes para el completo funcionamiento del sistema automatizado. El sistema de sujeción es la parte encargada de recibir, colocar y soportar la carga del pallet y su contenido, este sistema debe de poder desplazarse hacia abajo o hacia arriba paralelamente a la monocolumna, el conjunto de pinzas de sujeción debe de estirarse y encogerse para obtener o colocar los pallets y debe de poder trasladarse junto con la monocolumna en el riel paralelo al suelo hacia el área de despacho, debe de poder asegurar el pallet y su contenido para que durante los movimientos este no pueda caerse ni agitarse de manera que se dañen los materiales o productos, todo esto mientras se soporta el peso de las cargas.

Conocimiento de campo de trabajo

Se estará visitando las instalaciones de la bodega de Roca Fuerte de Cementos Progreso para conocer el lugar específico en donde se realizará el trabajo para obtener datos importantes como el espacio disponible para el desarrollo del proyecto, y obtener ideas a simple vista del posible funcionamiento del sistema, para el proyecto fue asignado únicamente un carril dentro de la bodega siendo este el que se encuentra justo en el centro de la misma ya que la bodega está construida a dos aguas por lo que el carril del centro es el más alto (Figura No.1), cuenta con una viga justo en lo más alto que atravieza todo el carril el cual ayudará para la sujeción de todo el sistema de levantamiento de cargas, durante la visita se podrán observar como se encuentran las cargas en todas las estanterías ya que para colocarlas o retirarlas se utilizan pallets (Figura No.7) ya que es una base que se utiliza para facilitar el transporte de estos materiales al ser más fácil para un montacargas agarrarlo. El carril de estanterías que fue asignado cuenta con un total de 380 espacios para pallets, 190 por cada estantería.



Figura 7: Carril de estanterías



Figura 8: Pallet para productos

Lluvia de ideas

Para la lluvia de ideas se analizarán todas las medidas que se tomen durante la visita a la bodega de Roca Fuerte, para tomar en cuenta el tamaño del mecanismo y las funciones que este pudiera realizar. Se comenzará analizando el sistema de desplazamiento horizontal del mecanismo para que tenga un tamaño adecuado para alcanzar los 380 pallets que se encuentran en el carril asignado, luego se analizará el sistema de movimiento vertical que se encargará de subir y bajar la distancia necesaria para alcanzar los pallets y poder obtenerlos sin ningún problema, seguido de eso se analizarán las posibilidades del levantamiento de

cargas ya que tiene que ser capaz de sujetar las cargas de ambas estanterías, todo esto tomando en cuenta que el carril no puede modificarse, y debe de trabajarse con los pallets convencionales que la empresa suele usar, se debe de crear un sistema totalmente compatible con la estructura que la bodega ya cuenta. Al final se analizará el software del sistema que se conecta con el inventario que lleva la empresa por medio de la plataforma de WMS.

El sistema de monta cargas que se piensa implementar es tipo monocolumna, el hecho de hacerlo monocolumna ayuda a utilizar de una mejor manera el espacio disponible y cargar y descargar sin que mover todo el mecanismo hasta un extremo del carril, haciéndolo bicolumna nos obliga por el espacio, a trasladar todo el mecanismo hacia un extremo del carril para que el sistema de sujeción cambiara de sentido para obtener cargas de la estantería opuesta, quitándonos mucho tiempo por lo que el eliminar una columna sin comprometer la funcionalidad del mecanismo fue de mucha ayuda para obtener un diseño óptimo y funcional, esto no afectará el mecanismo ya que las cargas con las que se estarían trabajando la monocolumna funcionaría de una buena manera ahorrando espacio y material de fabricación.

Para el sistema de sujeción, se debe de implementar un metodo que sea lo suficientemente óptimo como para sujetar cargas de las dos estanterías, y al tener el sistema en medio de ambas estanterías y con un espacio reducido este debe de cumplir con el objetivo sin desplazarse hacia el final del carril para cambiar de sentido antes de obtener otra carga, por lo que diseñar el sistema de sujeción con movilidad 180° puede ser una muy buena idea, esto ahorrará mucha tiempo y material de fabricación.

Prototipo

Mediante las ideas que se escojan para el diseño final del mecanismo se empezará a darle forma mediante la creación de una serie de bocetos para que la idea quede más clara y se pueda tener una mejor referencia de lo que se quiere lograr. Una vez el boceto de prototipo se encuentre listo y se empezará a colocar medidas a escala para que a la hora de desarrollar el prototipo se pudiera observar con claridad el funcionamiento siendo este lo más parecido a la realidad a una escala pequeña.

Desarrollo

Para el desarrollo se empezará realizando el modelado 3D de cada pieza mediante la utilización del software de diseño Inventor con la que podremos ver un ensamble virtual de como quedaría el prototipo y hacer modificaciones o adaptaciones si fuera necesario. Luego de tener las piezas diseñadas y con las medidas requeridas, la parte de fabricación se realizará utilizando tecnologías como la impresión 3D y la cortadora laser para piezas en MDF, luego se procederá a ensamblar el prototipo y mediante la compra de servo-motores los cuales se adaptaran al diseño, sensores de proximidad, leds, entre otros componentes electrónicos se podrá obtener el prototipo finalizado.

Diseño

Para el diseño del prototipo se utilizará el software de diseño Inventor Professional en donde se diseñarán y modelarán todas las piezas del sistema de sujeción permitiendonos ensamblar todo el sistema y verlo de una forma virtual para poder realizar cambios si en dado caso lo necesitara y para tener un efoque de lo que sería en la vida real a la hora de fabricarlo.



Figura 9: Software Inventor Professional [10]

Fabricación

Para la fabricación del prototipo se utilizarán tecnologías distintas para las piezas, la mayoría del prototipo se fabricará utilizando impresión 3D mediante el material de PLA que es un plástico resistente y duradero que puede realizar sin complicaciones los movimientos y soportar esfuerzos que le son requeridos, se utilizarán las impresoras Ultimaker del departamento de ingeniería Electrónica y Mecatrónica de la Universidad, estas trabajan con una precisión muy fina, sin embargo, las piezas como los engranajes y cremalleras se fabricarán mediante la impresión 3D pero en material de resina ya que este es mucho más preciso que el PLA.

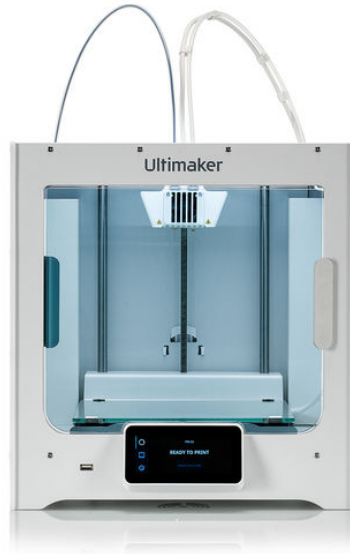


Figura 10: Software Inventor Professional [11]

Selección de componentes

servo-motores con torque suficiente para manipular las piezas y el buen funcionamiento del sistema Para la selección de componentes se utilizarán dos servo-motores que serán los encargados de realizar el movimiento horizontal y el movimiento de giro del sistema de sujeción, estos soportaran una carga pequeña por lo que no se necesita de mucho torque para hacer funcionar el sistema, para esto se investigará el torque necesario y los servo-motores disponibles en el mercado para poder satisfacer las necesidades de movimiento del sistema de sujeción.

Foto servo-motores

Ensamble

Para el ensamble del prototipo se ubicará toda la maqueta sobre una plancha grande de madera para evitar cualquier desnivel que pueda encontrarse en el suelo y para poder movilizarla de un lado a otro con mayor facilidad.

Cronograma de actividades

ID	PLAN DE TRABAJO PROGRESO LABS				Days
	Listado de tareas	Start	End	Progreso	
1	<i>Definición de proyecto a trabajar</i>	19/04/2021	01/09/2021	15%	
2	Diseño mecánico del prototipo	08/03/2021	21/05/2021	69%	35
5	Diseño del sist. colector de pallets (prototipo)	05/04/2021	21/05/2021	90%	3
7	Corte, impresión y compra de sensores para prototipo	12/04/2021	18/06/2021	36%	20
25	Impresión 3D sistema de levantamiento de carga (garra)	07/06/2021	18/06/2021	0%	5
26	Impresión 3D componentes extras y uniones de máquina	07/06/2021	18/06/2021	0%	2
27	Construcción del prototipo	21/06/2021	25/06/2021	0%	5
28	Unión del modelo de estanterías	21/06/2021	25/06/2021	0%	2
29	Unión de diseño 3D de la máquina completa	21/06/2021	25/06/2021	0%	2
30	Unión del diseño 3D con las estanterías (con rieles)	21/06/2021	25/06/2021	0%	2
32	Pruebas del funcionamiento de prototipo	05/07/2021	16/07/2021	0%	7
33	Programación de manejo de inventarios	28/06/2021	16/07/2021	0%	7
34	Presentación de avances de prototipo con Progreso Labs	26/05/2021	01/09/2021	0%	
35	Presentación de avances (9)	26/05/2021	26/05/2021	0%	
36	Presentación de avances (10)	09/06/2021	09/06/2021	0%	
37	Presentación de avances (11)	23/06/2021	23/06/2021	0%	
38	Presentación de avances (12)	07/07/2021	07/07/2021	0%	
39	Presentación de avances (13)	21/07/2021	21/07/2021	0%	
40	Presentación de avances (14)	04/08/2021	04/08/2021	0%	
41	Presentación de avances (15)	18/08/2021	18/08/2021	0%	
42	Presentación de avances (16)	01/09/2021	01/09/2021	0%	
43	Traslado de prototipo a máquina tamaño real			0%	
44	Investigación de disponibilidad de materiales localmente			0%	
45	Cotización para sistema real basado en la disp. de materiales			0%	
47	Diseño del sist. colector de pallets			0%	

Índice preliminar

- Resumen
- Antecedentes
 - Sistemas de almacenamiento a nivel local en Guatemala
 - Logimerk
 - Grupo Equisa Centroamérica
 - Remisa
 - Sistemas de almacenamiento a nivel internacional

- Mecalux
- SSI Schaefer
- TGW group
- Justificación
- Objetivos
 - Objetivos Generales
 - Objetivos específicos
- Marco teórico
 - Espacio de almacenaje
 - Riesgos
 - Manejo de inventario
 - Tiempos de proceso de despacho
 - Reducción del uso de personal
- - Metodología
 - Conocimiento de campo de trabajo
 - Lluvia de ideas
 - Prototipo
 - Desarrollo
 - Diseño
 - Fabricación
 - Selección de componentes
 - Ensamble
- Cronograma de actividades
- Índice preliminar
- Referencias

Referencias

- [1] S. Logimerk, “sistemas de almacenamiento Logimerk,” 2021.
- [2] S. Grupo Equisa Centroamerica, “Líderes en sistemas de estanterías en centroamérica,” 2021.
- [3] R. de maquinaria industrial S.A., “Líderes en sistemas de estanterías en centroamérica,” 2021.
- [4] C. d. J. Tapias Sotomayor y col., “Ventajas de los sistemas de almacenamiento automatizados,” 2019.
- [5] A. M. Juan rosales y col., “Almacenamiento autonomo Schaefer,” 2018.

- [6] T. group editor, “grupo TGW,” 2020.
- [7] SST-Safework, “Reglas de seguridad manejo de montacargas,” 2020.
- [8] I. N. para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH), “Prevención de lesiones y muertes de trabajadores que operan montacargas o trabajan cerca de los mismos,” 2015.
- [9] J. L. Medina Sánchez, “Procedimientos de control interno para el manejo de inventarios en una empresa de servicios (Bachelor’s thesis, Pontificia Universidad Católica del Ecuador).,” 2016.
- [10] Autodesk, “Autodesk Inventor Students,” 2016.
- [11] Ultimaker, “Ultimaker,” 2019.