



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Actividades realizadas en el
departamento de diseño
mecánico para la empresa
Hybernya Industrial**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniero Mecánico

P R E S E N T A

Eduardo Martínez Mendoza

ASESOR DE INFORME

Dr. Fernando Velázquez Villegas



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2025



**PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y
HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL
(Titulación con trabajo escrito)**



De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL DEPARTAMENTO DE DISEÑO MECANICO PARA LA EMPRESA HYBERNYA INDUSTRIAL, que presenté para obtener el título de INGENIERO MECÁNICO es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi Entidad Académica, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de titulación.

EDUARDO MARTINEZ MENDOZA
Número de cuenta: 316300115

ÍNDICE

1.- Introducción	3
1.1 - Descripción de la empresa	3
1.2 - Descripción del puesto	4
1.3 - Antecedente del proyecto.....	6
2.- Desarrollo del proyecto	6
2.1 - Definición del problema	6
2.2 - Generación de conceptos	8
2.3 - Evaluación y selección de conceptos	10
2.4 - Desarrollo de concepto seleccionado	10
2.5 - Pruebas	11
2.6 - Definición a detalle	11
2.7 - Revisión del equipo.....	19
2.8 - Diseño final	21
2.9 - Elaboración de planos	23
2.10 - Manufactura	24
2.11 - Pruebas finales	24
2.12 - Instalación en planta	28
3.- Conclusiones	28
4.- Referencias	30
Anexo 1	31
Anexo 2	34

1.- Introducción.

En este documento se presentan las funciones realizadas en el puesto de diseñador mecánico en la empresa Hybernya® Industrial, así como se expone un proyecto realizado de inicio a fin, actividad que demuestra la aplicación de los conocimientos de ingeniería mecánica.

1.1 Descripción de la empresa.

Hybernya® Industrial es una empresa 100% mexicana, fundada en 2002 por cinco socios. El nombre de Hybernya proviene de la plataforma petrolera Hibernia, localizada en Costa de Labrador, Canadá.

Hybernya® ofrece soluciones de ingeniería con maquinaria especializada para cada planta de producción y necesidades de producto específicas, enfocados en el fin de línea en las industrias de Alimentos, Lácteos, Bebidas, Cuidado Personal y Cuidado del Hogar. Se encarga del diseño, fabricación e instalación de cada equipo.

El sector de la automatización industrial, en el cual se desenvuelve esta empresa, es de gran importancia en la economía, ya que permite mejorar o cambiar los procesos de producción para cada planta industrial, y con ello, éstas puedan cumplir con la alta demanda de productos en el mercado.

Organigrama de la empresa



Imagen 1. Organigrama de la empresa.

1.2 Descripción del puesto.

El diseñador mecánico se encarga de generar conceptos que den solución a la necesidad del cliente, realiza una selección de la solución más viable en tiempo, costos y confianza de funcionalidad. El diseñador mecánico debe tener la capacidad de proponer una solución, desarrollarla a detalle y generar la información necesaria para su implementación.

Líneas de autoridad

LÍNEAS DE AUTORIDAD	PUESTOS
Puesto al que le reporta	Coordinador de diseño y desarrollo
Puestos que le reportan directamente	Dibujante mecánico
Puestos que interactúan	Ing. de control y automatización Ing. de proyectos Planeador Supervisor de producción Supervisor de montaje Comprador Ing. de logística y materiales

Conocimientos

No.	Conocimiento
1	Cálculo, diseño y selección de circuitos neumáticos, elementos de transmisión de potencia, servomecanismos y estructuras metálicas
2	Conocimientos de los sistemas de ajustes y tolerancias
3	Conocimientos de los diferentes tipos de aceros inoxidables, propiedades, aplicaciones y procesos de soldadura
4	Manejo de herramientas CAD 2D Y 3D

Habilidades socio humanísticas.

- Compromiso
- Liderazgo
- Proactividad
- Autodidacta
- Comunicación efectiva
- Trabajo en equipo

Responsabilidades

No.	TEMA/PROCESO	RESPONSABILIDADES
1	Tiempos de ejecución.	Asignar tiempos de ejecución de diseño mecánico a partir de la solución conceptual.
2	Revisión y validación de información para ejecución de proyecto.	El ingeniero de diseño mecánico es responsable de revisar la información proporcionada durante la junta de inicio de proyecto. Y validar que sea suficiente para dar inicio al proyecto.
3	Levantamiento.	En caso de no estar completa la información, el ingeniero de diseño mecánico es responsable de realizar el levantamiento de la información necesaria en campo.
4	Modelo a bloques 3D.	Elaboración de bosquejos y/o Lay-out en tres dimensiones a escala real con la mayor descripción posible.
5	Análisis Funcional.	Desarrollo del análisis funcional en conjunto con el diseñador eléctrico actualizando el Lay-out con sus respectivos componentes de control (sensores, paros de emergencia, tableros, etc.).
6	Memoria de cálculos	El ingeniero de diseño mecánico tiene la responsabilidad de realizar los cálculos necesarios con los cuales asegure el correcto funcionamiento de los equipos y pueda hacer una selección correcta de los componentes principales a utilizar.
7	Cotizaciones de proveedores.	Solicitar la cotización de materiales prioritarios con su respectivo proveedor.
8	Lista de materiales prioritarios.	Elaboración y difusión de listas de materiales de tiempo de entrega largo.
9	Modelo detallado en 3D.	Elaboración de modelo detallado en tres dimensiones.
10	Junta de revisión	Convocar a junta para hacer la revisión del modelo detallado 3D.
11	Cambios de diseño	Realizar actividades de rediseño, si el cambio es externo (solicitud de cliente o algún departamento externo que no se haya visto en la junta de revisión tendrá que ser por escrito para poder realizar el cambio.).
12	Actualización de modelos.	Es responsabilidad del ingeniero de diseño mecánico tener actualizado el modelo detallado 3D y Lay-out con las mejoras o cambios que surjan durante los distintos procesos.
13	Lista de materiales comunes.	Elaboración y difusión de listas de materiales de componentes comunes.
14	Información para proceso de producción	Elaboración de planos de fabricación (laser y dobléz). (en caso de no haber dibujantes mecánicos disponibles)
15	Información para proceso de ensamble.	Elaboración de planos de ensamble. (en caso de no haber dibujantes mecánicos disponibles)
16	Revisión	Dar seguimiento al proyecto en la etapa de ensamble y llevar actualizado el diseño ante posibles cambios.
17	Difusión de información final.	Impartir indicaciones al supervisor de montaje.

1.3 Antecedente del proyecto.

Este proyecto debe su existencia a la alta demanda del producto a manejar, en el mercado alimenticio. Una empresa de supermercados presentó una alta demanda de este producto en los últimos meses, por lo cual solicitó a nuestro cliente un mayor abastecimiento del mismo.

La capacidad de la máquina llenadora del cliente es de 175 [botellas/min.] (35 [fardos/min.]), con lo cual cumple sin problemas la demanda requerida, pero más adelante en la línea de producción se encontraba el problema. El cuello de botella para aumentar la producción estaba en la zona de empaque.

Nuestro cliente realizaba el empaque del producto de forma manual, teniendo una producción de 4 fardos por minuto (grupos de 5 botellas). Para mejorar las condiciones y aumentar la producción, el cliente adquirió una máquina llamada SMI, esta máquina se encarga de realizar el empaque del producto, ya solo era necesario que una persona le suministrará el grupo de productos de forma alineada. Con esta primera solución lograron aumentar la producción de 4 hasta 10 fardos por minuto, pero esto aún no satisfacía la demanda requerida de 15 fardos por minuto.

Por este motivo, el cliente identificó la necesidad de conectar su equipo de transporte con la máquina SMI de forma automática, para así disminuir el tiempo existente en la transferencia del producto entre ambos equipos.

Es en este momento, cuando nos contactan a nosotros para crear una solución a su necesidad y así poder cumplir con su objetivo de producción.

2.- Desarrollo del proyecto.

Volteador de botellas.

1. Definición del problema.

En conjunto con el ingeniero de proyectos, se realizó un levantamiento en planta, con la finalidad de recabar toda la información acerca del producto y de la necesidad del cliente, así como los requisitos particulares solicitados.

En el levantamiento principalmente se va a ver y medir los espacios disponibles en planta y la distribución de los equipos, para con ello realizar un Layout y poder plasmar nuestra solución. También se identifican los productos a manejar y todas sus variantes, se miden y de ser posible se solicitan muestras.

A continuación, en la imagen 2 se muestra el único producto a manejar y el grupo de 5 botellas que debemos entregar a la máquina SMI.

Producto.

Botellas de plástico de 350 ml, 80g.

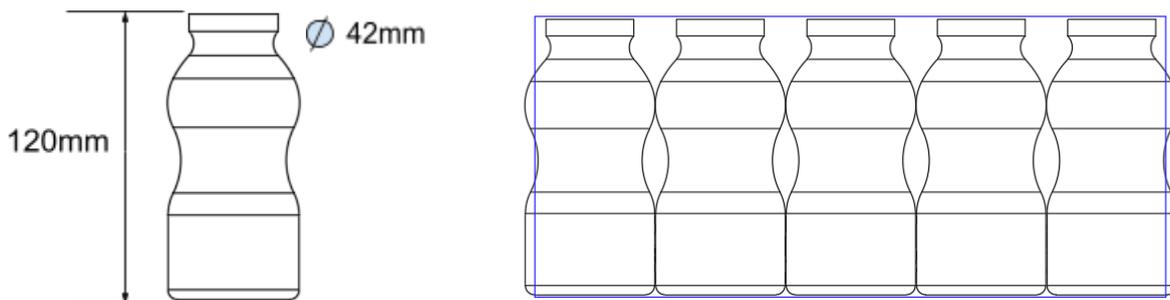


Imagen 2. Dibujo del producto individual y en grupo.

Una vez obtenida la distribución de los equipos en planta, el producto a manejar y las condiciones de operación, podemos definir las necesidades del cliente. En la imagen 3 se observa el acomodo de los equipos y el sentido de flujo del producto, así como la ubicación en donde puede ir nuestro sistema.

Necesidades del cliente.

- Cambiar la orientación de las botellas provenientes de la llenadora (color gris).
- Agrupar las botellas para su entrega a la máquina envolvente SMI (color rojo).
- Reducir el tiempo de transición del producto entre equipos para cumplir con la cadencia requerida.
- En caso de que el equipo suministrado requiera el uso de elementos eléctricos o neumáticos, estos elementos deben acoplarse a los estándares existentes en planta.

Especificaciones.

- Las botellas se reciben de forma vertical en una unifila de un transportador de tablillas con una velocidad del transportador de 20 [m/min.], velocidad que podemos variar de ser necesario.
- Las botellas deben entregarse alineadas de forma horizontal en grupos de 5 botellas a la máquina envolvente SMI, máquina que tiene una velocidad de operación de 17 [m/min.]. La velocidad de esta banda no se puede modificar.
- Nuestro equipo debe tener la capacidad de suministrar una cadencia de 15 [fardos/min.]
- Si la solución requiere uso de neumática, los elementos deben ser marca FESTO. Si se requiere el uso de motores, estos deben ser marca SEW Eurodrive.

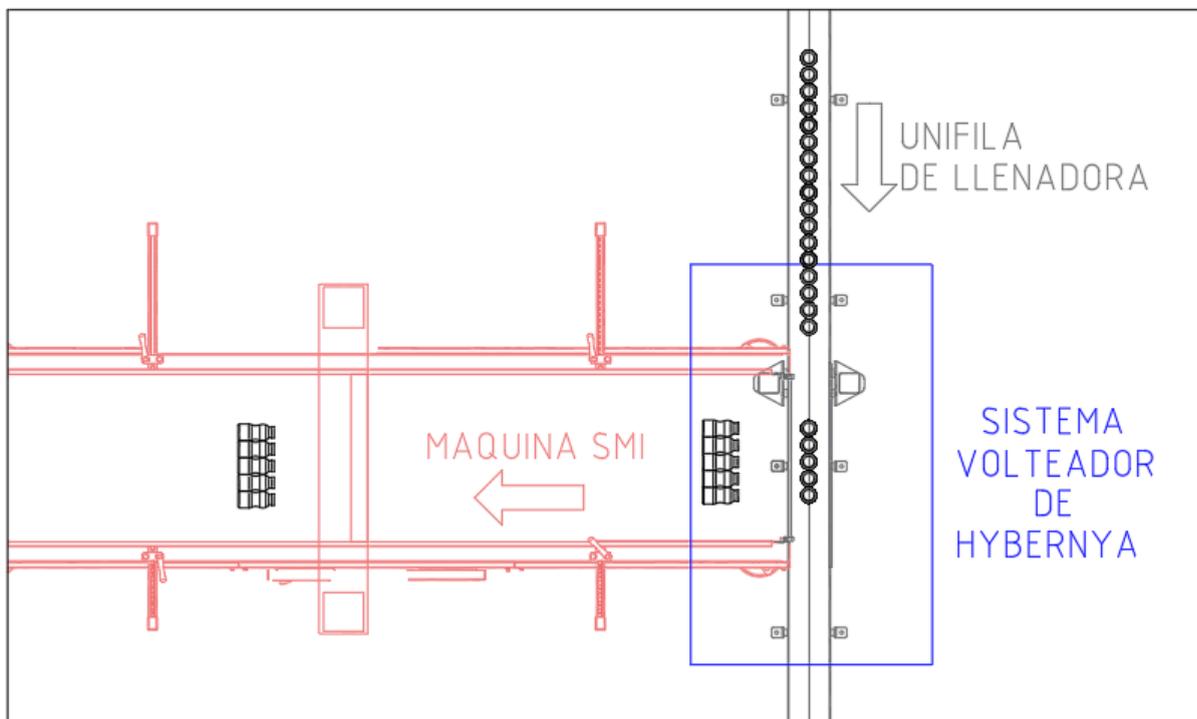


Imagen 3. Layout de los equipos.

Objetivo.

Realizar la transición que logre el cambio de orientación de las botellas de vertical a horizontal, y su agrupación en lotes de 5 botellas, entregándose alineadas a la máquina SMI con una cadencia de 75 [botellas/min.] (15 [fardos/min.]). Esto con un tiempo de entrega de 4 semanas.

2. Generación de conceptos.

Para lograr satisfacer la necesidad del cliente, identificamos que nuestro sistema debe ser capaz de generar grupos de botellas, voltearlas y alinearlas. En la imagen 4, observamos de manera general en color azul los elementos base que necesitamos en nuestro sistema para lograr la integración del transportador de la máquina llenadora que trae la unifila de botellas con la máquina envolvente SMI.

De estas tareas a realizar, la más crítica que visualizamos y cuyo concepto no teníamos claro fue la de cómo voltear las botellas. Por ello, a este concepto le dedicamos más tiempo para su definición y desarrollo.

En conjunto con el Gerente de Diseño Mecánico y el equipo de trabajo involucrado en el proyecto, se generó una lluvia de ideas que puedan dar solución a la necesidad de voltear las botellas.

Se decidió realizar una lluvia de ideas, ya que la solución buscada era muy particular, no existían equipos que realizaran esa tarea en específico para ese tipo de producto y con esas condiciones de operación. Por ello, en lugar de intentar buscar soluciones ya existentes en el exterior, decidimos generarlas. Obteniendo así conceptos más concretos con dibujos y explicaciones sencillas de las posibles soluciones factibles.

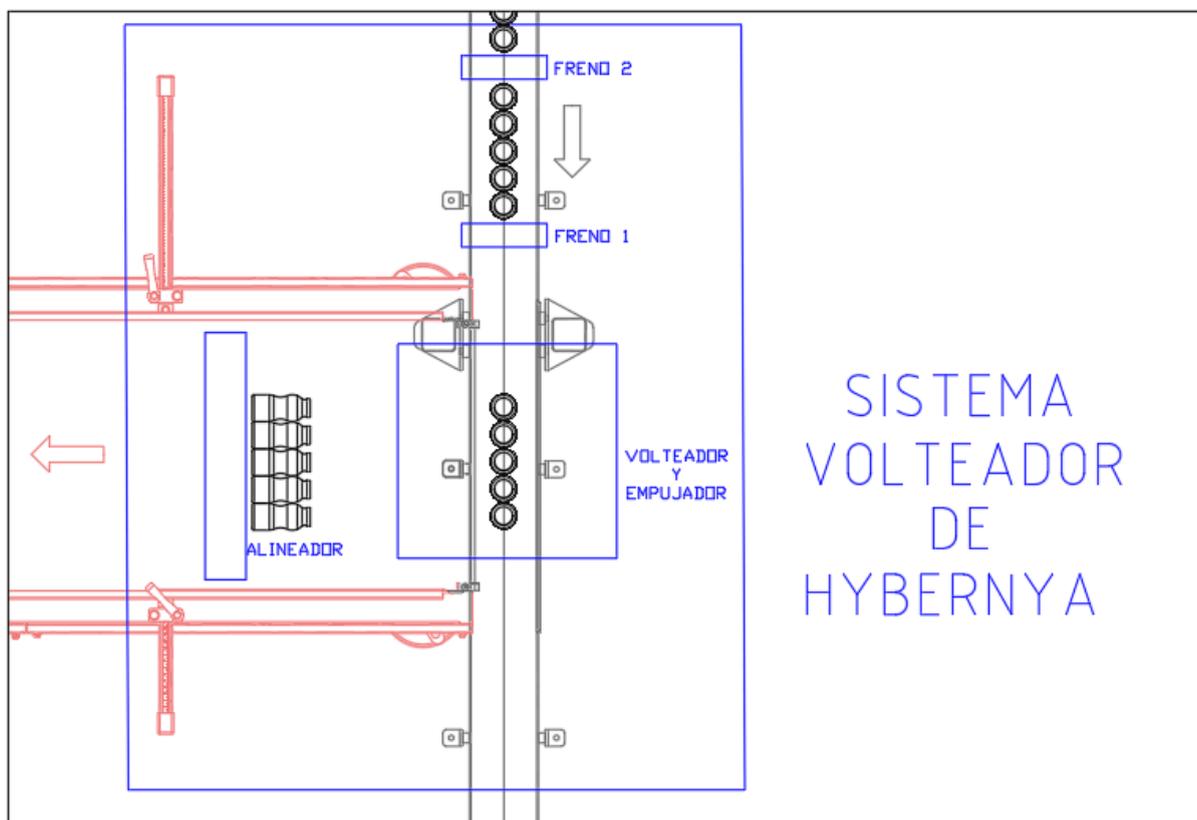


Imagen 4. Elementos del sistema volteador.

De la lluvia de ideas realizada, obtuvimos finalmente tres posibles soluciones para realizar el cambio de orientación a las botellas, las cuales se presentan a continuación.

Concepto 1. Twister.

En la imagen 5 se puede observar el concepto del twister, con el cual mediante la geometría de las fronteras se logra el giro del producto de una posición vertical a horizontal o viceversa.



Imagen 5. Ejemplo de twister. (Logit cpm, 2014)

Concepto 2. Pateador de botellas.

En la imagen 6 se observa la idea del pateador. Se requiere un tope en la parte superior de la botella y un pistón o un elemento que golpee en la parte inferior a la botella, para así, lograr tirarla y que ésta quede en una posición horizontal.

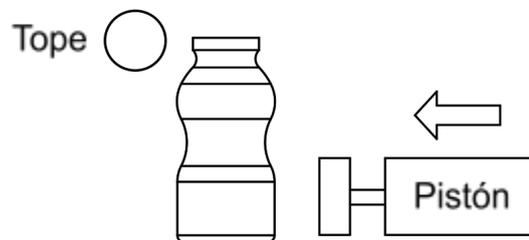


Imagen 6. Concepto de pateador.

Concepto 3. Resbaladilla.

En la imagen 7 se muestra el concepto de una resbaladilla, por la cual la botella se deja caer de forma vertical y se desliza hasta terminar acostada.



Imagen 7. Idea de resbaladilla. (Super Coloring, 2008)

3. Evaluación y selección de conceptos.

En este punto se evaluaron cada uno de los conceptos con respecto a criterios importantes para su implementación, llegando finalmente a una selección clara de la solución con mayor factibilidad. Los criterios a evaluar tendrán una ponderación del 1 al 3, siendo el número 1 la peor condición y 3 la más favorable.

Tabla 1.

Matriz de decisión de conceptos.

CRITERIOS	TWISTER	PATEADOR	RESBALADILLA
Confiabilidad	1	1	3
Factibilidad de fabricación	1	3	3
Tiempo de ejecución	1	3	3
Costo	3	2	2
Implementación	1	1	2
Materiales requeridos	3	2	2
Costo de operación	3	2	2
Mantenimiento	3	2	2
Puntuación	16	16	19

Las puntuaciones mostradas en la tabla 1 se asignaron con una estimación general de los elementos requeridos y sus costos según cada concepto, y para evaluar su factibilidad fue con base en la experiencia del gerente de diseño y el gerente de producción.

El concepto número uno "Twister" fue descartado principalmente debido a la complejidad de diseño y fabricación de la geometría, además de la dificultad para formar los lotes de 5 botellas.

El concepto del pateador de botellas fue descartado debido a su baja probabilidad de repetibilidad, no era nada confiable obtener las botellas siempre en la misma posición horizontal debido al impacto para derribarlas.

El concepto número tres "la resbaladilla" fue el seleccionado, debido a su mayor sencillez. El único punto a resaltar en este concepto, es la necesidad de una diferencia de alturas entre el transportador proveniente de la llenadora y el transportador de la máquina SMI.

4. Desarrollo de concepto seleccionado.

Una vez elegido el concepto de la resbaladilla, se realizó el modelado de la misma en el software de diseño Solidworks. Se propuso un radio de curvatura de 200 [mm], y una diferencia de alturas entre transportadores de 300 [mm]. Con esto se procedió a su manufactura para verificar la factibilidad de funcionamiento y de ser necesario realizar modificaciones en la geometría.

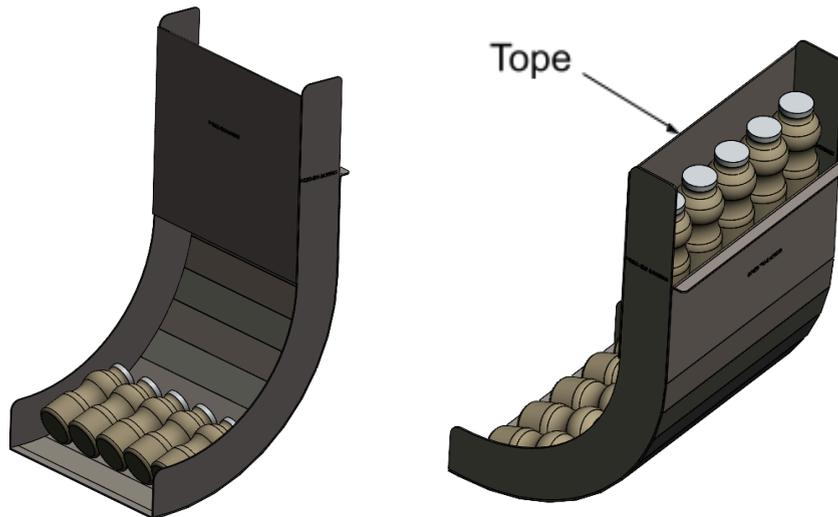


Imagen 8. Modelo de la resbaladilla propuesta.

5. Pruebas

Las pruebas de la resbaladilla fueron positivas, al deslizarse por la resbaladilla, las botellas cambiaban de dirección sin problemas, solo se observó que la diferencia de alturas propuesta era demasiada, porque las botellas salían de la resbaladilla con mucha velocidad, por lo tanto se decidió disminuir la altura. El radio de la curva fue el adecuado.

Con estas pruebas se validó el concepto de la resbaladilla para dar solución al cambio de orientación requerido en las botellas.

6. Definición a detalle

Una vez validada la propuesta de la resbaladilla con ayuda de las pruebas, se procede a realizar a detalle todo el modelo 3D. En este proyecto, solo se consideró necesaria la prueba del concepto del volteador de botellas, por lo cual, a los elementos de agrupación y alineación de botellas no se les realizó una prueba preliminar.

La diferencia de alturas necesaria entre los transportadores quedó finalmente de 200 [mm]. Además, inicialmente a la resbaladilla se le colocó un tope para las botellas (imagen 8). Este tope se cambió por las fronteras del empujador de botellas, ya que esto facilitaba el contener las botellas en el transportador de tablillas con la unifila, para después proceder con empujarlas a la resbaladilla. En la imagen 9 se puede observar el empujador con las fronteras que limitan la posición de las botellas.

Para el empujador, se seleccionó un actuador DFM-25-100-P-A-GF, con una carrera de 100 [mm], la carrera del pistón se obtuvo del modelado, se verificó el desplazamiento necesario para pasar las botellas del transportador de tablillas de 3.5 [in] (88.9 [mm]) de ancho a la resbaladilla. Es necesario que el actuador sea guiado para evitar la rotación del empujador. Un punto importante a destacar, es la utilización de las válvulas de estrangulamiento y antirretorno en las conexiones del actuador, mostradas en la imagen 9, esto para poder regular la velocidad de apertura o cierre del pistón, y lograr así mayor control en el comportamiento de las botellas al ser empujadas y poder mejorar el tiempo ciclo.

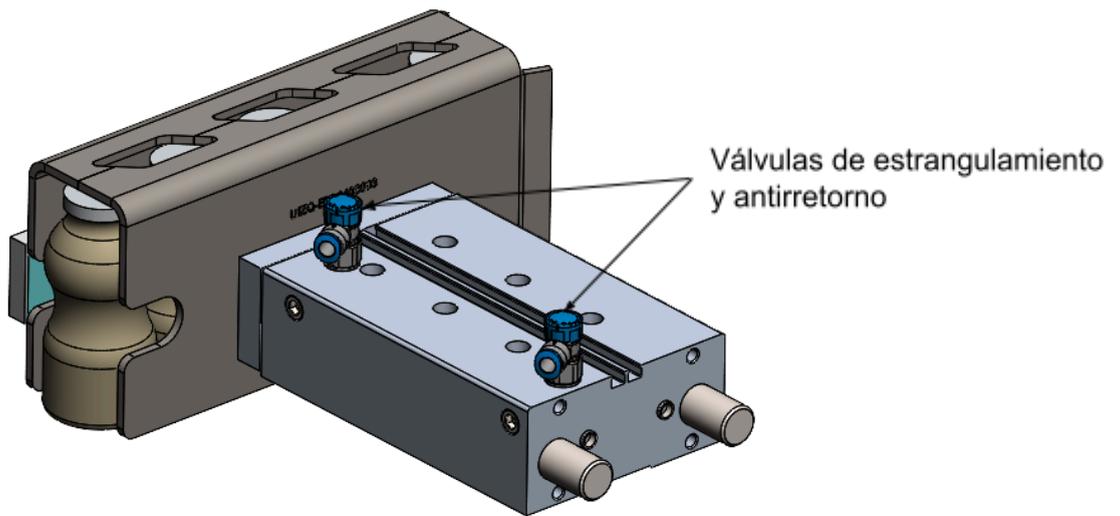


Imagen 9. Ensamble del empujador de botellas.

Una vez finalizado el diseño del volteador de botellas y del empujador, se procedió con el diseño de los frenos para hacer los grupos de 5 botellas.

Para esto se buscó realizar un freno capaz de detener el flujo de botellas sin deformarlas y sin maltratarlas. Se aprovechó la forma redonda de las botellas, por lo cual se hizo un freno redondo de 3/8 [in], que justo entra en el espacio entre las dos botellas y la guía lateral como se observa en las imágenes 10 y 11. Ya definida la geometría del freno, se verificó el desplazamiento necesario para colocar y retirar el freno del paso de las botellas, seleccionando así un cilindro compacto ADVUL-32-15-P-A guiado con una carrera de 15 [mm].

Se utilizan dos frenos para lograr los grupos de 5 botellas, el primero frena todo el flujo de botellas y el segundo hace el grupo de 5 botellas, separándolas y frenando al resto. Como se muestra en la imagen 11.

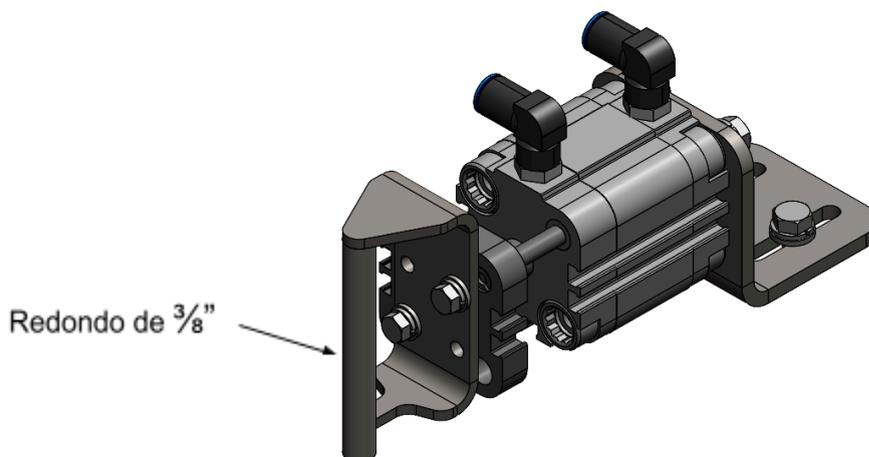


Imagen 10. Ensamble de freno de botella.

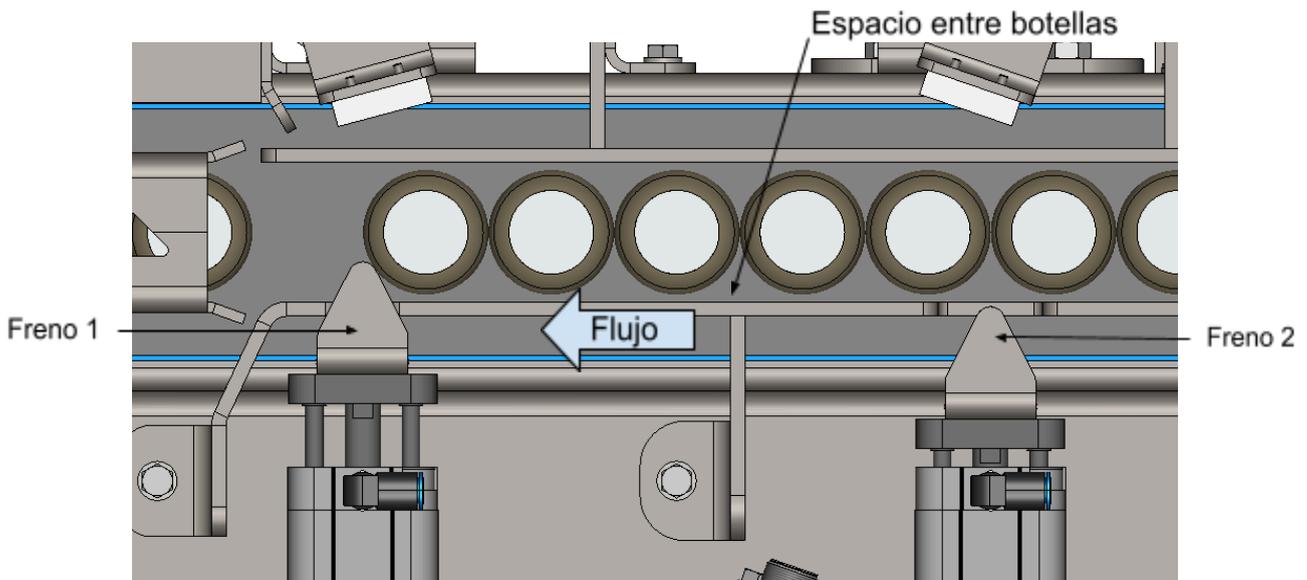


Imagen 11. Posición de los frenos de botella.

Una vez empujadas las botellas por la resbaladilla, estas son recibidas por el sistema de alineación, para el cual se realizó el diseño de una paleta abatible de movimiento angular, esto para garantizar no desalinearse las botellas al retirar la paleta, lo cual sí sucede con una paleta de desplazamiento lineal. Esta diferencia de movimiento de las paletas se puede observar en la imagen 12. Un punto importante en el funcionamiento es que se requiere que la velocidad tangencial de la paleta al retirarse sea mayor que la velocidad del transportador donde viajan las botellas, lo cual se logra con el ajuste manual de las válvulas de estrangulamiento y antirretorno del pistón.

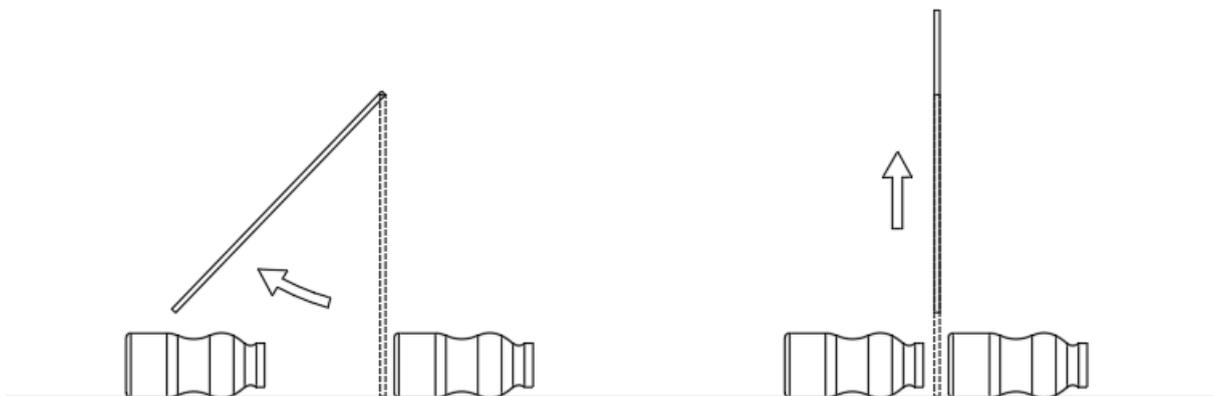


Imagen 12. Paleta abatible y paleta lineal.

Para el diseño del elemento de sujeción de la flecha de la paleta (imagen 13) nos basamos en el manual de Mayr, un proveedor líder en la fabricación de frenos de seguridad, limitadores de par y acoplamiento para ejes, donde vienen especificadas las dimensiones y tolerancias del elemento de sujeción, así como el torque de apriete requerido. Datos mostrados en la imagen 14. Este tipo de sujeción nos permite ajustar el ángulo existente entre nuestro actuador y nuestra paleta, y usando los datos proporcionados por el proveedor Mayr, aseguramos una transmisión de potencia confiable, sin necesidad del uso de una cuña.

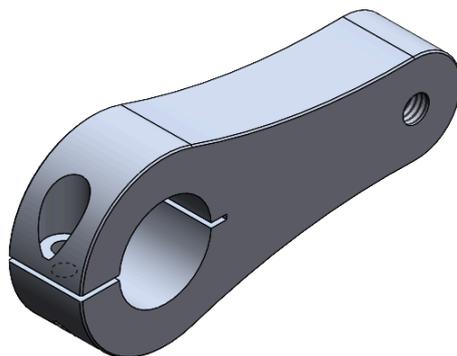
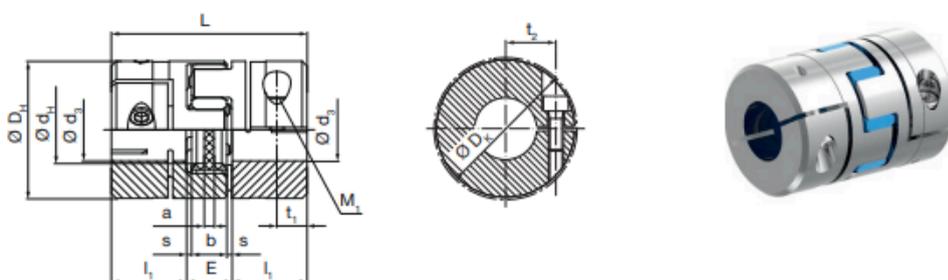


Imagen 13. Elemento de sujeción de la flecha del alineador.

ROBA®-ES with clamping hubs

Sizes 14 to 65

Single-jointed coupling / Type 940._00._



Technical Data and Main Dimensions			Size								
			14	19	24	28	38	42	48	55	65
Minimum hub bore ^{1) 2)}	$d_{s, min}^{T7}$	[mm]	6	10	15	19	20	28	35	40	45
Maximum hub bore ^{1) 2)}	$d_{s, max}^{T7}$	[mm]	15	20	28	35	45	50	55	70	80
Maximum speed ^{3) 4)}	n_{max}	[rpm]	12600	9300	7000	5600	4700	4000	3700	3300	3000
Tightening torque clamping screws	T_A	[Nm]	1.4	10	10	25	25	70	120	120	200

Dimensions	Size									
	14	19	24	28	38	42	48	55	65	
a	2	3	4	5	6	6	5	9	8	
b	10	12	14	15	18	20	21	22	26	
D_h	30	40	55	65	80	95	105	120	135	
D_k	32.2	47	56.4	72.6	83.3	98.8	108	122	139	
d_h	10.5	18	27	30	38.5	46	51	60	68	
E	13	16	18	20	24	26	28	30	35	
L	35	66	78	90	114	126	140	160	185	
L_2	56	92	112	128	158	174	192	218	252	
L_3	dependent on H_s									
l_1	11	25	30	35	45	50	56	65	75	
l_2	34	42	52	58	68	74	80	88	102	
$H_{s, min}$	68	87	101	115	143	162	178	200	230	
$H_{s, max}$	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	3000	3000	
M_1	M3	M6	M6	M8	M8	M10	M12	M12	M14	
s	1.5	2	2	2.5	3	3	3.5	4	4.5	
t_1	5.5	12	12	13.5	20	20	21	26	27.5	
t_2	11	14	20	24	30	34	36	45	52	

Imagen 14. Tabla de datos del manual Mayr. (Mayr, 2022)

Para dimensionar la paleta, el brazo de palanca del elemento de sujeción de la flecha, y la carrera del pistón, se realizó el dibujo mostrado en las imágenes 15 y 16. Para realizar el dimensionamiento se tiene como referencia liberar el espacio suficiente entre la paleta girada y la malla del transportador para permitir el paso libre del producto, el cual acostado tiene una altura de 42 [mm]. El actuador seleccionado fue un DNC-32-50-PPV-A, con una carrera de 50 [mm]. En el caso del alineador no era funcional el uso de un pistón guiado, ya

que es necesario permitir su rotación, lo cual se logra con un ensamble de rótula y caballete.

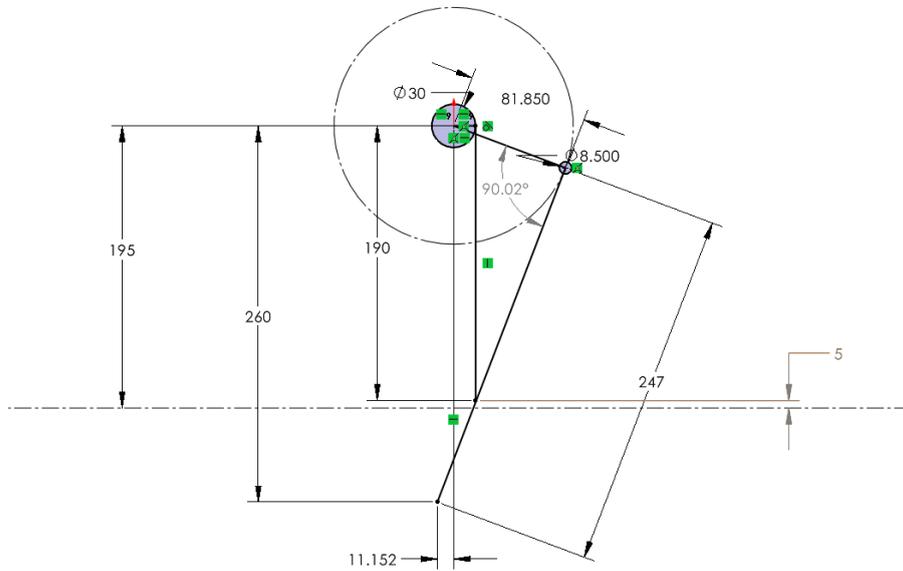


Imagen 15. Croquis del mecanismo con el pistón desactivado.

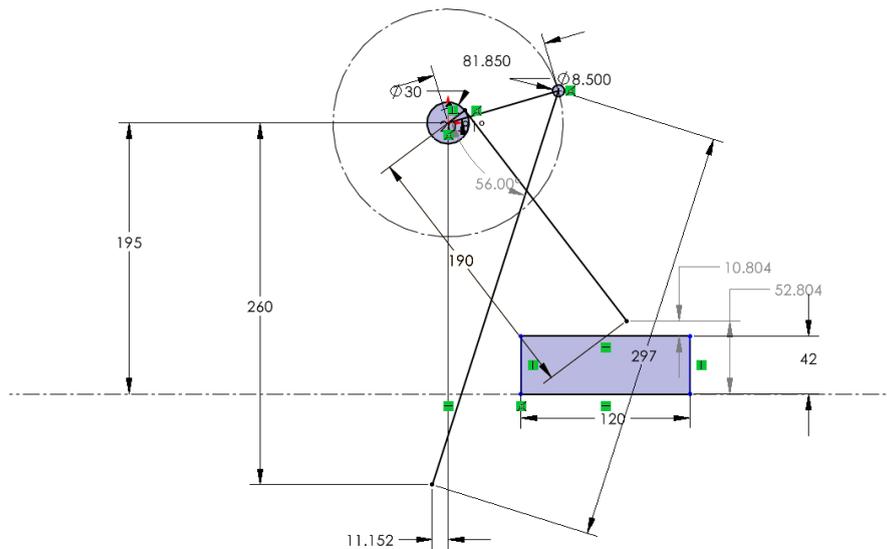


Imagen 16. Croquis del mecanismo con el pistón activado.

Una vez dimensionados los elementos, se procede a realizar el modelado 3D de las piezas y su ensamble, mostrado en la imagen 17.



Imagen 17. Elementos del alineador.

Inicialmente, se estaba considerando montar los elementos de freno, empuje, y alineación de forma independiente en el transportador existente del otro proveedor, pero esto agregaba un factor de incertidumbre en el correcto posicionamiento. El equipo de montaje podría tener variaciones en la instalación, por lo cual se decidió montar todos los sistemas en una sola estructura y que todo fuera en conjunto, así tendríamos gran confiabilidad en las posiciones y funcionamiento del sistema completo. Para lograr esto, fue necesario agregar al diseño una sección de carrete del transportador de tablillas. Este carrete debe tener un acoplamiento compatible al transportador del otro proveedor, por lo cual contactamos al proveedor y nos compartió su ingeniería para poder realizar el acoplamiento. En la imagen 18, se puede observar la sección de carrete y la estructura, que ayudan a dar soporte y tener todos los elementos del sistema en conjunto.



Imagen 18. Carrete y soporteria.

En este punto se realizan los cálculos que se consideren necesarios en cuanto a motores, actuadores o algún otro elemento, y se almacenan en una memoria de cálculo para futuras consultas.

En este proyecto en particular, nosotros no somos los encargados de proporcionar el motor para el transportador de tablillas de la llenadora, solo solicitamos al otro proveedor verificar el poder variar el motorreductor a nuestra velocidad de operación requerida que es de 25 [m/min] a 75 [Hz].

En cuanto a los pistones neumáticos, no se realizó cálculo de la fuerza de empuje, ya que no se consideró necesario para esta aplicación.

Cabe mencionar que, los pistones utilizados anteriormente fueron seleccionados de los disponibles en almacén, esto debido a que el cliente solicitó el proyecto con un tiempo de entrega muy corto. Un pistón estándar y de uso común tiene un tiempo de entrega aproximado de tres a cuatro semanas, lo cuál excedía nuestra fecha compromiso. Por esta razón no se hizo una selección tan exhaustiva y se ajustó el diseño a lo disponible.

Lo que sí se realizó fue el diagrama de tiempos y movimientos, para saber el tiempo que tendrá disponible cada evento para cumplir con la cadencia requerida. Este se realizó con ayuda del software de FESTO, para calcular el desempeño de los pistones bajo las condiciones establecidas. También se realizaron los cálculos del tiempo requerido para los demás desplazamientos de las botellas con base en la velocidad de los transportadores.

En la imagen 19, se muestra la tabla utilizada en el diagrama, con el listado de eventos y el tiempo asignado a cada uno.

No. de evento	Vmáx	Aceleración máx.	Distancia	Tiempo MÍN.	Tiempo	Evento
1	30.96 m/min	220.00 m/s ²	.015 m	.10 s	.20 s	Abre Freno 1
2	20.00 m/min		.250 m	.80 s	1.20 s	Ingreso de botellas a empujador
3	30.96 m/min	220.00 m/s ²	.015 m	.10 s	.20 s	Cierra Freno 1
4	24.78 m/min	20.00 m/s ²	.100 m	.50 s	.70 s	Se activa empujador
5	30.96 m/min	220.00 m/s ²	.015 m	.10 s	.20 s	Abre Freno 2
6		9.80 m/s ²	.206 m	1.00 s	1.30 s	Tiempo de caída
7	20.00 m/min		.207 m	.70 s	1.10 s	Formación de grupo
8	24.78 m/min	20.00 m/s ²	.100 m	.50 s	.70 s	Regreso de empujador
9	66.90 m/min	170.00 m/s ²	.050 m	.10 s	.20 s	Abre alineador
10	17.00 m/min		.200 m	.70 s	1.10 s	Salida botellas alineadas
11	66.90 m/min	170.00 m/s ²	.050 m	.10 s	.20 s	Cierra alineador
12	30.96 m/min	220.00 m/s ²	.050 m	.10 s	.20 s	Cierra Freno 2

Imagen 19. Tabla utilizada en el diagrama de tiempos y movimientos.

En este tipo de diagramas se ven plasmados los eventos y su secuencia. Aquí hay que tener mayor atención y cuidado con los eventos que se traslapan, y con los eventos cuyo inicio depende de la finalización de otro.

A continuación, en la imagen 19 podemos observar el diagrama de tiempos y movimientos inicial, en el cual todos los eventos están con su tiempo mínimo, obteniendo así de forma teórica que el tiempo requerido para completar un ciclo es de 2.6 [s], osea 23 [ciclos/min].

Este tiempo de 2.6 [s] lo obtenemos identificando en el diagrama un ciclo entero de la máquina, el cual se define cuándo tenemos considerados todos los eventos y está a punto de repetirse uno de ellos. En la imagen 20, se muestra sombreado un ciclo completo del diagrama inicial.

En el diagrama se ve la secuencia 1 de los eventos del ciclo, de inicio a fin en color azul, después se ve cuando inicia la secuencia 2 en color rosa y finalmente una secuencia 3 en color azul nuevamente, y se puede apreciar que una secuencia puede empezar cuando aún no ha finalizado la anterior, esto porque algunos eventos pueden suceder en un mismo tiempo sin tener conflicto entre sí.

Tabla 2.

Consumo de aire de los actuadores neumáticos.

Elemento	Actuador	Tamaño [mm]	Carrera [mm]	Presión [bar]	Número de ciclos [1/min]	Consumo de aire por ciclo [L]	Consumo de aire por minuto [L]
Empujador	DFM-25-100-P-A-GF	25	100	6	15	0.6322	9.4837
Freno 1	ADVUL-32-15-P-A	32	15	6	15	0.1570	2.3553
Freno 2	ADVUL-32-15-P-A	32	15	6	15	0.1570	2.3553
Alineador	DNC-32-50-PPV-A	32	50	6	15	0.5234	7.8508

Para los elementos neumáticos existentes en nuestro sistema es necesario colocar una unidad de mantenimiento, la cual en este caso es muy sencilla, conformada por una válvula de cierre, un filtro-regulador y un bloque de válvulas. Estos elementos se muestran en la imagen 24 junto con el tablero eléctrico, necesario para contener el PLC y todas sus conexiones eléctricas.

Es importante mencionar que, los elementos eléctricos requeridos como el cableado, variadores, contactores, PLC, sensores y demás, son seleccionados y calculados por el área de diseño eléctrico. El diseñador mecánico no se encarga de ello.

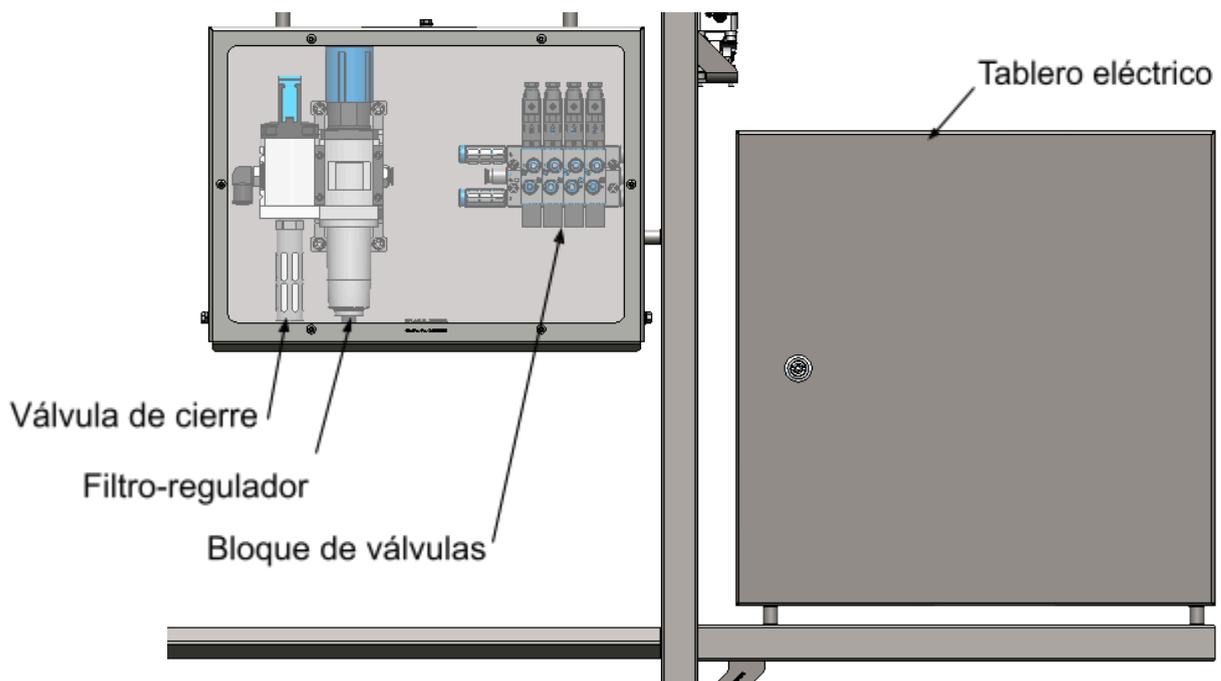


Imagen 24. Unidad de mantenimiento y tablero eléctrico.

7. Revisión del equipo

Se realizan dos revisiones del equipo. La primera revisión es por parte del Gerente de Diseño Mecánico y Desarrollo, y el Gerente de Producción y Ensamble.

El gerente de diseño se enfoca más, en la revisión de la correcta funcionalidad de los sistemas propuestos, nos da una retroalimentación en cuanto a las geometrías, los materiales utilizados y el acomodo de los mismos.

Por ejemplo, en este proyecto, los empujadores y sensores montados en el carrete, estaban cada uno con su propia base independiente. Esto se mejoró, gracias a los comentarios del gerente de diseño, y se hizo una sola base que contenía todos estos componentes, reduciendo así el número de elementos y mejorando la estética. También, se dio la sugerencia de poner ángulos de entrada al elemento en U del empujador, esto para facilitar el ingreso de las botellas. Se hizo la observación de agregar más tornillos en la sujeción de la paleta del alineador, y también agregar un par de dobleces a dicha paleta para aumentar su rigidez. En los frenos, se propuso poner dos puntos de apoyo al redondo que frena las botellas, ya que solo tenían una sujeción superior, lo cual era una condición desfavorable de cantilever.

El gerente de producción y ensamble, nos da una retroalimentación dirigida a la factibilidad de manufactura, revisa si hay dobleces, maquinados o ensambles que no se puedan realizar, o si visualiza que éstos son muy complicados propone soluciones para simplificar las piezas. Por ejemplo, nos hizo la indicación de cómo mejorar la estructura, reduciendo el número de PTRs a utilizar y mejorando su estética. También nos hizo la indicación de cambiar toda la tornillería M8 por M6, ya que no era necesaria tornillería tan grande, y además nos propuso cambiar algunos espesores de láminas.

La segunda revisión se realiza con el ingeniero de proyectos asignado, el equipo de compras, el ingeniero de ventas, el ingeniero eléctrico, el ingeniero encargado de la programación y el supervisor de montaje.

A esta segunda revisión con el equipo antes mencionado se le llama “análisis funcional”. En este análisis, se explica a todos la lógica de funcionamiento del equipo, la secuencia del ciclo y cómo interactúan entre sí los elementos del sistema indicados en la imagen 25.

Secuencia del ciclo:

1. El freno #1 está activado.
2. Ingresan las botellas en el transportador hasta detenerse con el freno #1. Una vez se tiene la cantidad de 5 botellas, posiciones validadas con los sensores 1 y 2, se activa el freno #2 para frenar todas las demás botellas y aislar al grupo de 5.
3. Se desactiva el freno #1 para permitir el ingreso de las 5 botellas al empujador.
4. Una vez se detecta el ingreso de la primer botella al empujador con el sensor 3, se da un tiempo para activar nuevamente el freno #1 y desactivar el freno #2, para volver a generar un grupo de 5 botellas.
5. Se activa el actuador del empujador y las botellas caen por la resbaladilla.
6. Cuando se detectan las botellas con el sensor 4, se da un tiempo para su alineación y después se activa el actuador del alineador para dejar pasar las botellas.

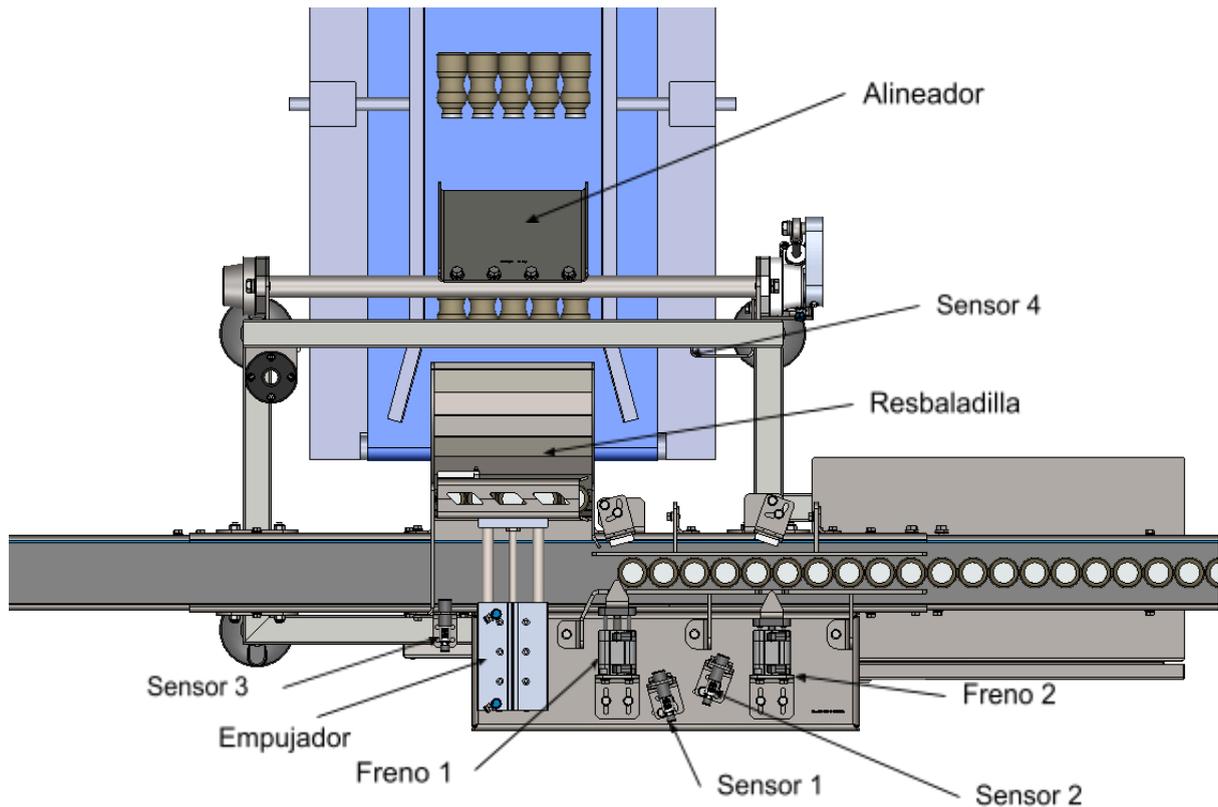


Imagen 25. Identificación de los elementos del sistema.

Una vez explicada la lógica de funcionamiento, el equipo eléctrico nos dice los requerimientos en el diseño para la colocación del tablero eléctrico, alguna base para torreta, botonera, paro de emergencia, switch de seguridad, cableado o algún otro componente eléctrico.

El ingeniero encargado de la programación del equipo, nos da la indicación de cuantos sensores y reflejantes se necesitan, así como su ubicación y los grados de libertad necesarios para su ajuste y calibración.

Con el equipo de compras, se mencionan los elementos con un tiempo de entrega crítico, para que se soliciten lo antes posible y darles seguimiento.

El supervisor de montaje, debe ver el equipo a instalar y la zona, y en caso de ser necesario solicita algún escantillón o soportes adicionales para la instalación.

El ingeniero de ventas está presente para ver si se está considerando algún elemento adicional a la orden de compra.

Y finalmente, el ingeniero de proyectos alinea la planeación de todos para fabricar, probar e instalar en tiempo. Además, él solicita el producto al cliente para realizar las pruebas finales en nuestra planta.

8. Diseño final

Una vez obtenida toda la retroalimentación del diseño, se agregan los elementos solicitados, se realizan las modificaciones necesarias y las mejoras sugeridas.

Previo a liberar el diseño para su fabricación, se realiza una última revisión cruzada por parte de algún otro diseñador mecánico, esto con la finalidad de encontrar algún posible error en el modelado, errores como colisiones, barrenos faltantes, falta de algún redondeo o algún otro detalle.

En las siguientes imágenes podemos observar el modelo final del equipo.

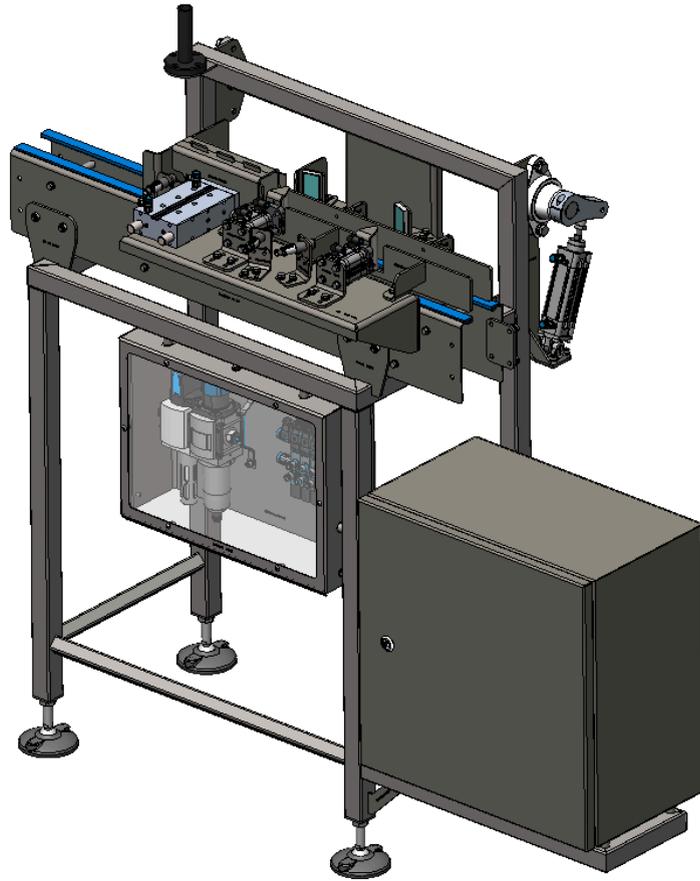


Imagen 26. Vista isométrica del equipo.

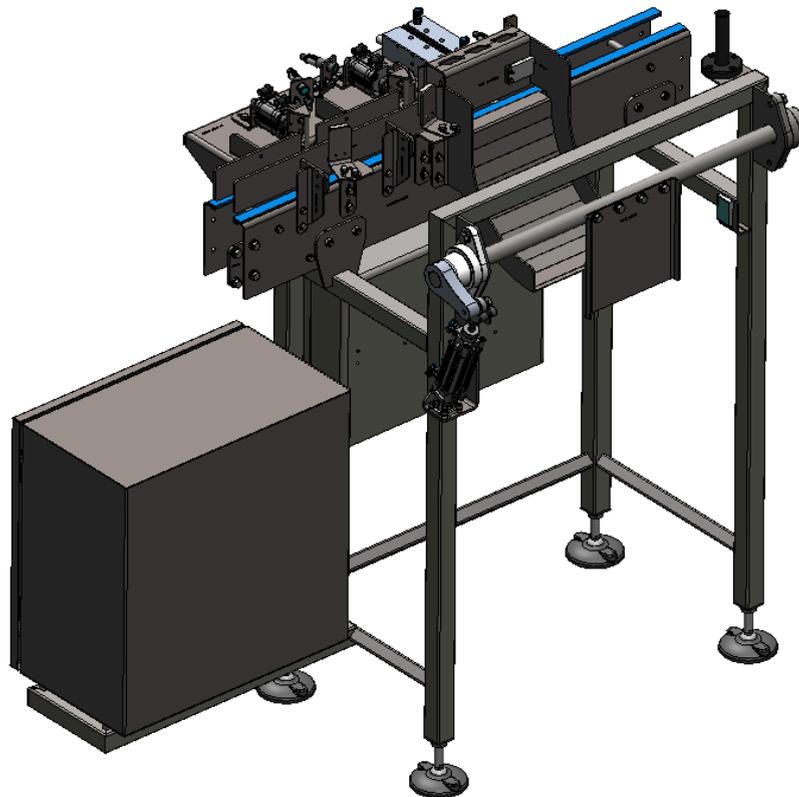


Imagen 27. Vista isométrica del equipo.

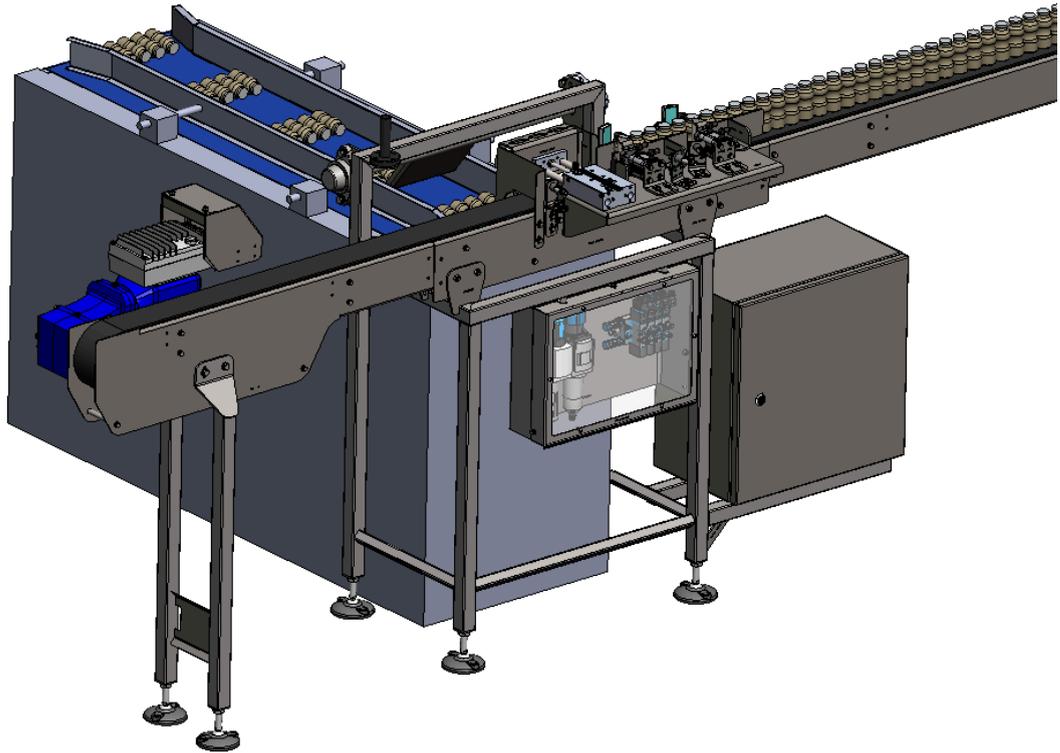


Imagen 28. Equipo de Hybernyia integrado con el transportador de la llenadora y el transportador de la máquina SMI.

9. Elaboración de planos

Se realizan los planos de fabricación de piezas de corte láser y dobles, piezas maquinadas, los planos de ensamble y en caso de ser necesario también planos de montaje en planta. A continuación, se muestra un ejemplo de los planos elaborados, y se pueden observar más en el Anexo 2.

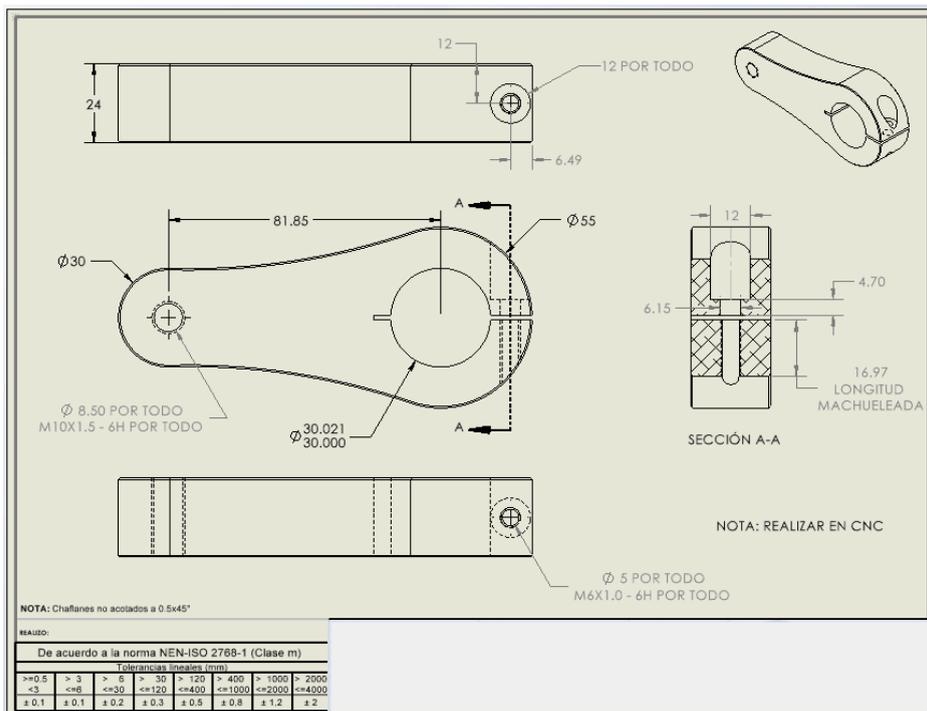


Imagen 29. Ejemplo de un plano de maquinados.

10. Manufactura

El equipo de manufactura se encarga de la fabricación de las piezas y ensamble del equipo, con base en los planos generados.

En este punto, el ingeniero de diseño mecánico tiene la responsabilidad de inspeccionar el correcto ensamble de todo, y aclarar dudas a los ensambladores o realizar planos faltantes en caso de ser requerido.

Para la fabricación de piezas se tienen disponibles los siguientes procesos: corte láser, doblez con prensa hidráulica, rolado, maquinados en fresadora, torno y CNC. Para el ensamble se cuenta con la soldadura TIG, soldadura con oxiacetileno y arco eléctrico con electrodo revestido. Y para dar un acabado a las piezas tenemos disponible el proceso de galvanizado, pintura y vulcanizado.

En cuanto a materiales, principalmente se utilizan aceros al carbono y aceros inoxidable, en presentaciones de láminas, placas, barras redondas, perfiles tubulares rectangulares y redondos. En segundo lugar se utilizan polímeros como el UHMW y el nylon, en placas o barras redondas.

Con todos estos procesos disponibles, materiales y adicionalmente los elementos que se pueden adquirir de proveedores especializados, se tiene una gran versatilidad en el diseño para generar un sin fin de piezas y ensambles.

11. Pruebas finales

Una vez se tiene el equipo construido y conectado, se realizan las pruebas finales de funcionamiento previo a su envío a planta.

Aquí se trabaja en conjunto con el programador para asegurar el correcto funcionamiento, que se cumpla la secuencia y los tiempos requeridos.

En este punto, inicialmente se realizan las pruebas con parámetros por debajo de los nominales esperados, esto para primero comprobar la correcta secuencia en la programación, que los sensores detecten correctamente, que los actuadores sigan la secuencia pensada, y en general que todos los demás elementos tengan una correcta funcionalidad. Posteriormente, una vez se tiene validada la secuencia a baja velocidad, el sistema se prueba con los parámetros nominales obtenidos en el diagrama de tiempos y movimientos.

Obtuvimos una respuesta satisfactoria, ya que el sistema cumple sin problemas la cadencia solicitada de 15 [fardos/min].

Ya con el sistema funcionando correctamente y cumpliendo la cadencia requerida, se realizan pruebas para ver la capacidad máxima que nuestra máquina puede alcanzar. Esto se logra observando el funcionamiento e identificando oportunidades de mejora, para lo cual vamos ajustando una variable del sistema a la vez.

En este caso, primero fuimos variando la velocidad del transportador de tablillas, llevándolo a la máxima velocidad posible, la cual fue identificada porque aumentando más, se presentaba un efecto de rebote en las botellas, al entrar demasiado rápido al empujador, las botellas rebotaban y se regresaban, saliendo del empujador, lo cual en lugar de mejorar el tiempo, hacía necesario esperar más, hasta que volvieran a acomodarse las botellas antes de poder empujarlas.

Ya obtenida la velocidad del transportador, procedemos a probar la velocidad del empujador, la cual se llevó casi al máximo en el empuje y en el regreso del pistón, casi porque llevándolos al máximo se generaba un golpeteo fuerte. En donde se tuvo mayor ajuste, fue en los tiempos de espera de accionamiento del actuador, en el tiempo de espera de ingreso de las botellas al empujador, y en el tiempo en que se da para permitir a las botellas caer por gravedad. Estos tiempos se redujeron al máximo con ayuda de

grabaciones en cámara lenta, donde se podía observar cuando las botellas ya no alcanzaban a caer en su totalidad y eran aplastadas al regresar el empujador, y también cuando las botellas aún no terminaban de entrar al empujador y éste era accionado.

Para la sección del alineador fue el mismo caso, se daba el menor tiempo de espera para abrir la paleta y liberar las botellas, este tiempo se dejó solo el suficiente para que se alinearan las 5 botellas.

Finalmente, con todos estos ajustes obtuvimos un tiempo ciclo mínimo de 2.6 [s], logrando así una cadencia máxima de 23 [fardos/min]. Y con este tiempo ciclo aún tenemos confiabilidad en la repetibilidad de los eventos.

Este tiempo ciclo coincide con el tiempo mínimo teórico calculado, tiene ligeras variaciones en unos eventos, el más claro es el tiempo de salida de las botellas del alineador. Con esto, podemos decir que obtuvimos un buen diagrama de tiempos y movimientos inicial, siendo éste una buena referencia, ya que está muy acercado a la realidad en la mayoría de los eventos.

A continuación, se muestra cómo quedó el diagrama de tiempos y movimientos con la cadencia máxima:

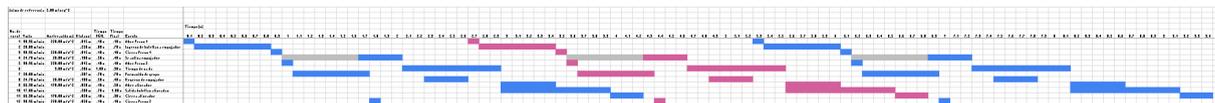


Imagen 30. Diagrama de tiempos y movimientos con la máxima cadencia.

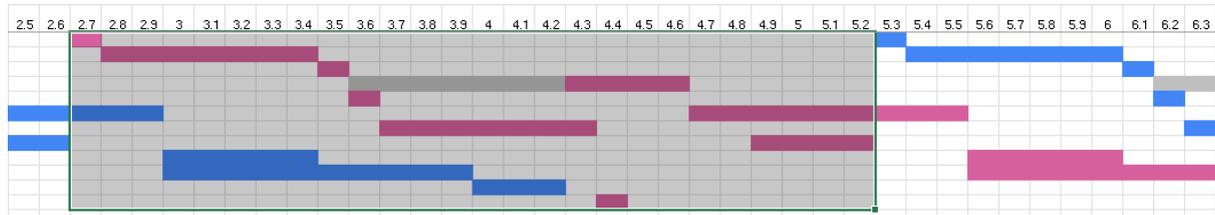


Imagen 31. Ciclo completo con la máxima cadencia.

Esta información final es de gran utilidad ya que conocemos el límite de nuestra máquina, además de que podemos identificar más áreas de oportunidad de mejora, sabemos en donde tenemos tiempos críticos, y en donde está el cuello de botella de la máquina. En este caso, pudimos observar que el empujador ya está listo para accionarse, pero debe esperar un tiempo a que salgan las botellas del alineador y éste vuelva a cerrarse, porque sino, no se puede dejar caer el siguiente grupo de botellas, pero el tiempo de salida de las botellas del alineador está restringido por la velocidad de la máquina SMI, entonces ahí está nuestro cuello de botella, el cual nos limita a seguir mejorando el tiempo ciclo.

A continuación, se muestran imágenes del equipo ya fabricado, en el proceso de pruebas finales.



Imagen 32. Equipo ya fabricado en proceso de pruebas finales.

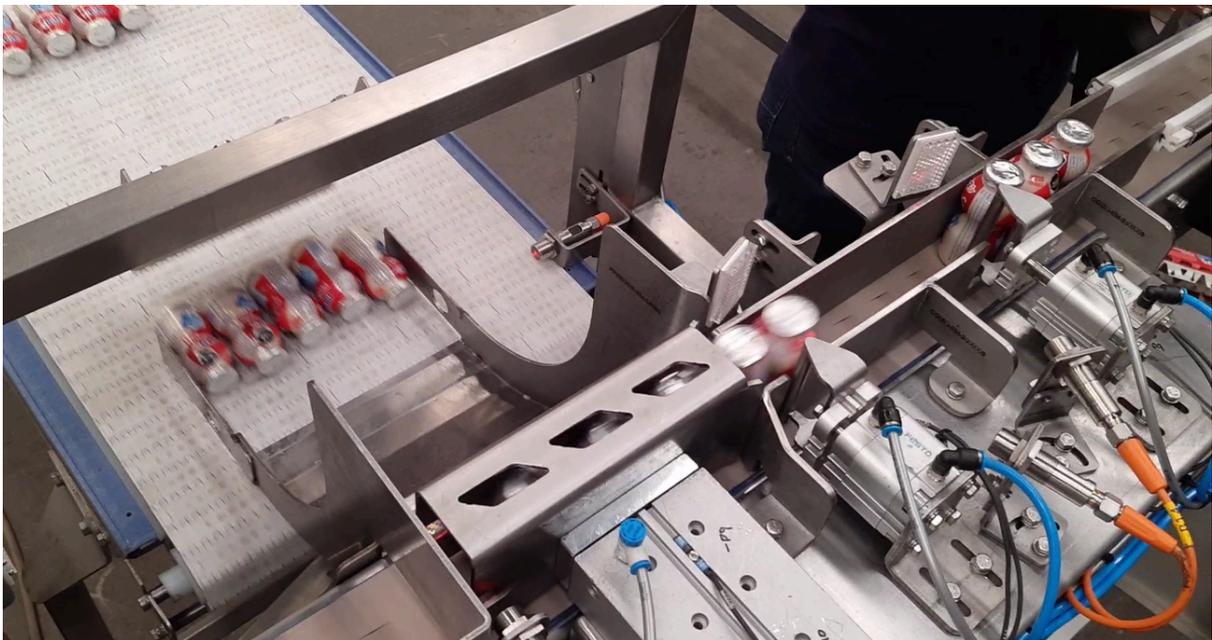


Imagen 33. Equipo ya fabricado en proceso de pruebas finales.

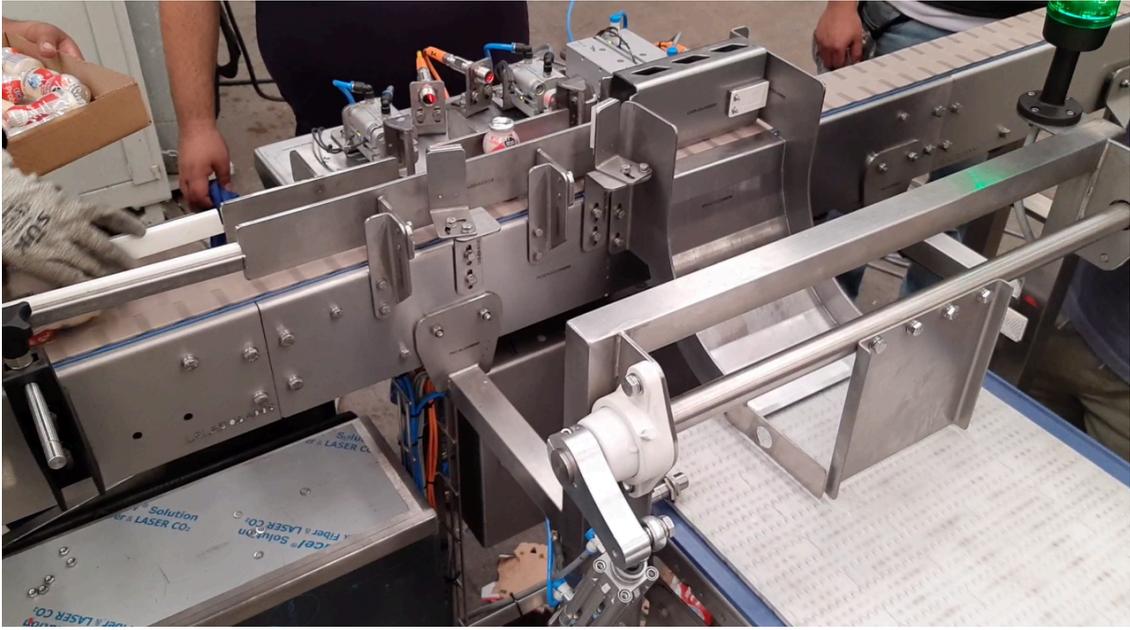


Imagen 34. Equipo ya fabricado en proceso de pruebas finales.

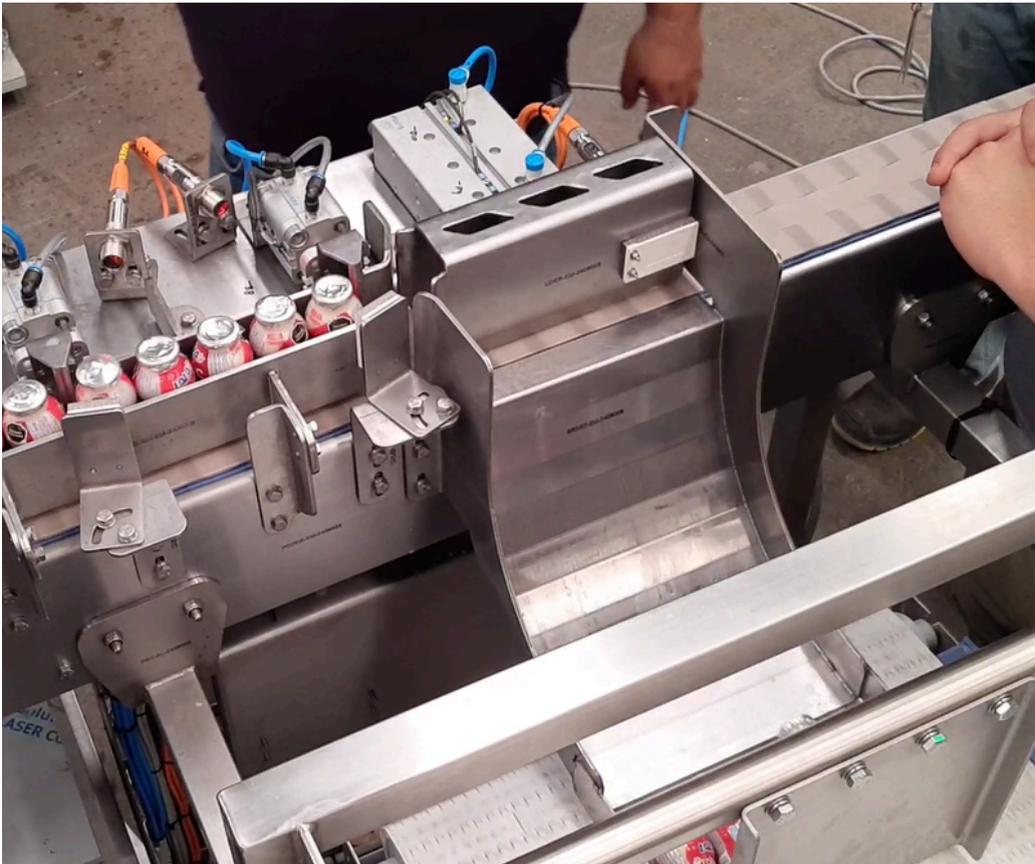


Imagen 35. Equipo ya fabricado en proceso de pruebas finales.

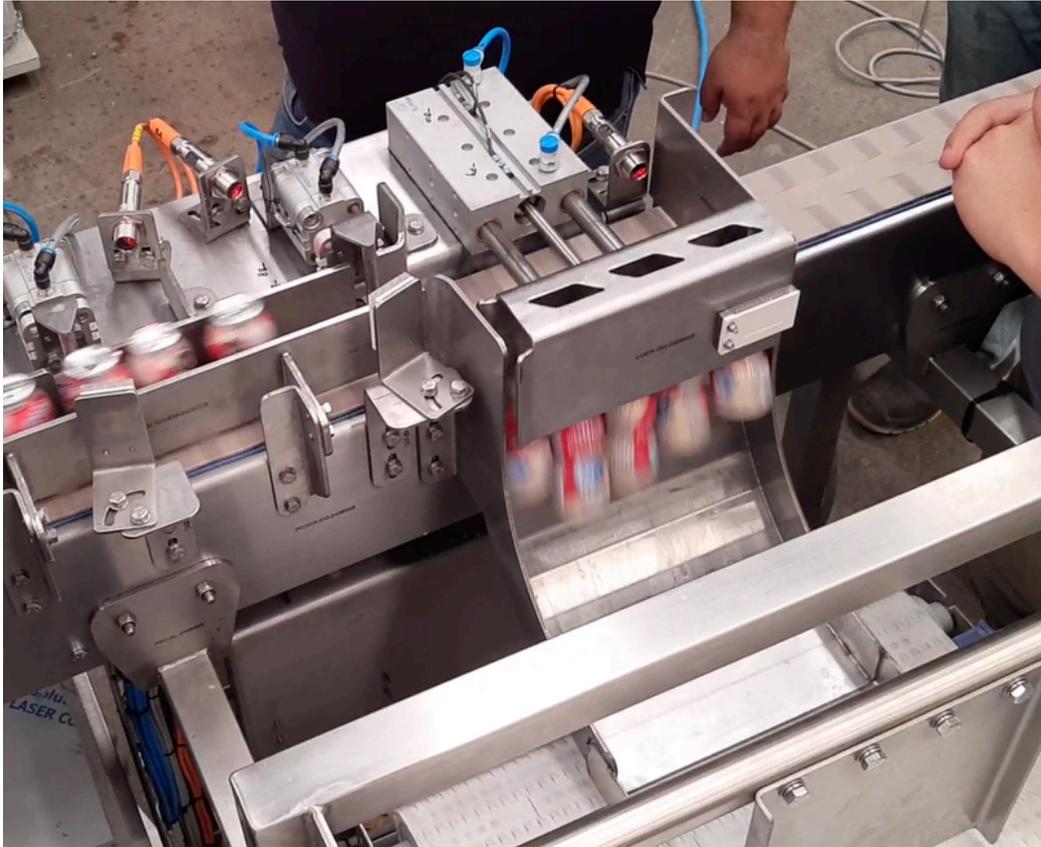


Imagen 36. Equipo ya fabricado en proceso de pruebas finales.

12. Instalación en planta

La instalación de la máquina en planta la realiza el equipo de montaje.

En caso de ser necesario por tratarse de un proyecto grande o con muchos equipos, el diseñador mecánico realiza un marcaje en planta, esto para señalar la posición de los equipos con base en el layout realizado en un inicio, asegurando así la correcta instalación y coincidencia dimensional de los equipos.

Y además, se realizan planos donde se visualiza el orden y acomodo de los equipos, con referencia a las instalaciones en planta.

3.- Conclusiones

La realización de este proyecto me permitió aplicar los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Mecánica, en un proyecto real. Entendí la razón del inicio de un proyecto, aprendí cómo es su desarrollo y su implementación.

Conocí la gran cantidad de proveedores, softwares, productos y servicios existentes en el mercado, para la elaboración de proyectos dirigidos a la industria de la automatización. El conocimiento de todos estos elementos disponibles, es fundamental para realizar un proyecto real, y nos ayuda a elaborar mejores diseños, de forma más eficiente y confiable.

Aquí, es importante mencionar que para poder utilizar y aprovechar toda la información disponible, es necesario tener la gran base de conocimientos adquiridos en la carrera, ya que sin ellos no es posible entender, calcular y seleccionar los componentes correctamente. Comprendí, que en la selección de componentes, el desempeño no lo es todo, para que un producto sea la mejor elección, debe cumplir también con un buen precio, un tiempo de entrega corto y buen soporte por parte del proveedor. Todos estos puntos son esenciales

para ofrecer una solución, que además de cumplir con la necesidad del cliente, sea rentable, de fácil mantenimiento y tenga elementos con garantía de funcionamiento.

Aprendí que en este tipo de proyectos se debe buscar la mejor solución de forma rápida, hay veces que es mejor estimar de forma general algunos elementos, o basarse en aplicaciones anteriores similares, no siempre se requiere calcular todo con gran nivel de detalle, ya que no difiere significativamente el resultado final y no le agrega mucho valor al diseño. Esto es porque se buscan soluciones a la medida para necesidades específicas, en un corto tiempo, caso contrario, si fueran diseños para una producción en serie a gran escala, entonces ahí sí valdría la pena optimizar lo más posible el diseño.

Un punto que sí agrega valor, es la estandarización de los componentes utilizados. Por ejemplo, en este y en la gran mayoría de diseños, se utilizan rodamientos, motorreductores y mallas con el mismo número de parte. Aunque esto pueda significar tener elementos sobredimensionados para algunas aplicaciones, esto ofrece una gran ventaja al cliente y a nosotros mismos, con un ahorro en los costos de adquisición y almacenamiento de refacciones, teniendo como resultado una logística de mantenimiento más sencilla.

Antes de este proyecto, yo desconocía totalmente la materia prima utilizada en la industria para la fabricación de piezas. Después de él, logré familiarizarme con los espesores de placas y láminas. Ver de manera directa las piezas fabricadas y probar su rigidez, me da experiencia para una mejor selección de materiales y geometrías en futuros diseños. Además, con este equipo diseñado, aprendí las limitaciones existentes en la fabricación de piezas maquinadas o por corte láser y doblado. Por ejemplo, en este diseño, no todas las chapas metálicas propuestas se lograron doblar, esto debido a las limitaciones físicas de la máquina dobladora, entonces se debieron proponer en dos o más piezas y posteriormente soldar. Lo que me deja como lección, que siempre se deben contemplar en el diseño las dimensiones máximas que se pueden maquinar en el torno, fresadora o CNC.

Aprendí, que toda máquina al igual que una línea de producción tiene un cuello de botella, y éste se debe tener bien identificado para una posible mejora. En cuanto al ajuste de una máquina, me sirvió mucho seguir el principio de modificar una variable a la vez, para ver el comportamiento de la máquina y lograr hacer el ciclo más eficiente. También aprendí que hay que saber identificar qué variables es mejor modificar. Por ejemplo, en este proyecto, seguir aumentando la velocidad del transportador no mejoraba significativamente los tiempos del ciclo, y en cambio sí aumentaba el riesgo de funcionalidad de la operación. Por ello, fue mejor buscar otra variable a modificar, que en este caso, fueron los tiempos de espera de accionamiento de los pistones, identificados con ayuda de las grabaciones en cámara lenta, y estos ajustes sí nos dieron una mejora importante en el tiempo ciclo.

Con toda esta experiencia adquirida, ahora cuento con un mayor conocimiento y visión para diseños futuros, pero sin duda, me queda claro que en la ingeniería es importante mantenerse actualizado, constantemente están saliendo mejores productos, nueva tecnología, ideas innovadoras, que el hecho de conocerlas nos da una gran ventaja para ofrecer mejores soluciones con la tecnología más reciente, ofreciendo soluciones de un nivel más alto. Por lo tanto, planeo seguir estudiando, investigando y recibiendo capacitaciones al respecto.

Finalmente, puedo concluir que es de suma importancia el compartir opiniones con todos los involucrados en el desarrollo del proyecto. Recibí buena retroalimentación por parte de compañeros diseñadores con más experiencia, buenas ideas de concepto del gerente de diseño, buenos puntos de vista de mejoras en la fabricación de piezas por parte del encargado de manufactura.

Una práctica recomendada en el diseño, es imaginar que nosotros vamos a manufacturar o ensamblar las piezas y equipos, esto nos da un mejor punto de vista, para lograr ver si

estamos proponiendo el mejor y más fácil diseño, y en caso de tener una duda muy específica, es bueno preguntarle directamente a la persona que realizará esa tarea y tiene más experiencia.

Por lo tanto, me doy cuenta de que ya en un proyecto real, es muy importante la comunicación y el trabajo en equipo, la lluvia de ideas y la discusión de opiniones. Debemos aprovechar todos los recursos que estén a nuestro alcance, la experiencia de otras personas, manuales, libros, proveedores, software, etc. Todo esto en conjunto nos permite llegar a una mejor solución.

4.- Referencias

- [1] Logit cpm. (2014). Connection between "twist" conveyor devices [Fotografía]. Logit cpm.
<https://www.logitcpm.com/en/the-production/conveyor-lines-for-barrels-and-sack/37-1-liaisons-among-twist-conveyor-devices/>

- [2] Super Coloring. (2008). Tobogán [Ilustración]. Super Coloring.
<https://www.supercoloring.com/ro/desene-de-colorat/emoji-de-tobogan-pentru-teren-de-joaca>

- [3] Mayr. (2022). Catálogo de acoplamientos con elastómero ROBA-ES [Fotografía]. p.10. Mayr.
<https://www.mayr.com/es/productos/limitadores-de-par-acoplamientos/acoplamientos-con-elastomero/roba-es~485>

Anexo 1.

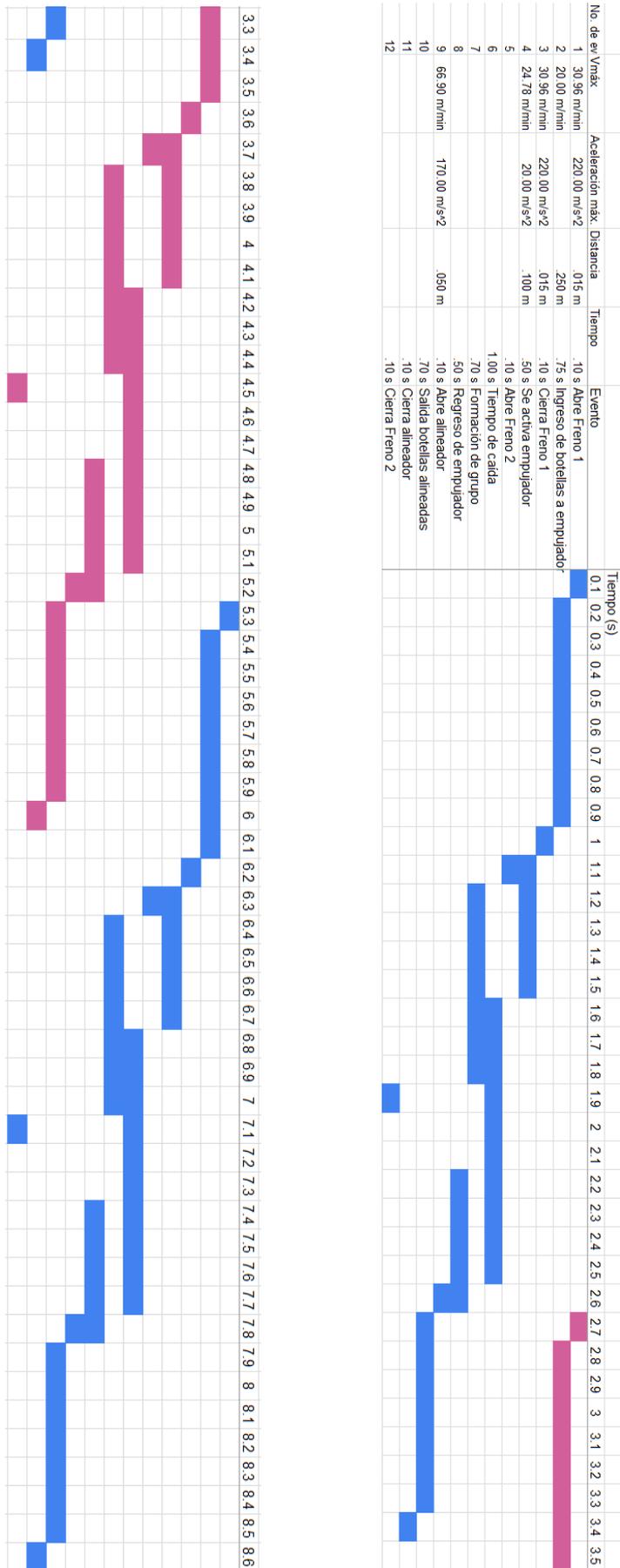


Imagen 19 Ampliada. Diagrama inicial de tiempos y movimientos.

No de evento	Vmax	Aceleración máx	Distancia	Tiempo		Tiempo Evento	Tiempo (s)
				Min	Max		
1	30.96 m/min	220.00 m/s ²	015 m	10 s	20 s	Apbre Freno 1	0.1
2	20.00 m/min	250 m	80 s	120 s	Ingreso de botellas a empujador	0.1	
3	30.96 m/min	220.00 m/s ²	015 m	10 s	Cierra Freno 1	0.1	
4	24.78 m/min	200.00 m/s ²	100 m	50 s	70 s	Se actúa empujador	0.1
5	30.96 m/min	220.00 m/s ²	015 m	10 s	20 s	Apbre Freno 2	0.1
6	30.96 m/min	9.80 m/s ²	206 m	100 s	130 s	Tiempo de caída	0.1
7	20.00 m/min	207 m	70 s	110 s	Formación de grupo	0.1	
8	24.78 m/min	100 m	50 s	70 s	Retorno de empujador	0.1	
9	68.90 m/min	170.00 m/s ²	050 m	10 s	20 s	Apbre alineador	0.1
10	17.00 m/min	200 m	70 s	110 s	Salida botellas alineadas	0.1	
11	68.90 m/min	170.00 m/s ²	050 m	10 s	20 s	Cierra alineador	0.1
12	30.96 m/min	220.00 m/s ²	050 m	10 s	20 s	Cierra Freno 2	0.1

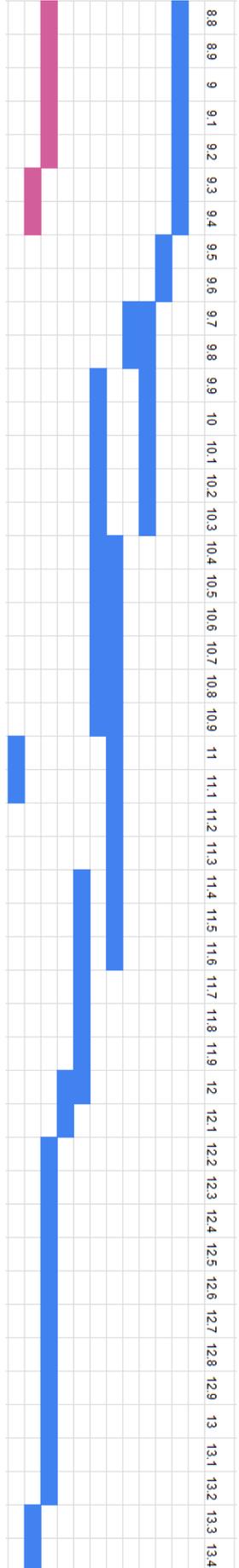
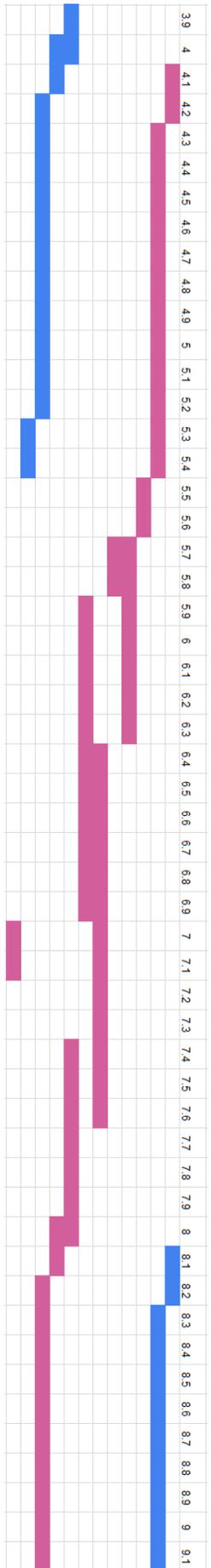


Imagen 21 Ampliada. Diagrama de tiempos y movimientos ajustado a 4 [s].

No de evento	Vmax	Aceleración max	Distancia	Tiempo		Evento	Tiempo (s)
				Inic	Final		
1	30.96 m/min	220.00 m/s ²	.015 m	.10 s	.10 s	Abre Freno 1	0.1
2	20.00 m/min		250 m	.80 s	.10 s	Ingreso de botellas a empujador	0.2
3	30.96 m/min	220.00 m/s ²	.015 m	.10 s	.10 s	Cierra Freno 1	0.3
4	24.78 m/min	20.00 m/s ²	.100 m	.50 s	.40 s	Se actúa empujador	0.4
5	30.96 m/min	220.00 m/s ²	.015 m	.10 s	.10 s	Abre Freno 2	0.5
6		9.80 m/s ²	206 m	1.00 s	.90 s	Tiempo de caída	0.6
7	20.00 m/min		.207 m	.70 s	.70 s	Formación de grupo	0.7
8	24.78 m/min	20.00 m/s ²	.100 m	.50 s	.40 s	Regreso de empujador	0.8
9	68.90 m/min	170.00 m/s ²	.050 m	.10 s	.50 s	Abre alineador	0.9
10	17.00 m/min		200 m	.70 s	1.00 s	Salida botellas alineadas	1.0
11	68.90 m/min	170.00 m/s ²	.050 m	.10 s	.30 s	Cierra alineador	1.1
12	30.96 m/min	220.00 m/s ²	.050 m	.10 s	.10 s	Cierra Freno 2	1.2

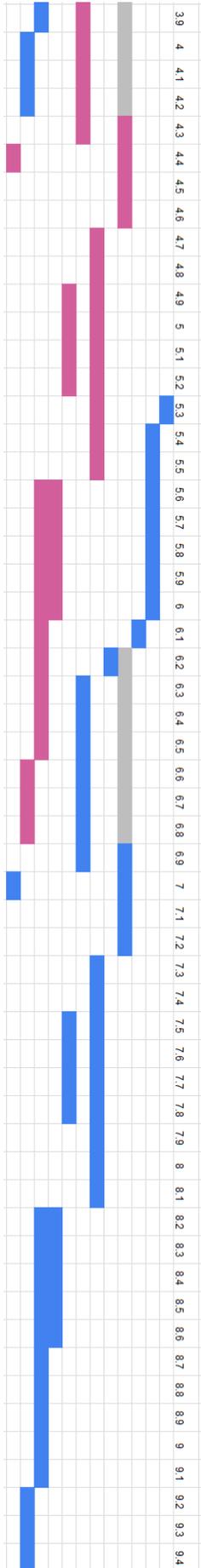


Imagen 30. Diagrama de tiempos y movimientos con la máxima cadencia.

Anexo 2.

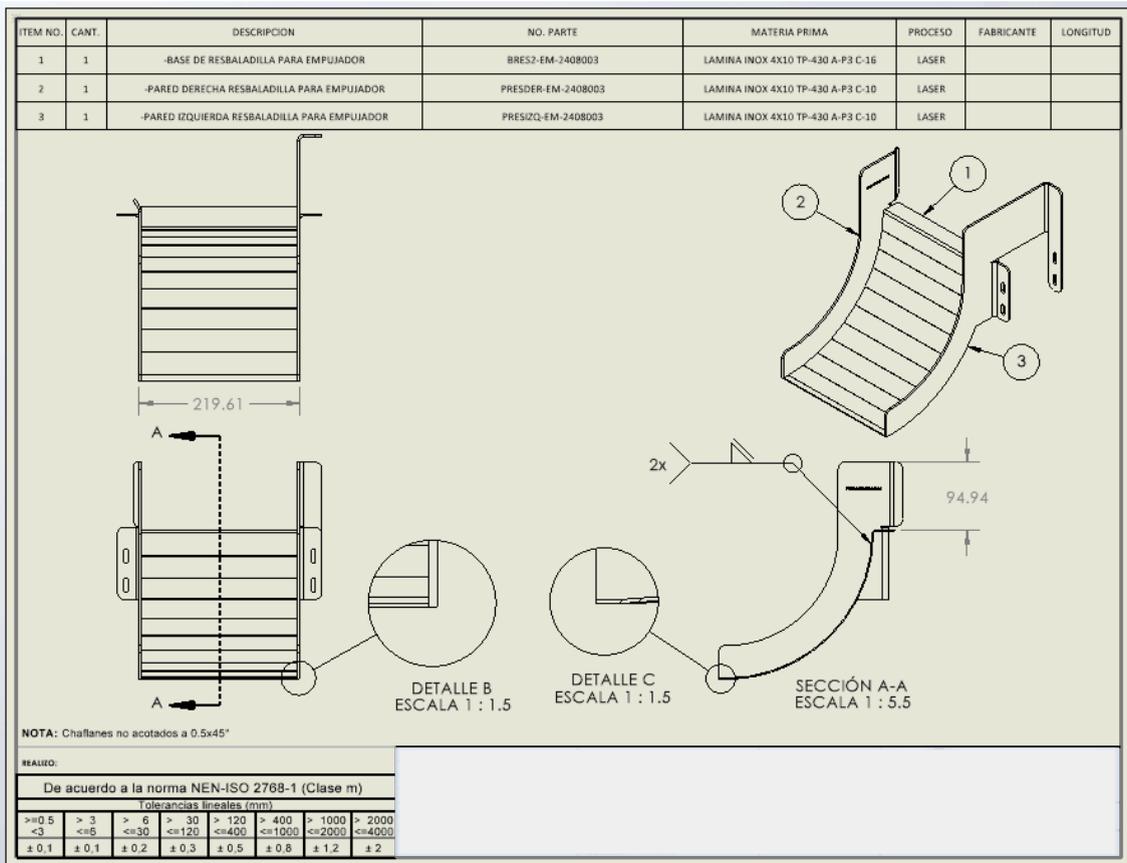


Imagen 37. Ejemplo de un plano de soldadura.

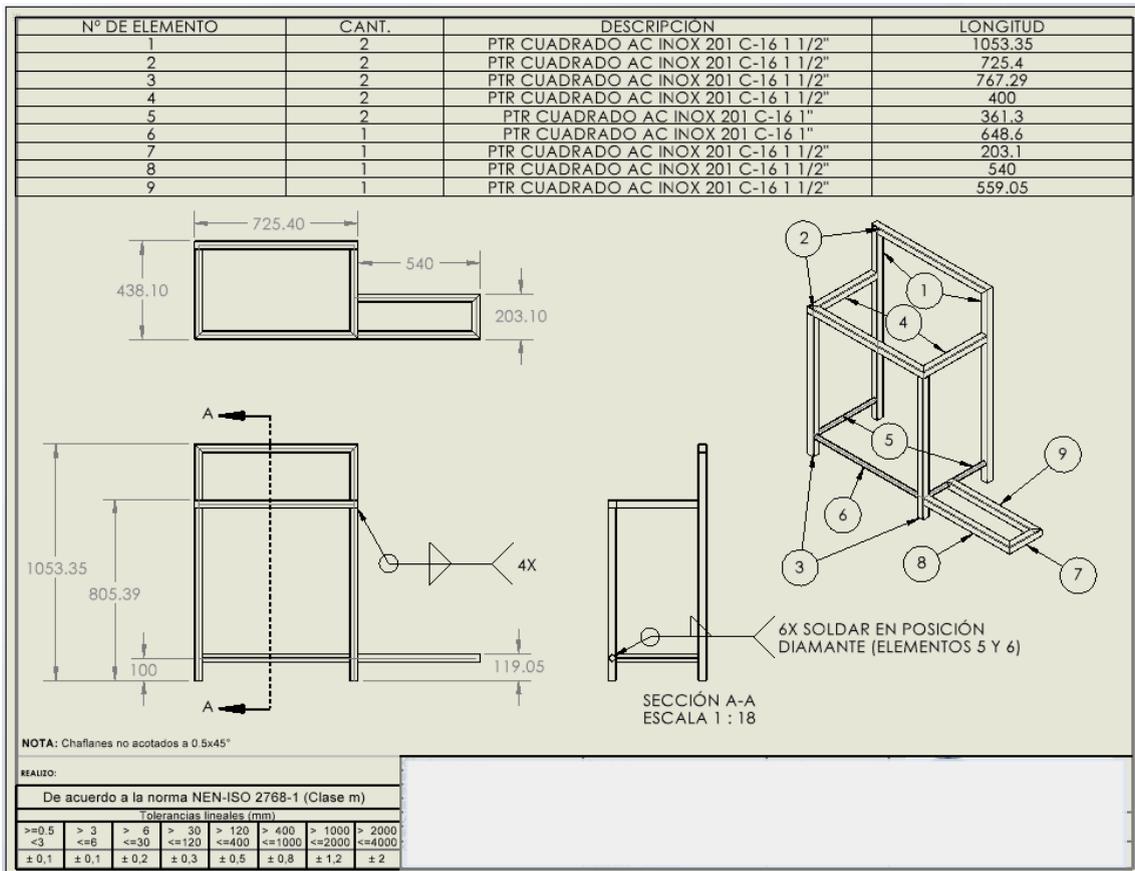


Imagen 38. Ejemplo de un plano de estructura.

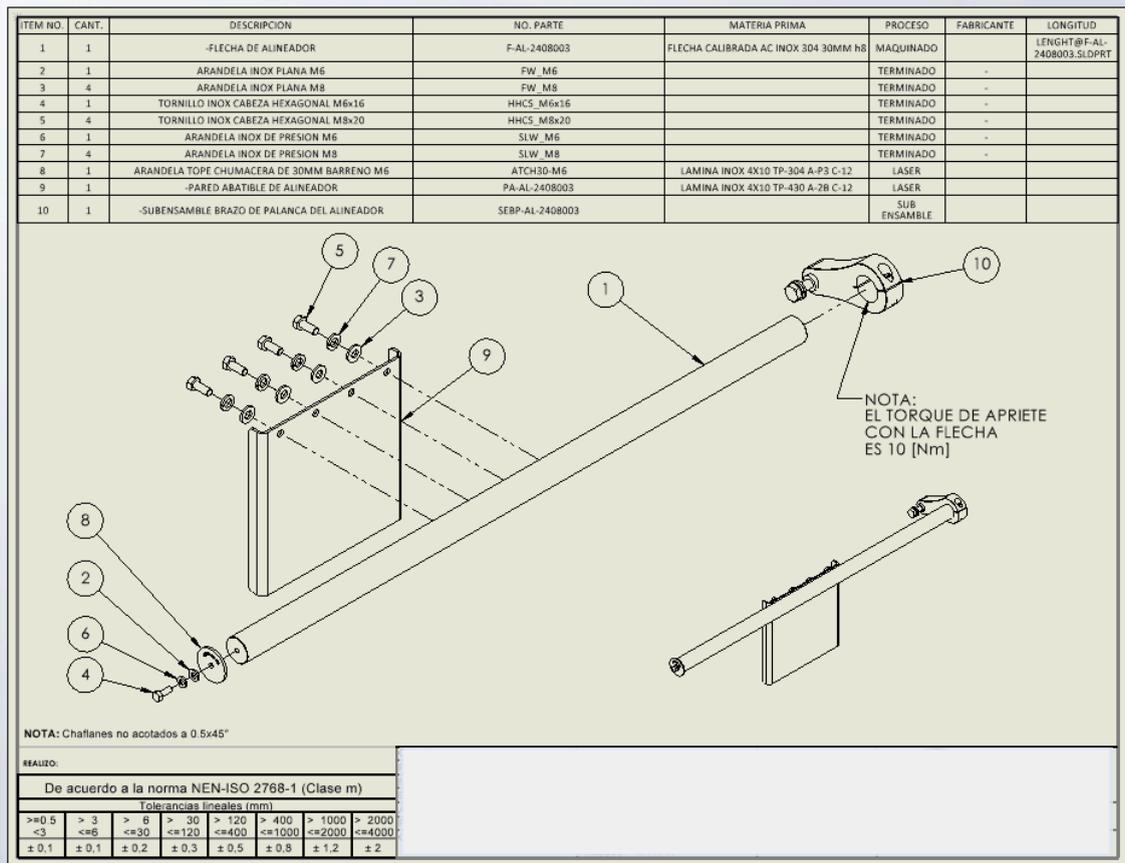


Imagen 39. Ejemplo de un plano de ensamble.

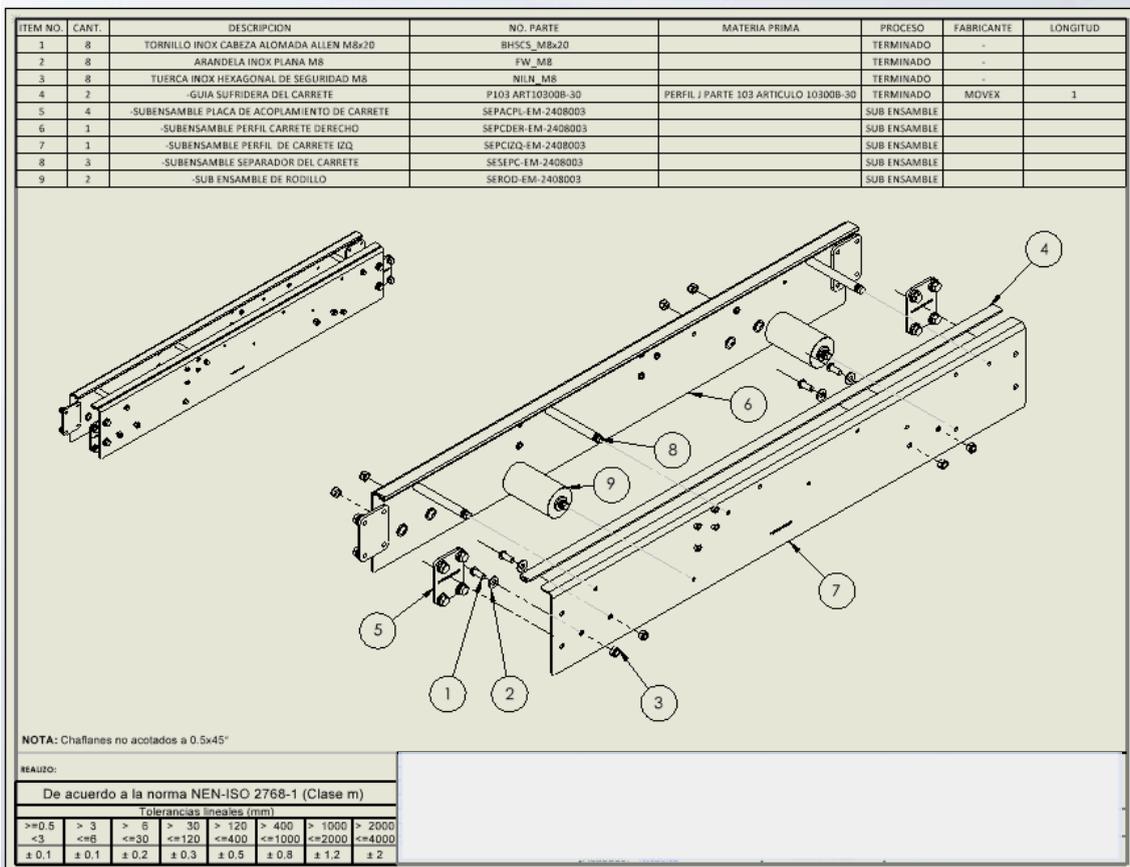


Imagen 40. Ejemplo de un plano de ensamble.