

**DISEÑO DE UN SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO PARA EL PROCESO DE
FABRICACIÓN DE VIDRIO TEMPLADO EN LA EMPRESA TEMPLUS S.A.S.**

OSCAR FERNANDO PEDRAZA CABRERA

**Proyecto integral de grado para optar el título de
INGENIERO MECÁNICO**

Orientador

Leonel Alveyro Terán Llorente

Ingeniero Mecánico

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA

BOGOTÁ D.C.

2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nombre
Firma del director

Nombre
Firma del presidente Jurado

Nombre
Firma del Jurado

Nombre
Firma del Jurado

Bogotá D.C. mayo de 2022

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. MARIO POSADA GARCIA-PEÑA

Consejero Institucional

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCIA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. ALEXANDRA MEJIA GUZMAN

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. RICARDO ALFONSO PEÑARANDA CASTRO

Secretario General

Dr. JOSÉ LUÍS MACÍAS RODRÍGUEZ

Decana de la Facultad de Ingenierías

Ing. NALINY PATRICIA GUERRA PRIETO

Director del Programa de Ingeniería Mecánica

PhD. MARÍA ANGÉLICA ACOSTA PÉREZ

DEDICATORIA

A mi Padre, por su apoyo incondicional en toda mi carrera y vida profesional.

Oscar Pedraza Cabrera

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la Fundación Universidad de América, por el apoyo, el acompañamiento, el crecimiento personal y profesional que me brindó día a día en cada una de las instalaciones y aulas. A las personas, amigos, compañeros y familiares, que me acompañaron durante este proceso.

Al Docente, Miguel Morales, al docente Mauricio Reyes y finalmente al docente Leonel Terán quienes me apoyaron y acompañaron durante el proceso y desarrollo del proyecto.

A todos, muchas gracias.

Oscar Pedraza Cabrera

Las directivas de la fundación universidad de América, los jurados, calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

TABLA DE CONTENIDO

	pág
RESUMEN	12
INTRODUCCIÓN	13
LA EMPRESA	15
1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TEMPLADO DE VIDRIO	22
1.1. Información sobre la máquina que se encuentra actualmente	22
1.1.1. <i>Material utilizado y propiedades</i>	24
1.1.2. <i>Estudio de tiempos actual para el proceso de fabricación de vidrio templado</i>	28
1.1.3. <i>Estado actual de maquinaria para templado de vidrio</i>	37
1.1.4. <i>Características actuales para diseño</i>	38
1.2. Mediciones a maquinaria de operación para proceso de fabricación de vidrio templado	43
1.2.1. <i>Dimensiones de máquina de templado</i>	43
1.2.2. <i>Fases de fabricación de vidrio templado donde se requiere la automatización</i>	46
2. EVALUAR LAS POSIBLES ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	47
2.2. Planteamiento de alternativas	47
2.3. Parámetros de diseño	47
2.3.1. <i>Análisis Estructura</i>	47
2.3.2. <i>Análisis mecanismo de cierre de tapas de Horno</i>	50
2.3.3. <i>Análisis mecanismo de cierre de moldes</i>	53
2.3.4. <i>Análisis estructura tolva de recolección</i>	55
2.4. Planteamiento de alternativas propuestas para diseño	56
2.4.1. <i>Planteamiento de alternativas</i>	56

2.4.2. <i>Matriz de comparación de los sistemas</i>	60
3. SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA PARA EL SISTEMA	65
3.1. Análisis de tiempos del proceso de producción	65
3.2. Selección mecanismo de ascenso y descenso del vidrio	66
3.3. Selección mecanismo para cierre de tapa de horno	67
3.3.1. <i>Selección de motorreductor</i>	67
3.4. Selección mecanismo para cierre de moldes y tolva de recolección	69
4. DISEÑO DEL SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO	71
4.1. Cálculos de estructura para manejo de motor de ascenso y descenso de cadenas	71
4.2. Cálculos de estructura de actuadores para cierre de mecanismo de moldes y desplazamiento tolva	73
4.3. Diseño eje motorreductor a piñón	73
4.4. Diseño circuito neumático	75
4.4.1. <i>Circuito neumático para mecanismo de moldes</i>	75
4.4.2. <i>Circuito neumático para mecanismo de recolección</i>	77
4.5. Diseño estructura para actuadores de apertura y cierre de mecanismo de moldes y tolva de recolección	79
4.5.1. <i>Análisis estructural</i>	79
4.5.2. <i>Diseño soldadura de la estructura</i>	80
4.6. Estudio de tiempos luego de diseño	80
5. MANUAL BÁSICO DE OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO	82
6. CONCLUSIONES	86
BIBLIOGRAFÍA	87
ANEXOS	90

LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1. Logo COLVIT LTDA	15
Figura 2. Logo empresa. Vidrios de seguridad TEMPLUS S.A.S.	16
Figura 3. Empresa TEMPLUS S.A.S	17
Figura 4. Horno vertical para proceso de templado de vidrio	19
Figura 5. Horno de templado y curvado de vidrio	20
Figura 6. Horno eléctrico vertical	23
Figura 7. Horno de radiación plano	24
Figura 8. Bodega de stock para TEMPLUS S.A.S.	27
Figura 9. Montado de vidrio en pinzas soportadora en guía horizontal	29
Figura 10. Desplazamiento del vidrio hacia el horno	30
Figura 11. Proceso de incremento de temperatura de lámina de vidrio	31
Figura 12. Ascenso de vidrio para etapa de moldeado del vidrio curvo	32
Figura 13. Proceso de moldeo de vidrio a alta temperatura	33
Figura 14. Ascenso del vidrio a la cámara de soplado	34
Figura 15. Vidrio en etapa de enfriado rápido en la cámara de soplado	35
Figura 16. Instalación de vidrio de seguridad templado automotriz	36
Figura 17. Proceso de templado de vidrio explicado en cada una de las etapas que se llevan a cabo actualmente	37
Figura 18. Vista Isométrica de base estructural de máquina templadora de vidrio	38
Figura 19. Vista isométrica de modelado cierre de tapa de horno en Solid Edge	44
Figura 20. Vista isométrica de modelado moldes en Solid Edge	45
Figura 21. Vista isométrica de modelado desplazamiento de tolva recolectora de vidrio roto, modelado en Solid Edge	45

Figura 22. Restricciones de apoyos fijos en el conjunto simulado en Ansys	47
Figura 23. Fuerzas aplicadas en la estructura simulado en Ansys	48
Figura 24. Esfuerzo de Von Mises como carga combinada máxima de la estructura.	49
Figura 25. Rozamiento por deslizamiento.	52
Figura 26. Análisis de fuerzas por herramienta Ansys a mecanismo de moldes.	54
Figura 27. Análisis de fuerzas por herramienta Ansys a mecanismo de moldes	54
Figura 28. Simulación por dinámica rígida en Ansys Workbench 2021 R2.	55
Figura 29. Malacate eléctrico.	57
Figura 30. Malacate diésel.	57
Figura 31. Actuador neumático de doble efecto.	58
Figura 32. Actuador hidráulico de doble efecto	59
Figura 33. Sistema Piñón - Cremallera.	59
Figura 34. Actuador eléctrico.	60
Figura 35. Guaya seleccionada para acoplarse al malacate, con resistencia a temperaturas hasta de 700°C.	67
Figura 36. Simulación de cargas soportadas por la estructura luego de diseño conceptual con malacate.	72
Figura 37. Diseño de circuito neumático para mecanismo de moldes con actuadores DSBC-63-320-PPSA-N3.	76
Figura 38. Diseño de circuito neumático para mecanismo de moldes con actuadores DSBC-80-400-PPSA-N3.	78
Figura 39. Análisis mediante Software de cargas aplicadas a la estructura que soportará los actuadores neumáticos.	79
Figura 40. Tabla de resumen de manual de mantenimiento	85

LISTA DE TABLAS

	pág
Tabla 1. Variables estándar por tener en cuenta en el diseño	39
Tabla 2. Dimensiones máximas para vidrio templado	39
Tabla 3. Variables determinadas por el vidrio de fabricación	40
Tabla 4. Datos del acero estructural que soporta el proceso de templado de vidrio	43
Tabla 5. Tabla de factores de seguridad. Valores mínimos recomendados	50
Tabla 6. Tabla de coeficientes de fricción materiales en contacto	51
Tabla 7. Ventajas y desventajas de alternativas planteadas	61
Tabla 8. Matriz de selección de alternativas	64
Tabla 9. Especificaciones motorreductor	68
Tabla 10. Motorreductor seleccionado de catalogo Siemens	68
Tabla 11. Variables de diseño de estructura para actuadores	73
Tabla 12. Optimización de tiempos según etapas de fabricación de vidrio templado	81
Tabla 13. Criterios para la operación del mantenimiento	82

RESUMEN

En este proyecto de investigación se analizó el proceso de templado de vidrio para una empresa fabricante de vidrios templados de seguridad, donde inicialmente se evaluó el estado actual de la empresa y proceso, los tiempos de producción (fabricación e instalación) y a su vez, los parámetros y elementos que podrían ser claves para el diseño de un sistema semiautomático, con el objetivo de reducir los tiempos de producción en un 20% (12 minutos aproximadamente) y así la intervención humana en el proceso de templado del vidrio.

Posterior a ello, se desarrolló el diseño conceptual del sistema semiautomático, teniendo en cuenta todos los parámetros analizados, haciendo un estudio de tiempos antes y después del diseño, y verificando los tiempos aproximados que ejecutaría el sistema semiautomático para la producción.

Por último, se realizó un manual de mantenimiento para el sistema semiautomático diseñado, donde se describen cada uno de los elementos con su respectivo mantenimiento preventivo y correctivo.

Palabras clave: Automatización, Diseño, Vidrio Templado.

INTRODUCCIÓN

Las empresas colombianas se encuentran en un continuo desarrollo tecnológico en búsqueda de un factor diferencial en el área industrial, que es el aumento de la productividad en sus procesos de fabricación, debido a un recurso valioso que es el tiempo de producción. La importancia del ahorro de costos, obtención de mayor utilidad para la empresa, adquirir un valor agregado frente a la competencia y obtener una mayor capacidad productiva, van encaminadas a una óptima gestión del tiempo.

Es donde la automatización de procesos industriales cumple un rol importante para la correcta gestión del tiempo, ya que según, Fortune Business Insights indica en uno de sus artículos que el mercado de automatización industrial a nivel mundial alcanzó los 157,04 mil millones de dólares en 2018 y se espera que el año 2026 alcance los 296,70 mil millones de dólares [1]-

Teniendo en cuenta lo anterior, y enfocándonos en la norma DIN 19223 que define un sistema automatizado y configura dichos procesos automáticos con tres componentes fundamentales:

- Sensores para captar los estados del sistema.
- Actuadores para emitir comandos de control.
- Unidades de control para ejecución del programa y para tomar decisiones [2].

Se ha evidenciado en la empresa TEMPLUS S.A.S la alta necesidad de automatizar el proceso específico de templado de vidrio, optimizando el tiempo de producción un 20% de sus operarios en la manipulación del vidrio en el proceso y en la instalación del producto final.

Con este proyecto se pretende diseñar un sistema semiautomático para el control del proceso de templado de vidrio, realizando un análisis detallado de los tiempos de producción que permita evidenciar los problemas críticos en el proceso y las condiciones laborales de los operarios. Impactando directamente en la solución de la baja productividad y brindando al operario un ambiente seguro bajo el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SG-SST) [3]-

El objetivo general del proyecto es diseñar un sistema semiautomático para el proceso de fabricación de vidrio templado para la empresa Vidrios de seguridad TEMPLUS S.A.S.

Y contamos con objetivos específicos cómo:

- Describir el estado actual del proceso de templado de vidrio dentro de TEMPLUS S.A.S. por medio de un estudio de tiempos y la definición de parámetros de diseño necesarios para establecer el sistema semiautomático.
- Evaluar las posibles alternativas de solución para la automatización del proceso de templado de vidrio de manera que permitan establecer la mejor opción utilizando criterios de ingeniería.
- Seleccionar la mejor alternativa de solución para el sistema semiautomático del proceso de fabricación de templado de vidrio, a partir de la evaluación realizada por estudio de tiempos.
- Diseñar sistema semiautomático de manipulación del vidrio en el proceso de templado, según los componentes más viables, logrando una disminución del 20% sobre el tiempo total de producción.
- Definir un manual de operación de mantenimiento, identificando oportunidades de mejora del equipo, rutinas de inspección y posibles tiempos de falla.

LA EMPRESA

INDUSTRIAS COLVIT LTDA

Industrial COLVIT LTDA. es una alianza de empresas colombianas, con más de 35 años de experiencia, dedicada a la fabricación, comercialización e instalación de vidrio templado y laminado para uso arquitectónico, automotriz e industrial.

Hace parte de un grupo colombiano de empresas en alianza como Inducolvi, Dinalvidrios y Colvit, que hacen de la empresa en una completa alternativa para resolver las exigencias del mercado, atendiendo de manera efectiva y oportuna las solicitudes y necesidades de los clientes en cuanto a arquitectura y automotriz se refiere.

Figura 1.

Logo COLVIT LTDA.



Nota. Colvit LTDA, logo de empresa base en alianza de fabricación de vidrio templado: Tomado de: Logo de empresa,[En línea] Disponible : www.colvit.com.co [Acceso:Jul,25,2021]

Industrias Colvit [4], tienen como objetivo suplir necesidades tanto para industria arquitectónica, como industria automotriz, por lo que fabrica y provee a nivel nacional y local los siguientes productos:

- Línea Arquitectónica:
 - Ventanería tradicional
 - Ventaría sistema línea universal de vitral
 - Paneles Solares
 - Fachadas flotantes
 - Ventanas oscilobatientes, sistema europeo.
 - Recubrimientos en vidrio, granito, alucobond.
 - Puertas Vidrieras de vidrio templado
 - Vidrio templado con barandas de acero.
 - Divisiones de oficina.
- Línea Automotriz:
 - Carrocerías: Inconcar, Logos, Muisca, Condor, Superpolo, Jgb, Non plus ultra, Indubo, olímpica.
 - Camiones Chevrolet.
 - Camión Jac.

Vidrios de Seguridad TEMPLUS S.A.S.

Figura 2.

Logo empresa Vidrios de seguridad TEMPLUS S.A.S.



Nota. Logotipo de empresa Vidrios de seguridad Templus S.A.S. Tomado de: Logotipo de empresa Vidrios de seguridad Templus S.A.S. [En línea], Disponible: <https://www.facebook.com/pages/category/Glass-Manufacturer/Vidrios-Templus-SAS-103951737681213/> [Acceso: Jul, 25, 2021]

La figura 2 es el logotipo de la empresa Vidrios de seguridad TEMPLUS S.A.S., ubicada en la zona industrial de Medellín, donde se hace el proceso de fabricación e instalación de vidrio templado.

La figura 3, es una vista de navegación por Google Maps, la cual muestra la industria Templus S.A.S., el sector donde está ubicado y adicionalmente, los espacios donde instalan el vidrio ya fabricado para carrocerías. La empresa se encuentra ubicada en Carrera 43G #25a-50, Zona industrial de Medellín, Antioquia (Figura 4).

Figura 3.

Empresa TEMPLUS S.A.S. en navegación por Google Maps.



Nota. Navegación en Google Maps de empresa TEMPLUS S.A.S. Tomado de: navegación de Google Maps empresa TEMPLUS S.A.S, [En línea], Disponible: <https://goo.gl/maps/aWgzZq6WZ3idguiu7>. [Acceso: Jul,25,2021]

La empresa TEMPLUS S.A.S., se establece desde 2014, donde comienza la producción de vidrio templado, enfocándose en la fabricación del vidrio templado y la instalación, operando como aliados estratégicos en el segmento automotriz inicialmente, y en el sector arquitectónico en Medellín.

La planta tiene una capacidad de producción de aproximada 85 toneladas diarias de vidrio templado, teniendo en cuenta que esta capacidad varía con respecto al tamaño y espesor de la lámina de vidrio que puede oscilar entre los 4 mm a 8 mm. La capacidad

de producción es de 70 toneladas para lámina de vidrio grande (1,12 x 2 m y un espesor de 0,008 m) y 100 toneladas para lámina de vidrio pequeño (0,1 x 0,2 m y 0,004 m de espesor). Esta capacidad consiste en proceso de cortado de lámina de vidrio, proceso de templado de vidrio e instalación. La empresa cuenta con certificación ISO 9001-2008 y adicional certificación a nivel mundial de IQNET, garantizando estándares de calidad, el respeto hacia el medio ambiente, la seguridad y salud laboral, la seguridad alimentaria, la responsabilidad social y la tecnología de la información de las empresas de distintos países.

Misión y Visión de Vidrios de Seguridad TEMPLUS S.A.S.

<Misión: Somos una compañía dedicada a la transformación y comercialización de vidrio de seguridad templado y laminado. Cumpliendo con las normas nacionales e internacionales de la calidad. Asegurando una buena calidad del producto y servicio con un talento humano responsable en cada uno de los procesos y con la adquisición de nueva tecnología para satisfacer las necesidades de los clientes. Visión: Es una organización que aspira a ser reconocida en los próximos años como una organización líder en el mercado de seguridad automotriz y arquitectónica. Generando más empleo en la región y contribuyendo al crecimiento económico de nuestro país. Con la capacitación del personal para una mejora continua en cada uno de los procesos.

Valores de la empresa

- Respeto: Tolerante con uno mismo y con los demás.
- Honestidad: Ser consecuente entre lo que se dice y lo que se hace para beneficio común.
- Comunicación: Interactuar buscando llegar a acuerdo con los demás.
- Responsabilidad y compromiso.
- Cumplir y realizar las labores adecuadamente dando lo mejor de sí mismo.[4]

Proceso de Producción de Vidrio Templado

En la empresa Vidrios de Seguridad TEMPLUS S.A.S. el proceso de fabricación de vidrio templado se divide en tres partes fundamentales. La primera, es el corte de la lámina de vidrio, la cual se hace por medio de corte manual del operario, que hace el

corte según las medidas necesarias para el tipo de vidrio a producir. La segunda, es el proceso de templado, que consiste en un horno vertical que brinda temperatura a la materia prima y posterior a esto es enfriado de manera brusca en una cámara de soplado. Esta cámara de soplado cuenta con una tolva que se coloca de manera manual por el operario en caso de que el vidrio se rompa de manera brusca. Por último, se cuenta con una estructura, la cual, tiene como función el descenso y ascenso del vidrio al horno y a la cámara de soplado respectivamente.

Figura 4.

Horno Vertical para proceso de templado de vidrio



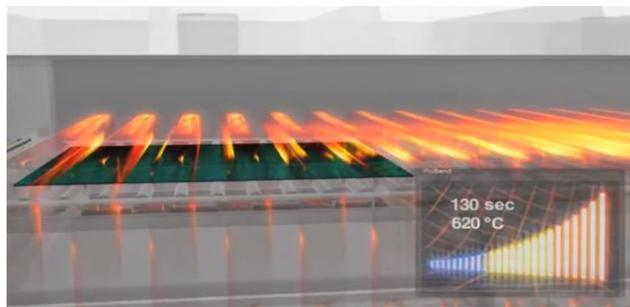
Nota. Esta imagen es representación de un horno vertical para templado de vidrio, donde se hace todo el proceso transformación de materia prima. Tomado de: Página Web E.M.I Italia Elettro Meccanica Industriale ,representación de horno vertical para templado de vidrio ,[En línea].Disponible: <https://cutt.ly/kGWSqjW> ,[Acceso:jul,25,2021]

El horno ubicado en la empresa Vidrios de seguridad TEMPLUS S.A.S., es un horno fabricado y ensamblado en la ciudad de Bogotá por empresas aliadas. Para el proceso de templado de vidrio se tienen en cuenta de cinco etapas fundamentales: La primera etapa es el montado del vidrio a las pinzas de transporte, las cuales van a sujetar al vidrio de un extremo para el ascenso y descenso del vidrio a las respectivas etapas. La

segunda etapa, es el descenso del vidrio al horno el cual se encuentra incrustado en el suelo, que, por medio de resistencias eléctricas ubicadas en los laterales de mayor longitud del horno, elevan la temperatura de 620°C a 700°C. Tercera etapa, es el ascenso del vidrio a la etapa de moldeado, la cual, por medio de moldes en madera el vidrio se somete a una presión de un molde con mecanismo móvil tipo tijera a uno fijo para darle la curvatura deseada al vidrio. La cuarta etapa, es el ascenso a la cámara de soplado de vidrio para hacer un enfriado brusco y así lograr el temple de este. Por último, en la quinta etapa, el vidrio se desciende a la posición inicial y se desmonta para así proceder al proceso de instalación.

Figura 5.

Horno de templado y curvado de vidrio



Nota. Horno de templado y curvado de vidrio, donde muestra el proceso de elevación de temperatura de vidrio a 620°C para inicio de proceso de vidrio templado. Tomado de: Glasstek, Horno de templado y curvado para el vidrio. [en línea], Disponible: <https://cutt.ly/VGWANWw>. [Acceso: jul.25,2021]

En la cuarta etapa, que se mencionó anteriormente, donde se ingresa a la cámara de soplado se cuenta con una turbina sopladora de alta presión que está conectada a un motor Siemens de 3600 rpm, la cual expulsa a través de conductos aire a 10kPa, los cuales enfrían la materia prima de manera brusca haciendo que las superficies exteriores

se contraigan y queden con fuerzas a compresión que se compensarán con las tensiones de tracción que aparecen en el interior, haciendo el vidrio mucho más resistente.

Cuando el vidrio sale de la cámara de soplado y ya se dispone a instalar se hace una inspección visual por parte del operario, garantizando que el estado del vidrio sea óptimo para proceder a la instalación.

Cuando no se hace inmediata instalación, el vidrio es apilado en guacales de madera de manera manual por dos o más operarios dependiendo de las dimensiones del vidrio, garantizando que ningún vidrio templado se pueda caer, rayar o esté sometido a presiones que puedan debilitar su estructura interna.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TEMPLADO DE VIDRIO

La descripción del proceso actual de templado dentro de Templus S.A.S. se realiza mediante un estudio de tiempos y se definen los parámetros de diseño que son necesarios para establecer el sistema semiautomático.

1.1. Información sobre la máquina que se encuentra actualmente

En la actualidad, hay una variedad de hornos para el proceso de fabricación de vidrio templado por medio del método de templado térmico, que cumplen con todos los estándares de calidad para la industria arquitectónica y automotriz.

Las máquinas que están en la actualidad son:

- *Horno Vertical*

Este es un horno eléctrico que funciona con resistencias, ubicadas de manera paralela a ambos costados del horno. Para el proceso de templado, se suspende la lámina desde arriba por medio de tenazas o pinzas metálicas que están sujetadas a una guía horizontal que va de manera perpendicular a la cámara de calentamiento que está entre 620°C a 700°C y que en la parte superior se sitúa una zona de templado o enfriamiento. Este tipo de horno tiene una oportunidad de mejora ya que presenta inconvenientes al templar los vidrios que tenían un poco espesor (lámina delgada que varía entre 1 mm a 4 mm), ya que, no se garantizaba un templado homogéneo y adicional, quedaban las marcas de las tenazas que sujetaban el vidrio. Sin embargo, este tipo de horno le dio cabida a un desarrollo tecnológico importante en la industria vidriera al darle paso al horno horizontal.

Figura 6.

Imagen de Horno eléctrico vertical



Nota. Fotografía de horno vertical de templado, extraído del suelo para mantenimiento en TEMPLUS S.A.S. Tomado de: fotografía de horno vertical de templado.

- *Horno horizontal:*

Este tipo de horno es un sistema que en su interior tiene rodillos de sílice que están en disposición paralela. Por este camino se dirige el vidrio a una velocidad promedio de 20 mm/segundo, sin embargo, tiene variables que hacen que esta velocidad aumente o disminuya, como son la longitud del horno y el espesor que tenga el vidrio que se va a templar. Para evitar que se tengan dilataciones remanentes de volumen y conseguir templar vidrios hasta de 3mm de espesor, se desarrolló para este tipo de horno el templado sobre cojines gaseoso, que cumplen la función de calentar ambos lados del vidrio mientras este va avanzando entre los túneles del horno. Sin embargo, en este tipo de horno se presenta un inconveniente con la lámina ya que, puede presentar irisación, además de posibles ondulaciones o curvaturas no deseadas, debido a temperaturas superficiales no uniformes. La uniformidad también se hace relevante en el proceso de

enfriado, en vista de que, si no se hace un enfriamiento uniforme, se corre el riesgo de que una de las caras se enfríe más rápido que las otras y genere entonces, una curvatura.

En la actualidad, se implementan hornos de “Convección forzada-radiación” que son hornos de doble cámara, las cuales garantizan una temperatura uniforme del vidrio al ingreso y a la salida de este en el proceso de temple. En la primer cámara, el vidrio alcanza una temperatura gradual de 300°C en su masa y luego ingresa a la segunda cámara que se encuentra a 700°C, ocasionando un choque término menor, evitando curvaturas e incrementando la capacidad mecánica de la lámina del vidrio [5].

Figura 7.

Horno de radiación plata – Temple Horno FT



Nota. Horno de radiación plana Temple horno FT.
Tomado de: Guangdog Fush Glass Machinery Co.,
Ltd. [En línea], Disponible: <https://cutt.ly/DGWDNVI>
,[Acceso: Jul,25,2021]

1.1.1. Material utilizado y propiedades

Inicialmente se mencionará sobre la materia prima utilizada por TEMPLUS S.A.S., que en este caso es el vidrio sodo-cálcico que se hablará a continuación.

El vidrio es un material amorfo que es fabricado por fusión de elementos como la sílice y otros aditivos como cal y carbonato de sodio, sometido a altas temperaturas en hornos de fusión. Una vez enfriado se torna en un material bastante duro y con brillo, pero que no cuenta con estructura de grado.

Desde su composición se pueden clasificar de la siguiente manera los tipos de vidrios:

- **Vidrio sodo-cálcico:** vidrio comercial y común que se puede encontrar en envases, todo tipo de vidrio hueco y normalmente el vidrio más común para la fabricación de vidrio plano. En su proceso de fabricación se funde sílice a 1700°C, posteriormente se agrega soda (óxido de sodio, extraído de materia prima de carbonato de sodio) para que su manipulación sea mucho más sencilla. Por último, se añade cal (óxido de calcio) para aumentar durabilidad química y en propiedad mecánica, aumentar la dureza. En algunas ocasiones, se agrega Boro en la última etapa con el fin de aumentar su resistencia a la corrosión.

Al ser el más común tiene propiedades de alto interés como:

- La elasticidad, donde su límite elástico es de 40 MPa.
- Límites de resistencia a compresión, que son superiores a los 1000 MPa.
- Densidad que se establece promedio en 2,5 Kg/m² por el espesor del vidrio.
- Coeficiente de Poisson: 0,22.
- Punto de ablandamiento: 620°C-650°C, dependiendo de los compuestos que lo integren.
- Conductividad térmica de 1,05W/mK
- Coeficiente de dilatación lineal: 9×10^{-6} / °C para temperaturas de 20°C a 220°C.
- Dureza que en escala Mohs es de 6 y 7.
- Resistencia química, donde los únicos ácidos que no soporta es el ácido fluorhídrico y alta temperatura del ácido fosfórico.
- Límites admisibles:
 - Recocido: carga permanente de 6MPa y corta duración 17 MPa.
 - Templado: 40 MPa
 - Vidrio con superficie arenada: reduce 30% la tracción.
 - Vidrio laminado: 10% menos resistencia que un monolítico del mismo espesor.
- Resistente a la temperatura: diferencia térmica para vidrio recocido de 40°C y vidrio templado a 150°C.
- Índice de refracción: 1,52.
- Transmisión térmica: 5,8 W/m²°C.

- Transmisión de luz visible: vidrio de 6mm entre 75% y 85% para vidrio claro. El color que se obtenga del vidrio y el efecto de irisación modificar este factor de manera drástica y, por ende, los porcentajes.
- Transmisión de luz infrarroja: es claro para los rayos infrarrojos de longitud de onda corta y opaco para rayos infrarrojos de longitud de onda larga.
- **Vidrio Plomado:** se hace un cambio del Cal (óxido de calcio) y óxido de sodio por óxido de plomo y óxido de potasio, correspondientemente. Teniendo en cuenta que las propiedades del plomo hacen que se disminuya la temperatura de fusión, la dureza y la refracción, este tipo de vidrio se convierte en un excelente aislante eléctrico y resistente a altas temperaturas.
- **Vidrio Borosilicato:** es un vidrio sodo-cálcico que contiene un mínimo de 5% de óxido bórico que contiene una mayor resistencia a los cambios térmicos y a la corrosión química. Con estas propiedades se hace indispensable su presencia para la industria química, laboratorios, farmacia y elementos de cocina.
- **Vidrios especiales:** actualmente en la industria vidriera se cuentan con vidrios elaborados con diferentes compuestos y elementos que ofrecerán unas propiedades diferentes, como por ejemplo al choque término y químico encontrado en el vidrio aluminio-silicato, que tiene una fabricación completa y un costo de fabricación mucho más elevado.

Adicional a su composición, el vidrio cuando es plano se clasifica según la composición nombrada anteriormente y su forma de fabricación. Tales como:

- **Vidrio Templado:** vidrio Fabricado en este caso por, vidrios de seguridad TEMPLUS S.A.S., que se rige bajo la resolución 0934 de 2008 “Reglamento técnico para acristalamientos de seguridad resistentes a las balas para uso en vehículos automotores y remosques, tanto de fabricación nacional como importados, para su comercialización en Colombia”[6]. El cual consiste en un tratamiento térmico realizado al vidrio después de un calentamiento por encima de temperatura de transición vítrea, se le aplica aire a alta presión para lograr un enfriado rápido. Este tratamiento térmico genera una alta tensión interna, haciendo que las propiedades mecánicas y choque térmico aumenten.

- **Vidrio termoendurecido:** su proceso es similar al del vidrio templado, sin embargo, para este vidrio no es necesario elevar tanto la temperatura y si bien su enfriado tiene que ser rápido, se realiza con aire con media-baja presión. Este tipo de tratamiento hace que el vidrio tenga una ligera tensión interna, lo que genera fragmentos grandes al momento de rompimiento.
- **Vidrio Recocido:** es un vidrio flotado sin laminado ni tratamiento térmico. Sus aplicaciones son limitadas ya que al no tener tensiones internas medias o altas, no puede ser un vidrio de seguridad. Sin embargo, es un vidrio que se puede mecanizar.
- **Vidrio laminado:** se ubica un plástico polivinibutiral o PVB en medio de dos láminas de vidrio que, mediante calor y presión, se convierte en un vidrio de seguridad debido a que los vidrios siempre permanecen adheridos al plástico, incluso en caso de romperse.
- **Vidrio doble acristalado:** para reducción térmica de aire, se colocan dos o más hojas de láminas de vidrio sellados de manera externa con un espaciador, para así, formar una cámara entre ellos.
- **Vidrios serigrafiados:** para rotulación, impresión de imágenes, ocultar tuberías, fachadas de edificios y bordes de panorámicas automotrices. Cualquiera de los vidrios anteriormente nombrados, se les aplica una capa de serigrafía.

En la empresa vidrios de seguridad TEMPLUS S.A.S. se fabrican vidrios bajo pedido y se busca mantener un stock de vidrios templados de carrocerías comunes, principalmente en la ciudad de Medellín.

Figura 8.

Bodega de stock para TEMPLUS S.A.S.



Nota. Imagen de bodegas de stock de TEMPLUS S.A.S.,
Tomado de: bodegas de stock de TEMPLUS S.A.S.

1.1.2. Estudio de tiempos actual para el proceso de fabricación de vidrio

templado

Inicialmente, el estudio de tiempos determinado para el proceso de fabricación de cada vidrio desde el corte del proceso hasta la finalización del vidrio instalado es entre 45 a 60 minutos, dependiendo de las dimensiones del vidrio a fabricar e instalar. Por otro lado, contemplando únicamente el proceso de fabricación de vidrio templado está entre 37 a 40 minutos para un vidrio de máximas dimensiones.

1.1.2.a. Descripción de actividades del proceso de producción. Con el fin de obtener un análisis de tiempos correctos para el proceso de producción de vidrio templado es clave identificar y nombrar cada una de las etapas:

- Etapa 1: Limpieza previa del vidrio a templar.

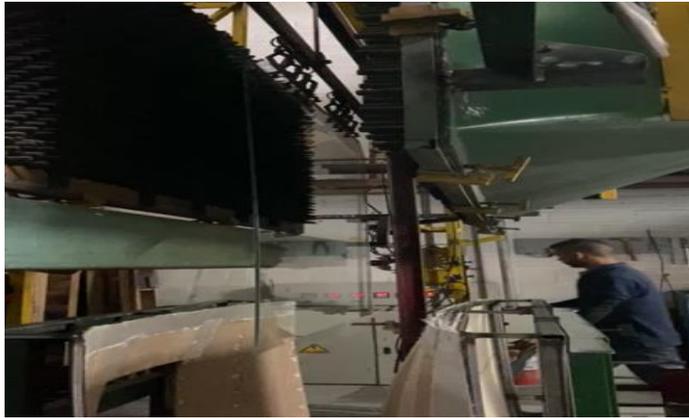
En esta etapa interviene un solo operario el cual coloca un vidrio en una mesa de corte donde con moldes en cartón de las carrocerías comunes, según las dimensiones de cada una. Teniendo una tolerancia entre $-0 \text{ mm} +2\text{mm}$. Es necesario tener cuidado en esta etapa, debido a que la lámina de vidrio está sin ningún tratamiento térmico y puede generar cortes.

- Etapa 2: Montado de vidrio en las pinzas soportadas en la guía horizontal.

Luego de la etapa de corte, dos operarios transportan la lámina de vidrio a la máquina de templado teniendo cuidado de generarle golpes o vibraciones que puedan debilitar su estructura y posteriormente un rompimiento del vidrio en cualquiera de las otras etapas. Allí, se sujetan con pinzas desde el lado de mayor longitud con el fin de tener más área de sujeción.

Figura 9.

Montado de vidrio en pinzas soportadoras en guía horizontal.



Nota. Fotografía de vidrio en las pinzas de sujeción para empezar proceso de templado, Tomado de: Fotografía de montaje de vidrio en pinzas soportadoras en guía horizontal.

- Etapa 3: Movimiento de manivela para descenso del vidrio al horno.

El operario (hornero), realiza el desbloqueo de la manivela para el movimiento del vidrio, teniendo en cuenta que es una manivela que solo tiene desplazamiento manual por el operario. Teniendo en cuenta que este mecanismo es de doble piñón para disminuir la fuerza que necesita hacer el operario para el desplazamiento del vidrio.

Figura 10.

Desplazamiento del vidrio hacia el horno.



Nota. Fotografía de descenso del vidrio para el inicio de proceso de templado para elevar la temperatura al vidrio, Tomado de: Fotografía de descenso del vidrio para el inicio de proceso de templado para elevar la temperatura al vidrio.

- Etapa 4: Ingreso de vidrio al horno, cierre de tapa del horno y permanencia hasta lograr temperatura esperada.

En esta etapa el operario ingresa el vidrio al horno que se encuentra ya previamente calentado a una temperatura entre 620°C a 700°C. El operario hace el bloqueo de la manivela y posteriormente de manera manual hace el cierre de la tapa del horno. En este punto el vidrio permanece en el horno hasta alcanzar la temperatura de transición vítrea, que está comprendida entre la temperatura promedio del horno.

Figura 11.

Proceso de incremento de temperatura de lámina de vidrio



Nota. Fotografía del vidrio en el proceso de incremento de temperatura dentro de horno vertical por medio de las resistencias, Tomado de: Fotografía proceso de fabricación de vidrio templado.

- Etapa 5: Apertura de horno, ascenso de vidrio con la manivela al punto de moldeado.

Una vez alcanzada la temperatura esperada del vidrio, el operario hace la apertura del horno, desbloqueo de manivela y ascenso de manera manual a la etapa de moldeo, donde se hace nuevamente un bloqueo de la manivela.

Figura 12.

Ascenso de vidrio para etapa de moldeo del vidrio curvo



Nota. Ascenso de vidrio para etapa de moldeo del vidrio curvo, con moldes fabricados en madera para evitar adherencias del vidrio y una curvatura sin imperfecciones. Tomado de: Ascenso de vidrio para etapa de moldeo.

- Etapa 6: Bloqueo de manivela en la etapa de moldeo, cierre manual de mecanismo que cargan los moldes para curvatura deseada del vidrio.

En esta etapa, el operario hace cierre y presión durante unos pocos segundos para lograr la curvatura deseada del vidrio. En este punto se hace mediante un mecanismo que garantiza que la presión se hace de manera uniforme.

Figura 13.

Proceso de moldeo de vidrio a alta temperatura



Nota. Moldeo de vidrio mediante moldes de madera para conseguir curvatura deseada mediante un mecanismo manual donde interviene un operario. Tomado de: Moldeo de vidrio.

- Etapa 7: Apertura de mecanismo de moldes, desbloqueo de manivela y ascenso a cámara de soplado.

El operario suelta el mecanismo de moldes, desbloquea la manivela y finalmente hace el ascenso por medio de esta, del vidrio a la cámara de soplado.

Figura 14.

Ascenso del vidrio a la cámara de soplado.



Nota. Ascenso de vidrio a alta temperatura y después de moldeado a la cámara de soplado. Tomado de: Fotografía ascenso de vidrio.

- Etapa 8: Bloqueo de manivela, movimiento de tolva por rompimiento preventivo de vidrio y enfriado rápido del vidrio en la cámara de soplado.

En esta etapa el operario hace el bloqueo de la manivela en la cámara de soplado, donde es el mismo operario activa la turbina de soplado de alta presión y mantiene allí el vidrio para su enfriado rápido.

Figura 15.

*Vidrio en etapa de enfriado rápido
en la cámara de soplado*



Nota. Proceso de enfriado del vidrio en la cámara de soplado, donde por medio de una cúpula conectada a una tubería de turbina de soplado de alta presión. Tomado de: Fotografía vidrio en etapa de enfriado.

- Etapa 9: Desbloqueo de manivela, descenso de vidrio a altura de desmonte.

El operario hace el descenso del vidrio de la cámara de soplado para dirigirlo a altura de desmonte, dando por terminado el proceso de fabricación de templado de vidrio.

- Etapa 10: Bloqueo de manivela y desmontado de vidrio templado.

El operario, hace bloqueo de la manivela, sin embargo, para esta etapa es necesaria la intervención de 2 operarios si el tamaño del vidrio es considerable (En el ámbito automotriz, para vidrios panorámicos) y se hace el traslado del vidrio del horno vertical a la carrocería que necesita el producto final.

- Etapa 11: Instalación del producto final.

Un operario, hace la instalación del vidrio templado en la carrocería.

Figura 16.

Instalación de vidrio de seguridad templado automotriz.

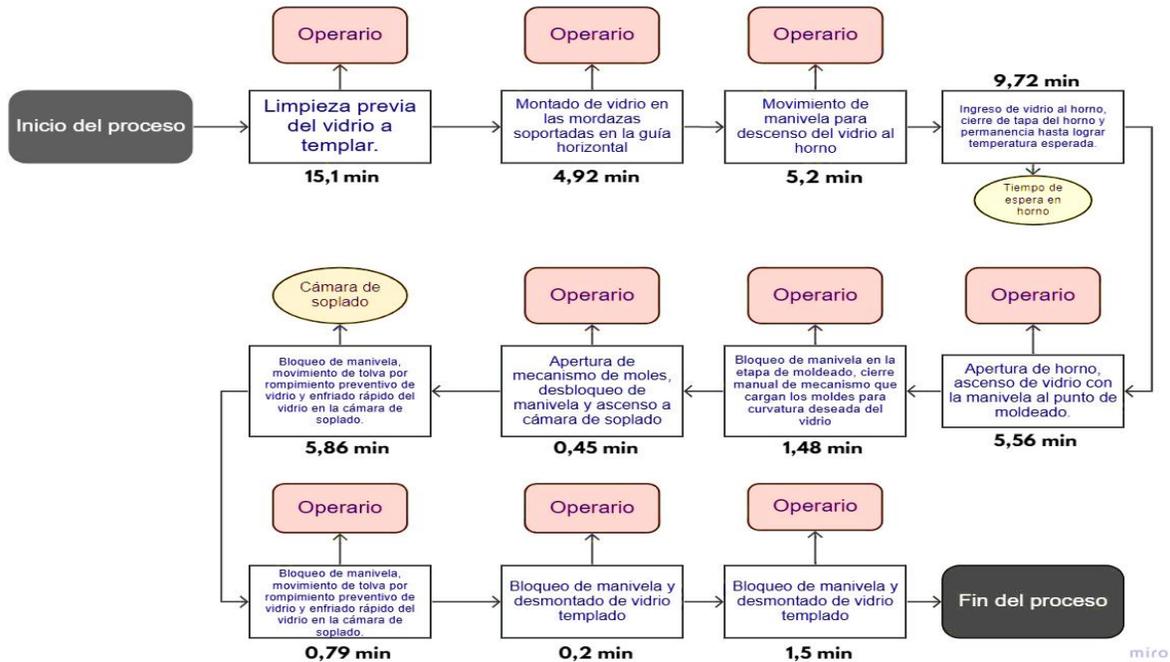


Nota. Instalación del vidrio templado de seguridad para carrocerías. Tomado de: Fotografía Instalación vidrio templado.

A continuación, se nombran las etapas mediante un diagrama de flujo y donde se menciona las etapas donde intervienen operarios o hay otra intervención adicional.

Figura 17.

Proceso de templado de vidrio explicado en cada una de las etapas que se llevan a cabo actualmente.



Nota. Proceso de templado de vidrio, explicado en cada una de sus etapas e intervención principal en cada etapa. Tomado de: Grafico de proceso de vidrio templado, cada una de sus etapas como su intervención principal.

1.1.3. Estado actual de maquinaria para templado de vidrio

La maquinaria actual de fabricación de vidrio templado cuenta con puntos clave como:

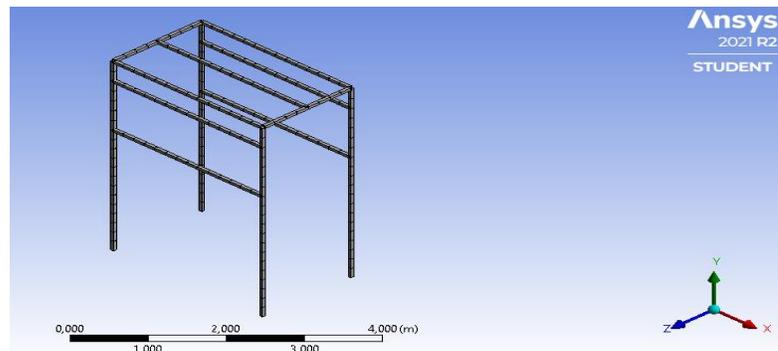
Base estructural con 4 anclajes al suelo, sujetados por medio de uniones roscadas que asegurará una sujeción correcta de la estructura al suelo. La estructura en el resto de sus uniones cuenta con soldaduras, las cuales no requieren ninguna intervención en mantenimiento ya que aún figuran en condiciones adecuadas para continuar con la operación.

Como se muestra a continuación, en la Figura 18, se observa por medio de una vista isométrica la estructura que es el elemento más importante para poder desarrollar el sistema semiautomático, ya que, contiene soporta todo el mecanismo de desplazamiento

del vidrio, soporta a sus costados las dos tolvas ubicadas de manera horizontal y los rieles para el mecanismo de recolección de vidrio roto. Esta base estructural es realizada con 4 columnas y 5 vigas, todas de perfil 50x50 mm, fabricadas con acero estructural.

Figura 18.

Vista Isométrica de base estructural de máquina templadora de vidrio.



Nota. Vista isométrica de estructura que rodea la máquina de templado de vidrio, teniendo unos puntos de apoyo del vidrio en la parte superior para ascenso y descenso del vidrio y cuatro puntos de apoyo a la cámara de soplado del vidrio. Tomado de: Ansys 2021 R2 vista de vidrio templado.

Como se mencionó, la empresa tiene una capacidad de producción de aproximada 85 toneladas diarias de vidrio templado, lo que hace que se realicen inspecciones mensuales de los mecanismos que se pretenden automatizar, verificando soldaduras, pernos, puntos de rotación y rieles correctamente lubricados.

En la actualidad, la empresa no ha presentado daños o avería en alguno de estos mecanismos, debido al continuo seguimiento y mantenimiento preventivo realizado.

1.1.4. Características actuales para diseño

Es relevante conocer las condiciones actuales que tiene la máquina para la fabricación del vidrio templado para tener un punto de partida, el cual se convierta para nosotros en

parámetros de diseño conceptual del sistema semiautomático y así proponer una posible solución al problema planteado. Los parámetros definidos son:

- Variables iniciales

Las variables iniciales para tener en cuenta es el valor numérico de la gravedad y la densidad del vidrio templado, que continúa siendo la misma que el vidrio crudo.

Tabla 1.

Variables estándar para tener en cuenta para diseño

VARIABLES	
Gravedad (m/s ²)	Densidad Vidrio (kg/m ³)
9,81	2500

Nota. Valores ya determinados como la gravedad de la tierra y densidad de vidrio templado. Tomado de: Tabla de variables

- Dimensiones del vidrio:

Para este parámetro tomaremos las dimensiones máximas de vidrio fabricado por la empresa, teniendo en cuenta que las longitudes máximas permitidas por el horno son de 1,12m de ancho por 2m de largo y que la tolerancia permisible será de -0mm + 2mm contemplando las curvaturas deseadas en algunos vidrios.

Tabla 2.

Dimensiones máximas para vidrio templado

DIMENSIONES MÁXIMAS		
Espesor (m)	Ancho (m)	Largo (m)
0,004 a 0,008	1,12	2

Nota. Se muestran las dimensiones máximas de vidrios fabricados por la empresa para carrocerías. Tomado de: Dimensiones máximas para vidrios templados

- Carga máxima soportada por la estructura:

Es necesario conocer las dimensiones básicas del vidrio fabricado como el largo, ancho, espesor y densidad para de esta manera determinar la carga máxima que está soportando la estructura, teniendo en cuenta que el valor numérico de la gravedad será un punto clave para poder hallar el peso de cada lámina de vidrio templado.

Tabla 3.

Variables determinadas por el vidrio en fabricación

Espesores (m)	Volumen (m³)	Masa (Kg)	Peso (N)
0,002	0,00448	11,20	109,872
0,0025	0,0056	14,00	137,34
0,003	0,00672	16,80	164,808
0,005	0,0112	28,00	274,68
0,006	0,01344	33,60	329,616
0,0065	0,01456	36,40	357,084
0,007	0,01568	39,20	384,552
0,0075	0,0168	42,00	412,02
0,008	0,01792	44,80	439,488

Nota. Dimensiones especificadas por el fabricante para vidrios templados.

Tomado de: Tabla de variables determinadas por el vidrio de fabricación.

Según los datos anteriormente mostrados podemos identificar ya variables de entrada para la carga que actualmente está teniendo la maquinaria para el proceso de templado de vidrio, ya que estas dimensiones son las especificadas por la empresa vidrios de seguridad TEMPLUS S.A.S.

Con las dimensiones máximas brindadas (ver tabla 1) y los espesores nombrados se hizo inicialmente el cálculo del volumen. Siguiendo a esto utilizamos el despeje de la fórmula de densidad para encontrar la masa del vidrio.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde;

ρ =Densidad

m = Masa

v = Volumen

Por último, se multiplicó la masa hallada con el valor de la gravedad (Ver tabla 2) para identificar el valor del peso en Newtons (N).

A continuación, se mencionarán las dimensiones máximas para encontrar el peso máximo soportado por la estructura en el proceso de fabricación:

Espesor = 0.008 m

Ancho = 1,12 m

Largo = 2 m

Volumen = 0.048 m^3

Masa= 44,8 Kg

Peso= 439,5 N

Conociendo el dato máximo de peso que soporta la estructura y adicional la guaya que es de acero de 1/16", cuenta con una resistencia a la ruptura de 150 Kg.

El vidrio de más altas dimensiones tiene un peso de 439,5 N, lo que plantea como parámetro, el diseño del sistema semiautomático para la tolva de recolección de vidrio roto en la parte inferior de soplado del vidrio, que pueda soportar este peso y no sufrir más adelante deflexiones o daños en el mecanismo. Sin embargo, se estima el peso de la guía horizontal y la guaya, teniendo como peso promedio de 635 N.

- Temperaturas máximas para el horno.

Debido a la necesidad de que el vidrio alcance su dominio visco-elástico por medio de un horno vertical que cuenta con resistencias eléctricas que tiene un cierre semi-hermético. El horno, alcanza unas temperaturas entre 620 °C a 700°C, por lo tanto, este será otra variable a tener en cuenta para el diseño del sistema semiautomático.

- Peso de las tolvas de la cámara de soplado compuesta por un rectángulo y un prisma recto.

Rectángulo: 980 mm Alto x 2300 mm Largo x 900 mm de ancho.

Prisma recto ubicado horizontalmente: B= 2300 mm x b= 1000 x 500 mm Alto x 1000 mm Largo.

Teniendo en cuenta que cada una de las voltas tiene un volumen de 0.067 m³ debido a que es una figura tipo prisma recto hueco que cuenta con un espesor de 3×10^{-4} m, y que está fabricado con acero estructural de densidad $7850 \frac{Kg}{m^3}$, por lo tanto, tiene una masa de 525,95 Kg y un peso de 5159,57 N.

- Peso de tolva de recolección de vidrio roto.

Prisma recto: B= 600 mm x b= 290 x 200 mm Alto x 2100 mm Largo.

Para este punto es importante contemplar las dimensiones de la tolva para poder obtener el peso que soportan las vigas guía que se encuentran en la estructura. El volumen de la tolva es de 0,01 m³ y también se encuentra fabricado con acero estructural, por lo tanto, la masa de la tolva de recolección es de 86,35 kg y un peso de 847,1 N. Adicionando a este peso, el peso del vidrio, la fuerza soportada por las guías será de 1288,5 N.

La carga total aproximada soportada por la estructura será de 7083,1 N.

1.2. Mediciones a maquinaria de operación para proceso de fabricación de vidrio templado

1.2.1. Dimensiones de máquina de templado

Para el proceso de medición, fue clave destacar que elementos de la máquina es funcional para modificar o añadir parte del sistema semiautomático. Estas medidas fueron tomadas en milímetros.

La estructura está fabricada con acero estructural ASTM A36 [7] el cual tiene las siguientes propiedades físicas:

Tabla 4.

Datos del acero estructural que soporta el proceso de templado de vidrio.

Densidad (Kg/m ³)	7850
Módulo de Young (GPa)	200
Coefficiente de Poisson	0.26
Límite elástico (MPa)	250
Tensión a la rotura (MPa)	400

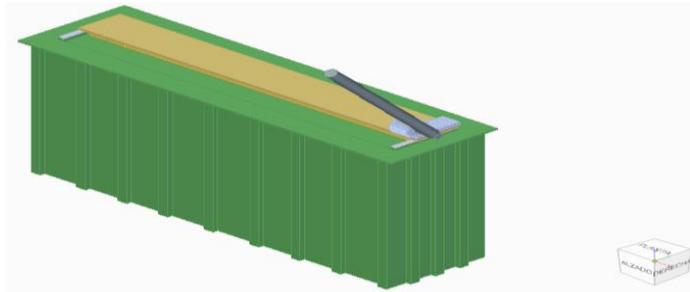
Nota. Propiedades mecánicas del acero estructural con el que está elaborado la estructura de la máquina templadora de vidrio. Tomado de: Página Web Grados material mundial. [En línea] Disponible: <https://cutt.ly/XGAwEWz> [Acceso:Jul,25.2021].

La estructura tiene un alto de 3800 mm, y un ancho de 2700mm, con uniones soldadas, donde como se mencionó anteriormente, está conformada por 4 columnas empotradas en el suelo y 6 vigas de perfil cuadrado de 50 mm x 50 mm, 2 vigas tipo canal en U de 80 mm x 50mm de 8 mm de espesor, para los rieles de la tolva y la viga (travesaño) de 25mm x 100mm, que soporta dos poleas y todo mecanismo de movimiento.

Posteriormente, en la Figura 19, se muestra modelado el mecanismo de cierre de tapas de horno por medio del software Solid Edge, de accionamiento manual, por medio de una palanca conectada a un mecanismo piñón cremallera y su movimiento es dado por guías deslizantes en acero

Figura 19.

Vista isométrica de modelado cierre de tapa de horno en Solid Edge

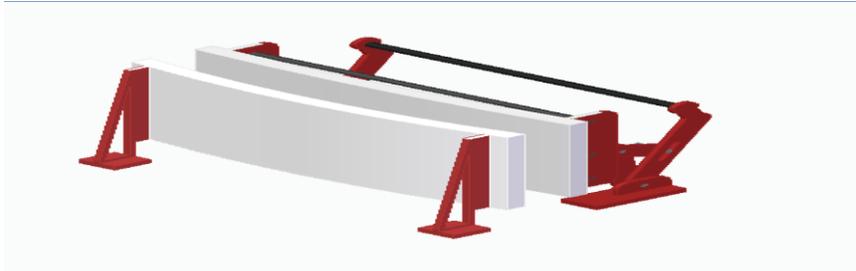


Nota. Modelado en Solid Edge de mecanismo manual de cierre de tapa del horno. Tomado de: vista isométrica de modelado Solid Edge.

Posteriormente, en la Figura 20, se muestra en vista isométrica, el modelado el mecanismo de cierre de tapas de horno por medio del software Solid Edge, en el cual, en el segundo capítulo se realizará un estudio del mecanismo que presenta una fuerza horizontal en sentido negativo en el eje x.

Figura 20.

Vista isométrica de modelado moldes en Solid Edge

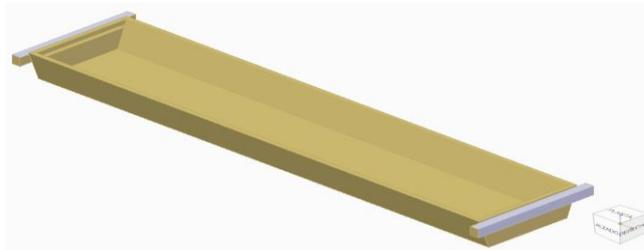


Nota. Modelado en Solid Edge de mecanismo manual de cierre de moldes. Tomado de: Vista isométrica de modelado Solid Edge.

Por último, en la Figura 21 se muestra el modelado realizado para el mecanismo de desplazamiento horizontal para la tolva de recolección de vidrio roto. Este mecanismo se acciona de manera manual y se desliza por medio de dos vigas en U ubicadas en los laterales de la estructura y con una orientación correspondiente para lograr el deslizamiento de la bandeja.

Figura 21.

Vista isométrica de modelado desplazamiento de tolva recolectora de vidrio roto, modelado en Solid Edge.



Nota. Modelado en Solid Edge de mecanismo manual corredizo de la tolva de recolección de vidrio roto. Tomado de: Modelado en Solid Edge.

1.2.2. Fases de fabricación de vidrio templado donde se requiere la automatización

Según los análisis realizados a todo el proceso de fabricación de vidrio templado, se identificaron puntos importantes donde se requiere que se automatice el sistema, para atacar puntos críticos, tales como:

- Manivela manual de ascenso y descenso del vidrio en proceso de fabricación.
- Apertura y cierre tapa de horno.
- Apertura y cierre de moldes de madera para curvado de vidrio.
- Desplazamiento de tolva para recolección de vidrio por posible rompimiento de vidrio.

2. EVALUAR LAS POSIBLES ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Para la automatización del proceso de templado, se evalúan las alternativas posibles para seleccionar la mejor opción según criterios de ingeniería.

2.2. Planteamiento de alternativas

En el anterior capítulo se revisaron todas las variables de entrada y salida que se tendrán como parámetros fundamentales para el diseño conceptual del sistema semiautomático en los puntos críticos que necesitan

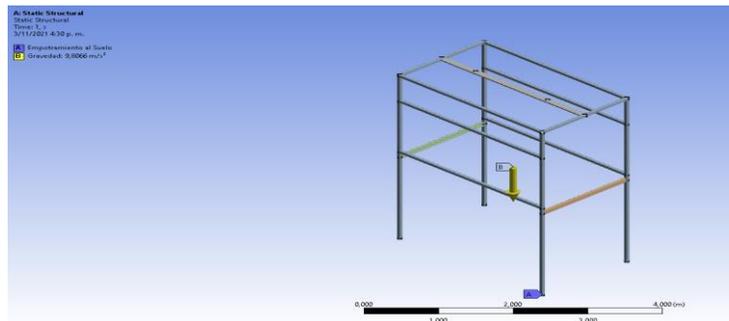
2.3. Parámetros de diseño

2.3.1. Análisis Estructura

En la Figura 22 se definen las restricciones de movimiento que tiene la estructura de la máquina de templado, teniendo en cuenta que en la base tiene cuatro apoyos que están anclados al suelo.

Figura 22.

Restricciones de apoyos fijos en el conjunto simulado en Ansys



Nota. Modelado de donde se visualiza por medio de Ansys las restricciones de los 4 apoyos que están empotrados al suelo de la estructura de la máquina de templado. Tomado de: restricciones de apoyos fijos.

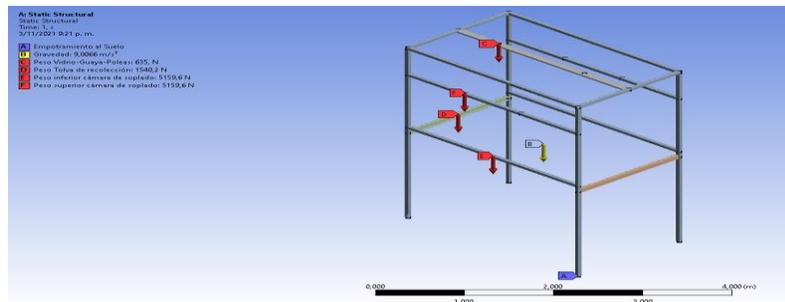
Fuerzas soportadas por la estructura

Se ha realizado un análisis estático de la estructura donde se analizan 2 secciones importantes. La primera, es la restricción en los 4 puntos de anclaje al suelo de la estructura. Segundo, fuerzas aplicadas en las vigas superiores por las cargas, que son:

- Carga en las poleas: Debido a que para el ascenso y el descenso del vidrio actualmente se utiliza un arreglo de 2 poleas fijas sujetadas a la viga superior, se establecen como cargas puntuales del peso soportado por la tensión de la guaya en ambos puntos, con una carga de 635 N en cada punto.
- Carga en vigas laterales horizontales: Teniendo en cuenta que se tienen dos tolvas para el soplado, que el peso de las dos es igual y que ambas están soportadas en dos puntos a dos vigas distintas en la estructura, se tienen 4 cargas puntuales de 5159,6 N.
- Carga en correderas laterales para tolva de recolección: Adicionando el peso del vidrio a una tolva cargada de un vidrio roto con máximas dimensiones, dando un peso total de 1540,2 N.

Figura 23.

Fuerzas aplicadas en la estructura simulado en Ansys

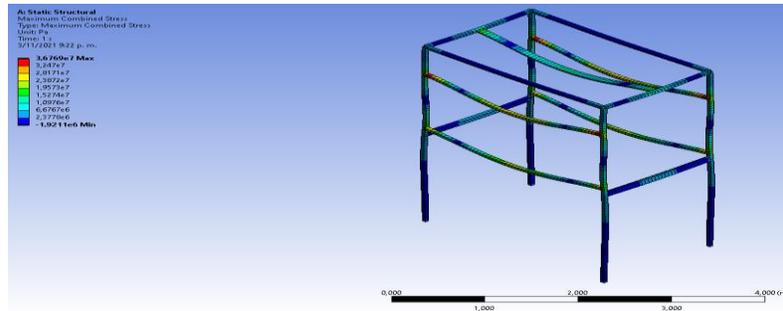


Nota. Modelado de elaboración propia donde se visualiza por medio de Ansys las fuerzas aplicadas a la estructura. Tomado de: fuerzas aplicadas en la estructura.

En la figura 24, se calcula por medio de software Ansys, el esfuerzo de Von Mises, con el cual se calcula el factor de seguridad de la estructura. Según la simulación tenemos un valor de 37,8 MPa.

Figura 24.

Esfuerzo de Von Mises como carga combinada máxima de la estructura.



Nota. Modelado de elaboración propia donde se visualiza por medio de Ansys esfuerzo de Von Mises de la estructura. Tomado de: Esfuerzo de Von Mises.

Donde el factor de seguridad será:

$$F.S. = \frac{\delta Y}{\delta VM} = \frac{250 MPa}{36,8 MPa} = 6,79$$

Con un factor de seguridad de 6,8 se cumple la normal ASTM de factores de seguridad para estructuras metálicas que veremos en la tabla 5.

Tabla 5.

Tabla de factores de seguridad. Valores mínimos recomendados [8].

Tipo o clase de carga	Acero, Metales Dúctiles		Hierro fundido, metales frágiles	Madera de construcción
	Basado en la resistencia máxima	Basado en la resistencia de fluencia.	Basado en la resistencia máxima	
Carga muerta o carga variable bajo análisis por fatiga.	3 a 4	1.5 a 2	5 a 6	7

Nota. Tabla con valores de factores de seguridad para diferentes materiales, según el tipo de carga. Tomado de: Tabla de factores de seguridad.

2.3.2. Análisis mecanismo de cierre de tapas de Horno

La forma de sellado del horno cuenta con los siguientes elementos:

- Tapa de acero estructural, de 233,33 mm de ancho, 1900 mm de largo y 25mm de alto.
- Rieles de guía en u de 30 mm de espesor, con redondeos de 5 mm, ancladas a estructura del horno y fabricadas en acero.
- Mecanismo piñón-cremallera,
- Piñón de 120 mm de diámetro primitivo. Donde, se obtuvo de la siguiente fórmula $d = m \times Z$, donde m es el módulo y Z el número de dientes.
 - 20 dientes
 - $M = 6$
 - Diámetro interior de 40mm
 - Velocidad de 7 cm/s.
 - Cremallera de paso de 18,86 mm.
 - Coeficiente de fricción $\mu = 0,5mm$
- Palanca de accionamiento de 1000 mm de largo.

Peso de la tapa

Según las dimensiones tomadas, se obtiene el volumen:

$$V = L1 \times L2 \times L3$$

$$V = 233,33 \text{ mm} \times 1900 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}$$

$$V = 11,08 \times 10^6 \text{ mm}^3 = 0,011 \text{ m}^3$$

Masa de la tapa:

$$m = \rho \times V$$

$$m = 7850 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 0,011 \text{ m}^3$$

$$m = 86,35 \text{ Kg}$$

Peso de la tapa:

$$W = m \times a$$

$$W = 86,35 \text{ Kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W = 847,1 \text{ N}$$

Teniendo en cuenta el peso de la tapa fabricada en acero, y que los rieles también se encuentran fabricados en dicho material, es importante conocer el valor del coeficiente de fricción de ambos materiales, ya que, para el estudio es importante contemplar esta resistencia al movimiento relativo entre los dos materiales.

Tabla 6.

Tabla de coeficientes de fricción materiales en contacto [9]

Materiales de contacto	Coefficiente Rozamiento Estático	Coefficiente Rozamiento Dinámico
Acero – Acero	0,15	0,09

Nota. Tabla de contacto de materiales, según su coeficiente de fricción. Tomado de: Tabla de coeficientes de fricción materiales de contacto.

Como la tapa se encuentra en desplazamiento, y se está contemplando una fuerza de fricción como se muestra en la Figura 25, se halla la fuerza de fricción que se está ejerciendo, con la siguiente ecuación.

$$Fr = \mu * N$$

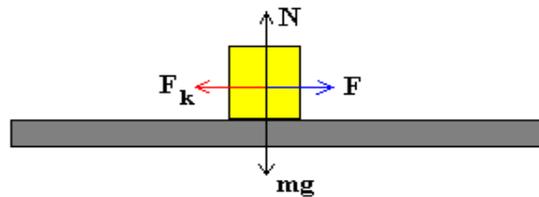
Inicialmente, como no se conoce el valor del peso Normal, se realizan sumatorias en cada eje para conocer su valor y se obtiene.

$$Fr = 0.09 * 847,1$$

$$Fr = 76,27 \text{ N}$$

Figura 25.

Rozamiento por desplazamiento



Nota. Representación rozamiento por desplazamiento de tapa sobre canales deslizantes del horno. Tomado de: Rozamiento por desplazamiento [En línea] Disponible: <https://cutt.ly/8GAydK9> [Acceso: Jul,25,2021]

Con el valor de la fuerza de rozamiento, la normal y el peso de la tapa, queda como incógnita la fuerza que debe ejercer el operario en la palanca para lograr el desplazamiento de esta.

$$\sum Fx = 0$$

$$F - Fr = 0$$

$$F = 76,27 \text{ N}$$

La fuerza que se realiza a la tapa para desplazarse es de 76,27 N, por lo tanto, el torque generado está dado por:

$$\tau = F * r$$

$$\tau = 76,27 \text{ N} * 0,546 \text{ m}$$

$$\tau = 41,64 \text{ Nm}$$

La velocidad con la que se desplaza la cremallera es de 196 cm/s, por lo tanto:

$$V = N * \frac{Z}{n}$$

Donde,

$V =$ velocidad de avance del piñón.

$Z =$ número de dientes

$n =$ número de dientes por centímetro de cremallera

Por lo tanto, se obtiene:

$$196 \frac{\text{cm}}{\text{s}} = N * \frac{20}{1}$$

$$N = 196 \frac{\text{cm}}{\text{s}} * \frac{1}{20}$$

$$N = 9,8 \text{ RPM}$$

La potencia para el motor requerido está determinada por:

$$Pot = \frac{2 * \pi * N}{60}$$

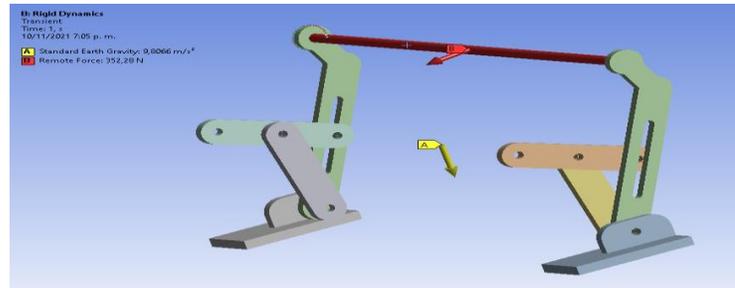
$$Pot = 7,9 \text{ [W]}$$

2.3.3. Análisis mecanismo de cierre de moldes

Para lograr hacer un curvado del vidrio se requieren dos elementos. El primero son moldes de manera según la curvatura deseada para el vidrio y segundo, un mecanismo de cierre de moldes. Debido a la temperatura, el vidrio se encuentra en estado visco-elástico y por ello es necesaria una fuerza mínima de 150 N, contemplando la aceleración de 10 m/s² de cierre de mecanismo. En la Figura 28 se muestra las fuerzas aplicadas al mecanismo, y contemplando que la fuerza aplicada por el operario es de 340N, que simuladas por medio de la herramienta Ansys 2021 R2, se tomarán de 352,28N.

Figura 26.

Análisis de fuerzas por herramienta Ansys a mecanismo de moldes.

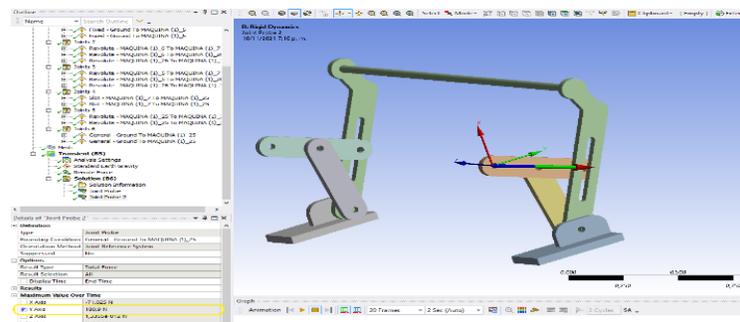


Nota. Simuladas por medio del software Ansys 2021 R2. Tomado de: Análisis de fuerzas.

Teniendo en cuenta el análisis realizado, como se muestra en la Figura 27, se determina que la fuerza soportada por el mecanismo donde se conectan los moldes, cuyo valor es de 180,9 N que será la fuerza que el mecanismo seleccionado deberá ejercer sobre el molde.

Figura 27.

Análisis de fuerzas por herramienta Ansys a mecanismo de moldes.



Nota. Simuladas por medio del software Ansys 2021 R2. Tomado de: Análisis de fuerzas por herramientas

2.3.4. Análisis estructura tolva de recolección

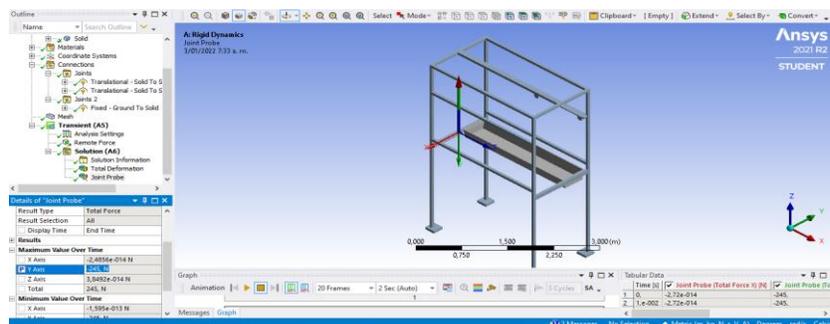
La tolva de recolección funciona como bandeja para recolectar todo el vidrio roto que puede romperse en la cámara de soplado cuando se está enfriando el vidrio. La tolva, cuenta con los siguientes datos:

- Geometría de prisma recto con las dimensiones: 500 mm lado ancho mayor x 400 mm lado ancho menor x 2380 mm de largo x 200 mm de alto.
- Desplazamiento horizontal de 0.25 m.
- Fabricado con acero estructural
- Coeficiente de fricción acero-acero $\mu = 0,09$.
- Canales de 50 mm ancho x 80 mm de alto, con una ranura de 60 mm donde se desplaza la tolva.
- Peso máximo soportado de vidrio roto $W = 45 Kg$.
- Peso total de bandeja sin vidrio 86,35 kg y un peso de 847,1 N.
- Peso total bandeja con vidrio 131,4 y soportado por las guías será de 1288,5 N.

Para este caso de análisis se van a hacer los cálculos con los pesos máximos y fue simulado por medio de Ansys 2021 R2, donde, nos la Figura 30, nos muestra que la fuerza necesaria para hacer el desplazamiento de la tolva es de 245 N.

Figura 28.

Simulación por dinámica rígida en Ansys Workbench 2021 R2.



Nota. Simulación de mecanismo deslizante de la tolva en las dos vigas guías, teniendo en cuenta la fricción, la aceleración gravitacional y el peso máximo del vidrio. Tomado de: Simulación por dinámica rígida.

2.4. Planteamiento de alternativas propuestas para diseño

2.4.1. Planteamiento de alternativas

- **Parámetros de diseño**

- Guaya de ascenso y descenso de 1/16" en acero, soportando un peso de 150Kg para un vidrio de dimensiones de 1,12 metros de largo x 2 metros de ancho y 0.008 m de espesor.
- Tapas de horno bidireccionales de 30 cm.
- Mecanismos de cierre para moldes que ejerce una fuerza de 20Kgf.
- Tolda de desplazamiento horizontal de 500 milímetros.

Alternativas para la automatización de partes

- **Alternativas para manivela de desplazamiento vertical del vidrio.**

En la fase inicial se deben plantear las alternativas adecuadas para el ascenso y descenso de vidrio, que soporte el peso máximo de 150 Kg y adicionalmente que nos asegure un movimiento que no sea brusco con el vidrio y que nos pueda implicar un posible rompimiento.

Malacate eléctrico

Teniendo en cuenta que el peso máximo a soportar debe ser de 150 Kg, se verificó que el malacate adecuado para este caso de uso es fabricado por la empresa ProWinch, que es un fabricante ubicado en la mayor cantidad de países hispanos y Estados Unidos. El malacate eléctrico adecuado es el "Winch Malacate 200 Kg Light Duty 110~120V 60HZ 1 Phase" [7].

Figura 29.

Malacate eléctrico



Nota. Malacate eléctrico convencional. [En línea] Disponible: <https://cutt.ly/pGAioMT> [Acceso: Jul,25,2021]

Malacate diésel

De acuerdo con la tarea de elevación, esta máquina es adecuada para el movimiento de objetos de forma horizontal y vertical. Es muy utilizado en la minería dentro o fuera de las minas debido a que ofrece una solución personalizada en cada requerimiento [7].

Figura 30.

Malacate diésel



Nota. Malacate diésel de gran tamaño. [En línea], Disponible: <https://cutt.ly/KGApqFz>, [Acceso: Jul,25,2021]

- **Alternativas de sistemas de desplazamiento lineal**

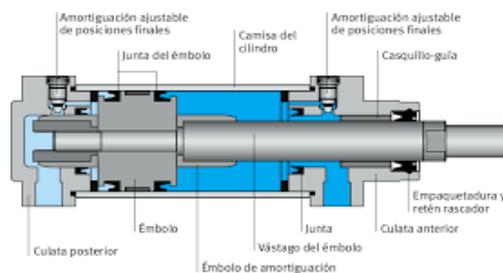
Para movilizar la tapa del horno, la tolva y otros elementos que conforman la estructura del horno se hace necesario utilizar mecanismos para el desplazamiento lineal, como los siguientes:

Actuador neumático con doble efecto

Para este caso, solo se tiene en cuenta el movimiento lineal de este dispositivo, el cual se obtiene mediante dos cilindros de émbolos. En este caso, son aplicables los cilindros de doble efecto en el que se permite la entrada de aire y se produce trabado de salida y retroceso [8].

Figura 31.

Actuador neumático de doble efecto



Nota. Actuador neumático. [En línea]

Disponible: <https://cutt.ly/sGApQrq>

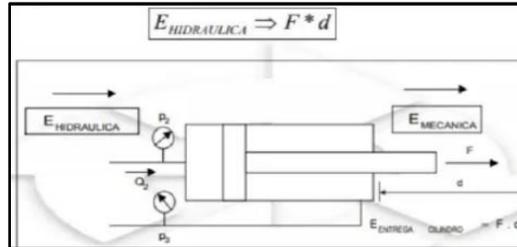
[Acceso: Jul,25,2021]

Actuador hidráulico de doble efecto

En este dispositivo la energía hidráulica se transforma en energía mecánica, de manera que ocurre el empuje el pistón para su desplazamiento lineal. Este mecanismo es de fácil instalación y puede usarse en instalaciones fijas a gran escala, aunque tiene ciertas restricciones si entra en contacto con sustancias peligrosas de equipos eléctricos y electrónicos [9].

Figura 32.

Actuador hidráulico de doble efecto



Nota. Actuador neumático. [En línea],

Disponible: <https://cutt.ly/WGApNfD>

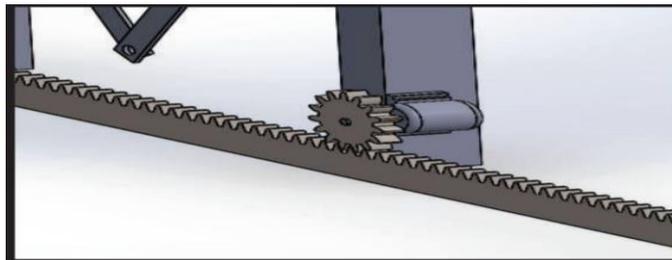
[Acceso: Jul,25,2021]

Mecanismo Piñón – Cremallera

Mediante este sistema es posible desplazar una estructura, soportar cargas verticales y cumple la función de cerrar y abrir, doble efecto. Es muy utilizado en la industria compleja debido a su costo competitivo, peso reducido y respuesta rápida en el sistema [10].

Figura 33.

Sistema Piñón – Cremallera



Nota. Actuador neumático. [En

línea], Disponible: <https://cutt.ly/6GAag2D>

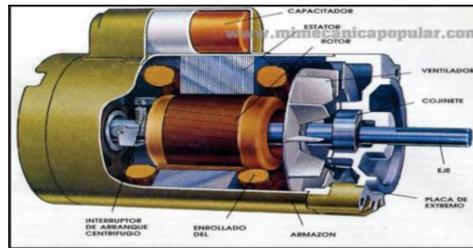
[Acceso: Jul,25,2021]

Actuador eléctrico con motorreductor

Los accionamientos eléctricos se caracterizan por su sencillez, buen control y precisión y son muy usados en la industria. Con ayuda del motorreductor, este sistema sufre una transformación en sus revoluciones producidas y genera así una velocidad pequeña [10].

Figura 34.

Actuador eléctrico



Nota. Actuador neumático. [En línea] Disponible:

<https://cutt.ly/ZGAa2Xd>

[Acceso: Jul, 25, 2021]

2.4.2. Matriz de comparación de los sistemas

Teniendo en cuenta la anterior alternativa presentada para la automatización de diferentes partes del sistema, se presente la siguiente tabla comparativa en la que se contrastan ventajas y desventajas de cada herramienta, para luego definir su respectiva aplicación dentro del funcionamiento del horno de templado de vidrio.

Tabla 7.

Ventajas y desventajas de alternativas planteadas.

Alternativas para malacate		
	Ventajas	Desventajas
Malacate eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere poco espacio • Funciona de forma automática con electricidad • De fácil control y mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicación a altura considerable • Requiere capacitación al operario.
Malacate Diesel	<ul style="list-style-type: none"> • Gran capacidad de carga • Requiere lubricación 	<ul style="list-style-type: none"> • Gran área para instalación • Requiere experto en su manejo
Alternativas de sistemas de desplazamiento lineal		
	Ventajas	Desventajas
Actuador neumático	<ul style="list-style-type: none"> • Económicos • Alta potencia • De fácil instalación • Robustos 	<ul style="list-style-type: none"> • Difícil control continuo • Requiere de instalación especial • Ruidoso
Actuador hidráulico	<ul style="list-style-type: none"> • Rápidos y de alta potencia • Buena relación potencia-peso • Autolubricantes • Estabilidad frente a cargas estáticas • No necesita piezas externas móviles 	<ul style="list-style-type: none"> • Difícil mantenimiento • Instalación especial • Frecuencia de fugas • Costosos

	<ul style="list-style-type: none"> Alta protección contra el ingreso de agua 	
Mecanismo piñón-cremallera	<ul style="list-style-type: none"> Transición elevada de potencia Transmisión precisa y suave Su utilización requiere pocas partes móviles Es de los sistemas más eficientes en la industria Peso reducido 	<ul style="list-style-type: none"> Es necesaria la buena lubricación Requiere mantenimiento frecuente Alto costo Requiere mucho espacio para instalación
Actuador eléctrico con motorreductor	<ul style="list-style-type: none"> Trabaja a altas potencias Se acopla directamente Es un sistema robusto 	<ul style="list-style-type: none"> Gran peso Requiere lubricación Alto costo Produce ruido

Nota. Tabla de ventajas y desventajas de alternativas planteadas. Tomado de: Tabla que expone las ventajas como las desventajas de alternativas planteadas.

A partir del análisis comparativo de las ventajas y desventajas de cada herramienta se define que:

- Para el descenso y ascenso del vidrio templado, este se ejecuta mediante el malacate eléctrico, debido a que este se ubica en una parte alta en el sistema, funciona de forma automática y es de gran aplicabilidad para esta función.
- Para el ingreso al horno del vidrio, este se somete a altas temperatura y se debe sellar para mantener el calor interno, la tapa que cierra el horno funciona mediante un motor eléctrico con su respectivo motorreductor, debido a que esta herramienta es la más adaptable para esta etapa del proceso.
- Luego, una vez se asciende el vidrio templado que se ha sometido a altas temperaturas se le aplica la fuerza inducida mediante los moldes, estos últimos son

accionados mediante actuadores neumáticos que ejercen la presión sobre el material. Una vez realizado este procedimiento, nuevamente el vidrio asciende a la cámara de soplado donde este disminuye su temperatura, durante esta parte del proceso el vidrio puede quebrarse, por lo que es necesario que esté presente debajo una tolva que almacene los residuos que pudiesen producirse, a su vez esta tolva es accionada de forma automática mediante actuadores neumáticos.

- Estos mecanismos de automatización para el sistema que se han aplicado funcionan a partir del Controlador Lógico Programable (PLC) que se instaura, se utiliza este debido a su adaptabilidad al proceso y por sus características de control y funcionamiento.

De forma ilustrativa se presenta la alternativa que más se acopla para hacer semiautomático el horno de templado de vidrio, así:

Tabla 8.

Matriz de selección de alternativas.

Etapa	Herramientas o componentes por implementar			
Generar un movimiento de descenso del vidrio	Malacate diesel		Malacate eléctrico	
Cierre del horno de vidrio templado (desplazamiento lineal)	Actuador hidráulico	Mecanismo Piñon - cremallera	Actuador neumático	Actuador eléctrico con motorreductor
Movimiento mecanismos placas de moldeado	Actuador hidráulico	Mecanismo Piñon - cremallera	Actuador neumático	Actuador eléctrico con motorreductor
Movimiento bandeja de recolección por posible quiebre del vidrio.	Actuador hidráulico	Mecanismo Piñon - cremallera	Actuador neumático	Actuador eléctrico con motorreductor

Nota. Matriz de selección de alternativas más viables por medio de criterios de selección como ventajas en espacio, costos y tiempos. Tomado de: Matriz de alternativas viables.

3. SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA PARA EL SISTEMA

Con el objetivo de poder hacer medible y confirmar que el diseño del sistema semiautomático cumple con el objetivo deseado de disminuir el tiempo de fabricación del vidrio templado, se hace uso de un estudio de tiempos. Estudio propuesto por Frederick Tylor en 1881, el cual consiste en enfocarse en el desempeño de un proceso o de un operario dentro del proceso, haciendo la medición del tiempo por medio de muestras, con el objetivo de emplear estas muestras como tiempo estándar.

Mencionado por el Ingeniero Industrial Bryan Salazar López, se tiene en cuenta que el Estudio de tiempos y la Medición de trabajo no cuentan con el mismo significado: *“La Medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida”* [10].

3.1. Análisis de tiempos del proceso de producción

Para llevar a cabo un estudio de tiempos óptimo el primer paso que se realizará es un cálculo de número de observaciones o tamaño de muestra. Para esto, se basó en el método sugerido por General Electric, para el estudio de ingeniería de métodos.

En el proceso de fabricación de vidrio templado, desde el momento en que se sujeta el vidrio con las pinzas hasta finalmente el desmonte del vidrio, una demora de 30 a 40 minutos, sin tener en cuenta, la limpieza del vidrio y la posterior instalación. Por lo tanto y según la tabla indicada por General Electric (Ver anexo N°1) se hará un total de 5 observaciones, debido a que el rango está entre 35 a 40 minutos.

Ya teniendo la lista de etapas y la cantidad de observaciones a realizar, procederemos a tomar por cronómetro el tiempo en minutos de las 5 observaciones para cada etapa, que se llevó a cabo en la empresa TEMPLUS S.A.S., en una visita técnica. (Ver Anexo N°2), las cuales nos indica que el tiempo promedio total aproximado es de 38 minutos, que equivalen a 0,63333 horas, para las etapas que involucran la transformación del vidrio crudo a el vidrio templado.

Obteniendo el resultado del tiempo estándar, se halla por medio de una regla de 3 la capacidad productiva de la empresa para el vidrio templado.

$$\begin{aligned} 1 \text{ unidad} &= 0,633 \text{ hora} \\ x \text{ unidades} &= 1 \text{ minutos} \end{aligned}$$

Donde,

$$x \text{ unidades/hora} = 1,58$$

Teniendo en cuenta que la jornada laboral manejada por la empresa es de 8 horas, tenemos que la capacidad de producción diaria estará dada por el siguiente cálculo:

$$\begin{aligned} \text{Unidades/ día} &= \frac{1,58 \text{ unidades}}{1 \text{ hora}} \times \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ turno}} \\ 12,64 &\approx 13 \text{ unidades/día} \end{aligned}$$

3.2. Selección mecanismo de ascenso y descenso del vidrio

Debido a que el peso total que debe soportar la guaya es de 45 kg que corresponde a vidrio de máximas dimensiones y a la alta temperatura que se encuentra el entorno, se selecciona un malacate eléctrico de 250 Kg, con cable de 60 m y 220V, fabricado por la empresa KingsMan - *Lifting solutions* [11]. El malacate contará con un cable o guaya para hornos de la serie HTCM-1NI-618s de la empresa Omega e importado por la empresa vía industrial [12], con una malla exterior de acero inoxidable, proporcionando protección mecánica adicional y protección térmica. La ficha técnica del malacate se mostrará en el anexo N°3 y en la Figura 35 se mostrará la especificación de la guaya seleccionada.

Figura 35.

Guaya seleccionada para acoplarse al malacate, con resistencia a temperaturas hasta de 700°C.

Conductor CSA mm ²	AWG	Modelo	No. de bridas	Max. Volt.	Dia. Nom. mm ±0.15mm	Peso aprox. Kg/300m
0.82	18	HTCM-1NI-618S	19 x 0.25	300	3.4	12.2
1.33	16	HTCM-1NI-616S	26 x 0.25	300	3.7	15.4
2.09	14	HTCM-1NI-614S	41 x 0.25	300	4.1	19.1
3.33	12	HTCM-1NI-612S	65 x 0.25	300	4.5	24.5
5.27	10	HTCM-1NI-610S	105 x 0.25	300	5.6	32.7

Nota. Selección de cable para horno industrial por el fabricante Omega. [En línea], Disponible: <https://cutt.ly/pGAqTip> [Acceso, Jul, 25, 2021]

Debido a la selección de la guaya, no es posible seleccionar un malacate de menor capacidad, por el diámetro máximo requerido para estos malacates, los cuales oscilan entre 2 mm y 2,5 mm y por peso de la guaya.

Con la selección de este malacate y guaya, tendríamos una velocidad de carga de 25 centímetros por segundo.

3.3. Selección mecanismo para cierre de tapa de horno

En esta etapa, fue necesario analizar y determinar que no era conveniente combinar un motor eléctrico con un reductor de velocidades, debido al poco espacio con el que se cuenta en la maquinaria y adicional, porque si la empresa decidiera implementar dicho diseño sería mucho más costoso. Es por esto que se decidió por fusionar estos elementos, por un elemento llamado motorreductor, que es el más adecuado cuando se pretende trabajar en bajas revoluciones.

3.3.1. Selección de motorreductor

Con el fin de generar la potencia necesaria para poder mover el eje conectado al piñón-cremallera, logrando desplazamiento de la tapa, se selecciona un motor reductor que cumpla con las siguientes especificaciones.

Tabla 9.

Especificaciones de datos iniciales obtenidos para desplazamiento de tapa del horno de templado.

Especificaciones		Valor
Potencia [kW]	Pot	0,079
Velocidad angular [RPM]	ω_e	9,8
Par de salida [Nm]	τ	41,64

Nota. especificaciones iniciales de selección de motorreductor en catálogos.

Tomado de: Tabla de datos iniciales para desplazamiento de tapa del horno templado.

Teniendo los datos iniciales y como dato de entrada la potencia, se ingresa a los catálogos de fabricante Siemens y teniendo como referencia la potencia necesaria, se selecciona el motorreductor de tornillo sinfín SC.36-LAI71M8 [13] de los catálogos (Anexo N°4), que cumple con los requerimientos, que nos asegura un antirretorno en caso de falta de suministro de energía y que cuenta con las siguientes características.

Tabla 10.

Motorreductor seleccionado de catálogo Siemens.

Especificaciones		Valor
Potencia [kW]	Pot	0,11
Frecuencia [Hz]	f	60
Velocidad de salida [RPM]	ω	19
Par de salida [Nm]	τ	37
Factor de servicio	fs	1,2
Eficiencia	η	0,68
Peso [Kg]	P	8

Nota. Selección de motorreductor Siemens para mecanismo piñón cremallera de apertura y cierre de tapa de horno. [En línea] Disponible en: <https://cutt.ly/7GAcHVB> [Acceso:Jul,25,2021]

3.4. Selección mecanismo para cierre de moldes y tolva de recolección

Debido que, en la matriz de selección para estos dos puntos del proceso, fueron elegidos actuadores neumáticos, debido a costos de instalación, posteriormente costos de mantenimiento y finalmente optimización en tiempos. Se hará la selección de dos actuadores neumáticos de doble efecto, utilizando catálogos de FESTO y adicionalmente, su herramienta Pneumatic Sizing [14] que se mostrará en el anexo 5 para mecanismo de moldes y en anexo 6 para tolva de recolección.

De esta manera, tenemos los siguientes datos para los actuadores neumáticos:

- **Presión necesaria para mecanismo de moldes: 180,9 N**
 - Cilindro DSBC-63-320-PPSA-N3
 - Diámetro de pistón de 63mm
 - Tiempo de posicionamiento 575 ms
 - Emisión CO_2 /ciclo 0.18 g
 - Peso con 320 mm de carrera = 2,45 Kg
 - Valvula VUVS-LK30-M52-AD-G38-1B2-S
 - Consumo de aire/ciclo 9.12 l
 - Caudal 1600 l/min
 - Cables
 - Controles de flujo
 - Tubería
 - Silenciadores
- **Presión necesaria para mecanismo de tolva de recolección 245 N.**
 - Cilindro DSBC-80-400-PPSA-N3
 - Diámetro de pistón de 80mm
 - Tiempo de posicionamiento 626 ms
 - Emisión CO_2 /ciclo 0.61 g
 - Peso con 400 mm de carrera = 4,22 Kg
 - Valvula VUVS-LK30-M52-AD-G38-1B2-S.
 - Consumo de aire/ciclo 25.38 l
 - Caudal 1600 l/min

- Cables
- Controles de flujo
- Tubería
- Racores
- Silenciadores

4. DISEÑO DEL SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO

Según los componentes más viables para el diseño, se logra una disminución del 20% del tiempo total de producción en el proceso de templado del vidrio, contemplando que el diseño del sistema semiautomático se va a basar en que el operario no tenga que intervenir directamente en el mecanismo de cada una de las etapas mencionadas, si no, que estará presente en la activación y desactivación de los elementos que se seleccionaron y únicamente tendrá en el proceso de fabricación, la tarea de supervisión de el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos.

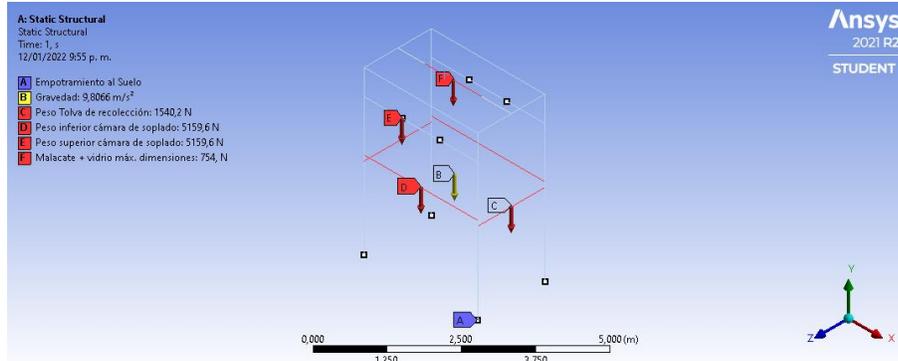
4.1. Cálculos de estructura para manejo de motor de ascenso y descenso de cadenas

Según el malacate seleccionado que cuenta con las dimensiones 54cm x 36,5cm x 29 cm, el cual se reemplaza por todo el mecanismo de poleas y se retira el espacio donde se encuentra ubicado la manivela, con el fin de optimizar también el espacio donde se encuentra ubicado el horno de templado. El malacate estará sostenido en la viga central por medio de soldadura de arco eléctrico con un electrodo revestido (SMAW) y su procedimiento de soldadura se describirá en el Anexo N°7. Debido a que el malacate estará ubicado a un perfil estructural se seleccionará el electrodo E6011, el cual, en el Anexo N°8 se mostrará la ficha técnica del fabricante CRYOGAS.

Posteriormente, por medio del software ANSYS R2, haremos nuevamente el análisis estructural, cuyos cálculos serán realizados en el ANEXO N°10, pero en esta ocasión contemplando la carga puntual del peso del malacate sumada al vidrio de mayores dimensiones, como se muestra en la siguiente Figura 36.

Figura 36.

Simulación de cargas soportadas por la estructura luego de diseño conceptual con malacate.



Nota. Mediante Software ANSYS 2021 R2, Tomado de: el análisis estructural con malacate.

Con los datos obtenidos, se visualiza que el esfuerzo de Von Mises para la estructura es de 37,8 MPa, por lo tanto, para este caso y teniendo la tensión máxima admisible por el material que es de 250 MPa, tendremos por medio de la siguiente ecuación, el factor de seguridad:

$$F.S. = \frac{\delta Y}{\delta VM} = \frac{250 \text{ MPa}}{37,8 \text{ MPa}} = 6,6$$

Con un factor de seguridad de 6,6 se cumple la normal ASTM de factores de seguridad para estructuras metálicas. Adicionalmente, que la mayor deformación será ubicada en el punto donde se instalará el malacate y tendrá un valor de $5,09 \times 10^{-3} \text{ m}$.

El malacate cuenta con una velocidad de desplazamiento lineal en sentido vertical de 25 centímetros por segundo. Por el cual, en el Anexo N°10 se realizará el estudio de tiempos con el diseño conceptual y comprobando la optimización en tiempos de producción.

Adicionalmente, en el Anexo N°11 se mostrará el plano eléctrico del malacate, específicamente de su control de accionamiento, el cual tendrá un paro de emergencia que viene por defecto en su paleta de control y que es primordial en el diseño semiautomático, ya que es el elemento que estará todo el tiempo en contacto con la materia prima, es decir, el vidrio.

4.2. Cálculos de estructura de actuadores para cierre de mecanismo de moldes y desplazamiento tolva

Teniendo en cuenta que la estructura inicial, cuenta con un factor de seguridad (FS) = 6,79, se realizará la estructura con el mismo perfil de la estructura del horno de templado y estará empotrada al suelo y adicional con soldaduras de filete.

Variables para diseño de estructura para actuadores:

Tabla 11.

Variables de diseño de estructura para actuadores

Variable	Valor	Unidad
Peso Cilindro DSBC-63-320-PPSA-N3	25	N
Peso Cilindro DSBC-80-400-PPSA-N3	43	N
Factor de seguridad (FS)	6,79	
Fuerza transversal horizontal actuador para mecanismo de moldes	187	N
Fuerza transversal horizontal actuador para tolva de recolección	246	N

Nota. tabla de variables de diseño inicial. Tomado de: estructura que va a soportar los actuadores neumáticos que accionarán dos mecanismos.

Teniendo en cuenta que los actuadores se activarán de manera manual por el operario, no se contemplan pesos adicionales a la estructura.

4.3. Diseño eje motorreductor a piñón

Con el fin de lograr transmitir potencia desde el motorreductor, el cual, cuenta con su respectivo plano eléctrico en el Anexo N°12, seleccionado para la potencia del mecanismo de piñón-cremallera, se hace necesario verificar si el mecanismo existente es óptimo o se debe rediseñar bajo un método de la norma AGMA de engranajes rectos.

El engranaje conducido debe girar a una velocidad angular de 1,8 RPM y adicionalmente, el piñón está fijo al eje de motorreductor que gira a 19 RPM. Para estimar un cálculo inicial, se halla la velocidad nominal a partir de la ecuación:

$$R = \frac{w_P}{w_G} = \frac{N_G}{N_P}$$

Donde R será la relación de transmisión, w será la velocidad angular en RPM y N el número de dientes. Por lo tanto, obtenemos un valor para la relación de transmisión de:

$$R = \frac{19}{9,8} = 1,93$$

Por lo tanto, para el piñón y para el engranaje que tienen un módulo $m=6$ y que como dato inicial tenemos que el piñón tiene 20 dientes, calculamos el paso y número de dientes.

$$d = Nm$$

Donde:

d: Diámetro de paso [mm]

N: Número de dientes del engranaje

m: módulo [mm]

Se obtiene,

$$d_P = N_P \times m = 120 \text{ mm}$$

$$N_G = N_P \times R = 120 \text{ mm} \times 1,93$$

$$N_G = 38,6 \approx 39 \text{ Dientes}$$

$$d_G = N_G \times m = 39 \times 6 = 234 \text{ mm}$$

Por lo tanto, el ancho de cara F, será igual:

$$F = 3\pi * m \text{ [mm]}$$

$$F = 56,54 \text{ mm} \approx 57 \text{ mm}$$

Con fines de obtener un bajo costo y un material de una resistencia mecánica tenacidad optima, serán el acero AISI 1045 [15], cuyas propiedades serán descritas en el ANEXO N°9, de la ficha técnica de la empresa Aceros Especiales.

Durante el ANEXO N°10 se harán todos los cálculos del engranaje, en el cual nos indica según la norma AGMA que tenemos un factor de seguridad de 2.2 y en el cual nos muestra que una de las mayores amenazas para el engranaje será el desgaste.

Por último, se calculará la velocidad de avance mediante la siguiente ecuación.

$$Va = \frac{p * Z * n}{60}$$

$$Va = \frac{0,019 \text{ m} * 20 * 19 \text{ RPM}}{60} = 0,1203 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 12,33 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

Siendo la longitud de la cremallera de 23,33 cm, se calcula que el tiempo aproximado de cierre de la tapa será de 1,89 segundos.

4.4. Diseño circuito neumático

4.4.1. Circuito neumático para mecanismo de moldes

Por medio de software FluidSIM-P V4.5, se hará el diseño del circuito neumático para el mecanismo de cierre de moldes, que tendrán los siguientes elementos:

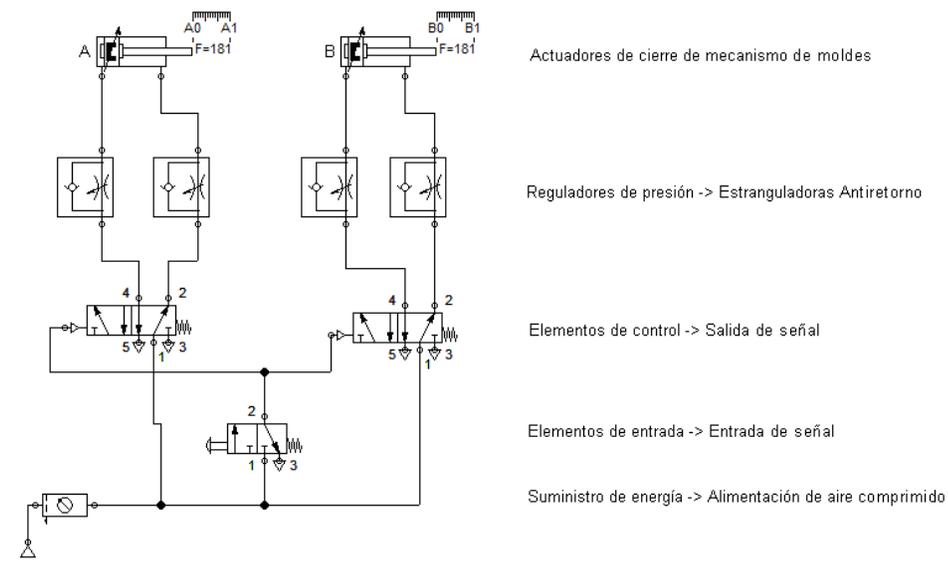
- 2 válvulas 5/2 pilotadas con muelle de retorno de muelle.
- 1 válvula 3/2 con pulsador y retorno de muelle.
- 4 válvulas reguladoras de caudal unidireccionales, con grado de apertura al 10%, que contarán con una válvula de estrangulación y una válvula antirretorno.
- 2 actuadores doble efecto DSBC-63-320-PPSA-N3, los cuales van a tener un desplazamiento de 180 mm.
- Unidad de mantenimiento
- Fuente de aire comprimido a 4 Bar.
- Tubería

Para la fijación de los actuadores a la estructura, y teniendo en cuenta que los vástagos cuentan con una rosca M16X1.5 macho, se acoplará al mecanismo de moldes la hembra por medio de perforación a la barra horizontal principal del molde móvil.

En la Figura 37 se visualizará el diseño realizado por medio del software que nos garantizará una correcta compresión del mecanismo, de manera uniforme y que adicionalmente, nos evitará movimientos bruscos del mecanismo.

Figura 37.

Diseño de circuito neumático para mecanismo de moldes con actuadores DSBC-63-320-PPSA-N3.



Nota. de circuito neumático para mecanismo de moldes por medio de Software FluidSIM-P V4.5 Neumática. Tomado de: Diseño de circuito neumático.

Donde en el Anexo 10 se visualizan las características propias del actuador dentro de la simulación y su secuencia neumática, que estará dada por:

A+ A-
B+ B-

Y donde finalmente en el Anexo N°13 se adjunta el plano neumático que describe todos los componentes, secuencia y análisis en velocidades que determinará el tiempo el cual se va a requerir para que el vidrio obtenga su transformación en esta etapa.

4.4.2. Circuito neumático para mecanismo de recolección

Por medio de software FluidSIM-P V4.5, se hará el diseño del circuito neumático para el mecanismo de cierre de recolección de vidrio roto, que tendrán los siguientes elementos:

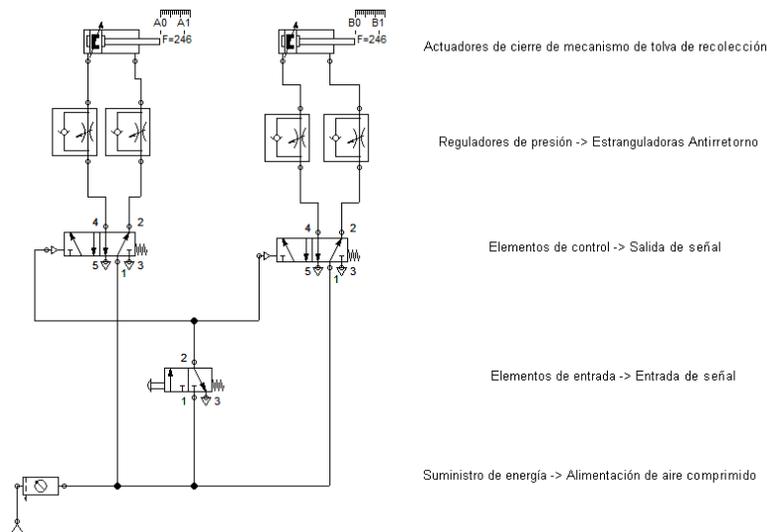
- 2 válvulas 5/2 pilotadas con muelle de retorno de muelle.
- 1 válvula 3/2 con pulsador y retorno de muelle.
- 4 válvulas reguladoras de caudal unidireccionales, con grado de apertura al 10%, que contarán con una válvula de estrangulación y una válvula antirretorno.
- 2 actuadores doble efecto DSBC-80-400-PPSA-N3.
- Unidad de mantenimiento
- Fuente de aire comprimido a 6 Bar.
- Tubería

Para la fijación de los actuadores a la estructura, y teniendo en cuenta que los vástagos cuentan con una rosca M20X1.5 macho, se adaptan con roscas M20x1.5 a la tolva por medio de soldadura de arco eléctrico en los cuales estarán acoplados los vástagos, y describiendo el proceso de soldadura en el Anexo N°7.

En la Figura 38 se visualizará el diseño realizado por medio del software que nos garantizará un movimiento seguro, en el cual, tanto en el ascenso como en el retroceso no habrá movimientos bruscos que puedan desencadenar un posible escape de vidrio roto al resto del horno.

Figura 38.

Diseño de circuito neumático para mecanismo de moldes con actuadores DSBC-80-400-PPSA-N3.



Nota. Circuito neumático para mecanismo de recolección por medio de Software FluidSIM-P V4.5 Neumática. Tomado de: Circuito de neumático.

Donde en el Anexo 10 se visualizan las características propias del actuador dentro de la simulación y su secuencia neumática, que estará dada por:

A+ **A-**

B+ **B-**

Y donde finalmente en el Anexo N°13 se adjunta el plano neumático que describe todos los componentes, secuencia y análisis en velocidades que determinará el tiempo el cual se va a requerir para que el vidrio obtenga su transformación en esta etapa.

Teniendo en cuenta que el movimiento de cada par de actuadores será secuenciado, es decir, primero los actuadores del mecanismo de moldes y luego los actuadores de la tolva de recolección, la presión total necesaria en la línea será de 6 Bar, mostrado en el Anexo N°15.

4.5. Diseño estructura para actuadores de apertura y cierre de mecanismo de moldes y tolva de recolección

4.5.1. Análisis estructural

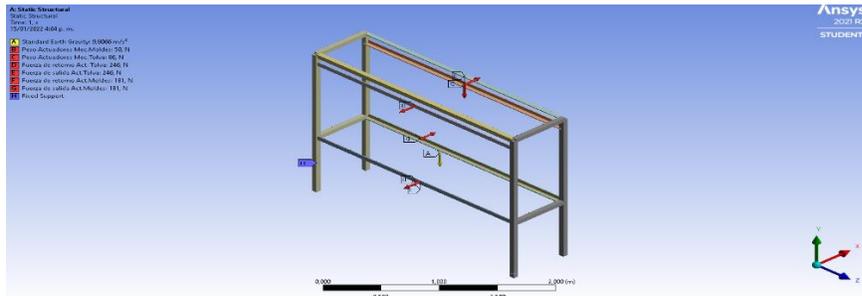
Teniendo en cuenta que se hará uso de 4 actuadores y que los mismos tendrán tanto un peso como unas fuerzas horizontales, las dimensiones de la estructura serán basada en estas fuerzas emitidas. Adicionalmente, que se buscaría aprovechar el acero estructural que se tiene actualmente para el horno de templado.

Siendo así, serán perfiles estructurales cuadrados y serán analizados por software Ansys 2021 R2 por medio de elementos finitos y que se cumplan los siguientes parámetros.

- Acero estructural ASTM A36.
- 8 vigas de perfil estructural cuadrado de 50 mm x 50 mm.
- 6 vigas de perfil estructural en 6 de 50 mm x 50 mm de 10mm de espesor, donde estarán ubicados los actuadores y soldados a la estructura para evitar desplazamientos.
- Las cargas, se visualizarán de la siguiente manera:

Figura 39.

Análisis mediante Software de cargas aplicadas a la estructura que soportará los actuadores neumáticos.



Nota. Elaboración propia de estructura por medio de Ansys 2021 R2, en análisis estructural. Tomado de: Análisis estructural.

Siendo así, el esfuerzo equivalente de Von Mises para la estructura será de 73,5 MPa, donde, al ser del mismo material la estructura a la del horno inicial, tendremos un valor máximo de tensión admisible de 250 MPa, tendremos por medio de la siguiente ecuación, el factor de seguridad:

$$F.S. = \frac{\delta Y}{\delta VM} = \frac{250 MPa}{7,35 MPa} = 34$$

Y donde en la Figura 40, se mostrará el total de la deformación, teniendo un valor de 5×10^{-3} en zonas las vigas que sostienen los actuadores.

4.5.2. Diseño soldadura de la estructura

Al igual que la estructura inicial, ésta poseerá uniones soldadas, las cuales se mostrarán en el ANEXO N°16, con las variables a tener en cuenta para el diseño. Al ser perfiles estructurales, se utilizará un electrodo E6011 y se llevará a cabo con soldadura de arco eléctrico revestido (SMAW).

4.6. Estudio de tiempos luego de diseño

Para este caso de estudio y debido a que el diseño es teórico, solo se tomará una muestra según los datos obtenidos anteriormente, descartando los tiempos donde no interviene el sistema semiautomático y donde se asignarán los tiempos promedios tomados en el estudio de tiempos inicial.

En la Tabla 12 se muestra el análisis de tiempos según las especificaciones de los elementos seleccionados en catálogos y en las simulaciones realizadas FluidSIM Neumatic, teniendo en cuenta de dividir la velocidad del elemento según fabricante y simulación, entre la distancia recorrida. Finalmente obteniendo el valor de segundos a la menos uno [S^{-1}], que luego de operarlo se obtuvo el tiempo requerido, en segundos.

Tabla 12.

Estudio de tiempos, según velocidad del mecanismo y distancia recorrida.

		Velocidad [m/s]	Distancia a recorrer [m]	Total, tiempo [S ⁻¹]	Total, tiempo en minutos [m]
Malacate	<i>Descenso a horno</i>	0,25	2,12	8,48	0,141
	<i>Ascenso a moldes</i>	0,25	1,575	6,30	0,105
	<i>Ascenso a cámara de soplado</i>	0,25	2,075	8,30	0,138
	<i>Descenso a desmonte</i>	0,25	1,6	6,40	0,107
Motorreductor	<i>Apertura tapa</i>	0,317	0,254	0,80	0,013
	<i>Cierre tapa</i>	0,317	0,254	0,80	0,013
Actuadores Moldes	<i>Cierre moldes</i>	0,04	0,18	4,50	0,075
	<i>Apertura moldes</i>	0,04	0,18	4,50	0,075
Actuadores Tolva	<i>Avance tolva</i>	0,05	0,32	6,40	0,107
	<i>Retroceso Tolva</i>	0,5	0,32	0,64	0,011

Nota. tabla de comparativa de velocidad establecida por fabricante o simulación, para obtención de tiempos. Tomada por: Tabla de comparativa de velocidad.

En el Anexo N°17, se mostrarán los resultados.

Siendo así, contamos con un tiempo promedio con el sistema semiautomático de 24,70 minutos aproximadamente, no solo cumpliendo con objetivo propuesto en el proyecto, de disminución en tiempo de operación en un 20%, sino, logrando una disminución total en el proceso de producción de vidrio templado en un 35%, con una tolerancia de ± 0.1 minutos.

5. MANUAL BÁSICO DE OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO

Esta es una guía para identificar las oportunidades de mejora en el equipo, realizar rutinas de inspección y determinar posibles tiempos de falla.

Los hornos de templado de vidrio tienen una vida útil entre 10 y 12 años [15], posterior a ese tiempo se requerirá cada vez hacer reparaciones mayores, las cuales podrían incluir casi un cambio total de los refractarios en gran parte del horno.

Tabla 14.

Criterios para la operación del mantenimiento.

Fases	Criterios
Definir	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos de protección personal necesarios • Implementos y herramientas adecuados • Piezas del horno que deban remplazarse
Revisar	<ul style="list-style-type: none"> • Quemadores <ul style="list-style-type: none"> Flujo de aire Flujo de combustible Proporción correcta de elementos Energía mínima requerida Retención de la flama Condiciones internas de los mezcladores • Aislamiento <ul style="list-style-type: none"> Temperatura de la cara fría Chequeo visual en busca de agujeros o grietas • Sistemas de movimiento <ul style="list-style-type: none"> Lubricación Estado de los motores, cadenas y si libre movilidad Verificar amperaje requerido • Seguridad <ul style="list-style-type: none"> Todas las válvulas de corte de gas

	<ul style="list-style-type: none"> • Ventiladores y extractores Temperatura de chumaceras Presión, amperaje y voltaje del ventilador
Diagnosticar	<ul style="list-style-type: none"> • Quemadores Encendido Potencia • Aislamiento Fugas de calor Perdidas de temperaturas • Sistemas de movimiento Mecanismos que se atasquen o atoren • Seguridad Fugas de gas Operación insegura del equipo Modificaciones no autorizadas • Ventiladores y extractores Vibraciones Bajo flujo o presión
Reparar, cambiar o mejorar	Reparar los daños encontrados en cada una de las partes del horno si es posible hacerlo; cambiar las piezas que no puedan ser reparadas; y por último mejorar las secciones que no presenten daños mediante el mantenimiento preventivo para disminuir el riesgo de daño o falla
Controlar	Controlar el correcto funcionamiento de toda la maquina una vez finalizado el mantenimiento, de igual manera verificar que el dispositivo de mando (PCL) este en buen estado y sin deterioro

Nota. Basada en: [En línea], Disponible <https://cutt.ly/uGAbuxq> [Acceso: Jul,25,2021]

El horno de templado de vidrio necesita un mantenimiento que sea especializado para su mayor cuidado y control de funcionamiento para evitar que surjan complicaciones durante su proceso. El técnico del mantenimiento debe estar preparado y con

conocimiento sobre el horno en cuestión, así validar la póliza de seguro una vez terminado el mantenimiento [17].

Así mismo, el horno para templado deberá someterse a inspecciones frecuentes, donde el operador del horno mantenga una revisión de los indicadores de calidad de forma diaria, un encargado de mantenimiento realice la inspección y revise indicadores semanales, y que se realice un mantenimiento general de la maquina aplicado por parte de la gerencia de producción o gerencia de planta que debe realizarse de forma semestral o anual, esto último según el uso constante del horno de templado.

Luego de evaluar diversos criterios en cada fase del mantenimiento en el sistema de templado de vidrio, se debe realizar un chequeo específico del correcto funcionamiento de las etapas del proceso que se han automatizado, como son el descenso del vidrio, cierre del horno mediante actuadores, movimiento de placas de molde y recolección del vidrio roto, este mantenimiento se debe realizar para el malacate eléctrico Kingsman según lo especificado en [18], para el motorreductor Siemens se sigue las indicaciones dadas en [19] y por último, los actuadores neumáticos de doble efecto se les aplica el mantenimiento según las directrices de [20].

Por último, se mostrará un resumen del manual de mantenimiento en la Figura 40, contemplando los sistemas, elementos de los mismo, las posibles fallas y adicionalmente, la periodicidad con el que la empresa TEMPLUS S.A.S., debe realizar sus inspecciones.

Figura 40.

Tabla de resumen de manual de mantenimiento

Sistemas	Elementos	Posibles Fallas	Inspecciones	Periodo
Estructural	Vigas	Expansión	Visuales	Mensual
		Oxidación		
	Pintura desprendida			
	Patas	Oxidación	Visuales	Mensual
	Guaya	Grietas	Visual	Trimestral
Filamentos rotos				
Neumático	Fuente de aire comprimido	Fugas	Visual y por ultrasonido	Trimestral para inspección visual y Semestral por ultrasonido
		Fluido de baja calidad		
		Contaminación		
		Erosion		
		Oxidación		
Válvula		Vibración	Visual y por ultrasonido	Trimestral para inspección visual y Semestral por ultrasonido
		Cierre insuficiente		
Mecánico	Cremallera	Apertura insuficiente	Visual y tintas penetrantes	Mensual
		Daños en dientes		Bimestral
		Falta de lubricación		Semestral
	Tolva		Grietas	Visual
Vibración				
Eléctrico	Malacate	Adhesión de material	Visual y cámara térmica	Anual
		Daño en escobillas		
		Pérdida de potencia		
		Pausas inesperadas		

Nota. Tabla que muestra la periodicidad y los tipos de inspecciones que se les realizarán a los elementos implementados en el diseño semiautomático. Tomado de: Tabla de resumen de manual de mantenimiento.

6. CONCLUSIONES

Según el objetivo inicial planteado, se cumple con el objetivo de diseñar conceptualmente un sistema semiautomático para la empresa vidrios de seguridad TEMPLUS S.A.S. Ubicada en la ciudad de Medellín, el cual, muestra una optimización en tiempos de producción unitaria del 35% sobre el tiempo total inicial de producción.

Adicional a la optimización de tiempo, se observa el cumplimiento de optimización en espacios, haciendo que la máquina sea mucho más compacta y con espacios para futuros diseños y modificaciones.

Mediante catálogos de empresas ya posicionadas en el mercado se lograron sumar al diseño conceptual elementos primordiales para un proceso de fabricación óptimo, ya que, se seleccionaron aquellos que fueran eficientes, tuvieran ciclos de mantenimiento correctivo amplios y que adicional, no generaran sobrecostos para la empresa.

Por medio del estudio de tiempos utilizado para medir inicialmente por ciclos cada paso del proceso de fabricación, se logró obtener una diferenciación de tiempo en cada uno de los pasos, dando como resultado la efectividad en el diseño conceptual, aumentando 6 unidades fabricadas por día.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] “industrial mezzanines market size, share, growth | report, 2028.” <https://www.fortunebusinessinsights.com/industrial-mezzanines-market-102688> (accessed oct. 02, 2021).
- [2] “automatizacion.” <https://automatizacion8.webnode.com/> (accessed oct. 02, 2021).
- [3] “sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo - ministerio del trabajo.” <https://www.mintrabajo.gov.co/relaciones-laborales/riesgos-laborales/sistema-de-gestion-de-seguridad-y-salud-en-el-trabajo> (accessed oct. 02, 2021).
- [4]: ::“vidrios para carros y de seguridad, vidrio laminado y templado:::..., colvit, bogota, colombia.” <http://www.colvit.com.co/> (accessed nov. 03, 2021).
- [5] a. mayssara a. abo hassanin supervised, “tema: vidrio templado. vidrio endurecido.” *pap. knowl. . towar. a media hist. doc.*, vol. 2.3, no. fichas técnicas, p. 2, 2014.
- [6] “resolucion 0934 de 2008.” <http://www.suin-juriscal.gov.co/viewdocument.asp?id=4024798> (accessed oct. 02, 2021).
- [7] “acero astm a36, acero a36 propiedades, ficha tecnica, dureza, densidad estructural pdf - material mundial grados.” <https://www.materialmundial.com/acero-astm-a36-propiedades-ficha-tecnica-estructural/> (accessed oct. 22, 2021).
- [8] “diseño de elementos de máquinas - v. m. faires (4ta edición ... - id:5d04041a7679e.” <https://baixardoc.com/documents/diseo-de-elementos-de-maquinas-v-m-faires-4ta-edicion--5d04041a7679e> (accessed oct. 22, 2021).
- [9] “medidores coeficiente estativo y cinético fricción,” *medidafuerzaytorsion.com*, 2021. <https://www.medidafuerzaytorsion.com/index.php/es/equipos-de-medicion/category/52-medida-de-friccion?jij=1636041499436> (accessed nov. 04, 2021).
- [10] “estudio de tiempos » medición del trabajo » ingeniería industrial.” <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/que-es-el-estudio->

- de-tiempos/ (accessed nov. 07, 2021).
- [11] “kingsman | polipasto electrico electrico 050-100 kg 110 v con cable de 8 metros de 5/64 kingsman.” <https://www.kingsman.com.mx/producto/3137642-polipasto-electrico-de-50-100-kg--malacate-cable-8m-y-110-v> (accessed nov. 07, 2021).
- [12] “cable para horno de muy alta temperatura. 700°c htcM-1ni-610s omega p165639 colombia.” <https://www.viaindustrial.com/cable-para-horno-de-muy-alta-temperatura-700-grados-c-htcm-1ni-610s-omega/pp/p165639/> (accessed nov. 07, 2021).
- [13] s. 2010, “geared motors worm geared motors,” pp. 1–40, 2007.
- [14] “festo | festo co.” https://www.festo.com/co/es/s/pneumatic-sizing/?actuortype=rodstyle_unguided&assemblyposition=0&cushioningtype=p&movementdirection=extend&movingload=10&pressure=6&stroke=200&time=600&tubinglength=1&utilizationdays=200&utilizationhours=8&utilizationminutes=10 (accessed jan. 03, 2022).
- [15] “acero aisi / sae 1045 - cia. general de aceros s.a.” <https://www.cga.com.co/producto/acero-aisi-sae-1045/> (accessed jan. 10, 2022).
- [16] nutec bickley. checklist de mantenimiento para el buen funcionamiento de tus hornos. <https://www.nutecbickley.com/es/blog/checklist-de-mantenimiento-para-el-buen-funcionamiento-de-tus-hornos-industriales>
- [17] equipo de marketing. ¿cuál es el mantenimiento que necesita un horno industrial? <https://powdertronic.com/cual-es-el-mantenimiento-que-necesita-un-horno-industrial/>
- [18] polipasto y trole eléctrico de cable de la serie rhn. manual del propietario. https://es.harringtonhoists.com/products/pdf/owners_manual/rhn%20om-spn.pdf
- [19] motores / generadores de inducción. instalación, funcionamiento, mantenimiento. <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:17766c09-7d67-40e9-a8a9-c970957a1f46/instr-manual-horiz-odp-wpi-wpii-drawing-03520spn.pdf>

[20] guía de productos 2021. festo.
https://www.festo.com/net/supportportal/files/465467/productoverview_2017_es_low.pdf

ANEXOS

ANEXO N°1

TABLA DE GENERAL ELECTRIC COMPANY PARA VALORES RECOMENDADOS DE NÚMEROS DE CICLOS.

Tiempo de ciclo en min	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

Nota. Tabla de número de observaciones según números de ciclos. Consultado Nov. 13. 2021 [Figura] Tomado de: <https://www.urbe.edu/UDWLibrary/InfoBook.do?id=5479>.

ANEXO N°2

ESTUDIO DE TIEMPOS									
EMPRESA: Vidrios de Seguridad TEMPLUS S.A.S.			HOJA DE CRONOMETRAJE					HOJA N° 1/1	
PRODUCTO: Vidrio Templado			REALIZADO POR: Oscar Pedraza Cabrera					MUESTRA: 1900X2500 mm	
N°	Elementos	NUMERO DE OBSERVACIONES (CICLOS) min.					TIEMPO TOTAL (Min)	TIEMPO PROM. (min)	
		1	2	3	4	5			
1	Montado de vidrio en las pinzas soportadas en la guía horizontal	4,3	4,5	5,2	6,1	4,5	24,6	4,92	
2	Movimiento de manivela para descenso del vidrio al horno	0,36	0,45	0,43	0,51	0,36	2,11	0,422	
3	Cierre de tapa del horno y permanencia hasta lograr temperatura esperada	14,5	15,3	18,6	17,7	19,1	85,2	17,04	
4	Apertura de horno, ascenso de vidrio con la manivela al punto de moldeado.	2,1	2,6	2,9	3,1	2	1,98	0,396	
5	Bloqueo de manivela en la etapa de moldeado, cierre manual de mecanismo que cargan los moldes para curvatura deseada del vidrio.	5,1	5,2	5	5,9	6,6	27,8	5,56	
6	Apertura de mecanismo de moldes, desbloqueo de manivela y ascenso a cámara de soplado.	0,36	0,4	0,56	0,52	0,54	2,38	0,476	
7	Bloqueo de manivela, movimiento de tolva por rompimiento preventivo de vidrio y enfriado rápido del vidrio en la cámara de soplado.	5,8	5,1	6,3	5,6	6,5	29,3	5,86	
8	Desbloqueo de manivela, descenso de vidrio a altura de desmonte	0,65	0,75	0,79	0,69	0,67	3,55	0,71	
9	Bloqueo de manivela y desmontado de vidrio templado	2	1,9	1,8	2,2	2,3	10,2	2,04	

Nota. Tabla de toma de tiempos de proceso inicial de fabricación.

ANEXO N°3

POLIPASTO KINGSMAN SELECCIONADO PARA DISEÑO

POLIPASTO CABLE 250 KG 60 MTS 220 V

CLAVE
274466



DESCRIPCIÓN

Este producto fue desarrollado pensando en trasportar lo mas importante para usted.

Util para:

Trasportar objetos pesados,
Levantar, Bajar objetos pesados
o de volumenes grandes.

CARACTERÍSTICAS

- Fácil instalacion.
- Cable de 60 metros.
- Control para un mayor manejo.
- Carga hasta 250 kg.
- Grosor de cable de 5.1mm.



IMAGENES

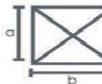


ESPECIFICACIONES



INCLUYE

- Gancho en la punta.
- Cable de 60 metros.
- Control de manejo.



DIMENSION

Medidas y peso del producto
Peso: 32 Kg
Altura: 29 cm
Ancho: 54 cm

- Polipasto util para levantar objetos pesados.
- Eleva carga mas rapido que otros modelos.
- Corriente de 1300W.
- Velocidad de carga de 15 M/min con carga al 100%.

EL DISTRIBUIDOR FERRETERO LÍDER EN INTERNET



CLAVE
274466

Nota. Catálogo Kingsman que muestra las características del polipasto seleccionado.

ANEXO N°4

CATALOGO SIEMENS PARA SELECCIÓN DE MOTORREDUCTOR

© Siemens AG 2010

MOTOX Geared Motors Worm geared motors

Geared motors up to 1.5 kW

Selection and ordering data

The selection tables show the most common variants and combinations. Other combinations can be selected using our MOTOX Configurator or made available on request.

At an identical power rating and output speed, priority is given in the selection tables to 4-pole geared motors.

At the available transmission ratios, they cover the majority of output speeds.

Due to their prevalence, 4-pole geared motors are easily available, with short delivery times and at a low cost. They also feature a favorable size / power ratio.

Power rating P_{Motor} kW	Output speed		Output torque T_2 Nm	Service factor f_B	Gearbox ratio i_{tot}	Efficiency	Order No.	Order code (No. of poles)	Weight ^{*)} kg
	n_2 (50 Hz) rpm	n_2 (60 Hz) rpm							
0.09 (50 Hz)	SC.63-LAI71M8								
0.11 (60 Hz)	6.3	7.6	74	1.8	100	0.54	2KJ1702 - ■CE13 - ■■L1	P02	12
	SC.50-LAI71M8								
	7.9	9.5	59	1.4	80	0.54	2KJ1701 - ■CE13 - ■■K1	P02	10
	SC.50-LAI71B6								
	11.2	13.4	42	1.9	80	0.54	2KJ1701 - ■CB13 - ■■K1	P01	10
	SC.36-LAI71M8								
	15.8	19	37	1.2	40	0.68	2KJ1700 - ■CE13 - ■■G1	P02	8
	21	25	29	1.4	30	0.71	2KJ1700 - ■CE13 - ■■F1	P02	8
	SC.36-LAI71B6								
	22	26	26	1.6	40	0.68	2KJ1700 - ■CB13 - ■■G1	P01	8
	30	36	20	2.0	30	0.71	2KJ1700 - ■CB13 - ■■F1	P01	8
0.12 (50 Hz)	SC.63-LAI71MB8								
0.14 (60 Hz)	6.4	7.7	96	1.4	100	0.54	2KJ1702 - ■CF13 - ■■L1	P02	12
	8.1	9.7	87	1.9	80	0.61	2KJ1702 - ■CF13 - ■■K1	P02	12
	SC.63-LAI71C6								
	8.6	10.3	72	1.8	100	0.54	2KJ1702 - ■CC13 - ■■L1	P01	12
	SC.50-LAI71MB8								
	8.1	9.7	77	1.0	80	0.54	2KJ1701 - ■CF13 - ■■K1	P02	10
	SC.50-LAI71C6								
	10.8	13.0	58	1.4	80	0.54	2KJ1701 - ■CC13 - ■■K1	P01	10
	14.3	17.2	47	1.7	60	0.59	2KJ1701 - ■CC13 - ■■J1	P01	10
	SC.50-LAI71B4								
	17.5	21	35	2.3	80	0.54	2KJ1701 - ■CB13 - ■■K1	P01	10
	SC.36-LAI71MB8								
	16.1	19.3	48	0.9	40	0.68	2KJ1700 - ■CF13 - ■■G1	P02	8
	SC.36-LAI71C6								
	22	26	36	1.2	40	0.68	2KJ1700 - ■CC13 - ■■G1	P01	8
	29	35	28	1.4	30	0.71	2KJ1700 - ■CC13 - ■■F1	P01	8
	SC.36-LAI71B4								
	35	42	22	1.9	40	0.68	2KJ1700 - ■CB13 - ■■G1	P01	8
	47	56	17	2.4	30	0.71	2KJ1700 - ■CB13 - ■■F1	P01	8
	56	67	15	2.7	25	0.74	2KJ1700 - ■CB13 - ■■E1	P01	8
	70	84	13	3.1	20	0.82	2KJ1700 - ■CB13 - ■■D1	P01	8

Shaft designs, see page 6/13

Frequency and voltage, see page 8/20

Gearbox housing mounting position, see page 6/15

1, 5 or 6

1 to 9

A, D, F or H

*) For mounting type B3

6

Nota. Catálogo Siemens que muestra las características del motorreductor seleccionado.

ANEXO N°5

SELECCIÓN Y CATÁLOGOS DE SIEMENS PARA ACTUADORES DOBLE EFECTO

Se escogió el actuador de doble efecto con mayor rendimiento para mecanismo de moldes, con los datos:

- Recorrido = 320 mm
- Carga útil = 19 Kg
- Tiempo de posicionamiento requerido = 600 ms
- Presión = 4 Bar
- Amortiguación: Autoajutable
- Longitud de tubo: 1m

The screenshot shows the Festo website's configuration tool. At the top, there are navigation links for 'Automatización', 'Didactic', and 'Empresa'. Below these are links for 'Productos', 'Soluciones', 'Soporte', 'Educación', 'Tendencias', 'Sobre Festo', and 'Carreras'. There are also links for 'Inicio de sesión', 'Cesta de la compra', and 'Colombia'. The Festo logo is in the top right corner.

The main content area is titled 'Búsqueda por productos, temas o descargas'. Below this, there are three buttons for cylinder orientation: '-90°', '0°', and '90°'. The '0°' button is selected.

Under 'Tipo de Amortiguación', there are three options: 'elástica', 'autoajutable', and 'ajustable'. The 'autoajutable' option is selected.

The 'Longitud del tubo' is set to '1 m'.

Under 'Dirección del movimiento', there are two buttons: 'avance' and 'retroceso'. The 'avance' button is selected.

At the bottom left, there is a section for 'Tipo de actuador'.

The main product selection area is titled 'Variante rendimiento'. It shows two options:

Componente	Modelo	Diámetro del pistón	Tiempo de posicionamiento	Emisión de CO ₂ / Ciclo
Cilindro	DSBC-63-320-PPSA-N3 1383641	63 mm	575 ms	0.18 g
Válvula	VUVS-LK30-M52-AD-G38-1B2-S 8049881	Caudal: 1.600 l/min	Consumo de aire / Ciclo: 9.12 l	

Below the product selection, there are icons for various components and two expandable sections: 'Mostrar todos los componentes de las soluciones' and 'Mostrar energía y CO₂'. At the bottom right, there is a 'Comprar ahora' button.

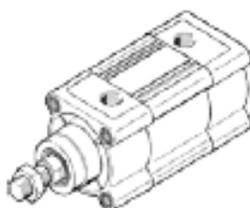
Nota. Página web Festo – Dimensionamiento neumático

cilindro normalizado DSBC-63-320-PPSA-N3

Número de artículo: 1383641

FESTO

Con amortiguación de fin de recorrido neumática autorregulable.



Hoja de datos

Característica	Valor
Carrera	320 mm
Diámetro del émbolo	63 mm
Rosca del vástago	M16x1,5
Amortiguación	PPS: amortiguación de fin de recorrido neumática autorregulable
Posición de montaje	Indistinto
Corresponde a la norma	ISO 15552
Extremo del vástago	Rosca exterior
Construcción	Émbolo Vástago Tubo perfilado
Detección de la posición	para sensores de proximidad
Variantes	vástago simple
Presión de funcionamiento Mpa	0,04 ... 1,2 MPa
Presión de funcionamiento	0,4 ... 12 bar
Modo de funcionamiento	de doble efecto
Fluido	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Indicación sobre los fluidos de funcionamiento y de mando	Opción de funcionamiento con lubricación (necesaria en otro modo de funcionamiento)
Clase de resistencia a la corrosión KBK	2 - riesgo de corrosión moderado
Temperatura ambiente	-20 ... 80 °C
Energía del impacto en las posiciones finales	1,3 J
Carrera de amortiguación	22 mm
Fuerza teórica a 0,6 MPa (6 bar, 87 psi), retroceso	1.682 N
Fuerza teórica a 0,6 MPa (6 bar, 87 psi), avance	1.870 N
Masa móvil con carrera de 0 mm	430 g
Peso adicional por 10 mm de carrera	62 g
Peso básico con carrera de 0 mm	1.740 g
Masa adicional por 10 mm de carrera	25 g
Tipo de fijación	con rosca interior con accesorios a elegir:
Conexión neumática	G3/8
Indicación sobre el material	Conforme con RoHS
Material de la culata	Fundición inyectada de aluminio, recubierta

Nota. Catálogo Festo 2019 para actuador neumático seleccionado.

ANEXO N°6

SELECCIÓN Y CATÁLOGOS DE SIEMENS PARA ACTUADORES DOBLE EFECTO

Se escogió el actuador de doble efecto más económico, para el mecanismo de tolva de recolección, con los datos:

- Recorrido = 400 mm
- Carga útil = 25 Kg
- Tiempo de posicionamiento requerido = 600 ms
- Presión = 6 Bar
- Amortiguación: Autoajustable
- Longitud de tubo: 1m

Automatización Didactic Empresa

Productos Soluciones Soporte Educación Tendencias Sobre Festo Carreras Inicio de sesión Cesta de la compra Colombia **FESTO**

Búsqueda por productos, temas o descargas

-90° 0° 90°

Tipo de Amortiguación

- elástica
- autoajustable**
- ajustable

Longitud del tubo 1 m

Dirección del movimiento

- avance
- retroceso

Tipo de actuador

Variante Eco

 Cilindro DSBC-80-400-PPSA-N3 1383376	Diámetro del pistón 80 mm	Tiempo de posicionamiento 626 ms	Emisión de CO ₂ / Ciclo 0.61 g
 Válvula VUVS-LK30-M52-AD-G38-1B2-S 8049881	Caudal 1.600 l/min	Consumo de aire / Ciclo 25.38 l	



Mostrar todos los componentes de las soluciones

Mostrarr energía y CO₂

Comprar ahora

Nota. Página web Festo – Dimensionamiento neumático

Característica	Valor
Carrera	400 mm
Diámetro del émbolo	80 mm
Rosca del vástago	M20x1,5
Amortiguación	PPV: amortiguación neumática regulable a ambos lados
Posición de montaje	indistinto
Corresponde a la norma	ISO 15552
Extremo del vástago	Rosca exterior
Construcción	Émbolo Vástago Tubo perfilado
Detección de la posición	para sensores de proximidad
Variantes	vástago simple
Presión de funcionamiento	0,4 ... 12 bar
Modo de funcionamiento	de doble efecto
Fluido	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Indicación sobre los fluidos de funcionamiento y de mando	Opción de funcionamiento con lubricación (necesaria en otro modo de funcionamiento)
Clase de resistencia a la corrosión KBK	2 - riesgo de corrosión moderado
Temperatura ambiente	-20 ... 80 °C
Energía del impacto en las posiciones finales	1,8 J
Carrera de amortiguación	31 mm
Fuerza teórica con 6 bar, retroceso	2.721 N
Fuerza teórica con 6 bar, avance	3.016 N
Masa móvil con carrera de 0 mm	810 g
Peso adicional por 10 mm de carrera	92 g
Peso básico con carrera de 0 mm	2.660 g
Masa adicional por 10 mm de carrera	39 g
Tipo de fijación	a elegir: con rosca interior con accesorios
Conexión neumática	G3/8
Indicación sobre el material	Conforme con RoHS
Material de la culata	Fundición inyectada de aluminio recubierto
Material de las juntas	TPE-U(PU)
Material del vástago	Acero de aleación fina
Material de la camisa del cilindro	Aleación forjable de aluminio Anodizado deslizante

Nota. Catálogo Festo 2019 para actuador neumático seleccionado.

ANEXO N°7

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)



Vidrios de Seguridad TEMPLUS S.A.S.

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)

Nombre Compañía: Vidrios de Seguridad Templus S.A.S. Por: Inq. Oscar Pedraza Cabrera Pag: 1 de 2

Procedimiento de soldadura: INP-01-001 Fecha: _____ Soporte PQR No.: C-IH-121-1

Revisión No. : 0 Fecha: _____

Procedimiento(s) de soldadura: SMAW Tipo(s): Manual

Junta (QW-402)

Diseño de junta: Soldadura de ranura y filete

Soldadura de respaldo: (Si) X (No) _____

Material de respaldo: Soldadura y material base

SIN RETENEDORES USADOS

<input type="checkbox"/> Metal	<input type="checkbox"/> Metal no fusionable
<input type="checkbox"/> No metálico	<input type="checkbox"/> Otro

Metal Base (QW-403)

Spec. No. <u>SA-516-GR 70</u>	P No. <u>1</u>	Grupo No. <u>1-2</u>
to Spec.No. <u>SA-516-GR 70</u>	P No. <u>1</u>	Grupo No. <u>1-2</u>

Metal Base: Ranura 3/16" a 1/2" Filete Todos

Max. Espesor metal de aporte: ≤ 1/2" (13mm)

Nota. Procedimiento de soldadura para instalación de polipasto eléctrico.

Vidrios de Seguridad TEMPLUS S.A.S.

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)

WPS No. IH-12-001 Fecha _____ Rev. _____

Pag.: 2 de 2

Posición (QW-405) Posición(es) ranura: <u>Todas</u> Progresión soldadura: Arriba <u>X</u> Abajo _____ Posición(es) Filete <u>Todas</u> Otro _____	PWHT (QW-407) Rango Temperatura <u>N/A</u> Rango Tiempo <u>N/A</u> Otro _____
Precalentamiento (QW-406) Temperatura Min. <u>38°C (100°F)</u> Temperatura entre pases, Max. <u>214°C (412°F)</u> Mantenimiento del precalentamiento <u>Enfriamiento en aire tranquilo</u> Otro _____	GAS (QW-408) Protección <u>N/A</u> Trailing <u>N/A</u> Backing <u>N/A</u> Otro _____
Características eléctricas (QW-409) Corriente Tipo/polaridad <u>Corriente Directa Electrodo Positivo (DCEP)</u> Modo de transferencias para GMAQ/FCAW <u>N/A</u> Entrada de Calor (max) <u>N/A</u>	
TECNICA (QW-410) Soldadura continua u Oscilante <u>Continua y ondulante, oscilación max. 3 veces el diámetro del electrodo</u> Tamaño de la boquilla o copa de gas <u>N/A</u> Limpieza inicial entrepases <u>Cepillado</u> Metodo de saneado de raíz <u>Cepillado y arc air cuando sea necesario</u> Oscilación <u>N/A</u> Pases múltiples o sencillo (por lado) <u>múltiples</u> Electrodo(s) múltiples o sencillo <u>sencillo</u> Otro <u>Se realiza limpieza antes de soldar, en el bisel y en el área de al menos 1" en cada punto a soldar. Debido a que se va a soldar una pieza de soporte a un perfil estructural el cepillado puede ser utilizado así como limpieza química, si lo requiere. Recomendable hacer un precalentado con soplete de gas en áreas mínimas de 3" a cada lado del bisel.</u>	

Process Welding Parameters

Pase/proceso	Filler Metal		Current			Rango Vel. Avance (in/min)
	Clase	Diámetro	Tipo / polaridad	Rango Amperaje	Rango Voltaje	
1 al 4 SMAW	E7018-1	1/8"	DCEP	90-130	20-30	8 a 12
5 al 10 SMAW	E7018-2	5/32"	DCEP	140-195	25-30	10 a 12

Nota. Procedimiento de soldadura para instalación de polipasto eléctrico.

ANEXO N°8

CATÁLOGO DE SOLDADURA PARA DISEÑO



INDURA 6011 - AWS E-6011

Descripción:
El electrodo 6011 posee un revestimiento de tipo celulésico diseñado para ser usado con corriente alterna, pero también se le puede usar con corriente continua, electrodo positivo. La rápida solidificación del metal depositado facilita la soldadura en posición vertical y sobrecabeza. El arco puede ser dirigido fácilmente en cualquier posición, permitiendo altas velocidades de deposición (soldadura).

- Características:**
- Electrodo para soldar aceros dulce o al carbono.
 - Toda posición
 - Corriente continua, electrodo positivo (CCEP)
 - Corriente alterna (CA)
 - Revestimiento canela (celulésico potásico)
 - Punto azul

Uso:
Este electrodo es apto para ser utilizado en todas las aplicaciones de soldadura en acero al carbono.

- Aplicaciones Típicas:**
- Cordon de raíz en cañería
 - Cañerías de oleoductos
 - Reparaciones generales
 - Estructuras metálicas
 - Planchas galvanizadas
 - Embarcaciones
 - Estanques
 - Obras de Construcción

Almacenamiento:
Temperatura ambiente

Manejo:
No Recomendado

Recondicionamiento:
No Recomendado



COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL METAL DEPOSITADO	
C	0,11%
Mn	0,41%
Si	0,23%
P	0,018%
S	0,017%

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DEL METAL DEPOSITADO	
Límite de Fluencia	424 Npa
Resistencia a la Tracción	495 Npa
Agrrietamiento en 50 mm	27%
Energía Absorbida	34 J a -30°C

AMPERAJES RECOMENDADOS										
Cod. SAP	Ref. AWS	Ref. Prox.	Diam. Electrodo		Long. Electrodo		Amperaje		Electrodo x kg aproximado	Kg/Caja
			pulg	mm	pulg	mm	mín	máx		
2800993	E 6011	E 6011	3/32	2,4	12	300	50	90	74	25
2800994	E 6011	E 6011	1/8	3,2	14	350	80	120	34	25
2800995	E 6011	E 6011	5/32	4	14	350	110	160	34	25
2800996	E 6011	E 6011	3/16	4,8	14	350	160	220	17	25
1830482	E 6011	E 6011	1/8	3,2	14	350	80	120	34	20
1830483	E 6011	E 6011	5/32	4	14	350	110	160	34	20
2800459	E 6011	E 6011 (18g)	1/8	3,2	14	350	80	120	34	25

CRYOGAS
por INDURA

CETI SERTEC

Nota. Catálogo de soldadura Indura seleccionada para procedimientos de soldadura.

ANEXO N°9

CATÁLOGO DE ACEROS PARA DISEÑO DE NUEVA ESTRUCTURA

ACEROS ESPECIALES
Para aplicaciones Industriales

GA Cía. General de Aceros

Acero Grado Ingeniería

Referencia:
Aceros al Carbono



AISI / SAE: 1045



Composición química (%)			
C	0.48 - 0.50	P	0.04 Máx.
Mn	0.60 - 0.90	S	0.05 Máx.
Si	0.20 - 0.40		

Dureza de suministro 180 - 220 HB.

EQUIVALENCIAS EN OTRAS NORMAS

NORMAS	NOMBRE
AISI SAE	1045
DIN	CK45
AFNOR	XC45
UNI	C45
BS	060 A45

Características:

Acero de medio carbono, posee baja soldabilidad y buena maquinabilidad, responde al tratamiento térmico y al endurecimiento por llama o inducción. Por su dureza y tenacidad es utilizado para la fabricación de componentes de maquinaria.

Usos: Por sus características de temple, se tiene una amplia gama de aplicaciones automotrices y de maquinaria en general de resistencia media, tales como: ejes, cigüeñales, engranajes, piñones, cuñas, tornillos, pernos, pasadores, partes de maquinaria y herramientas agrícolas.



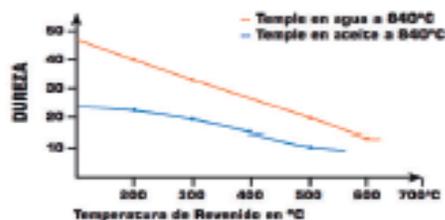
Láminas desde 16.88 mm hasta 300 mm de espesor

Estado de Suministro	Resistencia tracción kg/mm ²	Límite elástico kg/mm ²	Alargamiento %	Reducción de área %	Dureza brinell HB
Laminado en Caliente	60	32	> = 16	> = 40	180/220
Calibrado	60	42	> = 16	> = 40	180/220

TRATAMIENTO TÉRMICO	TEMPERATURA °C	MEDIO DE ENFRIAMIENTO
Forja	850/1100	Ceniza o arena
Temple	815/870	Acelite
Normalizado	856/900	Aire
Recocido total	650/700	Horno
Revenido	450/600	Aire

* Tener presente que los tratamientos térmicos modifican las propiedades mecánicas de origen del material.

Diagrama de Revenido



El tiempo de calentamiento a esta temperatura es de 1 hora + 1 hora por pulgada de espesor o diámetro de la parte. Posteriormente se enfría en el horno o al aire.

Acero Grado Ingeniería

En CGA Somos Más Que Acero

Fabricamos todo tipo de repuestos para máquinas, como ejes de grandes dimensiones, rodillos de conformado y laminado, piñones y todos aquellos elementos de acero que requieran un proceso de transformación. Procesamos más de 10.000 piezas diferentes cada mes.

Somos líderes en el suministro de partes mecánicas para los diferentes sectores de la industria nacional, prestamos servicio de mecanizado de piezas especiales con asesoría en la selección del acero y el tratamiento térmico.

En Cía. General de Aceros la tecnología y la experiencia son nuestras principales herramientas para garantizar la repetibilidad, trazabilidad y tolerancias en sus piezas.

Mecanizamos piezas únicas, en todo tipo de tamaños, según plano o muestra proporcionada por el cliente.



Somos el Aliado Estratégico en el Desarrollo Industrial del País



Compañía General de Aceros S.A. es la empresa líder en suministro y transformación de aceros especiales de alta calidad en Colombia. Hemos logrado esta posición con el trabajo diario y continuo por más de 60 años, ofreciendo soluciones integrales con nuestros recursos, experiencia y conocimiento técnico.

Estamos presentes en las principales ciudades de Colombia, en caso de necesitar asesoramiento por favor contactar a su asesor comercial o llamar al Call Center +57 (1) 7700 560.

Nota. Catálogo de acero seleccionado para fabricación de estructura de actuadores.

ANEXO N°10

FÓRMULAS

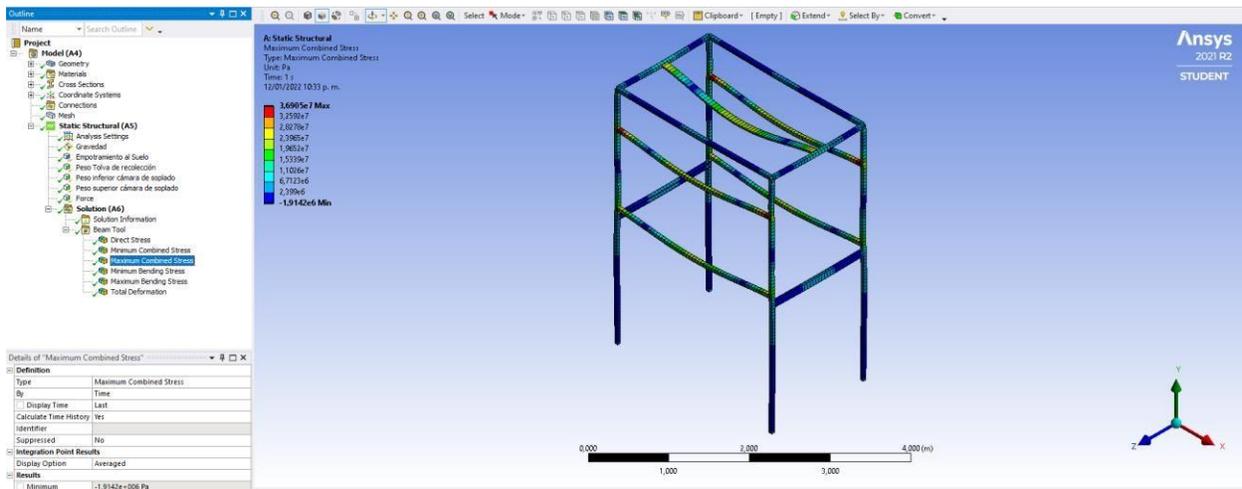
Cálculos para estructura con malacate.

$$\text{Peso del malacate} = 32\text{Kg} \times 9.81\text{m/s}^2$$

$$\text{Peso malacate} = 313,92 \approx 314 \text{ N}$$

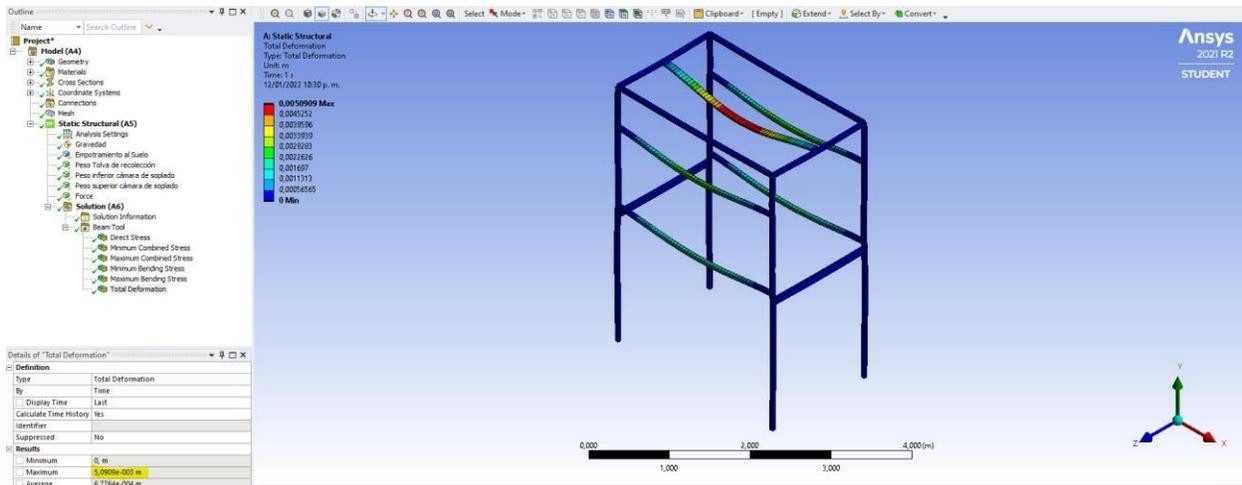
Peso para estructura donde se encuentra ubicado malacate con vidrio en máximas dimensiones = 754N.

Valores arrojados por Software para esfuerzo de Von mises de estructura con malacate.



Details of "Maximum Combined Stress"	
Definition	
Type	Maximum Combined Stress
By	Time
<input type="checkbox"/> Display Time	Last
<input type="checkbox"/> Calculate Time History	Yes
Identifier	
Suppressed	No
Integration Point Results	
Display Option	Averaged
Results	
<input type="checkbox"/> Minimum	-1,9142e+006 Pa
<input type="checkbox"/> Maximum	3,6905e+007 Pa
<input type="checkbox"/> Average	8,0362e+006 Pa
Minimum Occurs On	Beam (Rectangle)
Maximum Occurs On	Beam (Rectangle)
Information	

Máxima deformación de estructura con malacate



Cálculos para Velocidad de línea de paso.

La velocidad de la línea de paso en metros por segundo es:

$$v = \frac{\pi \bar{x} d_p \times \omega_P}{6000}$$

$$v = \frac{\pi \times 39 \times 9,8}{6000}$$

$$v = 0,20011 \left| \frac{m}{s} \right| = 20,011 \left| \frac{cm}{s} \right|$$

Teniendo en cuenta estos datos, calcularemos las cargas tangenciales y radiales sostenidas por el engranaje.

$$w_t = \frac{1000 \times P}{v}$$

$$w_t = \frac{1000 \times 0,11 \text{ Kw}}{0,20011 \text{ m/s}} = 549,7 \text{ N}$$

$$w_r = w_t \times \tan \phi$$

$$w_r = 394,8 \text{ N} \times \tan 20^\circ = 200,07 \text{ N}$$

Teniendo en cuenta que el ángulo de presión es de 20° se toma este valor para la carga radial.

Obteniendo estos datos, obtenemos el esfuerzo a flexión:

$$\sigma_t = \frac{w_t \times K_0 \times k_v \times k_s \times k_m \times k_B}{F \times m \times J}$$

Siendo,

$w_t =$ Carga tangencial transmitida, [N]

$k_0 =$ Factor de sobrecarga $\rightarrow k_0 = 1$

$k_v =$ Factor dinámico

$k_s =$ Factor de tamaño $\rightarrow k_s = 1$

$k_m =$ Factor de sobrecarga $\rightarrow k_m = 1,3$

$k_B =$ Factor de distribución de carga $\rightarrow k_B = 1$

$F =$ Ancho de cara [mm]

$m =$ módulo [mm]

$J =$ Factor geométrico de resistencia a la flexión

Se calculan valores de carga dinámica:

$$B = 0,25(12 - Qv)^{\frac{2}{3}}$$

$$A = 50 + 56(1 - B)$$

$$K_v = \left(\frac{A + \sqrt{200v}}{A} \right)$$

Sabiendo que,

$Qv =$ número control de calidad, de 3 a 7 adimensionales. Este caso se tomará = 6

$$B = 0.92$$

$$A = 54,9$$

$$K_v = 1.06$$

Factor geométrico de resistencia a la flexión.

$$J_P = 0,60$$

Esfuerzo de flexión para el piñón.

$$\sigma_{tP} = 196,3 \text{ [MPa]}$$

Resistencia de flexión permisible S_t y resistencia a la fatiga por contacto S_c :

$$S_t = 0.703H_B + 113 \text{ MPa} = 238.9 \text{ MPa}$$

$$S_c = 2.41H_B + 237 \text{ MPa} = 668.4 \text{ MPa}$$

Esfuerzo de flexión permisible $\frac{N}{m^2}$, por medio de la siguiente ecuación que contempla valores como: Y_N : Factor de ciclos del esfuerzo de flexión para 10^5 ciclos de carga, K_T : Factor de temperatura, K_B : Factor de confiabilidad de un 90%:

$$\sigma_{perm} = \frac{S_t Y_N}{K_B K_T}$$

$$\sigma_{perm} = \frac{(238.9)(1,5)}{(1)(0.85)} = 421,6 \text{ MPa}$$

Factor de seguridad de diseño:

$$S_F \sigma_t = \sigma_{perm}$$

$$\sigma_{perm}$$

$$S_F = \frac{\sigma_{perm}}{\sigma_t} = 2,15$$

Se calcula el esfuerzo de flexión permisible según la norma AGMA, por medio de la ecuación:

$$\sigma_{Cperm} = \frac{S_C Z_N}{K_T K_R}$$

$$\sigma_C S_H = \sigma_{Cperm}$$

Donde:

S_C : Esfuerzo de contacto permisible [$\frac{N}{mm^2}$]

Z_N : Factor de ciclos de vida de esfuerzo

K_T : Factor de temperatura

K_R : Factor de confiabilidad

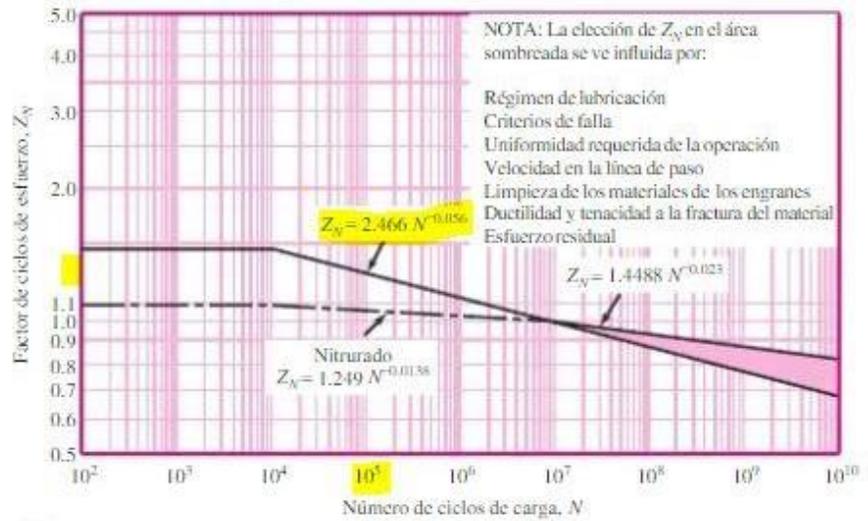
S_H : Factor de seguridad AGMA

$$S_H = \frac{\sigma_{Cperm}}{\sigma_C}$$

Para un factor de ciclos de vida, con 10^5 ciclos de carga, se obtiene el valor con la gráfica siguiente:

Figura 14-15

Factor de ciclos de esfuerzos de resistencia a la picadura Z_N . (Fuente: ANSI/AGMA 2001-D04.)



Nota. Imagen tomada Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, 8va Edición Richard G. Budynas. Pag 743

$$Z_N = 2.466(10^5)^{-0.056} = 1.294$$

$$K_T = 1$$

$$K_B = 0.85$$

Entonces, reemplazando la ecuación de factor de seguridad AGMA con los valores obtenidos, tenemos que:

$$S_H = 1.39$$

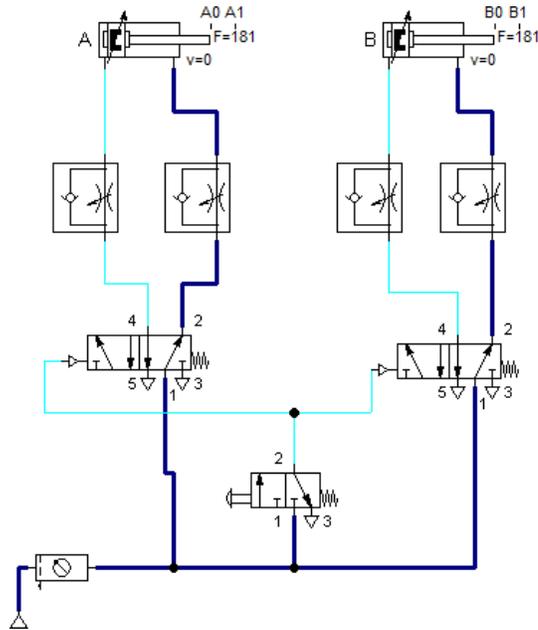
Según la siguiente relación y la norma AGMA indica que cuando comparamos el factor de picadura y factor de seguridad a flexión:

$$S_F > (S_H)^{2.2} > 1.96$$

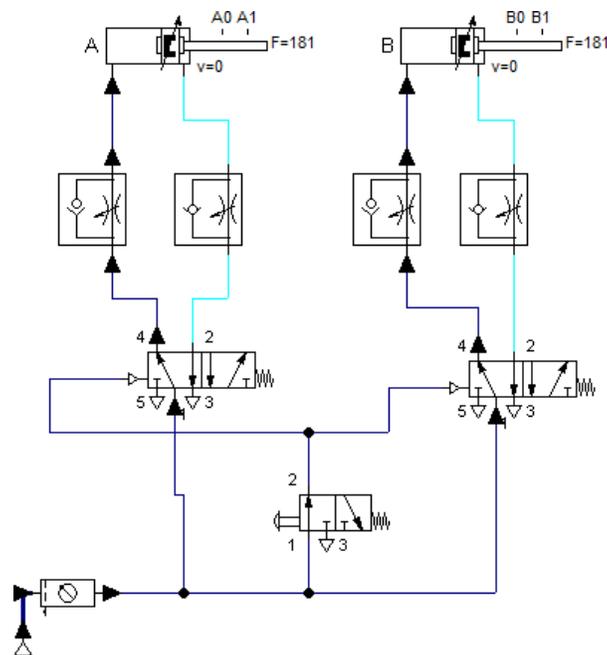
El desgaste cumpliría un factor de riesgo para el engranaje.

➤ **Diseño de circuito neumático para mecanismo de cierre de moldes.** En las siguientes imágenes mostraremos el paso a paso del circuito neumático.

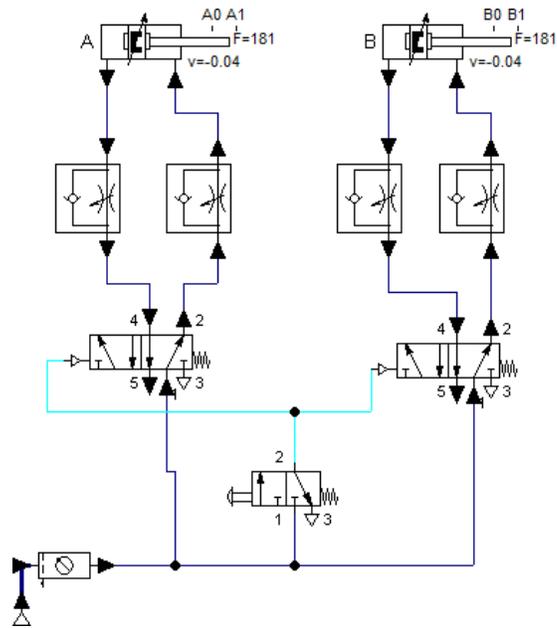
1. Pulsador en reposo



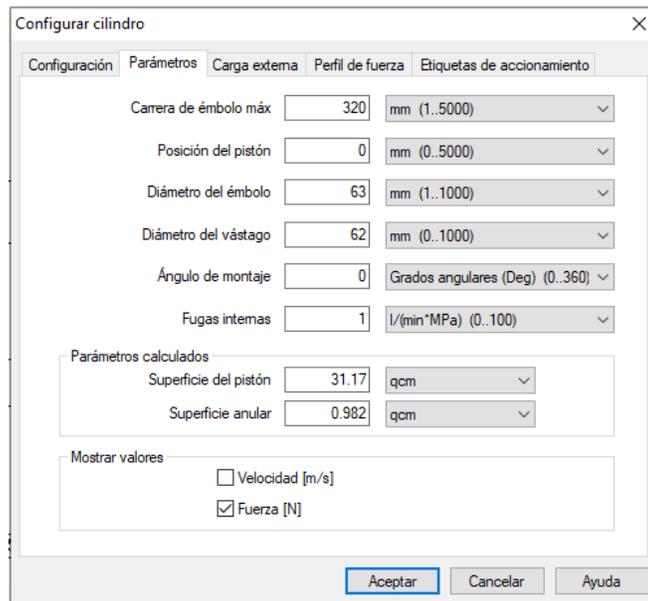
2. Accionamiento del pulsador



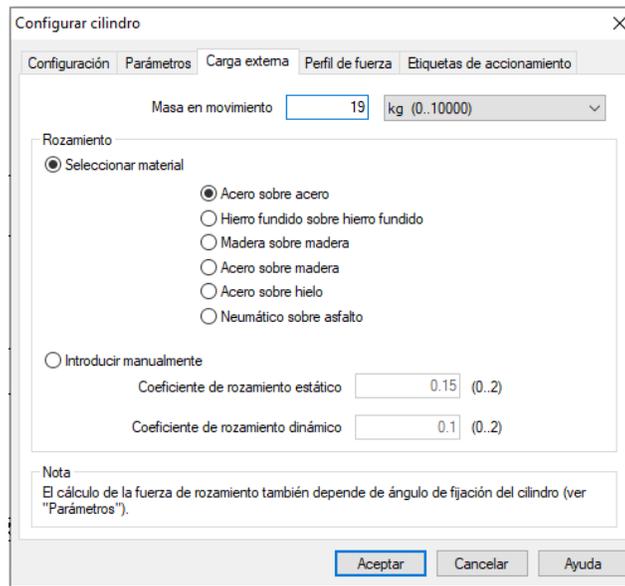
3. Devolución de posición inicial de los actuadores.



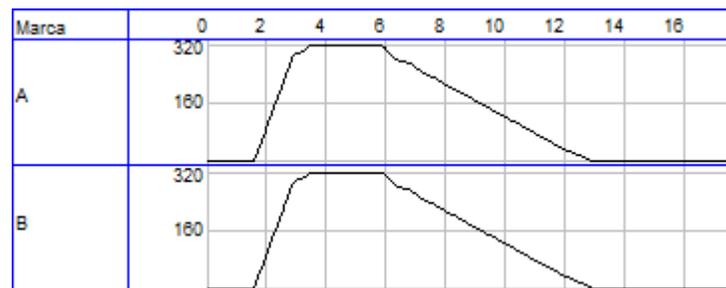
Datos de simulación, ajenos a los actuadores seleccionados de FESTO:



Donde se va a contemplar el coeficiente de rozamiento y la carga externa:

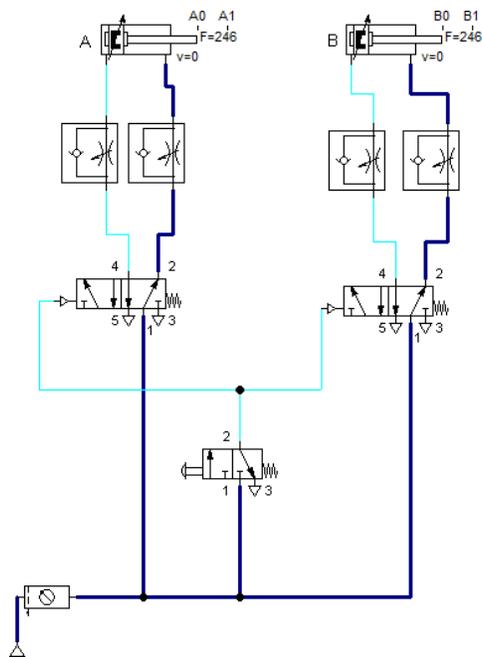


Y, por último, tendremos en cuenta la secuencia que harán ambos actuadores.

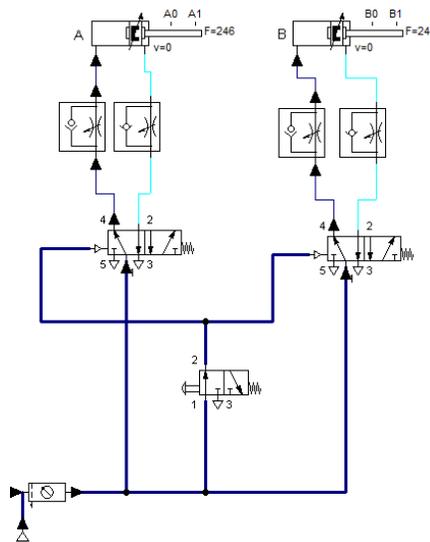


• **Diseño de circuito neumático para mecanismo de tolva de recolección.** En las siguientes imágenes mostraremos el paso a paso del circuito neumático para el mecanismo de tolva de recolección.

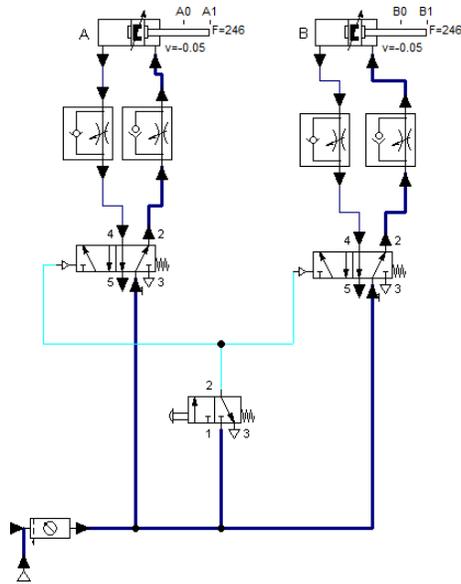
1. Pulsador en reposo



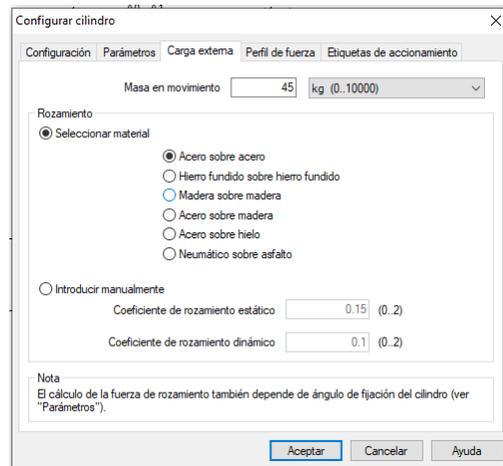
2. Accionamiento del pulsador



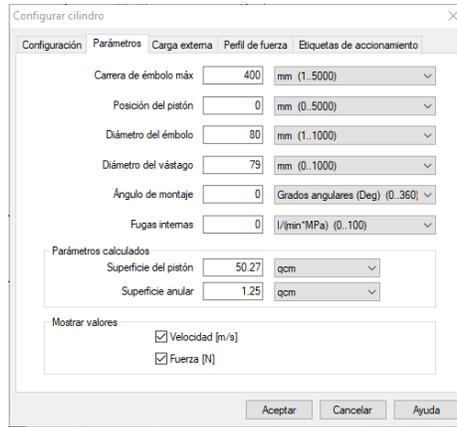
3. Devolución de posición inicial de los actuadores.



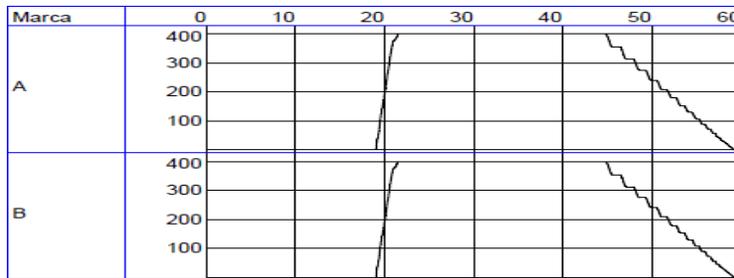
Datos de simulación, ajenos a los actuadores seleccionados de FESTO:



Donde se va a contemplar el coeficiente de rozamiento y la carga externa:

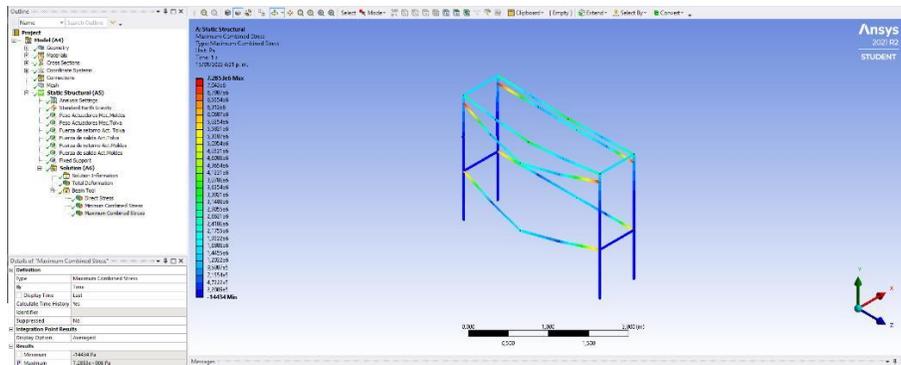


Y, por último, tendremos en cuenta la secuencia que harán ambos actuadores.



- **Datos de cálculos para estructura de actuadores.**

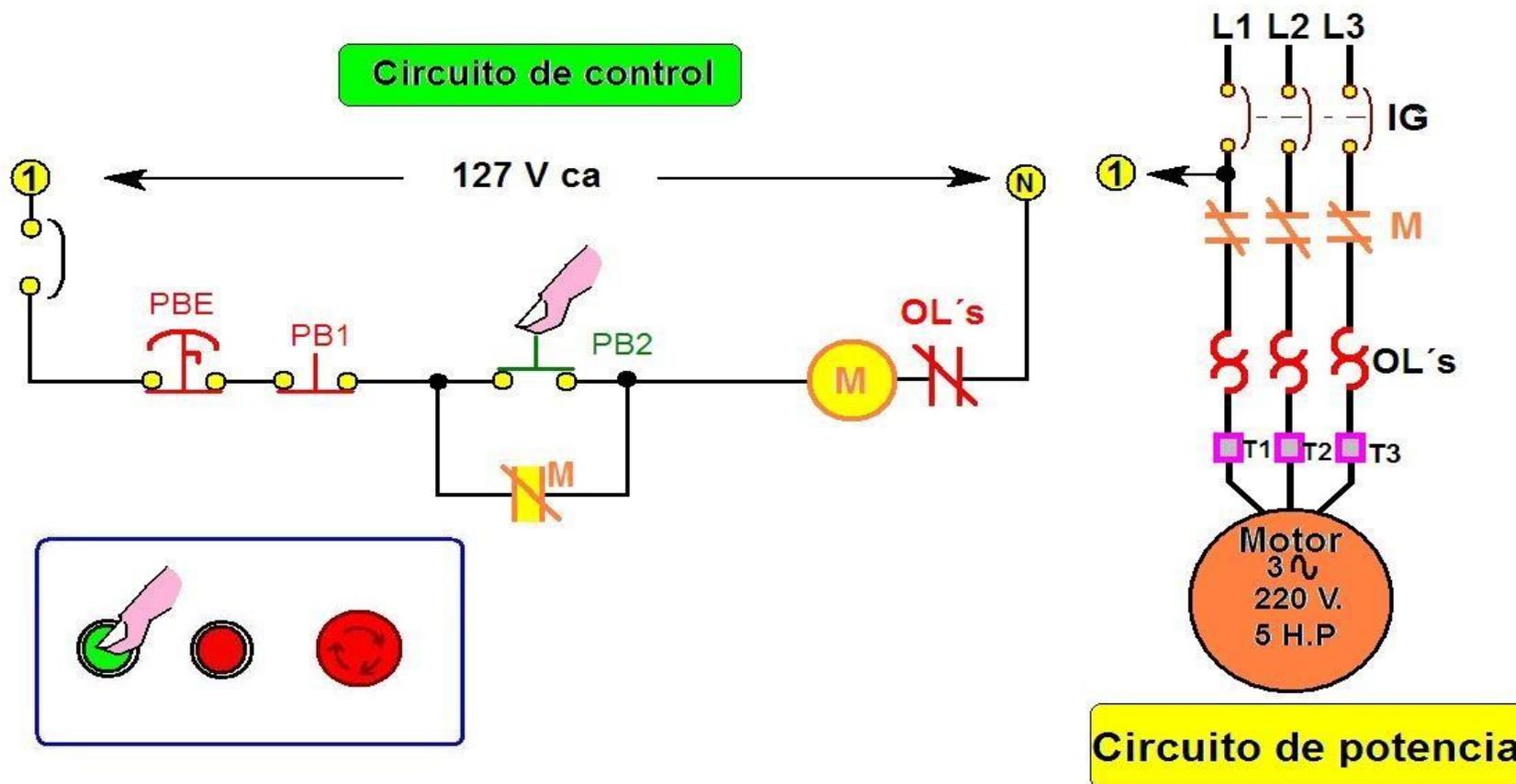
Esfuerzo de Von Mises: 73,5 MPa



ANEXO N°11

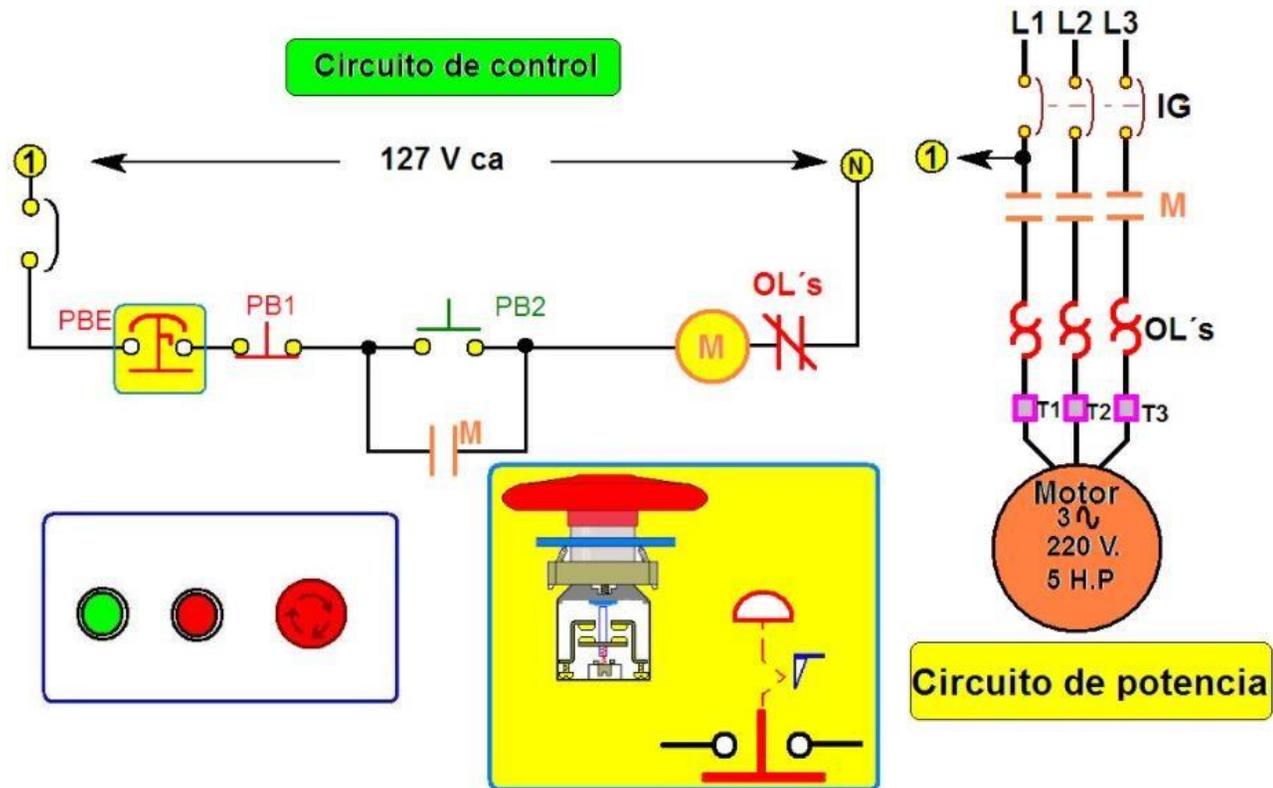
PLANO ELÉCTRICO CONTROL DEL MALACATE

1. Accionamiento del malacate



Nota. Diagrama de circuitos eléctricos de control con botón de paro de emergencia. Tomado de: <https://coparoman.blogspot.com/2015/09/diagramas-de-circuitos-electricos-de.html>

2. Puesto en marcha, se tiene la opción de hacer un paro por medio de PB1. Y un paro de emergencia con botón PBE. El cual, en la paleta de control, va a ser el botón más grande.



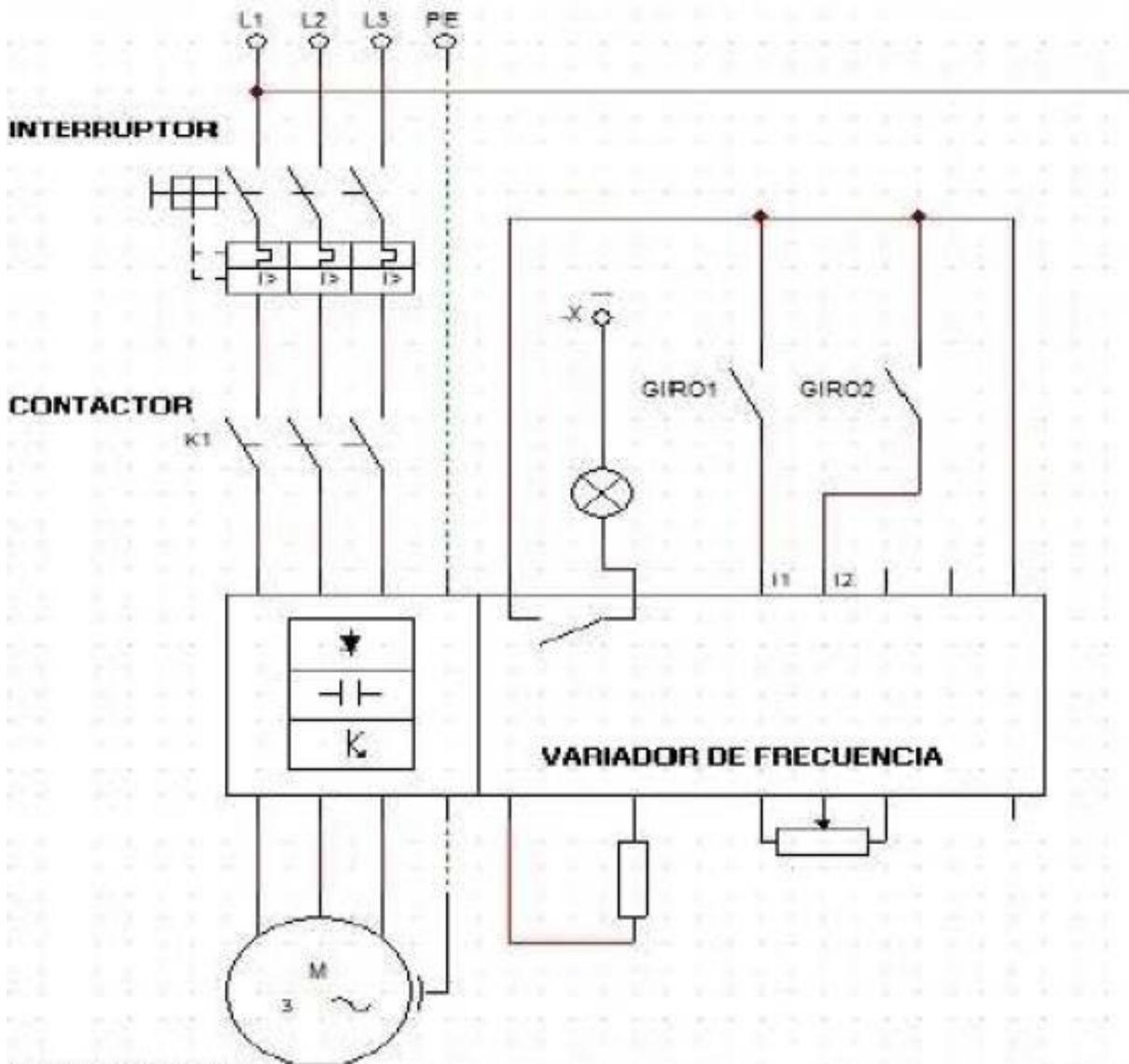
Por medio de este botón, el motor del malacate dejará de ser alimentado y no tendrá ningún movimiento, llegado el caso si se activa alguno de los dos botones (PB1 o PB2) por accidente.

Nota. Diagrama de circuitos eléctricos de control con botón de paro de emergencia. Consultado 08 Feb. 2022. Tomado de: <https://coparoman.blogspot.com/2015/09/diagramas-de-circuitos-electricos-de.html>

ANEXO N°12

PLANO ELÉCTRICO MOTORREDUCTOR

Teniendo en cuenta que tiene un motor eléctrico trifásico, toma un plano eléctrico para el motorreductor.

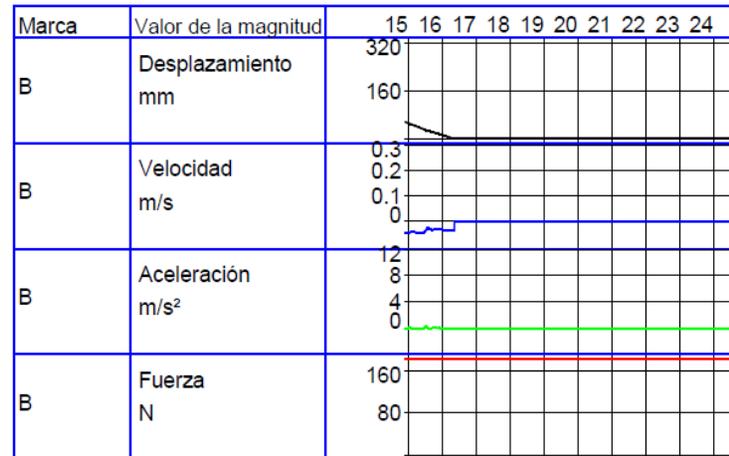
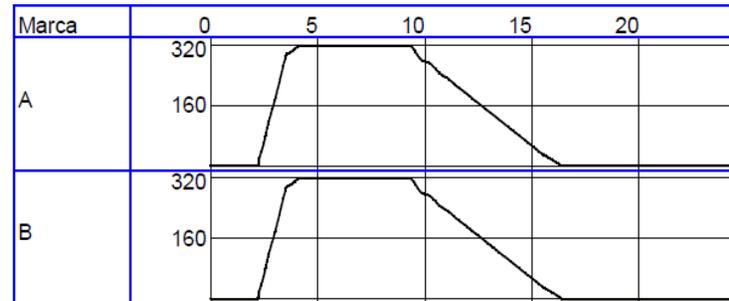
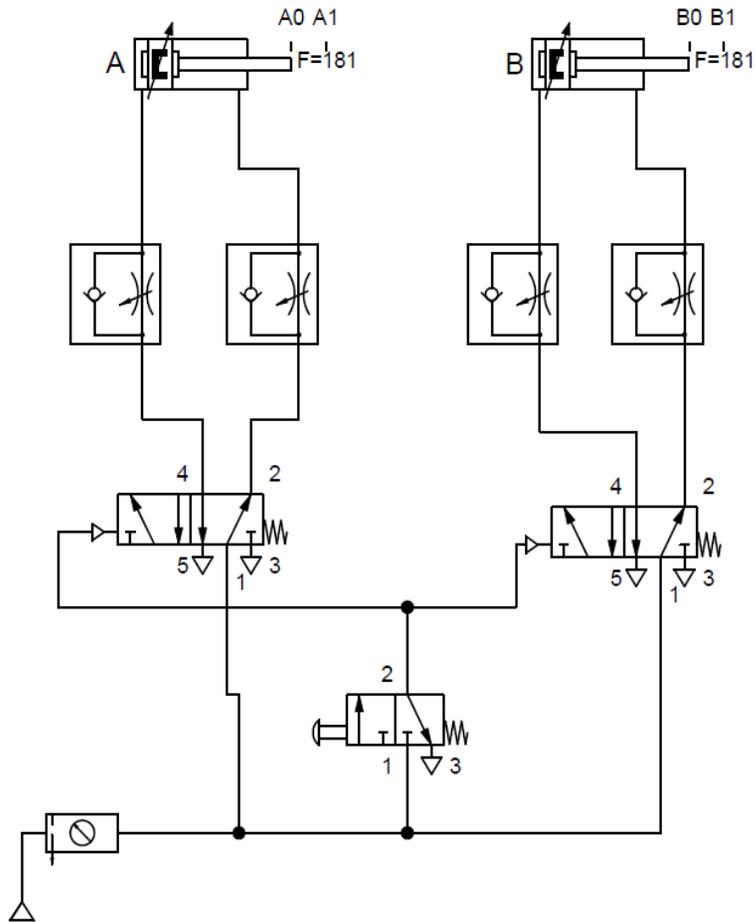


MOTORREDUCTOR

Nota. Plano eléctrico de encendido de motorreductor. Tomado de: <https://es.scribd.com/document/366930061/Diagrama-Elctrico-de-Conexion-Del-Motorreductor>

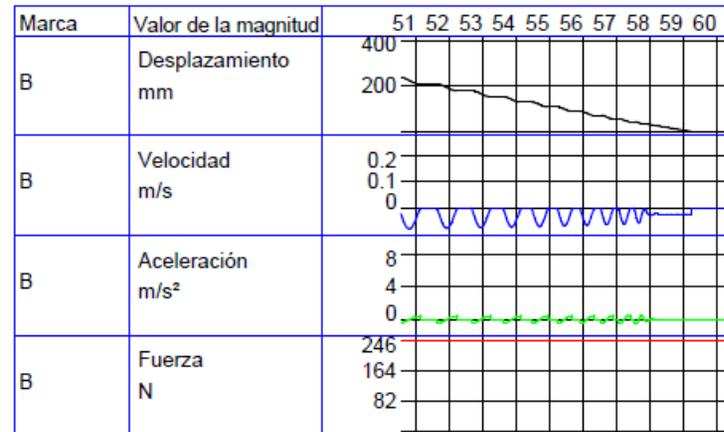
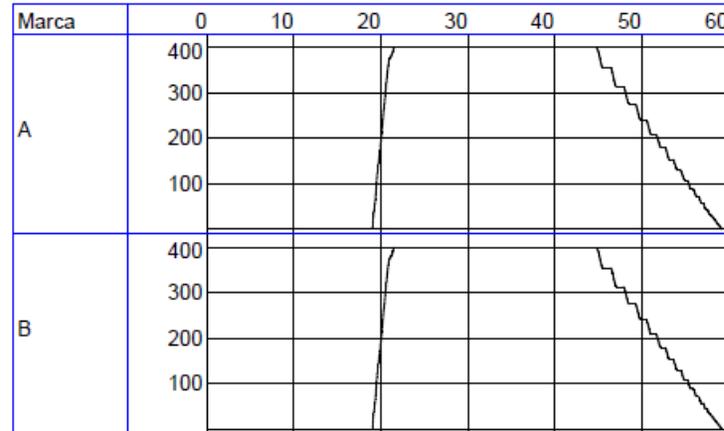
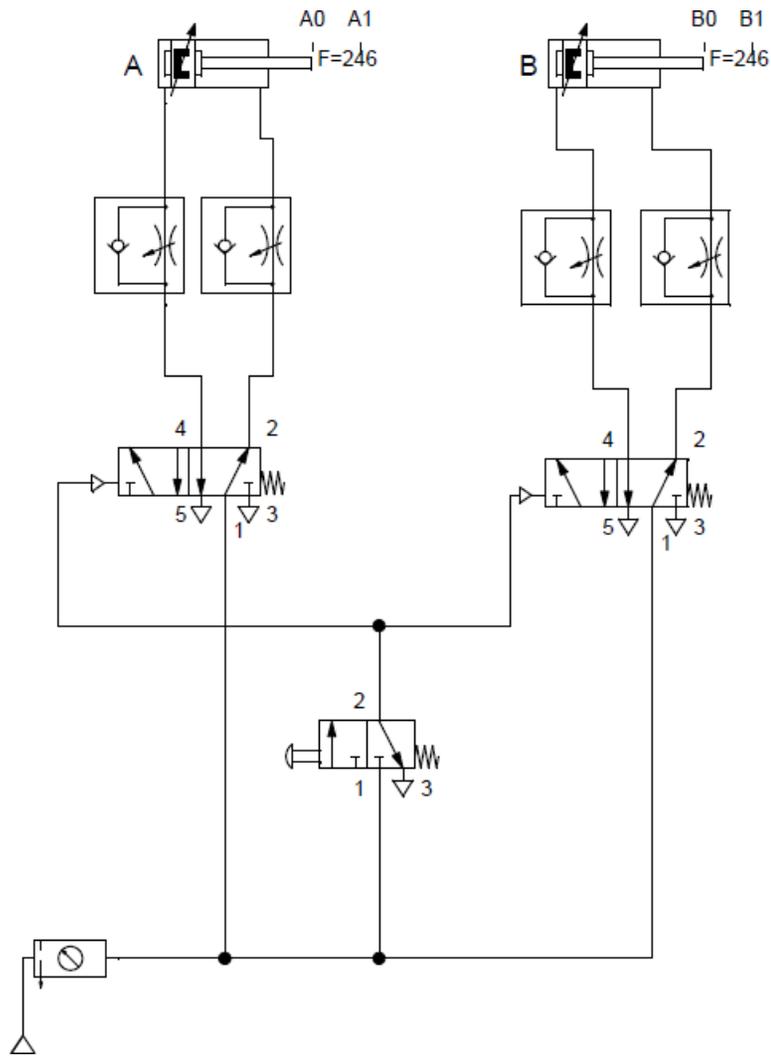
ANEXO N°13

PLANO NEUMÁTICO PARA MECANISMO DE MOLDES

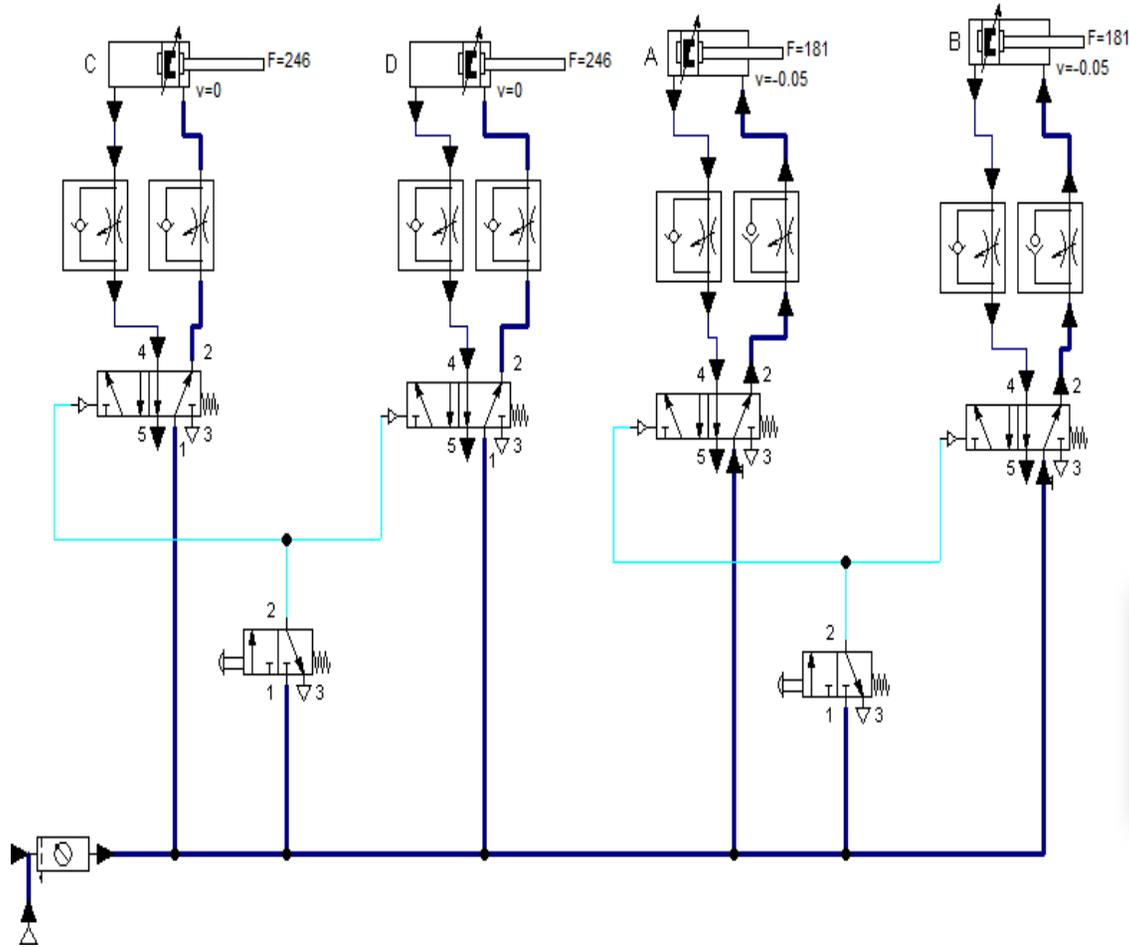


ANEXO N°14

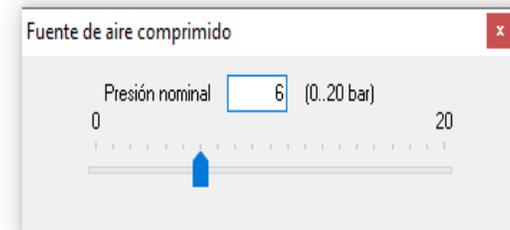
PLANO NEUMÁTICO PARA MECANISMO DE TOLVA DE RECOLECCIÓN



ANEXO N° 15



Marca	Valor de la magnitud	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
A	Desplazamiento mm	320									
B	Desplazamiento mm	320									
C	Desplazamiento mm	400									
D	Desplazamiento mm	400									



Nota: en FLUID SIM Neumática

ANEXO N° 16

**DISEÑO SOLDADURA WPS PARA ESTRUCTURA DE ACTUADORES
NEUMÁTICOS**



Vidrios de Seguridad TEMPLUS S.A.S.

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)

Nombre Compañía: Vidrios de Seguridad Templus S.A.S. Por: Ing. Oscar Pedraza Cabrera Pag: 1 de 2

Procedimiento de soldadura: INP-02-001 Fecha: _____ Soporte PQR No.: C-IH-121-1

Revisión No.: 0 Fecha: _____

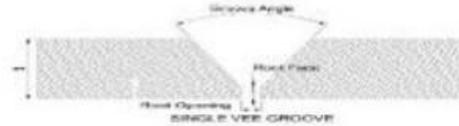
Procedimiento(s) de soldadura: SMAW Tipo(s): Manual

Junta (QW-402)

Diseño de junta: Soldadura de ranura y filete

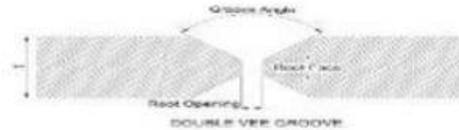
Soldadura de respaldo: (Si) (No) _____

Material de respaldo: Soldadura y material base



SIN RETENEDORES USADOS

- | | |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Metal | <input type="checkbox"/> Metal no fusionable |
| <input type="checkbox"/> No metálico | <input type="checkbox"/> Otro |



Metal Base (QW-403)

Spec. No. <u>SA-516-GR 70</u>	P No. <u>1</u>	Grupo No. <u>1-2</u>
to Spec.No. <u>SA-516-GR 70</u>	P No. <u>1</u>	Grupo No. <u>1-2</u>

Metal Base: Ranura 3/16" a 1/2" Filete Todos

Max. Espesor metal de aporte: ≤ 1/2" (13mm)

Metal Aporte (QW-404)

P-No. (SFA)	<u>5,20</u>
AWS No. (clase)	<u>E6011</u>
F-No. <u>6</u>	A-No. <u>1</u>
Tamaño metal de aporte	<u>0.045"</u>
Forma del producto del metal de aporte	<u>Alambre Tubular</u>
Tipo de fundente e inserto de combustible	<u>N/A</u>
Metal de aporte suplementario	<u>N/A</u>

Vidrios de Seguridad **TEMPLUS S.A.S.**

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)

WPS No. IH-12-001 Fecha _____ Rev. _____ Pag.: 2 de 2

Posición (QW-405) Posicion(es) ranura: <u>Todas</u> Progresión soldadura: Arriba <u>X</u> Abajo _____ Posicion(es) Filete <u>Todas</u> Otro _____	PWHT (QW-407) Rango Temperatura <u>N/A</u> Rango Tiempo <u>N/A</u> Otro _____
Pre calentamiento (QW-406) Temperatura Min. <u>30°C (86°F)</u> Temperatura entre pases, Max. <u>240°C (464°F)</u> Mantenimiento del pre calentamiento <u>Ningún otro</u> Otro _____	GAS (QW-408) Protección <u>CO2</u> Trailing <u>N/A</u> Backing <u>N/A</u> Otro _____
Carácteresísticas eléctricas (QW-409) Corriente Tipo/polaridad <u>Corriente Directa Electrodo Positivo (DCEP)</u> Modo de transferencias para GMAQ/FCAW <u>Globular</u> Entrada de Calor (max) <u>N/A</u>	
TECNICA (QW-410) Soldadura continua u Oscilante <u>Continua y ondulante, oscilación max. 3 veces el diámetro del electrodo</u> Tamaño de la boquilla o copa de gas <u>3/4"</u> Limpieza inicial entrepases <u>Cepillado</u> Metodo de saneado de raiz <u>Cepillado y arc air cuando sea necesario</u> Oscilación <u>N/A</u> Pases múltiples o sencillo (por lado) <u>múltiples</u> Electrodo(s) múltiples o sencillo <u>sencillo</u> Otro _____ _____ _____ _____	

Process Welding Parameters

Pase/proceso	Filler Metal		Current			Rango Vel. Avance (in/min)
	Clase	Diámetro	Tipo / polaridad	Rango Amperaje	Rango Voltaje	
1 al 4 SMAW	E6011	0,045"	DCEP	190-300	20-30	Variable
5 al 10 SMAW	E60100	0,045"	DCEP	245-400	25-32	Variable

Nota. Formato de procedimiento de soldadura para estructura de actuadores.

ANEXO N° 17

ESTUDIO DE TIEMPO DESPUÉS DE DISEÑO CONCEPTUAL

ESTUDIO DE TIEMPOS DESPUÉS DE DISEÑO CONCEPTUAL			
EMPRESA: Vidrios de Seguridad TEMPLUS S.A.S.		HOJA DE CRONOMETRAJE	HOJA N° 1/1
PRODUCTO: Vidrio Templado		REALIZADO POR: Oscar Pedraza Cabrera	MUESTRA: 1900X2500 mm
N°	Elementos	NUMERO DE OBSERVACIONES (CICLOS) min.	
		TIEMPO TOTAL [min]	
1	Montado de vidrio en las pinzas soportadas en la guía horizontal	4,92	4,92
2	Descenso del vidrio desde punto de montado en guía horizontal a horno.	0,14	0,14
3	Cierre de tapa del horno	0,013	0,013
4	Permanencia hasta lograr temperatura esperada y apertura de horno, ascenso de vidrio con la manivela al punto de moldeado.	9,60	9,60
5	Bloqueo ascenso malacate, cierre con actuador neumático de mecanismo de moldes para curvatura de vidrio.	0,08	0,08
6	Apertura de mecanismo de moldes, activación malacate y ascenso a cámara de soplado.	1,26	1,26
7	Movimiento de tolva por rompimiento preventivo de vidrio y enfriado rápido del vidrio en la cámara de soplado.	5,86	5,86
8	Descenso de vidrio a altura de desmonte	0,79	0,79
9	Desmontado de vidrio templado	2,04	2,04

ANEXO 18

RECOMENDACIONES

Como inicial y más importante, en caso de querer obtener el sistema totalmente automatizado, es necesario hacer usos de PLC's, en el cual podrán ir asociados todos los elementos seleccionados en el diseño conceptual y de esta manera tener totalmente la automatización del proceso de fabricación.

En caso de implementación del proyecto a la empresa, se recomienda contactar a los fabricantes seleccionados en el diseño, para brindar una mayor confiabilidad para los procesos de fabricación de la empresa.