

DOSIFICACIÓN, DE GELES COSMETICOS INYECTABLES, EN JERINGAS

Lucas Nicolás Meitín

Universidad Nacional de Rosario

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura

Escuela de Ingeniería Mecánica

Rosario, Argentina

Año 2024

DOSIFICACÓN, DE GELES COSMETICOS INYECTABLES, EN JERINGAS

Lucas Nicolás Meitín

Proyecto Final de Ingeniería Mecánica presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero/a Mecánico/a

Director/a:

Ingeniero Mecánico - Pedro Sismondi

Co- Director/a:

Ingeniero Mecánico – Guillermo Rodriguez

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Escuela de Ingeniería Mecánica
Rosario, Argentina
Año 2024

Agradecimientos

En primera instancia tengo que agradecer a mi familia por el apoyo y por haberme dado el empuje durante todo el transcurso de la carrera, y en acompañarme en lo que era la elección de mi futuro desempeño profesional.

Además, no puedo dejar de agradecer el constante aporte de mis amigos, que muchos fueron de pilares en el transcurso de los años de cursado y otros, que fueron sumados en diferentes etapas de mi vida y fueron cruciales para poder seguir dando el esfuerzo que implica el avance en la carrera.

No quiero dejar de destacar a los docentes de la Escuela de mecánica que sin el esfuerzo diario, dedicación, acompañamiento y motivación, son los que le dan el ejemplo a uno como persona y profesional de lo que queremos ser.

Resumen

La dosificación volumétrica en pequeña escala, lograda con gran precisión y buena repetitividad para algunas industrias es muy importante.

Para laboratorios de cosmética inyectable, una solución a este problema se hace necesaria para poder elaborar en serie, una producción homogénea, estandarizando así por ejemplo el llenado de los barriles o jeringas.

La problemática que se planteará resolver, consistirá en poder encontrar el mejor sistema mecánico, más simple y económico, para poder dosificar una variedad determinada de geles cosméticos fluidos, con diferentes características, en jeringas graduada de bajo volumen con alta precisión, logrando mejorar la calidad en la dosificación, la homogeneidad en el llenado y aumentar asi, la productividad de la operación de dosificación.

El objetivo será lograr que la tarea de la dosificación de cada barril sea independiente del operario y la experiencia que este tenga en dicha tarea, logrando un estándar de llenado igual al volumen indicado para cada gel con una variación aceptable de un 10%.

PALABRAS CLAVE: Dosificación, gel, llenado.

Summary

Small-scale volumetric dosing, achieving high precision and good repeatability for some industries is very important.

For injectable cosmetics laboratories, a solution to this problem is necessary to be able to produce homogeneous production in series, thus standardizing, for example, the filling of barrels or syringes.

The problem that will be solved will consist of finding the best, simplest and most economical mechanical system, to be able to dose a specific variety of fluid cosmetic gels, with different characteristics, in low-volume graduated syringes with high precision, managing to improve quality. in dosing, homogeneity in filling and thus increasing the productivity of the dosing operation.

The objective will be to ensure that the task of dosing each barrel is independent of the operator and the experience he or she has in said task, achieving a filling standard equal to the volume indicated for each gel with an acceptable variation of 10%.

KEYWORDS: Dosage, gel, filling.

Contenido

Agradecimientos **3**

Resumen **4**

Summary **5**

Contenido **6**

Introducción **7**

Diagnostico **9**

Análisis de variables **10**

Condiciones Limites **11**

Objetivos por cumplir **12**

Propósitos del mecanismo **13**

Análisis de alternativas **14**
Alternativa 1: Sistema de dosificación con bomba peristáltica 14
Alternativa 2: Sistema con pistón neumático, con carrera regulable 15
Alternativa 3: Sistema con tornillo a bolas recirculantes 16
Elección de alternativa más viable 17

Desarrollo de Diseño **18**
Modelo final alcanzado 23

Conclusiones y recomendaciones **25**
Conclusiones 25
Recomendaciones 26

Bibliografía **27**

Anexo: Nombrar el anexo A de acuerdo con su contenido **28**

Introducción

En muchos procesos productivos o simplemente de fraccionamiento, aparece la necesidad de la dosificación de materiales diversos y a escalas muy distintas, desde materiales sólidos, en polvo, líquidos, gelificados, con granulometría y propiedades muy variadas.

Para muchos casos la dosificación macica es la más apropiada, ya que para preparaciones o emulsiones lo que prima es mantener las relaciones estequiométricas de los productos en juego. Ahora bien, para la comercialización de muchos productos de consumo masivo y también algunos particulares, la dosificación volumétrica en diferentes recipientes de diversas escalas parece ser la mejor opción y la más utilizada.

El producto en cuestión y el rubro en el que es solicitado marcará la diferencia del envase a utilizar y cuan precisa será la dosificación. En el caso que analizaremos, el rubro farmacéutico y cosmético, marca la necesidad de que la dosificación sea la más prolija y homogénea dentro de una partida, ya que el producto es comercializado en cantidades muy pequeñas.

La problemática se presenta a la hora de que además de precisa, la dosificación tenga la posibilidad de ser variada tratando de mantener los mismos márgenes de tolerancia. Estamos hablando de productos fluidos tipo gel, que serán dosificados en jeringas calibradas de vidrio, con tapón hermético en la punta, que varían su volumen según la presentación, entre 1, 2 y 3 ml, con una tolerancia inferior de 0ml y superior de un 10%.

Analizando el problema en cuestión, se buscaron sistemas que cumplieran dicha función, comercializados en el mercado, tratando de analizar como resolvían la dosificación, pero lo que se encontró es que estaban más avocados a cumplir fundamentalmente los requerimientos de materiales en contacto con los fluidos o productos en cuestión, pero no tanto a la resolución de la parte técnica, por lo que son muy dependientes de la expertise del operario en el uso de la tecnología y la repetitividad que este lograra conseguir, siendo muy variante la dosificación en el comienzo de la tarea y en el final de la jornada o lote, no asegurando así una repetitividad volumétrica que se acercara a la requerida.

La idea de este proyecto será llevar adelante un mecanismo que solucione desde lo técnico la dosificación repetida y con la tolerancia requerida, respetando siempre la importancia de que el requerimiento es Farmacéutico, con toda la implicancia que esto tiene a la hora de elegir materiales y piezas estándar para que tengan contacto con los fluidos en cuestión. Se tomarán de referencia materiales utilizados por maquinas o utensilios que hoy se comercializan para tal fin y también bibliografía en donde se pueda corroborar la compatibilidad de ciertos materiales plásticos con los fluidos a tratar o fluidos de composición similar.

Además de encontrar la mejor solución técnica al problema, se desea lograr una estandarización del tiempo requerido para la dosificación de cada tamaño de barril y cada producto en cuestión, para luego poder hacer un estudio de mejora y optimización de la producción, y así poder alcanzar nuevos niveles productivos que permitan el crecimiento comercial de la empresa, sabiendo que la demanda, al momento, supera la oferta de dichos productos.

Es así como podemos ver que un problema que al parecer es pequeño, como la dosificación repetitiva y dentro de cotas aceptables, puede esconderse detrás la potenciación de una línea que no conoce el limite productivo que posee ya que es imposible medir una tarea tan sencilla como es el fraccionamiento en las unidades vendibles, ya que depende de artefactos poco repetitivos y de la mano y expertise del operario.

Trataremos de resolver la mecánica del problema en cuestión de la manera más efectiva, analizando la implicancia económica para quien hoy posee dicha problemática, y asi poder llegar a diseñarlo y fabricarlo, teniendo en cuenta que se necesitará un complemento eléctrico y electrónico.

Diagnostico

El laboratorio, donde nace la problemática a plantear, se dedica a la elaboración de productos cosméticos y farmacéuticos inyectables. Además de elaborar el producto, son ellos mismos los encargados de fraccionarlo en jeringas de 1, 2 y 3 ml según su presentación.

Los barriles (así son nombradas las jeringas vacías estériles) poseen en su extremo un tapón hermético, con una rosca particular donde luego se enroscará la cánula o aguja a utilizar. El producto una vez dosificado en su interior, deberá quedar sellado al vacío entre dicho tapón y el embolo trasero para preservarlo en el tiempo, luego de su esterilización.

Para la tarea del fraccionamiento se adquirió un sistema de dosificación neumático, que consiste en un gran cartucho tipo jeringa, de 180ml de volumen, con un embolo trasero plástico. Este, se coloca dentro de un porta-cartucho en donde la tapa trasera sella contra el interior del cartucho, generando una recamara contra al embolo plástico. Luego por un sistema de temporizador, regulador de presión, electroválvula y pulsador eléctrico, se da una señal para que durante un intervalo de tiempo determinado la electroválvula abra paso dejando ingresar aire a la recamara, empujando el fluido hacia adelante saliendo por el pico de dosificación.

El problema observado en primera instancia fue, que cuando el cartucho se encuentra lleno, es necesario solo un pulso para que el fluido que dosificara fuese el deseado, pero a medida que el cartucho se iba descargando se hacen necesarios más y más pulsaciones para lograr la dosificación requerida, volviéndola completamente imprecisa y dependiente del ojo del operario para determinar cuando la cantidad del fluido ingresado en la jeringa era el correcto.

Aquí es donde se cuestiona el sistema de dosificación utilizado, indagando cual eran los requerimientos que realmente debía cumplir el sistema y cuáles eran los objetivos de producción que el laboratorio debía cumplir. Donde se observa en segunda instancia que el producto no cumplía el objetivo, en cuanto a dosificación, para el que se había comprado y además no permitía llegar a los objetivos de producción deseados.

Análisis de variables

Para poder abordar la problemática desde un análisis un poco más técnico se deben comprender las variables que entran en juego para que la solución pueda abarcarlas de manera correcta. Un correcto conocimiento de ellas nos dará pautas concisas a respetar.

Enumeraremos las variables que serán consideradas para el análisis:

- Tamaños de barriles (volumen de dosificación): Se utilizan 4 modelos distintos 1ml, 2ml, 3ml de vidrio y 3ml de Policarbonato
- Diámetro de boca de barril: 6mm para barriles de 1ml de vidrio – 8mm para barriles de 2ml y 3ml de vidrio – 9mm en barriles de 3ml de Policarbonato
- Largo del barril: 55mm en las de 1 y 2ml de vidrio –74mm en las de 3ml de vidrio – 67mm en las de 3ml de Policarbonato
- Cantidad de fluidos distintos a dosificar: al momento se necesitan dosificar 13 fluidos distintos
- Viscosidad: se pueden dividir en 3 grupos – viscosidad baja, media y alta.
- Densidad: Todos tienen una densidad cercana a 1.1gr/cm3
- Compresibilidad (AIRE INTERNO): Desde cercana a la del agua(incompresible) hasta comprimirse con relación al 1%
- Boquilla de Dosificación: Actualmente se utilizan 2 boquillas de diámetros 2mm y 4mm

Tabla 2-1: Resumen de variables

Gel	Capacidad [ml]	Barril	vizcocidad	Densidad[gr/cm3]	Compresibilidad
N1	3	3ml V	BAJA	1	0%
N2	1	1ml V	BAJA	1	0%
N3	2	2ml V	BAJA	1	0%
N4	1	1ml V	MEDIA	1	0%
N5	2	2ml V	MEDIA	1	0%
N6	2	2ml V	MEDIA	1	0%
N7	1	1ml V	MEDIA	1	0%
N8	1	1ml V	MEDIA	1	0%
N9	1	1ml V	MEDIA	1	0,5%
N10	1	1ml V	MEDIA	1,1	0,5%
N11	1	1ml V	MEDIA	1,1	0,5%
N12	1	1ml V	MEDIA	1,1	0,5%
N13	3	3ml PC	ALTA	1,1	1%

Condiciones Limites

Se establecerán las cotas dentro de las cuales se trabajará respetando las necesidades del futuro usuario y los requerimientos que deba cumplir para poder funcionar en un laboratorio Farmacéutico.

- TAMAÑO. Deberá ser lo más compacta posible para entrar en la mesada de trabajo (aproximadamente dentro de los limites 600x300x700mm)
- VERSATILIDAD PARA CAMBIAR A NUEVOS FLUIDOS. A la fecha será calibrada con los 13 productos en cuestión, pero podrían llegar a surgir nuevas fórmulas.
- NO UTILIZAR NEUMATICA DE FORMA DIRECTA. Ya que se exige que el aire tenga un grado de filtración muy alto de partículas y humedad para que no alteren las propiedades del producto y no lo contaminen.
- NO SUPERAR LOS U$D5000 DE COSTO. Monto máximo de inversión posible.
- PODER FABRICARLO ENTRE 60-90 DIAS. Se solicita como fecha marco de entrega final o parcial para justificar avances y pruebas.
- UTILIZAR LA MAYOR CANTIDAD DE PIEZAS ESTANDAR POSIBLE. Tratar de utilizar la mayor cantidad de repuestos comerciales que ya dan la seguridad de haber sido probados en contacto con los fluidos que se producen y no lo contaminan y además de sufrir algún deterioro se reemplazarían por algo estándar.
- LOS MATERIALES QUE PUEDAN ESTAR EN CONTACTO CON FLUIDO DEBEN SER DE AISI 316L O POLIAMIDA. Los materiales que deban estar en contactor directo con los productos deberán ser de acero inox AISI316 o Paliamida 6 (GRILON) ya que en ambos casos está probado que no hay transferencia de material ni migración que luego afecte químicamente a los productos. Reglamentación Farmacéutica.
- NO DESPRENDER PARTICULAS QUE PUEDAN TERMINAR DENTRO DE LAS JERINGAS. Los mecanismos que puedan producir desgaste y desprendimiento de partículas que puedan terminar dentro del fluido deberán ser mínimos y estar recubiertos para que no se volatilicen.

Objetivos por cumplir

Analizando las Condiciones limites y las variables en cuestión a respetar, podemos proponer los siguientes objetivos a cumplimentar para el análisis del mecanismo que solucione la problemática planteada.

Como objetivo principal, lo que se busca es cubrir el problema primordial en cuestión que es la dosificación homogénea y repetitiva dentro de los limites aceptados para la producción. Se plantea que la maquina sea capaz de lograr una dosificación del producto que corresponda dentro de los limites 1ml, 2ml y 3ml con tolerancia inferior -0ml y superior de un 10%. Es decir, los barrilles de capacidad 1ml deberán tener entre 1ml y 1,1ml – los barriles de capacidad de 2ml deberán tener entre 2ml y 2,2ml y los de capacidad de 3ml deberán tener entre 3ml y 3,3ml. Lograr este objetivo es crucial ya que dosificar volumen inferior al mínimo implica descarte y no aceptación por el cliente, y superior al maximo, perdida por parte del fabricante.

Luego de lograr dosificar dentro de los limites aceptados podemos poner como objetivos secundarios los siguientes:

- Poder dosificar 1000 barriles al día
- Poder dosificar todos los fluidos (los 13 que se producen al momento).
- Que la maquina tenga el menor mantenimiento posible.
- Que la maquina este compuesta de mecanismos simples y duraderos (robustez)
- Minimizar el costo de inversión (tratar de no superar los U$D 3000)
- Rapidez de construcción y replica.

El trabajo de estudio de la temática estará abocado a tratar de resolver la mayor cantidad de objetivos secundarios sin sacar de foco el cumplimiento del Objetivo primario en cuestión.

Propósitos del mecanismo

Analizando las cuestiones a cumplimentar funcionalmente por la maquina o mecanismo de dosificación surgen también necesidades a cumplimentar por parte del laboratorio que propone cierta operatoria teniendo cuidados del producto en cuestión.

- Deberá poseer un recipiente desde el cual se extraiga el fluido y esté lo menos en contacto con el ambiente posible. En lo posible debe ser un recipiente cerrado.
- El volumen a partir del cual se dosifica debe ser acotado ya que, si surge un desperfecto, se debe poder volver a guardar y que no se heche a perder el producto. Se elaboran lotes de 25kg y se separa en sub-lotes para uso diario, de 5kg max en frascos de 400ml – este será el volumen máximo del contenedor para evitar pérdidas mayores.
- La salida del fluido deberá ser a velocidad controlada ya que sino se producen burbujas dentro de la jeringa. Entre 0.5ml/seg y 1ml/seg.
- Deberá poder desarmarse fácil a diario, para poder limpiar lo que haya estado en contacto con el fluido. El funcionamiento en un laboratorio exige un alto nivel de simpleza para el desarme y limpieza ya que son normativas a respetar. Menos de 10min.
- No deberá chorrear por el pico, para evitar derrame, suciedad y atasque en el proceso siguiente. La operatoria manual exige que la maquina corte la dosificación repentinamente y que evite el escurrimiento ya que esto promueve arrastre de material en el siguiente proceso que es la colocación de émbolos con una maquina particular que posee un cabezal que realiza vacío sobre la boca de la jeringa y luego coloca el embolo, dejando el producto hermético.
- La máquina debe ser de simple operatoria, para poder independizarla del único operario que en la actualidad realiza la tarea.
- La máquina realizara una presión sobre el fluido para que este salga por el pico de dosificación. Esta, debe tener algún sistema de regulación para variar la presión necesaria para cada fluido y lo debe poder hacer quien la opera, ya que el cambio de producto a dosificar es casi a diario o incluso dentro del mismo día, por lo que la calibración debe ser mínima.

Análisis de alternativas

En el análisis de los objetivos a cumplir y las variables en juego se proponen las siguientes alternativas a modo conceptual para poder objetivamente optar por la mas viable y profundizar en el desarrollo de los mecanismos en juego para su posterior diseño construcción y fabricación.

Alternativa 1: Sistema de dosificación con bomba peristáltica

Sistema electrónico con bomba peristáltica y motor paso a paso. El recipiente de carga es superior, con manguera de silicona y pico intercambiable en el extremo como se muestra en la Figura 3-1. Para que este sistema funcione correctamente el fluido debe ser de baja viscosidad y buena fluides ya que sino quedara atascado en la tolva generando un canal de succión central y el gel pegado a las paredes, además la manguera debe ser flexible para que la bomba por presión pueda mover internamente el fluido, pero esta al tener que soportar una presión interna del fluido viscoso para el desplazamiento, se expandirá generando fluctuaciones indeseadas.

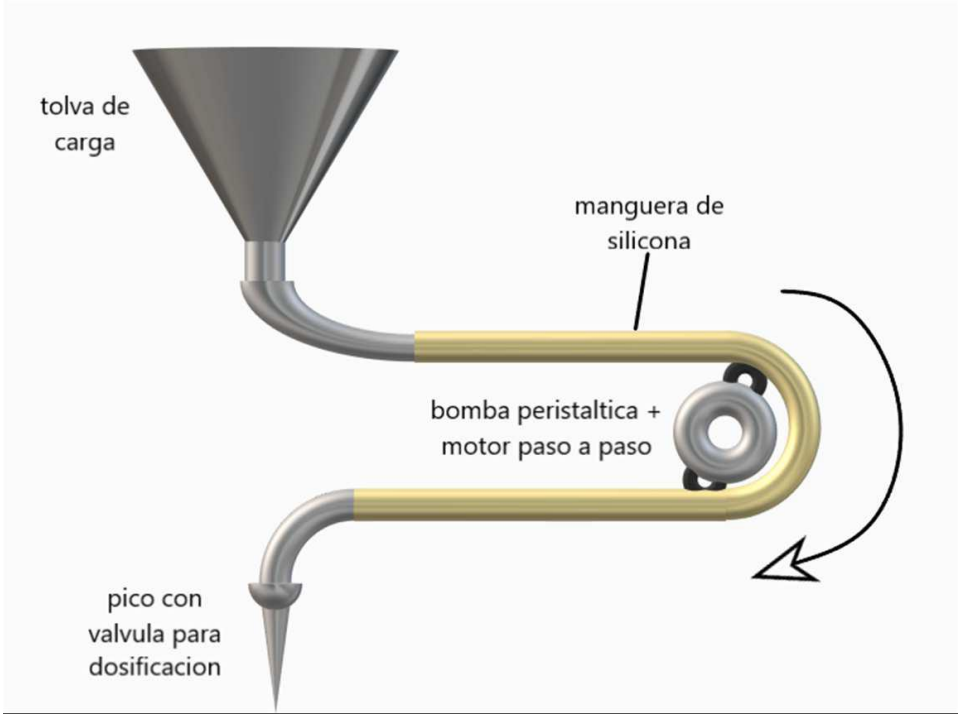


Figura 3-1: Alternativa con bomba peristáltica

Alternativa 2: Sistema con pistón neumático, con carrera regulable

El sistema consiste en una recamara de recorrido regulable tipo pistón, donde el accionamiento es mediante un cilindro neumático como se muestra en la **Figura 3-2**. Responde a la necesidad de que el accionamiento neumático no sea directo sobre el fluido correctamente y que la regulación sea muy simple. La desventaja visible en este sistema es como se menciono en el anterior caso, la tolva superior si el fluido es muy viscoso, podría formar un canal a la hora de la succión por lo que succione aire en lugar de producto, por quedar este adherido a las paredes. Además, es posible que al regular el recorrido del cilindro neumático con sensores, se pierda completa repetitividad y precisión a la hora de controlar el movimiento.

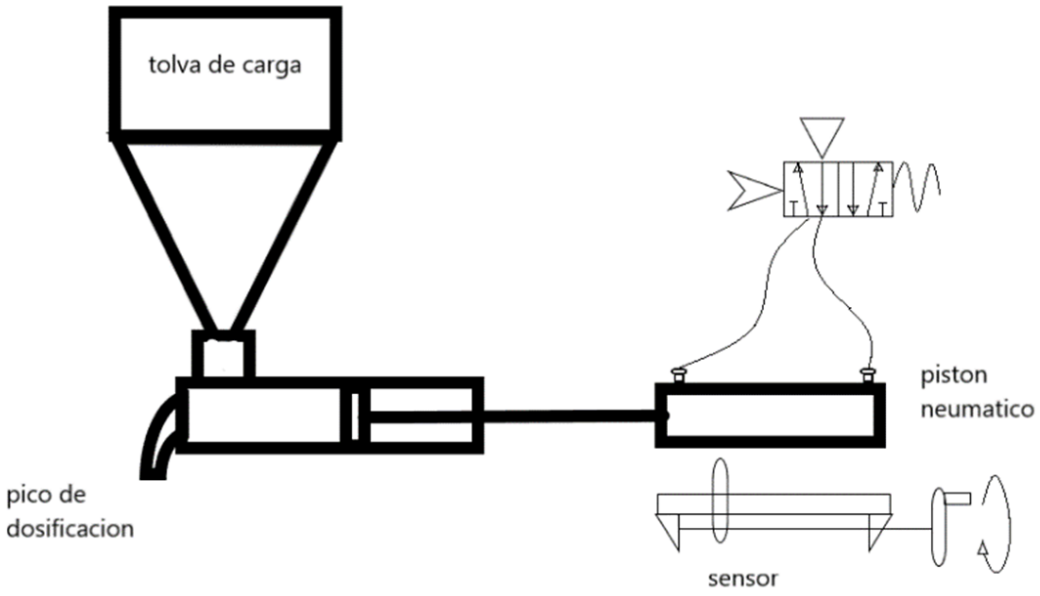


Figura 3-2: Alternativa con pistón neumático

Alternativa 3: Sistema con tornillo a bolas recirculantes.

Sistema con cartuchos de volumen estándar, como el sistema neumático utilizado al momento, pero con empuje mecánico, avance controlado del empujador por sistema de tornillo y tuerca de bolas recirculantes comandado por motor paso a paso. Posee como ventajas que el volumen de carga es el utilizado al momento, por lo que si surge cualquier contratiempo la perdida es mínima. La calibración es fina ya que los motores paso a paso suelen tener una cantidad de pasos considerables para dar un giro completo y con esto ganamos precisión

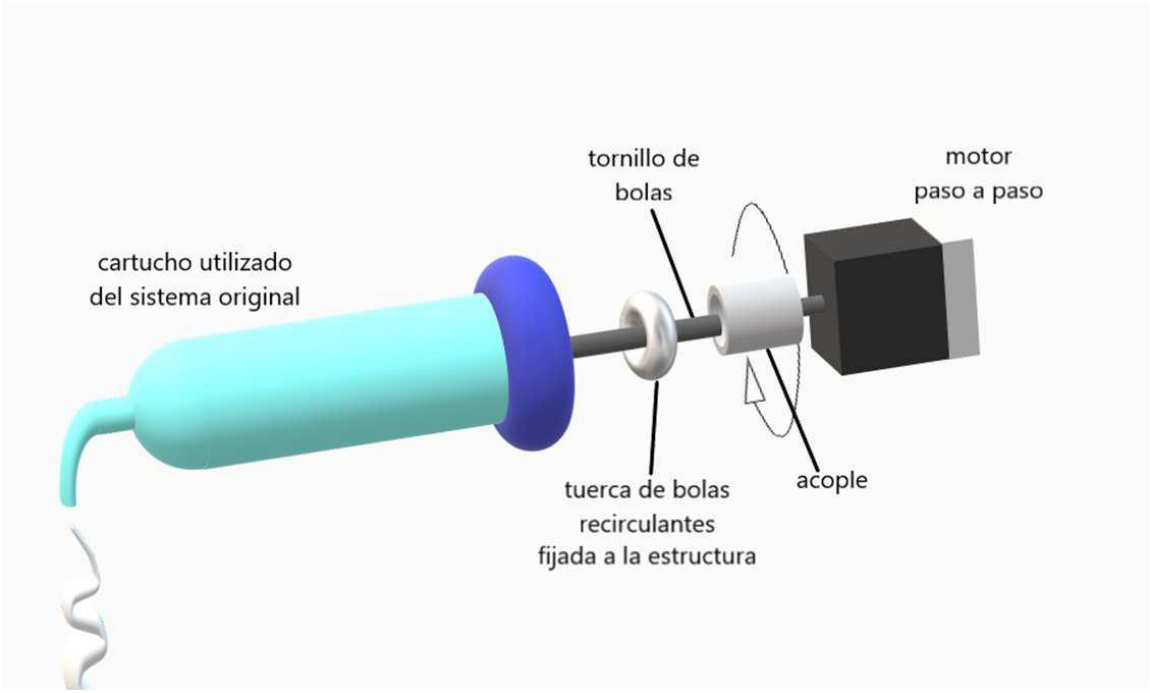


Figura 3-3: Alternativa con empuje por tornillo de bolas recirculantes y motor paso a paso

Existen varias normas para la citación bibliográfica. Se solicita que la norma propuesta se utilice con rigurosidad, sin olvidar referenciar “todos” los elementos tomados de otras fuentes (referencias bibliográficas, patentes consultadas, *softwar*e empleado en el manuscrito, en el tratamiento a los datos y resultados del trabajo, consultas a personas (expertos o público general), entre otros).

Elección de alternativa más viable

De la comparativa de las tres alternativas detalladas al momento se optará por avanzar con el análisis de la 3ra ya que es la que parece tener mas virtudes sobre la problemática en cuestión.

Al utilizar de base el mismo sistema de cartuchos que se utiliza en la actualidad contamos con que los materiales son completamente compatibles con los productos manipulados, además de poseer un volumen aceptable (180ml) a la hora de presentarse algún inconveniente que implique una pérdida del sub-lote o partida mínima.

Ya se cuenta con picos adaptados a este sistema de cartuchos de dosificación estandarizados, por lo que podemos validar la salida por cada uno de los picos a usar con cada tipo de producto y barril.

El sistema de avance por tornillo y tuerca de bolas recirculante, mecánicamente esta probado como sistema de movimiento con alta precisión, muy baja tolerancia y poco mantenimiento, además de que es un elemento estándar comercialmente.

Además, que el movimiento rotativo este comandado por un motor paso a paso nos da un nivel de precisión adicional al avance por vuelta dado por el tornillo de bolas. Un motor paso a paso nos da la capacidad de particionar en, hasta 200 pasos de 1,8°, cada giro del eje motriz de manera completamente controlada.

Desarrollo de Diseño

Habiendo seleccionado la alternativa con mas virtudes, comenzaremos a analizar las diferentes alternativas comerciales de los componentes básicos en cuestión.

Partimos del cartucho que actualmente se utiliza para el llenado de forma neumática como el que se muestra en la **Figura 4-1**. Este posee un volumen interno de 180ml, un diámetro de empujador de 40mm.

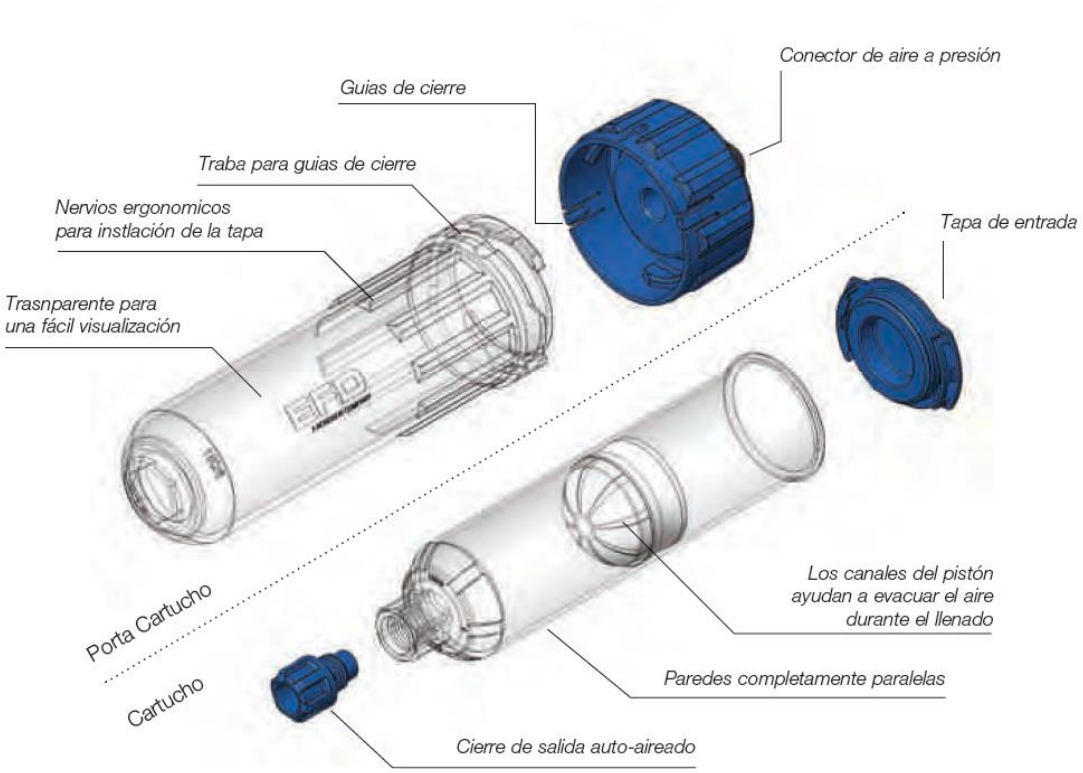


Figura 4-1: Sistema de porta-cartucho y cartucho con empujador neumático [1]

La boquilla de salida dependerá del diámetro que definamos colocar para cada producto. En las imágenes mostradas en la **Figura 4-2**, se muestran las 3 alternativas de picos brindados por los fabricantes de cartuchos, utilizadas actualmente, dependiendo de las diferentes viscosidades.

Los diámetros de salidas son Pico A: 0,5mm , Pico B: 2mm, Pico C: 4mm.

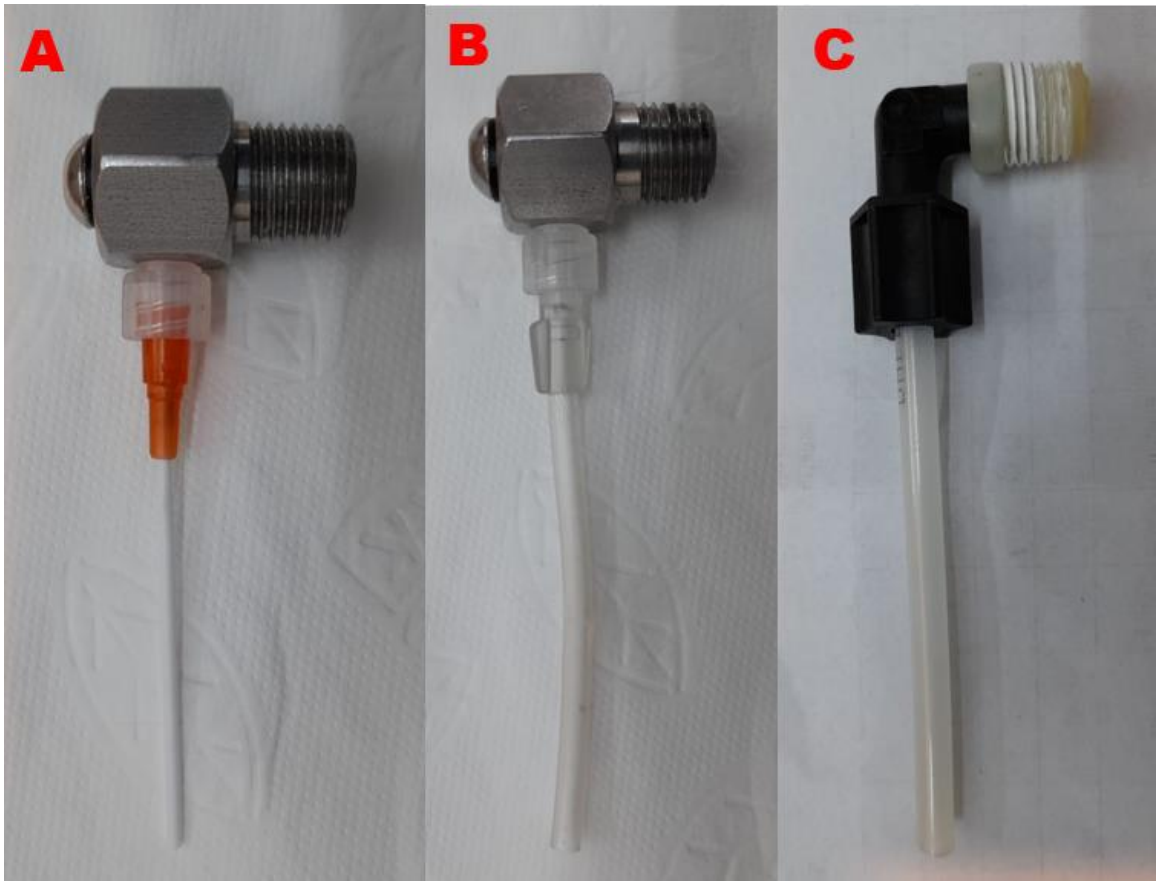


Figura 4-2: Picos de salida para dosificación

Conociendo que la presión de trabajo máxima utilizada para dosificar con el sistema neumático original era de 6bar procedemos a calcular la fuerza necesaria a ejercer sobre el empujador para poder dosificar en el peor de los casos.

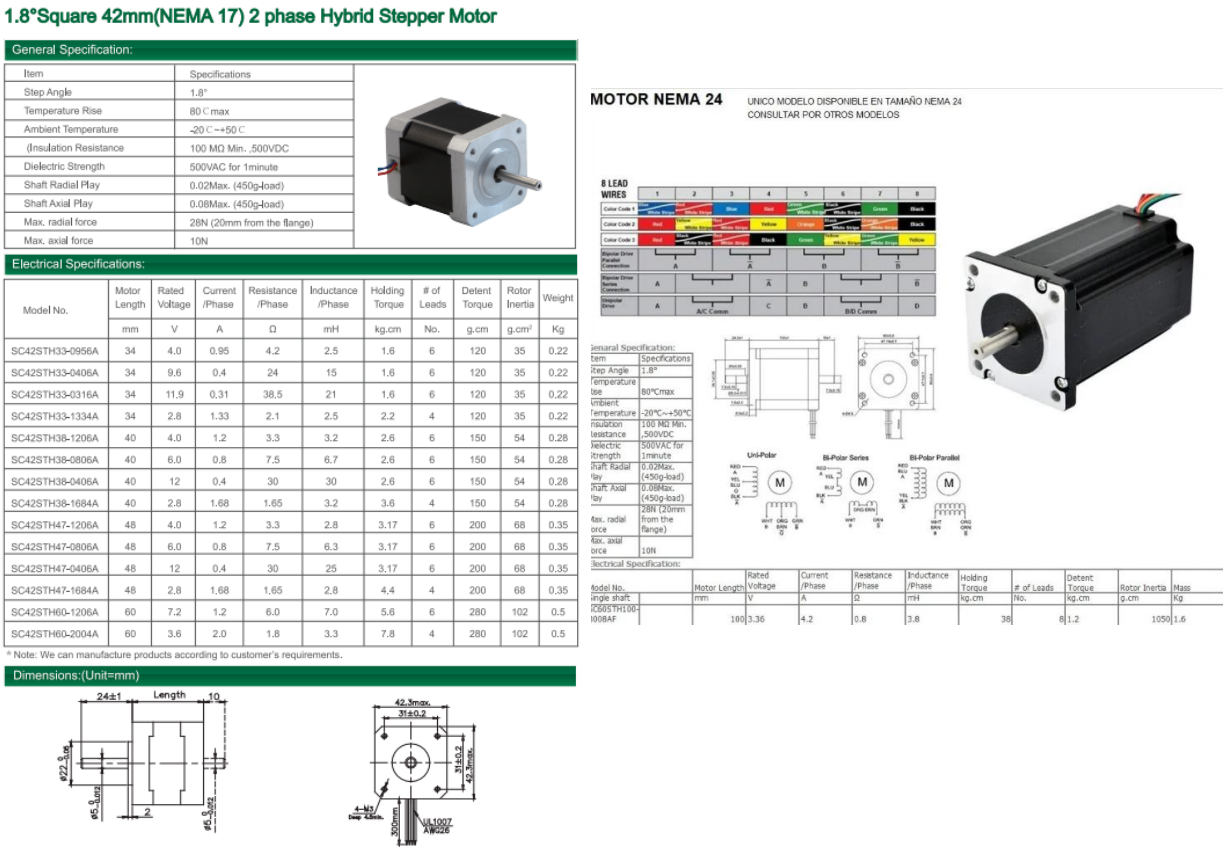
8bar = 8,16 kgf/cm2

Diámetro de empujador: 40mm = 4cm

Área de empujador: π. R^2= π.2cm^2 = 12,57cm2

Fuerza máxima necesaria para dosificar: 8,16kgf/cm2 x 12,57cm2= 102kgf

Con este calculo podremos definir la mejor combinación motor paso a paso con tornillo de bolas recirculantes, tomando el torque máximo de los motores estándar comerciales y el paso de los tornillos comerciales



1.8°Square 42mm(NEMA 17) 2 phase Hybrid Stepper Motor

General Specification:

Item	Specifications
Step Angle	1.8°
Temperature Rise	80℃ max
Ambient Temperature	-20℃~+50℃
(Insulation Resistance	100 MΩ Min. ,500VDC
Dielectric Strength	500VAC for 1minute
Shaft Radial Play	0.02Max. (450g-load)
Shaft Axial Play	0.08Max. (450g-load)
Max. radial force	28N (20mm from the flange)
Max. axial force	10N

Electrical Specifications:

Model No.	Motor Length	Rated Voltage	Current /Phase	Resistance /Phase	Inductance /Phase	Holding Torque	# of Leads	Detent Torque	Rotor Inertia	Weight
	mm	V	A	Ω	mH	kg.cm	No.	g.cm	g.cm²	Kg
SC42STH33-0956A	34	4.0	0.95	4.2	2.5	1.6	6	120	35	0.22
SC42STH33-0406A	34	9.6	0.4	24	15	1.6	6	120	35	0.22
SC42STH33-0316A	34	11.9	0.31	38.5	21	1.6	6	120	35	0.22
SC42STH33-1334A	34	2.8	1.33	2.1	2.5	2.2	4	120	35	0.22
SC42STH38-1206A	40	4.0	1.2	3.3	3.2	2.6	6	150	54	0.28
SC42STH38-0806A	40	6.0	0.8	7.5	6.7	2.6	6	150	54	0.28
SC42STH38-0406A	40	12	0.4	30	30	2.6	6	150	54	0.28
SC42STH38-1684A	40	2.8	1.68	1.65	3.2	3.6	4	150	54	0.28
SC42STH47-1206A	48	4.0	1.2	3.3	2.8	3.17	6	200	68	0.35
SC42STH47-0806A	48	6.0	0.8	7.5	6.3	3.17	6	200	68	0.35
SC42STH47-0406A	48	12	0.4	30	25	3.17	6	200	68	0.35
SC42STH47-1684A	48	2.8	1.68	1.65	2.8	4.4	4	200	68	0.35
SC42STH60-1206A	60	7.2	1.2	6.0	7.0	5.6	6	280	102	0.5
SC42STH60-2004A	60	3.6	2.0	1.8	3.3	7.8	4	280	102	0.5

* Note: We can manufacture products according to customer's requirements.

Dimensions:(Unit=mm)

MOTOR NEMA 24 UNICO MODELO DISPONIBLE EN TAMAÑO NEMA 24 CONSULTAR POR OTROS MODELOS

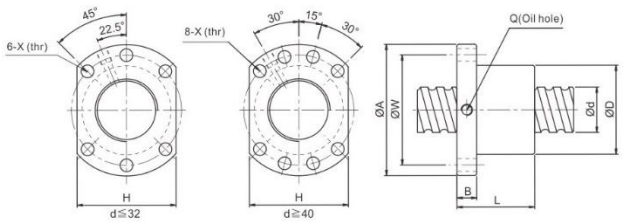
8 LEAD WIRES

Figura 4-3: Hojas de datos de motor paso a paso Nema 17 y motor Nema 24 [2]

Evaluando las hojas de datos de los motores paso a paso mas chicos comerciales que se muestran en la **Figura 4-3** se definirá descartar los motores Nema 17 ya que poseen muy poco torque, comparado con los 38kg.cm que ofrece el Nema 24

Tomando este motor como elección inicial, buscaremos los tornillos y tuercas a bolas estándar.

De un catalogo comercial de un posible proveedor se seleccionan los tornillos y tuercas con menor paso de avance ya que esto nos permitirá tener un control mas preciso por cada rotación completa del eje del motor. Como se muestra en la hoja de datos de la **Figura 4-4**, los tornillos y tuercas con menor paso son los SFUR 1204, SFUR 1604, SFUR 2004 y SFUR 2504, donde los dos primeros números corresponden al diámetro del tornillo y los 2 últimos dígitos corresponden al paso de avance por vuelta completa.



l:Lead Da:Ball Diameter n:Number of Circuits K:Stiffness(Kgf/μm)

Ca:Basic Dynamic Rating Load(Kgf) Coa: Basic Static Rating Load(Kgf)

Unit:mm

	Model no.	d	l	Da	Dimension									Load Rating Ca(kgf)	Load Rating Coa(kgf)
					D	A	B	L	W	H	X	Q	n		
☆	SFUR 1204-3	12	4	2.5	24	40	10	40	32	30	4.5	M6×1	1×3	451	709
	SFUR 1604-3	16	4	2.381	28	48	10	36	38	40	5.5	M6×1	1×3	488	940
☆	SFUR 1605-3		5	3.175	28	48	10	42	38	40	5.5	M6×1	1×3	666	1143
☆	SFUR 1605-4		5	3.175	28	48	10	50	38	40	5.5	M6×1	1×4	888	1525
☆	SFUR 1610-3		10	3.175	28	48	10	57	38	40	5.5	M6×1	1×3	716	1232
	SFUR 2004-3	20	4	2.381	36	58	10	42	47	44	6.6	M6×1	1×3	541	1187
☆	SFUR 2005-3		5	3.175	36	58	10	42	47	44	6.6	M6×1	1×3	749	1495
☆	SFUR 2005-4		5	3.175	36	58	10	51	47	44	6.6	M6×1	1×4	999	1994
	SFUR 2504-3	25	4	2.381	40	62	10	42	51	48	6.6	M6×1	1×3	605	1534
☆	SFUR 2505-3		5	3.175	40	62	10	42	51	48	6.6	M6×1	1×3	839	1935
☆	SFUR 2505-4		5	3.175	40	62	10	51	51	48	6.6	M6×1	1×4	1119	2581
☆	SFUR 2510-3		10	4.762	40	62	10	70	51	48	6.6	M6×1	1×3	1427	2771
☆	SFUR 2510-4		10	4.762	40	62	12	85	51	48	6.6	M6×1	1×4	1903	3695
☆	SFUR 3205-4	32	5	3.175	50	80	12	52	65	62	9	M6×1	1×4	1264	3402
	SFUR 3210-3		10	6.35	50	80	12	74	65	62	9	M6×1	1×3	2319	4575
	SFUR 3210-4		10	6.35	50	80	12	90	65	62	9	M6×1	1×4	3092	6101
	SFUR 4005-4	40	5	3.175	63	93	14	55	78	70	9	M8×1	1×4	1407	4341
	SFUR 4010-3		10	6.35	63	93	14	71	78	70	9	M8×1	1×3	2610	5834
	SFUR 4010-4		10	6.35	63	93	14	93	78	70	9	M8×1	1×4	3480	7779
	SFUR 5010-4	50	10	6.35	75	110	16	93	93	85	11	M8×1	1×4	3898	10325
	SFUR 6310-4	63	10	6.35	90	125	18	98	108	95	11	M8×1	1×4	4401	13611
	SFUR 6320-4		20	9.525	95	135	20	149	115	100	13.5	M8×1	1×4	7404	19008
	SFUR 8010-4	80	10	6.35	105	145	20	98	125	110	13.5	M8×1	1×4	4900	17366
	SFUR 8020-4		20	9.525	125	165	25	154	145	130	13.5	M8×1	1×4	8403	25345

Note:with sign ☆ can poduce left helix

Figura 4-4: Hoja de datos de tuercas de bolas recirculantes estándar [2]

Realizaremos los cálculos de verificación con el tornillo de menor diámetro ya que esto nos brinda un menor tamaño de tuerca que derivara en un mecanismo mas compacto.

• Par de elevación de la carga, rosca ACME o Unificada, sin collarín:

$$T = \frac{F \cdot d_m}{2} \cdot \frac{p + \pi \cdot \mu \cdot d_m \cdot \sec\theta}{\pi \cdot d_m - \mu \cdot p \cdot \sec\theta}$$

Figura 4-5: Formula para elevación de carga con un tornillo con rosca ACME [3]

La anterior ecuación **(Figura 4-5)** resume el torque necesario para desplazar una carga hacia arriba con un tornillo de potencia con rosca ACME.

Podemos simplificar de dicha formula el coeficiente μ ya que al ser un tornillo de tuercas recirculantes este tiente a cero. Por lo que la formula nos quedaría igual a la siguiente

$$T = \frac{F.d_m}{2}.\frac{p}{\pi.d_m}$$

Donde ***F*** es es la fuerza máxima antes calculada

$\boldsymbol{d_m}$ es el diámetro medio

P es el paso de la rosca

Por lo que procedemos a calcular

$T = \frac{102kgf.1{,}2cm}{2}.\frac{0{,}4cm}{\pi.1{,}2cm} = 6{,}3\ kgf.cm$

Por lo que con la elección de un motor paso a paso tipo NEMA 24 tenemos potencia suficiente para ejercer la fuerza necesaria sobre el embolo del cartucho y poder desplazar el fluido por el pico de dosificación.

Con esta selección de componentes funcionales avanzaremos con el diseño y modelado de los mecanismos y soportes para poder realizar un ensamble.

Modelo final alcanzado

Se muestran imágenes del modelo final conseguido aplicando los cálculos detallados y utilizando los materiales comerciales seleccionados, además de algunos otros para lograr un mecanismo fiable.

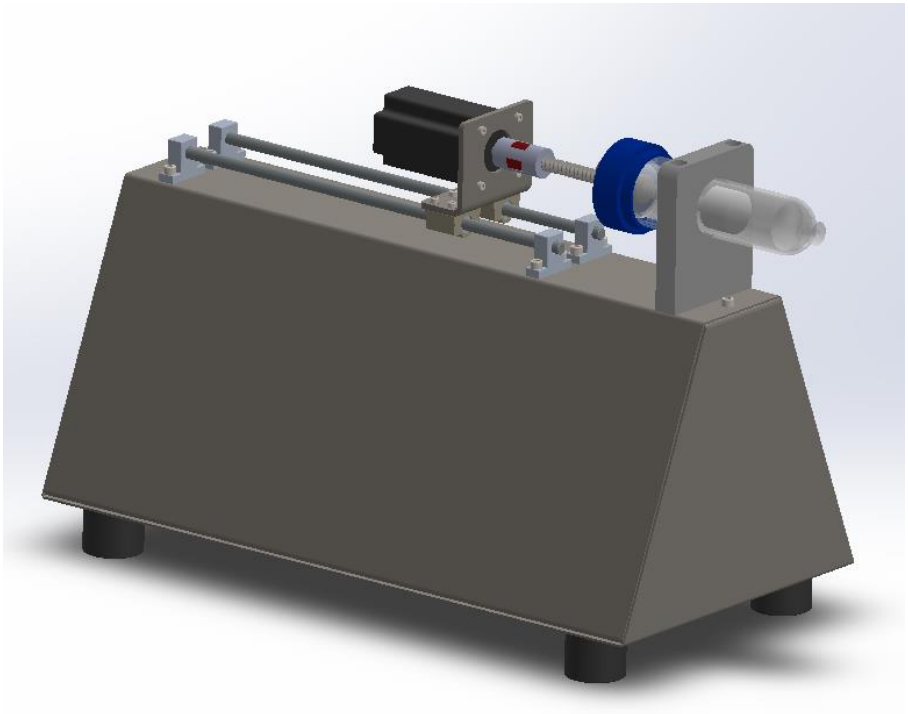


Figura 5-1: Vista isométrica del ensamble del modelo de Dosificadora

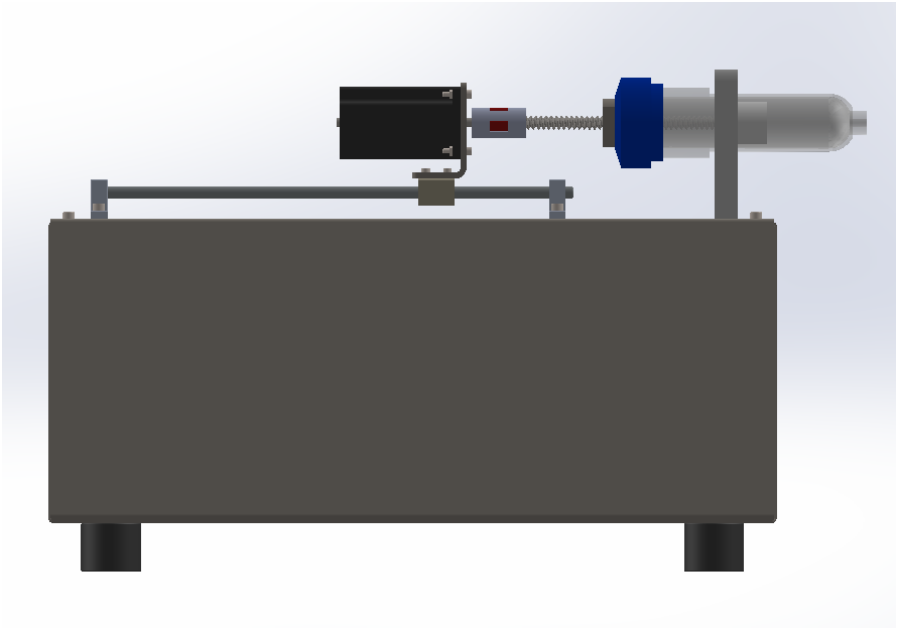


Figura 5-2: Vista lateral de ensamble del modelo de Dosificadora

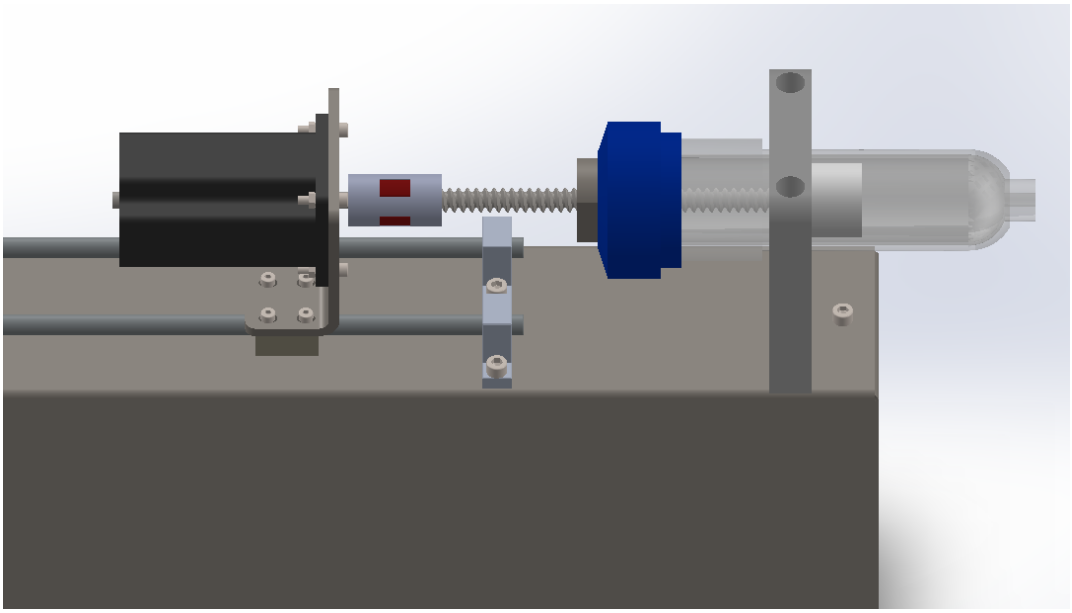


Figura 5-3: Vista cercana del mecanismo completo de empuje

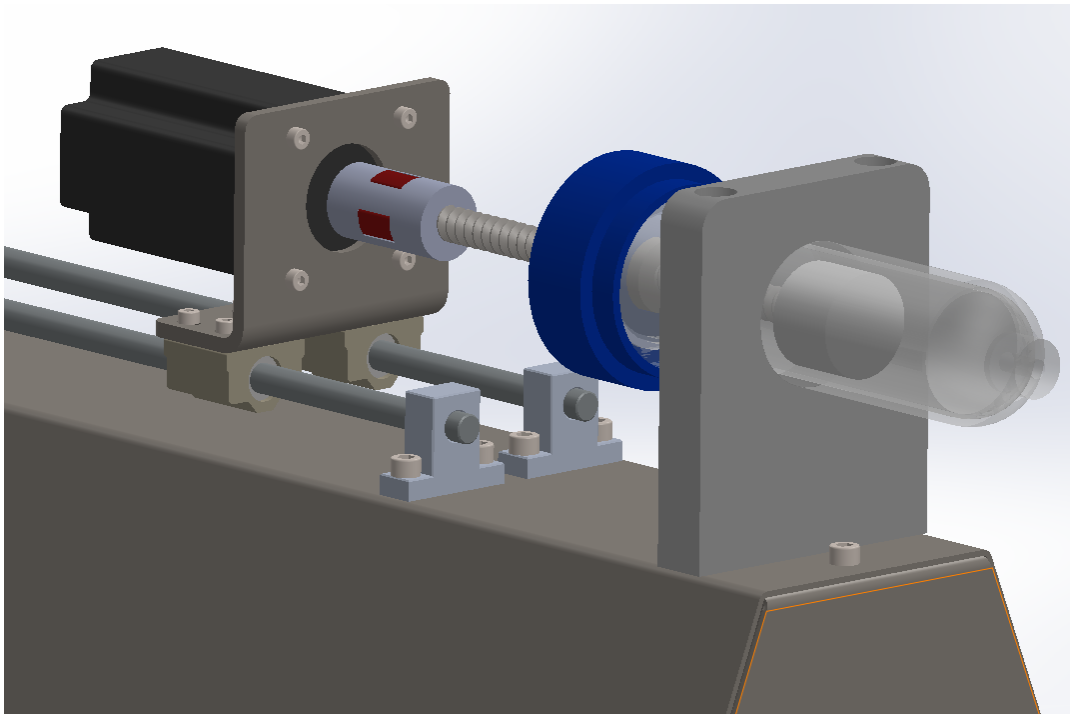


Figura 5-4: Vista isométrica del mecanismo completo de empuje

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Habiendo conseguido el diseño de un modelo viable se evaluo la factibilidad de construcción, llevando a cabo la fabricación del primer prototipo para ser probado en producción.

En primera instancia fue posible calibrar con muestras de 100 unidades de jeringas los 13 fluidos, logrando un cumplimiento optimo del objetivo de llenado dentro de los volúmenes acordados. Se valorizo en un 98% de aceptación en el total de las jeringas llenadas de cada tipo de fluido.

Se logro además una repetitividad de la tarea que antes era muy poco viable conseguir. Fue optimizada la tarea de llenado al nivel de poder concretar lo que anteriormente conllevaba 2 jornadas de trabajo completas, en tan solo 3hs, en primera instancia.

Se realizaron pruebas de llenado con otros operarios que no se desempeñaban en la tarea de llenado, obteniendo niveles óptimos de llenado en las primeras intervenciones sin mucha mayor experiencia que la capacitación brindada para operarla.

Se evalúa que cumplir el objetivo de las 1000 jeringas diarias es completamente viable, siendo necesario el complemento de mayor cantidad de stock de cartuchos de carga disponibles, optimizando tiempos muertos de carga y limpieza de los mismos que se poseen en rotación.

La tarea de desarme y limpieza de los componentes en contacto directo con los fluidos resulta ser completamente simple ya que solo se necesita desenroscar la tapa trasera del porta-cartucho para descalzar el cartucho del interior.

Se evalúa la posibilidad de construir una segunda dosificadora para respaldar el funcionamiento de la primera y evaluar en conjunto las mejoras, llevándolas a la par de la producción.

Recomendaciones

Se evaluará luego en el funcionamiento real la necesidad de abordar temas como el recubrimiento de los mecanismos para que no queden expuestos.

En la calibración fina, se deja ver un pequeño goteo que a la brevedad no afecta a la producción actual, pero para optimizar la tarea se deberá evaluar mejor el comportamiento para tratar de evitarlo.

Además, podría agregarse un sistema de control de comienzo y final de carrera para no realizar presión innecesaria sobre los cartuchos.

También podría pensarse un sistema para que cuando llegue al final de carrera el sistema solo actúe en modo reversa dejando el tornillo desenroscado para un nuevo comienzo de carga.

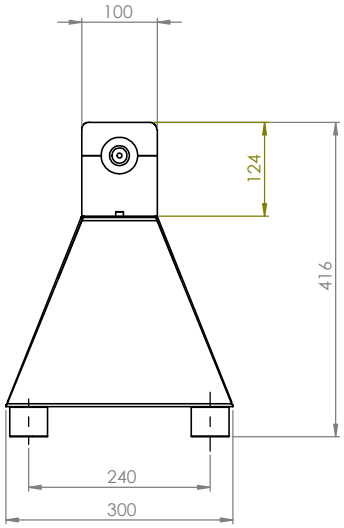
Bibliografía

[1] INGIA, catálogos comerciales de venta de componentes

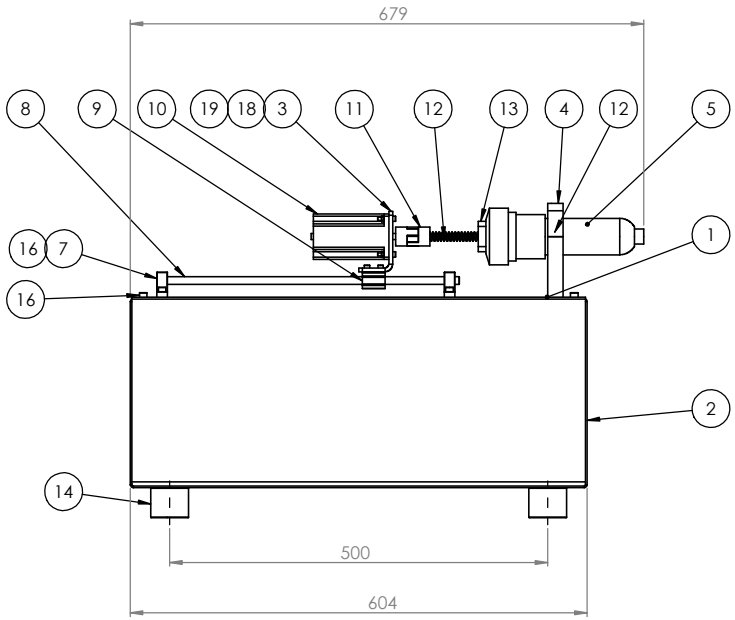
[2] ROBERT MOTT, Diseño De Elementos De Maquinas

Anexo: Planos del modelo final

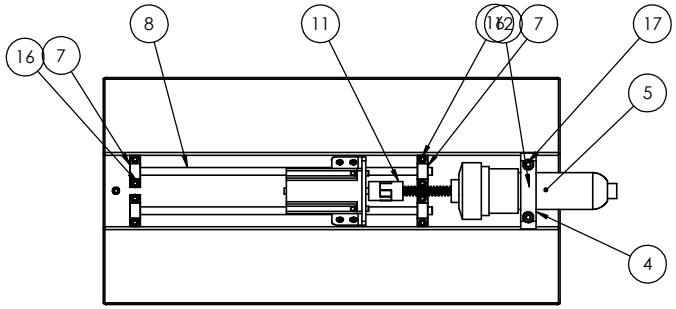
- PF-LM-100001
- PF-LM-100002
- PF-LM-100003
- PF-LM-100004
- PF-LM-100005
- PF-LM-100006
- PF-LM-100007



VISTA FRONTAL

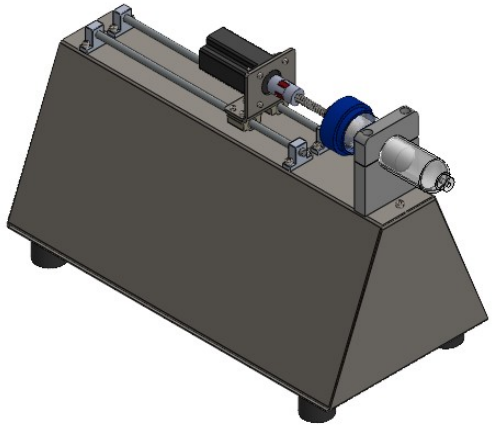


VISTA LATERAL



VISTA SUPERIOR

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	BASE_tapa superior	CHAPA 2MM PLEGADA SEGUN PLANO PF-LM-100003	1
2	BASE_tapa inferior	CHAPA 2MM PLEGADA SEGUN PLANO PF-LM-100002	1
3	Placa Soporte MOTOR NEMA24	CHAPA 5MM PLEGADA SEGUN PLANO PF-LM-100004	1
4	Soporte cartucho	PIESA DE GRILON SEGUN PLANO PF-LM-100006	1
5	Cartucho NORDSON	PORTA CARTUCHO SEGUN CATALOGO	1
6	Empujador	PIESA DE GRILON SEGUN PLANO PF-LM-100007	1
7	soporte de barras guias SK10	COMERCIAL	4
8	barra guia D10mm x 200mm	COMERCIAL	2
9	SCS10UU	RODAMIENTO LINEAL (COMERCIAL)	2
10	Motor NEMA24		1
11	Acople flexible	ACOPLE FLEXIBLE PARA D8MM Y 10MM (COMERCIAL)	1
12	TORNILLO A BOLAS RECIRCULANTES SFUR 1204	COMERCIAL SEGUN PLANO PF-LM-100007	1
13	Tuerca con rodamiento de bolas SFUR 1204	COMERCIAL	1
14	Pata de caucho D50x40mm	COMERCIAL	4
15	DIN 912 M6 x 60 --- 24N	TORNILLO CABEZA DE EMBUTIR M6x60 GALVANIZADO	4
16	DIN 912 M6 x 20 --- 20N	TORNILLO CABEZA DE EMBUTIR M6x20 GALVANIZADO	10
17	DIN 912 M8 x 80 --- 28N	TORNILLO CABEZA DE EMBUTIR M8x80 GALVANIZADO	2
18	DIN 912 M4 x 20 --- 20N	TORNILLO CABEZA DE EMBUTIR M4x20 GALVANIZADO	12
19	Hexagon Nut ISO 4032 - M4 - D - N	TUERCA HEXAGONAL M4 CINCADA	4



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS:
LINEAL:
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	LUCAS MEITIN		20/09/2024
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:

MATERIAL:

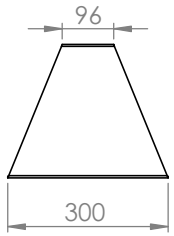
PESO:

N.º DE DIBUJO
PF-LM-100001

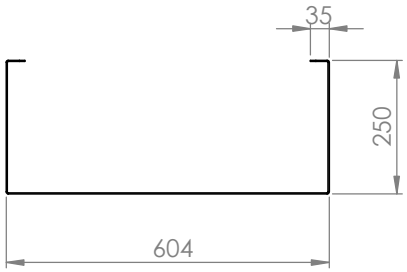
A2

ESCALA1:5

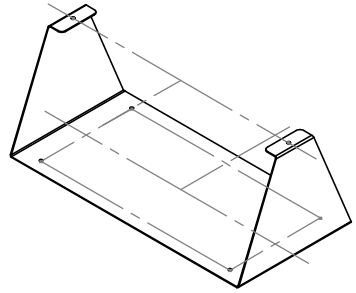
HOJA 1 DE 1

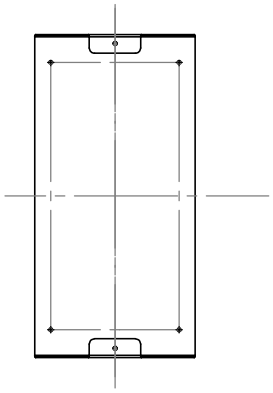


VISTA FRONTAL

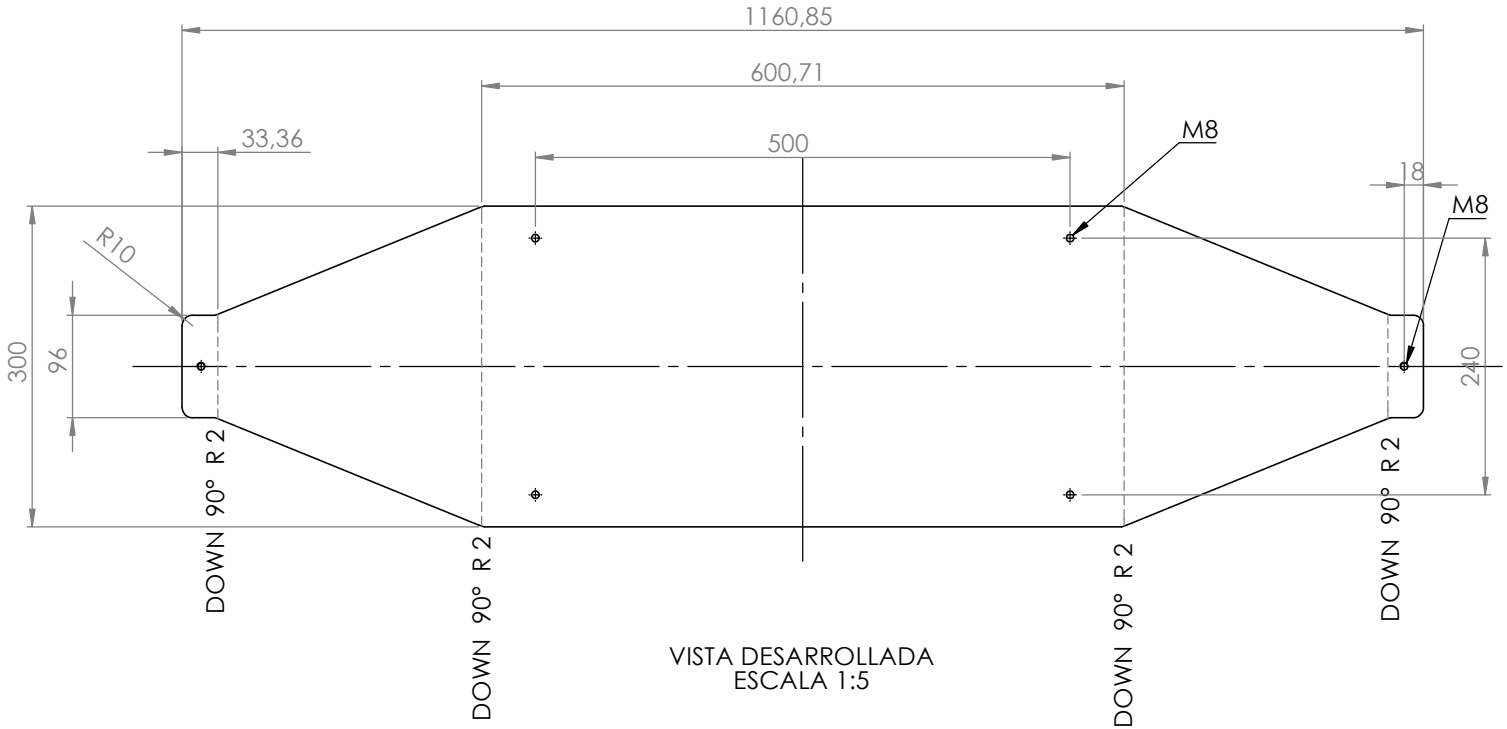


VISTA LATERAL



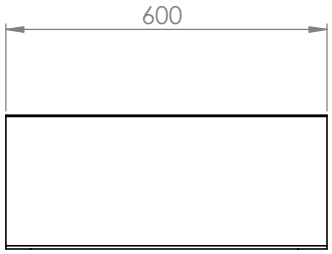


VISTA SUPERIOR

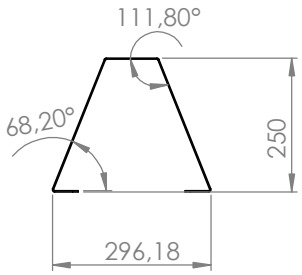


VISTA DESARROLLADA
ESCALA 1:5

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN
	NOMBRE	FIRMA	FECHA			TÍTULO:		
DIBUJ.	LUCAS MEITIN		20/09/2024					
VERIF.								
APROB.								
FABR.								
CALID.				MATERIAL:		N.º DE DIBUJO PF-LM-100002		A3
				PESO:		ESCALA:1:10	HOJA 1 DE 1	



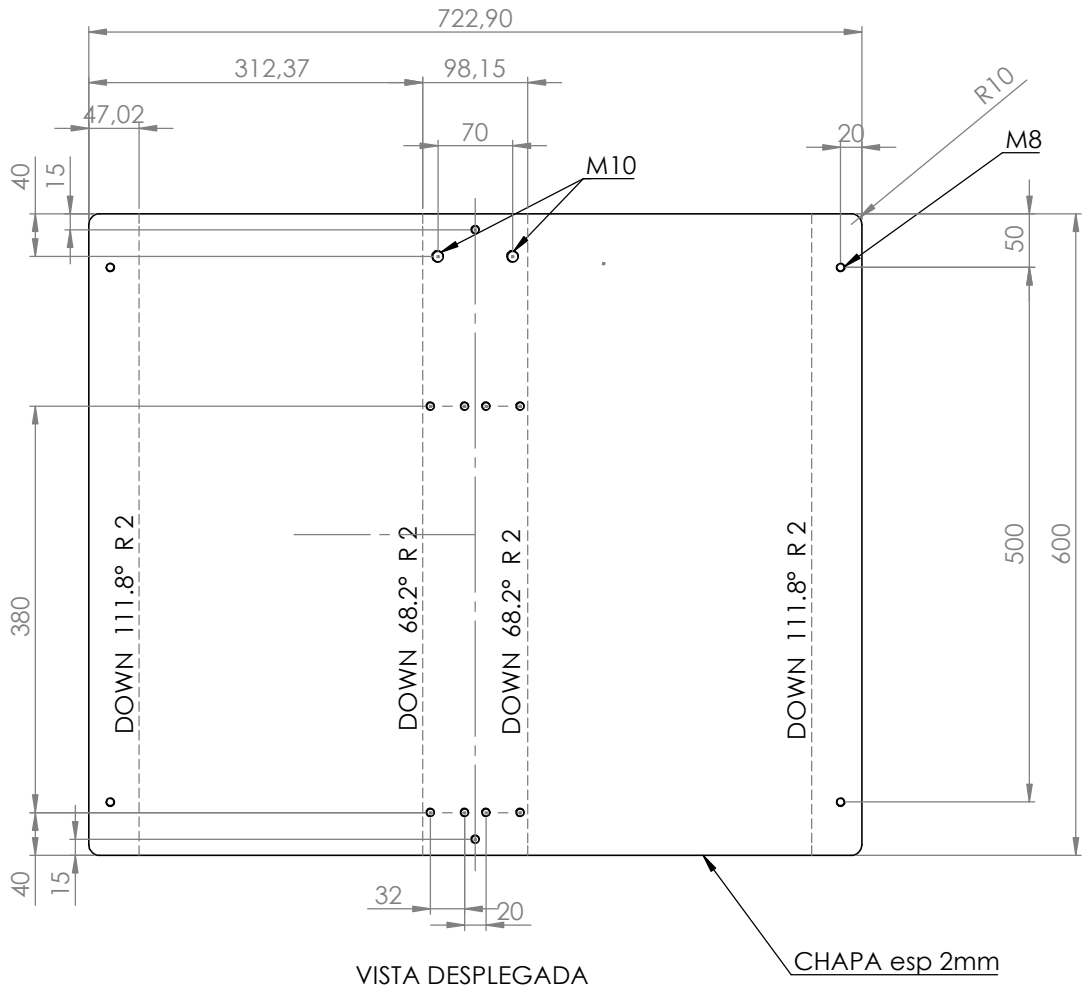
VISTA LATERAL



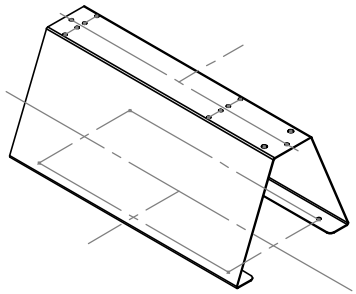
VISTA FRONTAL



VISTA SUPERIOR

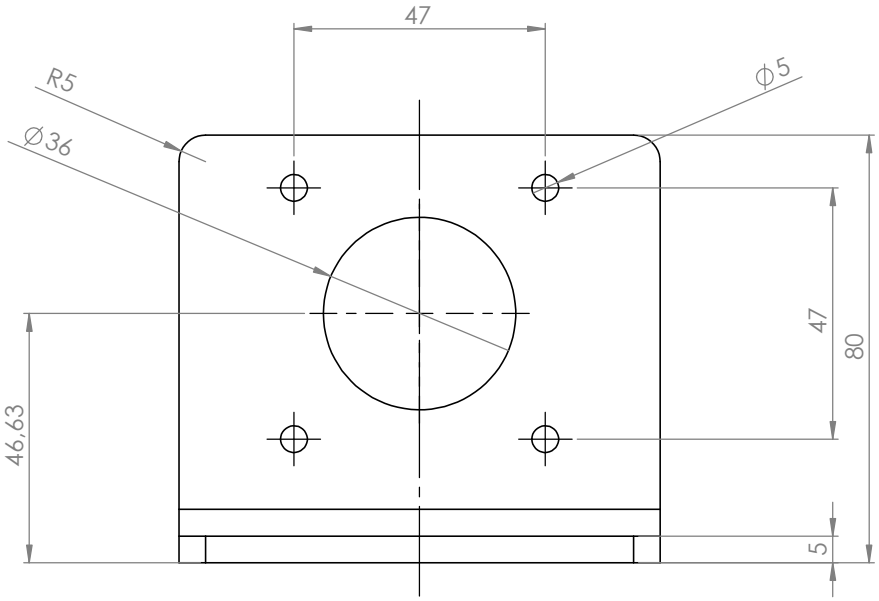


VISTA DESPLEGADA
ESCALA 1:5

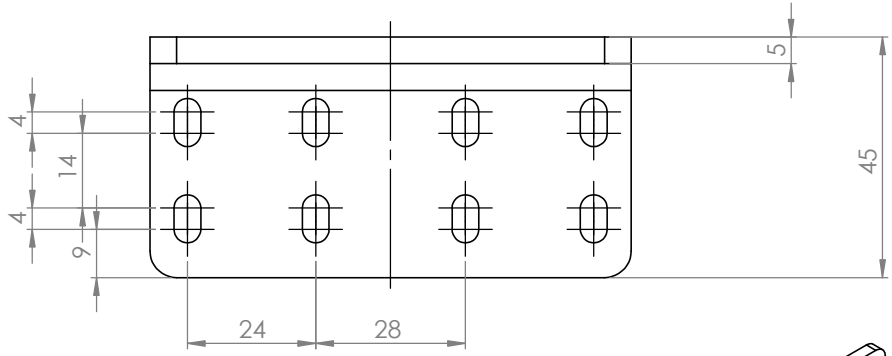


NOTA: AGUJEROS NO ACOTADOS: ROSCADO M8

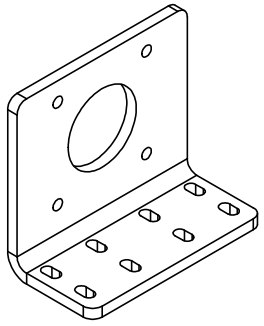
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN
	NOMBRE	FIRMA	FECHA			TÍTULO:		
DIBUJ.	LUCAS MEITIN		20/09/2024					
VERIF.								
APROB.								
FABR.								
CALID.				MATERIAL:		N.º DE DIBUJO		A3
						PF-LM-100003		
				PESO:		ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1	

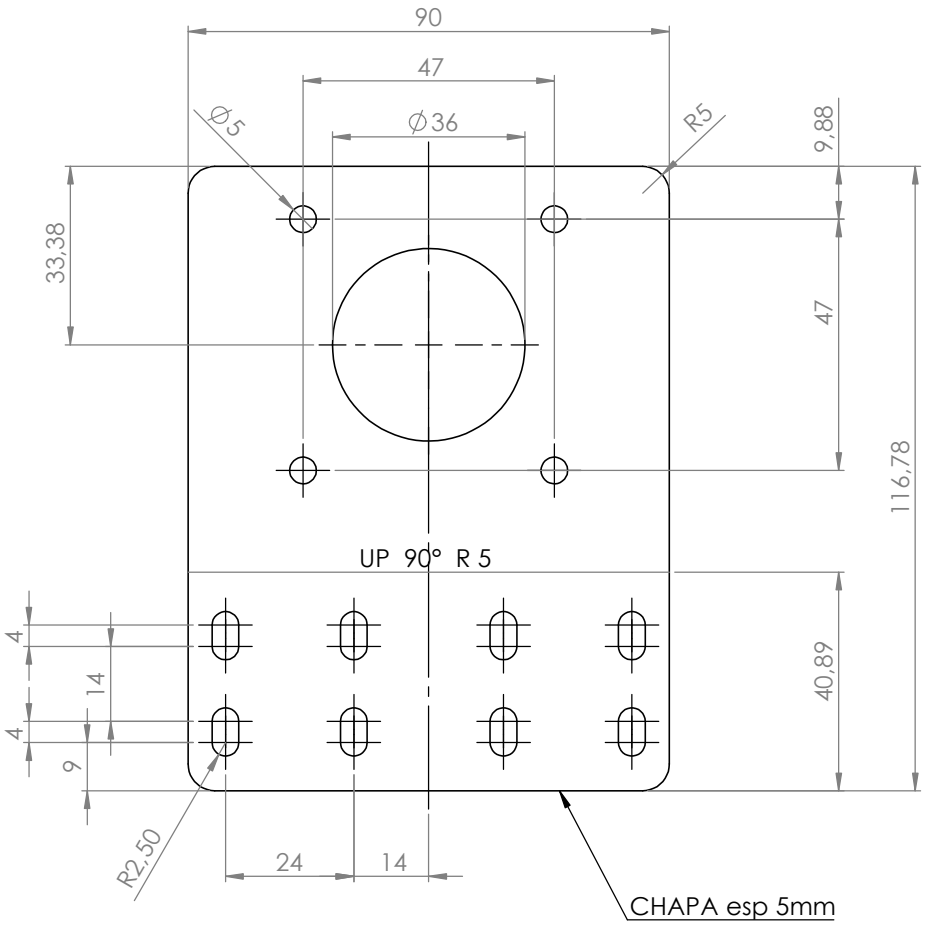


VISTA FRONTAL



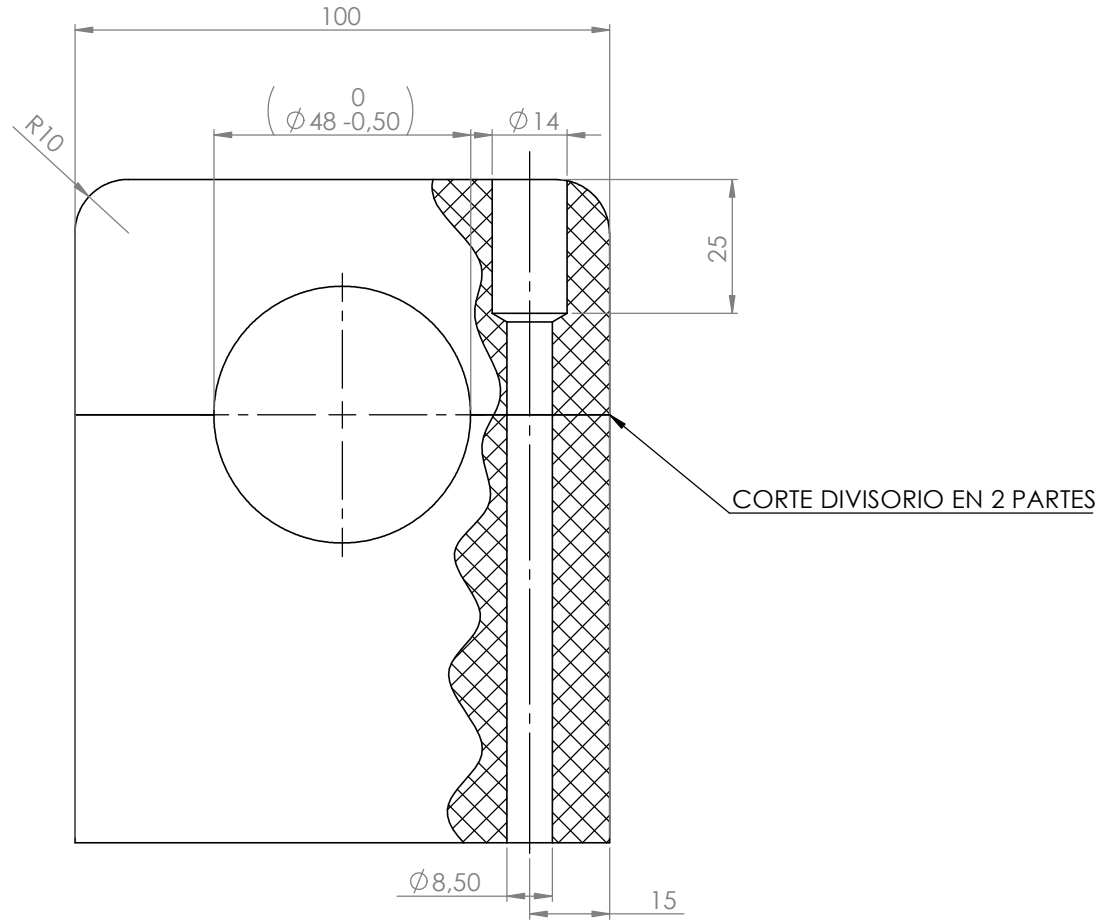
VISTA SUPERIOR



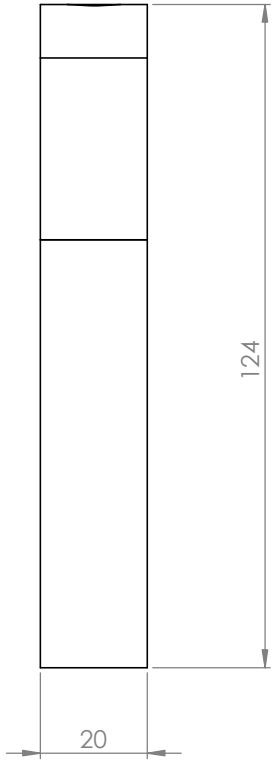


VISTA DESPLEGADA
ESCALA 1:1

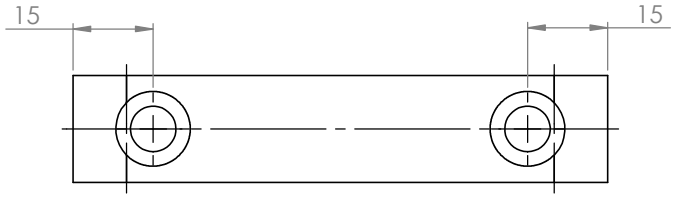
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:			REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
	NOMBRE	FIRMA	FECHA				TÍTULO:	
DIBUJ.	LUCAS MEITIN		20/09/2024					
VERIF.								
APROB.								
FABR.								
CALID.				MATERIAL:			N.º DE DIBUJO PF-LM-100004	A3
				PESO:			ESCALA:1:1	HOJA 1 DE 1



VISTA FRONTAL



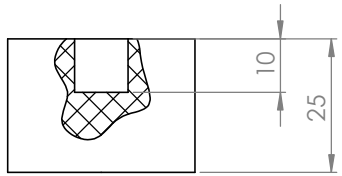
VISTA LATERAL



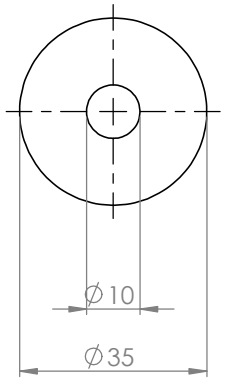
VISTA SUPERIOR

NOTA: MATERIAL GRILON

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN
	NOMBRE	FIRMA	FECHA				TÍTULO:	
DIBUJ.	LUCAS MEITIN		20/09/2024					
VERIF.								
APROB.								
FABR.								
CALID.				MATERIAL: GRILON			N.º DE DIBUJO PF-LM-100005	A3
				PESO:			ESCALA:1:1	HOJA 1 DE 1



VISTA FRONTAL



VISTA SUPERIOR

NOTA: MATERIAL GRILON

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA / REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.	LUCAS MEITIN		20/09/2024
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:

MATERIAL: GRILON

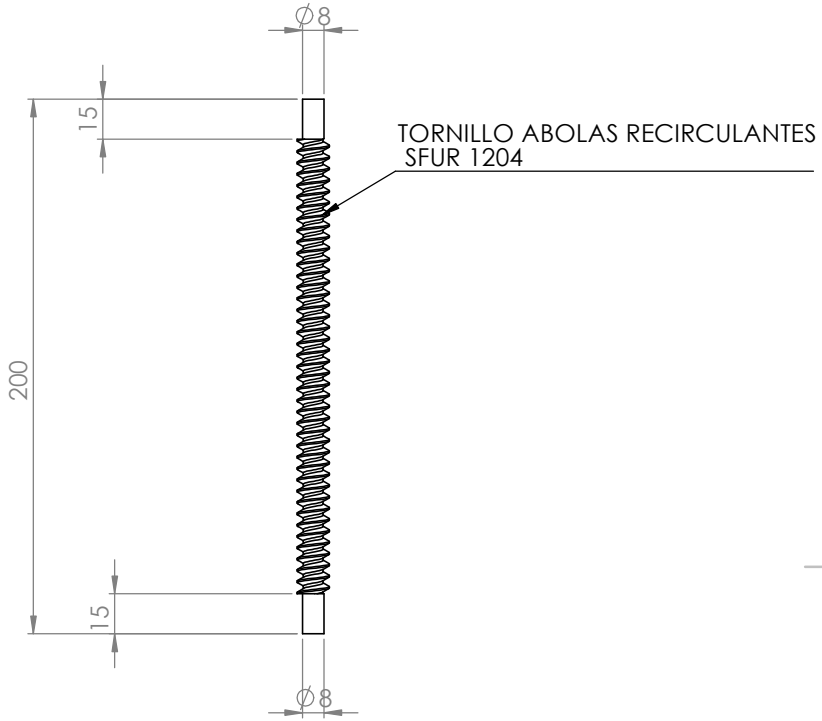
N.º DE DIBUJO: PF-LM-100006

A4

PESO:

ESCALA:1:1

HOJA 1 DE 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN	
	NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO:		
DIBUJ.	LUCAS MEITIN		20/09/2024				
VERIF.							
APROB.							
FABR.							
CALID.				MATERIAL: ACERO 4140 TEMPLADO	N.º DE DIBUJO PF-LM-100007		A4
				PESO:	ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1	