



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

REDISEÑO DEL SISTEMA DE
DESPLAZAMIENTO EN LA MÁQUINA
DOSIFICADORA RADIAL EN LA
EMPRESA MANN+HUMMEL FILTRATION
TECHNOLOGY VENEZUELA C.A.

Urb. Yuma II, Calle N° 3, Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (Master) - Fax: (0241) 871239



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**REDISEÑO DEL SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO EN LA MÁQUINA
DOSIFICADORA RADIAL EN LA EMPRESA MANN+HUMMEL
FILTRATION TECHNOLOGY VENEZUELA C.A.**

Informe de Pasantías presentado como requisito para optar por el título de:

INGENIERO MECÁNICO

**Empresa: Mann+Hummel Filtration Technology Venezuela C.A, Valencia,
Estado Carabobo.**

Autor:

Cristopher Alexander Chacón Guerrero

C.I.: V-25.985.002

Tutor:

Ing. Giovanni Pizzella P.

C.I.: V-4.455.859

San Diego, marzo de 2018.



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**REDISEÑO DEL SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO EN LA MÁQUINA
DOSIFICADORA RADIAL EN LA EMPRESA MANN+HUMMEL
FILTRATION TECHNOLOGY VENEZUELA C.A.**

CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN

Ing. Giovanni Pizzella P.
C.I.: V-4.455.859
Tutor Académico

Ing. Luis Orozco
C.I.: V-15.528.462
Tutor Empresarial

Autor:
Cristopher Alexander Chacón Guerrero
C.I.: V-25.985.002

San Diego, marzo de 2018.



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Giovanni Pizzella P. portador de la cédula de identidad N° 4.455.859, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano Cristopher Alexander Chacón Guerrero portador de la cédula de identidad N° V-25.985.002, titulado **“REDISEÑO DEL SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO EN LA MÁQUINA DOSIFICADORA RADIAL EN LA EMPRESA MANN+HUMMEL FILTRATION TECHNOLOGY VENEZUELA C.A.”** Presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, mes de julio del año dos mil dieciocho.

Ing. Pizzella P. Giovanni
C.I.: V-4.455.859

DEDICATORIA

Inicialmente le dedico este logro a Dios por siempre cuidarme, darme todo lo que tengo y hacerme la persona que soy hoy en día.

A mis mejores amigos, compañeros de vida, y con quién siempre bajo toda circunstancia puedo contar para cualquier situación, aquellos que siempre me motivaron y apoyaron en las diversas etapas de mi carrera, Alexander Chacón y Sandra Guerrero, mis padres y mis motores en la vida.

A mis hermanos Kevin Chacón y Alexandra Chacón, los cuales de igual forma me han acompañado, apoyado y soportado en todo momento.

A mi abuela Lucila Galvis, que desde siempre se desvive por darme literalmente todo lo que tiene, que nunca pone una excusa o un pero a la hora de ayudarme en lo que necesite en el momento que necesite.

A mis amigos que me acompañaron en este viaje y estuvimos codo a codo estudiando, en los parciales y que fuera del ámbito de la universidad considero unas excelentes personas y alguien en quien puedo contar.

A mis profesores que fueron parte de mi crecimiento a lo largo de esta carrera, que no solo me ilustraron técnicamente si no también instauraron en mi la ética y bases que todo profesional y persona debe llevar.

Por último nuevamente a mi madre Sandra Guerrero ya que la vida nos separo momentaneamente en este punto de mi carrera, pero tengo la certeza que nuevamente estaremos juntos y este logro te lo dedico a ti, por tu fuerza, tu ímpetud y tu incondicional amor.

Cristopher Chacón

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
RESUMEN.....	ix
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO

I	LA EMPRESA.....	3
	1.1. Nombre y Ubicación.....	3
	1.2. Razón Social.....	3
	1.3. Reseña Histórica de la Empresa.....	3
	1.4 Estructura Organizativa.....	4
	1.5 Misión, Visión y Políticas de seguridad.....	5
	1.6 Valores y Creencias.....	6
	1.7 Productos o Servicios.....	7
	1.7.1 Filtros de Aceite.....	7
	1.7.2 Filtros de Aire.....	8
	1.8 Mercado Objetivo.....	9
II	EL PROBLEMA	10
	2.1 Planteamiento del Problema.....	10
	2.2 Formulación.....	11
	2.3.1 Objetivo General.....	11
	2.3.2 Objetivos Específicos.....	11
	2.4 Justificación de la Investigación.....	12
	2.5 Alcance.....	12
	2.6 Limitaciones del Estudio.....	12
III	MARCO REFERENCIAL CONCEPTUAL.....	14
	3.1 Antecedentes.....	14
	3.2 Bases Teóricas.....	15
	3.2.1 Diseño en la ingeniería mecánica.....	16

3.2.2 Línea de Producción	17
3.2.3 Dosificador	18
3.2.3.1 Clasificación de métodos de dosificación.....	18
3.2.4 Poliuretano	21
3.2.4.1 Isocianato	21
3.2.4.2 Polioliol	22
3.2.5 Propiedades del fluido	22
3.2.5.1 Fluidos no newtonianos	23
3.2.6 Consideraciones de diseño.....	23
3.2.6.1 Factores de diseño.....	23
3.2.6.2 Códigos, Normas y Especificaciones	24
3.2.6.3 Esfuerzo	25
3.2.7 Masa y Peso	25
3.2.8 Actuador neumático.....	25
3.2.8.1 Fuerza del Actuador.....	27
3.2.8.2 Consumo de aire	27
3.2.8.3 Dimensionamiento de la red de aire comprimido.....	28
3.2.8.4 Válvula.....	28
3.2.8.5 Clasificación de las Válvulas neumáticas.....	28
3.2.8.6 Bomba de pistón	32
3.2.8.7 Unidad de mantenimiento o unidad FRL.....	32
3.2.9 Servomotor	33
3.2.10 Presostato.....	34
3.2.10.1 Sensor de nivel.....	35
3.2.11 Herramientas de la calidad.....	35
3.2.12 Propiedades de los materiales	37
3.2.12.1 Densidad	38
3.2.12.2 Dureza.....	38
3.2.12.3 Ductilidad	39
3.2.12.4 Soldabilidad.....	39
3.2.12.5 Maquinabilidad	39

3.2.12.6 Resistencia a la Rotura.....	40
3.2.12.7 Resistencia a la Tracción	40
3.2.12.8 Resistencia a la fatiga	41
3.2.12.9 Criterio de máxima tensión de von Mises	41
3.3 Definición de Términos Básicos.....	42
VI FASES METODOLÓGICAS.....	45
4.1 Fases de la Investigación.....	45
V RESULTADOS	48
5.1 Analizar el estado de la dosificadora actual	48
5.2 Generar distintas propuestas para el diseño y seleccionar la mas adecuada	55
5.2.1 Función Principal.....	55
5.2.2 Restricciones.....	55
5.2.3 Criterios de diseño	56
5.2.4 Propuestas de diseño.....	57
5.2.4.1 Propuestas de soluciones para el rediseño de la dosificadora radial MANN + HUMMEL	57
5.2.4.2 Aplicación de restricciones a probables soluciones.....	60
5.2.4.3 Ponderación de criterios.....	60
5.2.4.4 Ponderación de soluciones con respecto a cada criterio	61
5.2.4.5 Ponderación final	63
5.3 Efectuar el diseño de la propuesta seleccionada y calcular los beneficios de su implementación	64
5.3.1 Selección de materiales a emplear en el diseño.....	65
5.3.2 Calculo de Peso y Volumen.....	76
5.3.3 Análisis de Tensiones	93
5.3.4 Selección de componentes neumáticos	117
5.3.5 Selección de conjunto rueda-riel.....	127
5.4 Realizar un estudio de factibilidad tecnico economica del proyecto	128
5.4.1 Factibilidad tecnica	128
5.4.2 Factibilidad económica	128

CONCLUSIONES	131
RECOMENDACIONES	133
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	134
ANEXOS	136
ANEXO A	137
ANEXO B	143
ANEXO C	153
ANEXO D	162
ANEXO E	164
APÉNDICE	166
APÉNDICE A	167

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pp
1	Organigrama General de Filtros WIX Venezuela.....	4
2	Organigrama del Departamento de Mantenimiento de Filtros WIX Venezuela.....	5
3	Valores de MANN+HUMMEL C.A.....	7
4	Filtro de aceite marca WIX.....	8
5	Filtro de aire marca WIX.....	8
6	Organigrama de la clasificación de métodos de dosificación.....	18
7	Dosificador volumétrico de tornillo sin- fin.....	19
8	Dosificador volumétrico de vasos telescópicos.....	20
9	Actuador neumatico de simple efecto	26
10	Válvula 2/2.....	29
11	Válvula 3/2.....	29
12	Válvula 4/2.....	30
13	Válvula 4/3.....	30
14	Válvula 5/2.....	31
15	Válvula 5/3.....	31
16	Bomba de pistón Graco.....	32
17	Unidad de mantenimiento.....	33
18	Servomotor Industrial.....	34
19	Representación del Diagrama Causa-Efecto.....	36
20	Representación del Diagrama de Pareto.....	37
21	Dispositivo para ensayo de tracción.....	41
22	Diagrama causa-efeto aplicado a la dosificadora radial MANN+HUMMEL.....	49
23	Diagrama de Pareto aplicado a la dosificadora radial MANN+HUMMEL.....	50
24	Propuesta Número 1.....	57
25	Propuesta Número 2.....	58
26	Propuesta Número 3.....	59
27	Propuesta seleccionada.....	65
28	Diagrama Causa-Efecto de factores presentes en los materiales de la dosificadora radial MANN+HUMMEL.....	66
29	Diagrama de Pareto aplicado a la dosificadora radial MANN+HUMMEL.....	67
30	Pieza Número 1 y Número 2: Carro Móvil y Estructura del Cabezal (Parte A) de la dosificadora radial MANN+HUMMEL.....	69
31	Pieza Número 3: Estructura del Cabezal (Parte B) de la dosificadora radial MANN+HUMMEL.....	69

32	Propiedades físicas de algunos materiales de ingeniería (Acero al carbón).....	70
33	Propiedades mecánicas de algunos aceros al carbón (Acero SAE 1020).....	70
34	Pieza Número 1 y Número 2: Guías Hembra y Macho de la dosificadora radial MANN+HUMMEL.....	71
35	Propiedades mecánicas de algunos aceros al carbón (Acero SAE 1045).....	72
36	Pieza: Sufridera de la dosificadora radial MANN+HUMMEL.....	73
37	Propiedades mecánicas de algunos acero al carbón (Acero SAE 1060).....	73
38	Pieza Número 1, Número 2 y Número 3: Barra Lateral, Soporte Lateral y Estructuras de Apoyo de la dosificadora radial MANN+HUMMEL.....	74
39	Pieza: Bocinas de la dosificadora radial MANN+HUMMEL.....	75
40	Propiedades físicas de algunos materiales de ingeniería (Bronce)..	75
41	Pieza: Manifold de la dosificadora radial MANN+HUMMEL.....	76
42	Parte A del Carro Móvil.....	78
43	Parte B del Carro Móvil.....	79
44	Parte C del Carro Móvil.....	80
45	Parte A1 de la Estructura del Cabezal (A).....	81
46	Parte B1 de la Estructura del Cabezal (A).....	82
47	Parte C1 de la Estructura del Cabezal (A).....	83
48	Parte A2 de la Estructura del Cabezal (B).....	84
49	Parte B2 de la Estructura del Cabezal (B).....	85
50	Parte C2 de la Estructura del Cabezal (B).....	86
51	Parte A del Manifold.....	91
52	Parte B del Manifold.....	92
53	Sujeciones aplicadas al Carro Móvil.....	94
54	Fuerzas aplicadas al Carro Móvil.....	95
55	Simulación de von Mises aplicada al Carro Móvil.....	95
56	Simulación de Desplazamiento aplicada al Carro Móvil.....	96
57	Sujeciones aplicadas a la Estructura del Cabezal (A)	96
58	Sujeciones aplicadas a la Estructura del Cabezal (B)	97
59	Fuerzas aplicadas a la Estructura del Cabezal (A).....	97
60	Fuerzas aplicadas a la Estructura del Cabezal (B).....	98
61	Simulación de von Mises aplicada a la Estructura del Cabezal (A)	98
62	Simulación de von Mises aplicada a la Estructura del Cabezal (B)	99
63	Simulación de Desplazamiento aplicada a la Estructura del Cabezal (A).....	99
64	Simulación de Desplazamiento aplicada a la Estructura del Cabezal (B).....	100
65	Sujeciones aplicadas a la Guía Hembra.....	100

66	Sujeciones aplicadas a la Guía Macho.....	101
67	Fuerzas aplicadas a la Guía Hembra.....	101
68	Fuerzas aplicadas a la Guía Macho.....	102
69	Simulación de von Mises aplicada a la Guía Hembra.....	102
70	Simulación de von Mises aplicada a la Guía Macho.....	103
71	Simulación de Desplazamiento aplicada a la Guía Hembra.....	104
72	Simulación de Desplazamiento aplicada a la Guía Macho.....	104
73	Sujeciones aplicada a la Sufridera.....	105
74	Fuerzas aplicadas a la Sufridera.....	105
75	Simulación de von Mises aplicada Sufridera.....	106
76	Simulación de Desplazamiento aplicada Sufridera.....	106
77	Sujeciones aplicadas a la Barra Lateral.....	107
78	Fuerzas aplicadas a la Barra Lateral.....	107
79	Simulación de von Mises aplicada a la Barra Lateral.....	108
80	Simulación de Desplazamiento aplicada a la Barra Lateral.....	109
81	Sujeciones aplicadas al Soporte Lateral.....	109
82	Fuerzas aplicadas al Soporte Lateral.....	110
83	Simulación de von Mises aplicada al Soporte Lateral.....	110
84	Simulación de Desplazamiento aplicada al Soporte Lateral.....	111
85	Sujeciones aplicadas a la Estructura de Apoyo.....	111
86	Fuerzas aplicadas a la Estructura de Apoyo.....	112
87	Simulación de von Mises aplicada a la Estructura de Apoyo	113
88	Simulación de Desplazamiento aplicada a la Estructura de Apoyo	113
89	Sujeciones aplicadas a la Bocina.....	114
90	Fuerzas aplicadas a la Bocina.....	114
91	Simulación de von Mises aplicada a la Bocina.....	115
92	Simulación de Desplazamiento aplicada a la Bocina.....	116
93	Sujeciones aplicadas al Manifold.....	116
94	Fuerzas aplicadas al Manifold.....	117
95	Desplazamiento del Actuador 1 y 2.....	119
96	Ubicación Actuadores 1 y 2.....	119
97	Circuito Neumatico de la dosificadora radial MANN+HUMMEL	125

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pp
1	Organizaciones Internacionales.....	24
2	Clasificación de Actuadores neumaticos.....	27
3	Cuadro de datos del Diagrama de Pareto aplicado a la dosificadora radial MANN+HUMMEL.....	49
4	Propiedades del Poliuretano, Polioli e Isocianato.....	51
5	Propiedades fisicas por base de filtro de aire (Abierto).....	52
6	Propiedades fisicas por base de filtro de aire (Cerrado).....	53
7	Análisis de tiempos por operación.....	53
8	Partes dosificadora radial MANN+HUMMEL.....	54
9	Cuadro de aplicación de restricciones a probables soluciones.....	60
10	Cuadro de ponderación de criterios.....	61
11	Cuadro de ponderación de soluciones con respecto a criterio C1.....	61
12	Cuadro de ponderación de soluciones con respecto a criterio C2.....	62
13	Cuadro de ponderación de soluciones con respecto a criterio C3.....	62
14	Cuadro de ponderación de soluciones con respecto a criterio C4.....	62
15	Cuadro de ponderación de soluciones con respecto a criterio C5.....	62
16	Cuadro de ponderación de soluciones con respecto a criterio C6.....	63
17	Cuadro de ponderación de soluciones con respecto a criterio C7.....	63
18	Cuadro de ponderación de soluciones con respecto a criterio C8.....	63
19	Cuadro de ponderación final.....	64
20	Cuadro de factores del Diagrama de Pareto aplicado a la dosificadora radial MANN+HUMMEL.....	66
21	Cuadro de factores individuales de las piezas que conforman a la dosificadora radial MANN+HUMMEL.....	68
22	Cuadro de Peso y Volumen individuales de las piezas de la dosificadora radial MANN+HUMMEL.....	93
23	Cuadro de componentes neumáticos de la dosificadora radial MANN+HUMMEL.....	118



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**REDISEÑO DEL SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO EN LA MÁQUINA
DOSIFICADORA RADIAL EN LA EMPRESA MANN+HUMMEL
FILTRATION TECHNOLOGY VENEZUELA C.A.**

Autor: Cristopher Alexander Chacón Guerrero

Tutor: Ing. Giovanni Pizzella P.

Fecha: marzo, 2018

RESUMEN

El presente proyecto se enfoca en el rediseño del sistema de desplazamiento de la dosificadora radial de la Mann+Hummel Filtration Technology Venezuela C.A con el objetivo de aumentar la producción y equilibrar la carga de mantenimiento en la planta. Se diseñará, calculará y se seleccionarán los diversos elementos y componentes que intervienen en la dosificadora, mediante la correspondiente selección de materiales, determinación del peso y volumen de piezas, análisis de tensiones, selección y diseño del circuito neumático y su correspondiente análisis de factibilidad tecnico económica.

Descriptores: Rediseño, Investigación, Dosificadora, Neumática, Materiales, Análisis.

INTRODUCCIÓN

La situación económica que afecta nuestro país ha planteado nuevos desafíos para las empresas manufactureras de todos los sectores donde la obsolescencia tecnológica ha sido relegada al costo beneficio de la operatividad de la planta.

La empresa MANN+HUMMEL FILTRATION TECHNOLOGY C.A. se considera el fabricante dirigente en lo que al mercado venezolano en tecnología de filtración de aceite, combustible y aire para vehículos se refiere, abarcando una amplia gama de filtros como son los de autobuses, camiones y diversos tipos de maquinaria pesada. Anteriormente llamada Affinia Venezuela C.A. hasta el año 2016, en donde fue comprada en cuestión por la empresa anteriormente mencionada. Como transnacional es la representante de la manufacturación de filtros industriales y automotrices de la marca WIX y en Venezuela se encuentra localizada en la ciudad de Valencia del Estado Carabobo, en la avenida Ernesto Branger con avenida Iribarren Borges, zona industrial Sur II.

Posee nueve líneas principales de producción dentro de su planta, con una capacidad máxima instalada de producción de 20.000 filtros diarios, la cual se ha visto amenazada por las constantes interrupciones originadas por fallas y averías en los equipos y maquinarias en las mencionadas líneas, debido a que la posibilidad de adquirir repuestos y nueva maquinaria sea muy poco factible económicamente, lo que implica que la vida útil de cualquier repuesto, componente, máquina o cualquier dispositivo debe y tiene que ser alargada, mediante el rediseño, construcción o adaptación de los mismos.

El siguiente informe se va a enfocar en el rediseño de la máquina dosificadora radial MANN+HUMMEL, la cual cumple la función como su nombre lo indica de dosificar poliuretano de forma precisa en una serie de moldes precalentados

previamente, para así poder realizar las bases de la mayoría de los modelos de filtros industriales de aire producidos en la planta hoy en día. Dicha dosificadora depende en gran parte de su sistema de desplazamiento, que es el encargado de poder trasladar a la máquina, actualmente se encuentra inoperativa debido a la falta de unas valvulas check como también por una variedad de fugas en el cilindro principal , motivo por el cual es preciso proceder a efectuar un rediseño de la misma que garantice tanto su operatividad como también su factibilidad.

Para poder solucionar esta problemática, el informe se estructurará de la siguiente forma...

Capítulo I, engloba los datos de la empresa, donde se está realizando el montaje del proyecto, comprende desde la estructura organizativa general como del departamento del proyecto asignado, el producto que se realiza hasta su misión, visión y valor como empresa.

Capítulo II, exhibe la problemática de una manera detallada, a su vez se presenta el plan de acción a tomar para la misma tomando en consideración las limitaciones de la resolución propuesta.

Capítulo III, trata de los antecedentes y la información almacenada como definiciones de términos básicos y conceptos relacionada la problemática que sirven de soporte para resolver la misma.

Capítulo IV, delimita el tipo y diseño de la investigación, las fases metodológicas que se ejecutaran en el proyecto para poder concretar la meta propuesta, describiendo las técnicas, procedimientos e instrumentos a manejar.

Capítulo V, menciona todo los tipo de recursos que fueron solicitados en el periodo de la ejecución del proyecto.

CAPÍTULO I

LA EMPRESA

1.1. Nombre y Ubicación

MANN+HUMMEL FILTRATION TECHNOLOGY C.A. la planta de Filtros WIX en Venezuela se encuentra ubicada en la avenida Ernesto Branger con avenida Iribarren Borges, Zona Industrial Sur II, Valencia, Estado Carabobo.

1.2. Razón Social

Es una empresa encargada de la manufactura de filtros de aceite y filtros de aire en el ámbito automotriz como en el industrial, su amplia gama de filtros cubre para vehículos de pasajeros, camiones livianos, camiones pesados, autobuses, motocicletas y hasta vehículos marítimos y agrícolas.

En el caso de la planta en Venezuela, importa otros tipos filtros adicionales, como serían los filtros hidráulicos, de combustible, cabina de aire y refrigerante.

1.3. Reseña Histórica de la Empresa

El 1939, Filtros WIX fue fundada por John Doan “Jack” Wicks y Paul G. Crawshaw y se basó en la idea de que fabricar repuestos para filtros debería simplificar el proceso del cambio de los mismos. En esa época, WIX estaba enfocada en fabricar los primeros repuestos cubiertos por medias para los filtros de aceite populares que eran económicos y altamente eficientes en la industria de las granjas.

El nombre WIX viene de cómo suena la pronunciación del apellido del fundador John Wicks. En 1954, WIX inventó el revolucionario filtro de aceite enroscable, el cual fue adoptado como equipo original en 1956 para el Lincoln Continental, Thunderbird de Ford y el Mercury Turnpike Cruiser. Hoy en día, la mayoría de los vehículos del mundo utilizan un filtro de aceite basado en este diseño.

Desde 1968, WIX es patrocinante oficial de las carreras NASCAR con varios de sus filtros demostrando su desempeño en estas competencias.

WIX posee 3 fábricas en USA, una en Polonia, una en Brasil, una en Ucrania y una en México. Para 1982 WIX inicia la fabricación de sus productos en Venezuela.

Affinia Venezuela – Wix Filtration Corp. Exporta a varios países y es líder en el mercado Venezolano en tecnología de filtración de aceite, aire y combustible para vehículos de pasajeros, autobuses, camiones, maquinaria fuera de carretera unidades estacionarias y marítimas. En Venezuela, WIX tiene entre sus clientes de equipo original de reposición a Ford Motors de Venezuela, Daimler Chrysler de Venezuela, Tata y Encava.

1.4 Estructura Organizativa (Ver Figura 1 y 2)

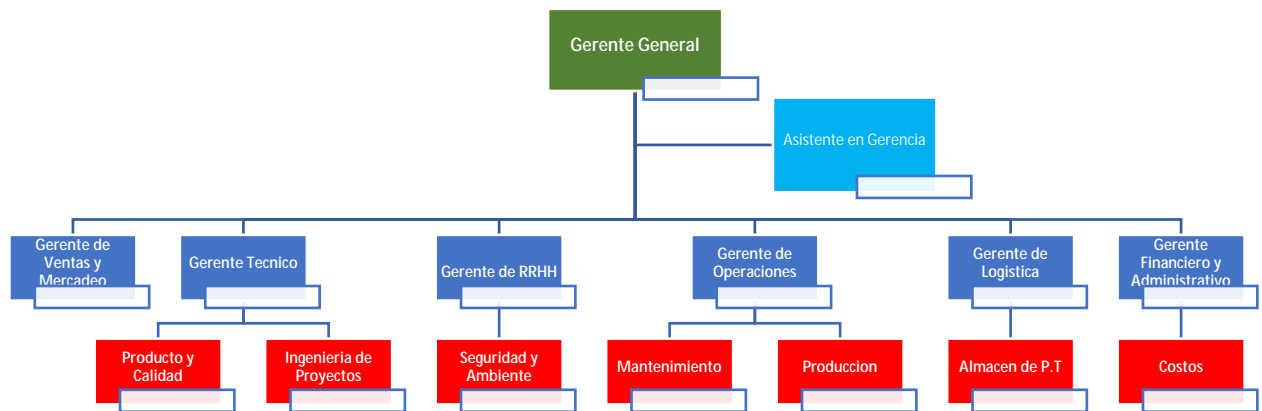


Figura 1. Organigrama General de Filtros WIX Venezuela

Fuente. Cristopher Chacon (2018)

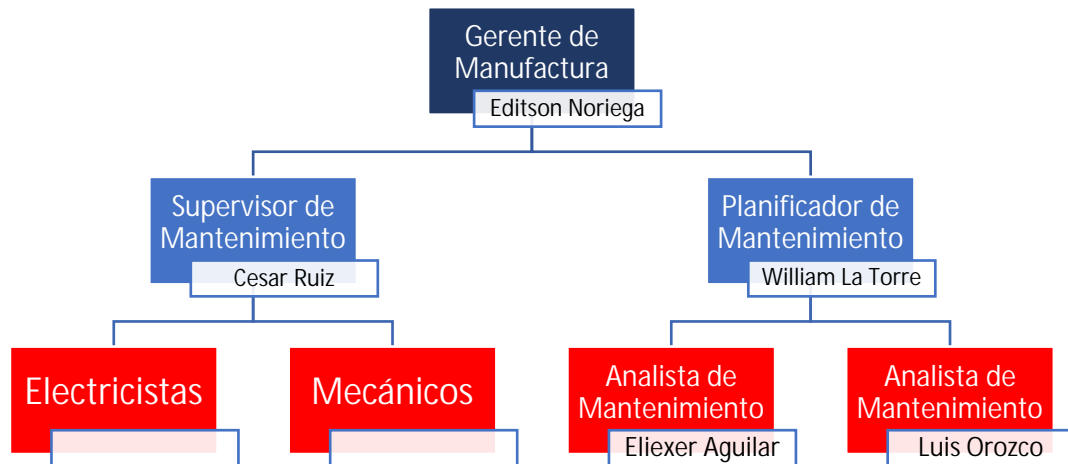


Figura 2. Organigrama del Departamento de Mantenimiento de Filtros WIX Venezuela

Fuente. Christopher Chacón (2018).

1.5 Misión, Visión y Políticas de seguridad

- **Misión**

“Inspiraremos a nuestra gente, deleitaremos a nuestros clientes e impresionaremos a nuestros inversores con los productos y servicios más innovadores del mundo, que son consistentemente de alta calidad y siempre competitivos en el mercado”. (Filtros WIX de Venezuela)

- **Visión**

“Convertimos en reconocido líder global en diseño, fabricación y ofreciendo productos de reposición y servicios innovadores necesarios para una gran diversidad de mercados comerciales e industriales alrededor del mundo”. (Filtros WIX de Venezuela)

- **Política de Seguridad, Salud y Ambiente**

“Uno de nuestros principales valores corporativos es el respeto a las personas con las que trabajamos, también para la sociedad y el medio ambiente en el que

vivimos. Nuestro compromiso con la sostenibilidad y el Código de MANN+HUMMEL ilustrar claramente esta relación.

El Código MANN+HUMMEL incorpora el Código de Conducta y la Carta Social. El Código de Conducta contiene los principios rectores esenciales de la empresa, destacando a todos los empleados del marco legal y ético en el que opera MANN+HUMMEL. La Carta Social describe nuestras obligaciones y responsabilidades con la sociedad.

Con nuestro Código, deseamos subrayar nuestro compromiso con la gestión basada en valor - y comunicar lo que distingue a las acciones de MANN+HUMMEL un gran sentido de la responsabilidad, así como la valoración mutua.

Protección del medio ambiente y la utilización racional de los recursos tienen la máxima prioridad en el desarrollo de nuestros productos, compras, producción y logística. Apoyamos activamente a la protección del medio ambiente y el clima a través de nuevos desarrollos que responden con precisión a los requisitos con respecto a la movilidad, la ecología y la economía. Durante muchos años, el ahorro de energía y agua ha sido un requisito estándar en todos nuestros centros de producción.”

1.6 Valores y Creencias

“Perseguimos un objetivo claramente definido, mantener y ampliar nuestra posición como líder del mercado de la filtración durante los próximos años basándonos en productos de calidad superior, servicio de primera clase y tecnología innovadora. Para ello, nos basamos en nuestros valores corporativos, que nos proporcionan las directrices y los principios básicos para relacionarnos con nuestros clientes, empleados, con la sociedad o con el medio ambiente” (Ver figura 3).



Figura 3. Valores de MANN+HUMMEL C.A.

Fuente. William La Torre (2016).

1.7 Productos o Servicios

1.7.1 Filtros de Aceite

Desde 1954 cuando patentamos el primer filtro de aceite de rosca, filtros WIX ha estado a la vanguardia de tecnología de filtro de aceite y rendimiento de los automóviles, camiones ligeros y autobuses, camiones pesados y vehículos fuera-carretera. Pruebas como la J806 de SAE demuestran que los filtros de aceite WIX mantienen 45 % más de suciedad que la marca de la competencia - lo que significa que se mantiene filtrado completamente mucho después que la competencia.

El filtro de aceite limpia el aceite que pasa a través del elemento de filtro o medios de filtrante. Esto evita contaminantes abrasivos en el sistema lubricación del motor que serían altamente perjudiciales. (Ver figura 4)



Figura 4. Filtro de aceite marca WIX

Fuente. Google (2018).

1.7.2 Filtros de Aire

WIX en filtros de aire es un líder reconocido por rendimiento y eficiencia en su filtro de aire para automóviles, camiones ligeros, camiones pesados, autobuses y vehículos fuera-carretera. De hecho, está entre los filtros oficialmente con licencia para los vehículos de NASCAR e incluso se han desarrollado una línea de filtros de alto rendimiento diseñado especialmente para las aplicaciones de Competencia.

El filtro de aire elimina el hollín, carbono, abrasivos y otros contaminantes que se encuentran en el aire antes de que se mezclen con el combustible en el sistema de inducción del motor. (Ver figura 5)



Figura 5. Filtro de aire marca WIX

Fuente. Google (2018).

1.8 Mercado Objetivo

Su principal enfoque comercial esta dirigido al sector automotriz e industrial, específicamente a la venta y distribucion de filtros (Aire y aceite) a nivel nacional e

internacional, estableciendo alianzas estratégicas con las principales ensambladores automotrices.

CAPÍTULO II

EL PROBLEMA

2.1 Planteamiento del Problema

En la planta de la empresa MANN+HUMMEL se puede organizar en múltiples líneas, como son la de embutido, estampado, roscado, aire panel en esta última entre los diversos tipos de componentes para los filtros de aire, se producen las bases de los mismos que serán los apoyos para la mayoría de los modelos de filtros de aire tanto industriales como automotrices.

Actualmente existen dos equipos especializados en la elaboración de bases para filtros de aire mediante el dosificado de poliuretano líquido en unos moldes precalentados de un proceso anterior, como son la dosificadora radial marca GUSBI y la dosificadora radial MANN+HUMMEL con una capacidad máxima de producción de 320 bases diaria, pero debido a las continuas interrupciones originadas por mantenimientos correctivos en la dosificadora radial MANN+HUMMEL, se acortó su vida útil lo que trajo como consecuencia la parada definitiva del equipo con la lógica disminución de la cantidad de bases de filtros producida diariamente y por último que no exista un plan de balanceo de la carga de producción.

Dentro de la dosificadora radial MANN+HUMMEL existe una serie de sistemas esenciales para su funcionamiento, como es el sistema de bombeo, sistema de control y el sistema de desplazamiento, este último se basa en un circuito neumático compuesto por un conjunto de válvulas que se encargan del control de un actuador neumático de doble efecto, este cumple la función tanto de desplazar la estructura principal de la dosificadora la cual transporta el cabezal de la misma, como de alinearla con una mesa giratoria en donde se ubica el molde que se dosifica el poliuretano para así poder producir las bases para los filtros anteriormente mencionadas en cuestión. El uso de este sistema de desplazamiento en particular a traído como consecuencia en el corto y mediano plazo, una serie de paradas continuas debido en gran parte a mantenimientos correctivos tanto en el actuador neumático por múltiples fugas

originadas a sus fallas en el diseño, como en el conjunto de válvulas que lo controlan, esto conlleva a una disminución del 40 % de la producción diaria, lo que se refleja en pérdidas para la empresa y hace de suma importancia generar una propuesta alternativa para afrontar esta problemática.

La propuesta de este proyecto es el rediseño del sistema de desplazamiento que posee la dosificadora radial MANN+HUMMEL de la línea de aire panel, para así disminuir las paradas del equipo además de equilibrar la carga de mantenimiento con respecto a la otra dosificadora operativa y aumentar la producción diaria que se tiene en esta línea.

2.2 Formulación

¿Cómo puede la empresa dosificar la resina para garantizar el aumento de la producción y equilibrar la carga de mantenimiento en la planta?

2.3.1 Objetivo General

Rediseñar la dosificadora radial inoperativa para aumentar la producción y equilibrar la carga de mantenimiento en la planta, mediante el ensamblaje de un nuevo sistema de desplazamiento.

2.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar el estado de la dosificadora actual.
- Generar distintas propuestas para el diseño de la máquina y seleccionar la más adecuada.
- Efectuar el diseño de la propuesta seleccionada y calcular los beneficios de su implementación.
- Realizar un estudio de factibilidad técnico económica del proyecto.

2.4 Justificación de la Investigación

La excelencia es un valor corporativo fundamental en MANN+HUMMEL, como el líder en tecnología para filtración. La calidad de sus productos es un factor crucial de su éxito. Nuestro sistema de gestión atestigua que se cumpla e incluso se

sobrepase la calidad exigida por nuestros clientes para así poder ofrecer el mejor servicio posible a los mismos.

Motivo por el cual la elaboración de este proyecto es de vital importancia para la empresa debido a que en la planta, en la línea de aire industrial existe un sólo una dosificadora operativa la cual es la dosificadora GUSBI, pero dado su uso continuo, esto repercute en una mayor cantidad de paradas por mantenimiento correctivo, con el rediseño y aplicación de la máquina dosificadora MANN+HUMMEL se pretende maximizar la capacidad de la línea de producción, minimizando los procesos manuales y por consiguiente aumentar la productividad, mejorar la eficiencia de toda la cadena productiva de la línea en lo que se refiere a elementos filtrantes, equilibrar la carga de mantenimiento de la línea y aumentar de esta manera la disponibilidad de los dos equipos.

2.5 Alcance

El departamento de mantenimiento de MANN+HUMMEL FILTRATION TECHNOLOGY C.A., concretamente los encargados del mantenimiento correctivo y preventivo junto al autor, están ejecutando este proyecto con la finalidad de mejorar como departamento y reducir las fallas reportadas por los operadores en la planta.

Este proyecto abarca el diseño de los nuevos planos mecánicos de la dosificadora, la selección de materiales, la construcción de la estructura de costos estimada para el equipo y la realización de simulaciones necesarias para garantizar la factibilidad del mismo.

2.6 Limitaciones del Estudio

El tiempo de investigación está estipulado en seis meses, sin embargo, es un período que puede estar sujeto a cambios debido al surgimiento de nuevas variables a considerar provenientes de nuevas ideas propuestas a la solución que se adopte, el cual puede extender el período de investigación.

De la misma forma, el acceso a la información de la planta de producción de la empresa y el acceso a la información técnica es reducido. Debido al cumplimiento de

horario y labores ordinarias de la empresa Así mismo, el tutor empresarial es un profesional con mucha dedicación dentro de la empresa y su tiempo es limitado.

CAPÍTULO III

MARCO REFERENCIAL CONCEPTUAL

En este capítulo se señalarán una serie de investigaciones planteadas en el tema principal a trabajar, estas componen los antecedentes del estudio, al tiempo que sirvieron de guía para la conformación de las bases teóricas que lo respaldan. Con el objetivo de apoyar teóricamente el problema en estudio se tomó como referencia una serie de apoyos bibliográficos que facilitan la comprensión del área estudiada y a su vez contribuir los conocimientos fundamentales que dirijan el sentido correcto de los objetivos planteados.

3.1 Antecedentes

Alvarado L. Stephanie, B y Mendoza V. Andrés, L (2015) en la Universidad José Antonio Páez, en su trabajo de grado titulado: “ **Diseño de dosificadora industrial de mezcla para la empresa Glady`s Delicatesses c.a, planta San Diego** ”, para optar al título de Ingeniero Mecánico, en el cual se tuvo como objetivo diseñar una dosificadora industrial de mezcla, con el fin de maximizar la capacidad de la línea de producción minimizando los procesos manuales y por consiguiente mejorar el rendimiento de toda la cadena productiva de la planta. Para lograr los objetivos propuestos, fue necesario realizar un estudio de las características del producto antes y después de la dosificación para así definir el patrón estándar del proceso, además de desarrollar el diseño de la propuesta seleccionada en cuestión y realizar un estudio de su factibilidad económica.

Así mismo, Ortiz M. David, O y Zambrano G. Cristian, D (2017) en la Fundación Universidad de América, realizaron un trabajo de investigación titulado: “ **Diseño de un sistema de dosificación volumétrica para jabón en polvo** ”. En él se tomaron en consideración aspectos importantes como es la evaluación los sistemas de dosificación volumétrica en las industrias del jabón en polvo y productos similares, tomando en cuenta las exigencias y requisitos por parte de la empresa. El sistema diseñado permitió la optimización de los procesos de cantidad precisa y empaque de

jabón en polvo debido a la capacidad de producción de la máquina la cual es de 30 unidades por minuto, con una cantidad de 1000 ml por unidad, lo que podrá generar una mayor fluidez en el proceso productivo ya establecido anteriormente.

Por último, Asmad T. Amina B, en su trabajo de grado realizado en la Universidad José Antonio Páez, titulado: “ **Diseño de dosificadora industrial de resina para la empresa Affinia Venezuela c.a. Planta Industrial Sur II** ”, La investigación tuvo como objetivo general proponer el diseño de una máquina dosificadora semiautomatizada de resina, para la empresa Affinia Venezuela C.A. Filtros Wix Corp. El trabajo de investigación a desarrollar es metodológicamente factible, en el mismo se procederá a determinar mediante el uso de técnicas de diseño en la ingeniería mecánica y se seleccionará una propuesta para solucionar un problema determinado en la empresa receptora, trayendo consigo una mejora en el proceso de producción de elementos filtrantes y simultáneamente el aumento de producción de Filtros de aceite Wix.

3.2 Bases Teóricas

El correcto funcionamiento de todo trabajo de investigación se basa en sus fundamentos y teorías que manejan el método utilizado para cumplir el objetivo final, igualmente el trabajo en equipo del departamento de mantenimiento conformado por el conjunto de mecánicos y electricista, donde todos tienen como objetivo primordial lograr un mejoramiento continuo de las instalaciones de MANN+HUMMEL y de solventar los diversos problemas que se puedan presentar de la manera más eficaz y eficiente.

Debido a la dosificadora en estudio, en la cual se realizan diversos procesos simultáneamente, siendo el proceso de dosificado de poliuretano y el sistema de desplazamiento los mas importantes, se acudió a la teoría de diseño mecánico para tener conocimientos sobre ello, del mismo modo a la teoría tanto de sistemas y componentes neumáticos como de mecánica de los fluídos con la finalidad de corroborar y garantizar así un funcionamiento óptimo del sistema de desplazamiento a

desarrollar, esto permitirá asegurar el proceso donde se debe tener conciencia del sistema manipulado, debido a que si se realiza un diseño inadecuado del mismo y no se posee un control de la fuerza utilizada para llevar a cabo el mismo pudiera cuásar una avería grave en la línea, por ello se acude a la teoría fundamental para así evitar pérdidas materiales y en el peor de los casos humana.

3.2.1 Diseño en la ingeniería mecánica

La palabra diseño tiene su origen en el vocablo latín designare que significa "designar, marcar" y ya que el fin de este trabajo es enfocarse en el diseño dentro del dominio de la ingeniería lo definiremos como "el proceso de aplicar las diversas técnicas y los principios científicos con el objeto de definir un dispositivo, un proceso o un sistema con suficiente detalle para permitir su realización".

Diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad específica o resolver un problema. Si el plan resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que pueda fabricarse y comercializarse.

El diseño es un proceso innovador y altamente iterativo. También es un proceso de toma de decisiones. Algunas veces éstas deben tomarse con muy poca información, en otras con apenas la cantidad adecuada y en ocasiones con un exceso de información parcialmente contradictoria. Algunas veces las decisiones se toman de manera tentativa, por lo cual es conveniente reservarse el derecho de hacer ajustes a medida que se obtengan más datos. Lo importante es que el diseñador en ingeniería debe sentirse personalmente cómodo cuando ejerce la función de toma de decisiones y de resolución de problemas.

El diseño es una actividad de intensa comunicación en la cual se usan tanto palabras como imágenes y se emplean las formas escritas y orales. Los ingenieros deben comunicarse en forma eficaz y trabajar con gente de muchas disciplinas. Éstas son habilidades importantes y el éxito de un ingeniero depende de ellas.

Las fuentes personales de creatividad de un diseñador, la habilidad para comunicarse y la destreza para resolver problemas están entrelazadas con el conocimiento de la tecnología y sus principios fundamentales. Las herramientas de la ingeniería (como las matemáticas, la estadística, la computación, las gráficas y el lenguaje) se combinan para producir un plan, que cuando se lleva a cabo crea un producto funcional, seguro, confiable, competitivo y útil sin importar quién lo construya o lo use.

El diseño mecánico es una tarea compleja que requiere muchas habilidades y comúnmente es un trabajo que se realiza en equipo pues casi siempre resultan mejores opciones si más de una mente se encuentra pensando en resolver un problema determinado, en este punto sería importante recalcar las capacidades individuales para poder relacionarse en el área de trabajo de nuestro equipo y que al detectar que estas no son de la manera óptima tomar las medidas necesarias (sea una capacitación, un cambio de personal, etc.) para poder llevar a cabo nuestra tarea.

3.2.2 Línea de Producción

La línea de montaje o también llamada producción en cadena, es un proceso de producción que descompone los trabajos de fabricación de un bien en pasos o etapas que se realizan en una secuencia predefinida. Las líneas de montaje son el método más comúnmente utilizado en la producción en masa de productos. Son capaces de reducir los costos de mano de obra, porque los trabajadores no calificados podrían ser fácilmente entrenados para realizar tareas específicas. En lugar de contratar a trabajadores expertos para armar un motor de una maquina o un automóvil, las compañías sólo contratan trabajadores no calificados que son fácilmente entrenados para tareas sencillas.

El principio de una línea de montaje es que cada trabajador es asignado a una tarea muy específica, que él o ella simplemente repite, y entonces el proceso se mueve al siguiente trabajador que realiza su tarea, hasta que se ha completado la tarea y el producto está terminado. Es una forma de producir bienes en masa, rápida y

eficientemente. Dentro de las líneas de montaje no solo hay trabajadores, también hay maquinas que apoyan el proceso de producción.

3.2.3 Dosificador

Los dosificadores son dispositivos utilizados para regular el traslado del producto a las diferentes etapas de un proceso. Están compuestos por motores eléctricos, electroimanes, cilindros neumáticos y/o reguladores.

3.2.3.1 Clasificación de métodos de dosificación (Ver figura 6)

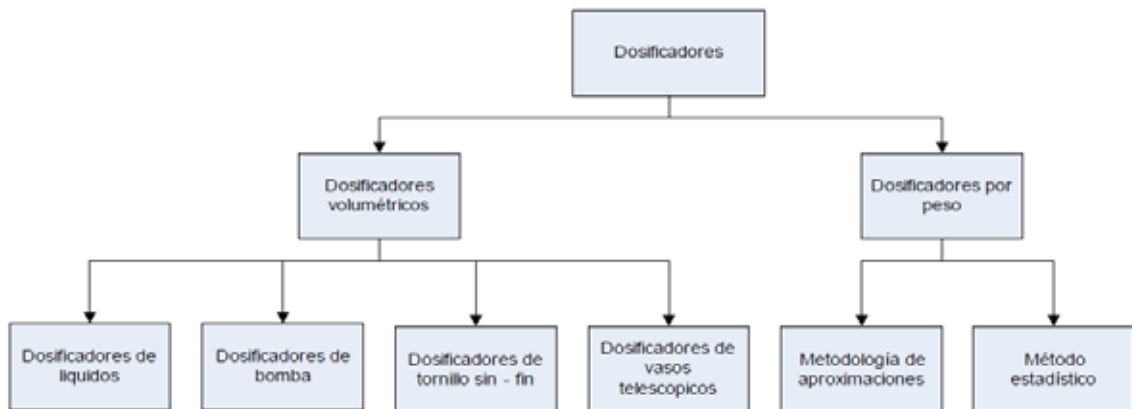


Figura 6. Organigrama de la clasificación de métodos de dosificación

Fuente. Carlos, P y Hernán, S (2006).

- **Dosificadores volumétricos**

Son utilizados principalmente para dosificar productos homogéneos en sus características físicas, forma, tamaño y peso, como líquidos viscosos, polvos, algunos cereales y granos.

- **Dosificador de líquidos**

Estos dosificadores están constituidos esencialmente por una válvula de bola y por una bomba dosificadora (pistón y cámara de dosificado). Se utilizan únicamente para dosificar productos y sustancias líquidas de fácil fluidez, como el agua, las gaseosas, la leche, jugos y otros de similares características.

- **Dosificador de bomba**

Son utilizados para dosificar sustancias viscosas y pastosas, de difícil fluidez y conducción por tubos y ductos, como son las grasas, las ceras, los purés, las mieles, las salsas entre otros.

- **Dosificador por tornillo sinfín**

Los dosificadores de tornillo sin – fin son utilizados para dosificar harinas y polvos granulados en general, pastas, cremas y algunos productos viscosos.

En estos dosificadores el producto es evacuado de la tolva en la cantidad y tiempo deseados de acuerdo con el número de revoluciones y la velocidad de giro del tornillo sin – fin, el motor o mecanismo que acciona el tornillo es por lo general un motor reductor. El removedor o agitador es el encargado de facilitar el trabajo del tonillo, evitando taponamientos en la tolva (Ver figura 7).

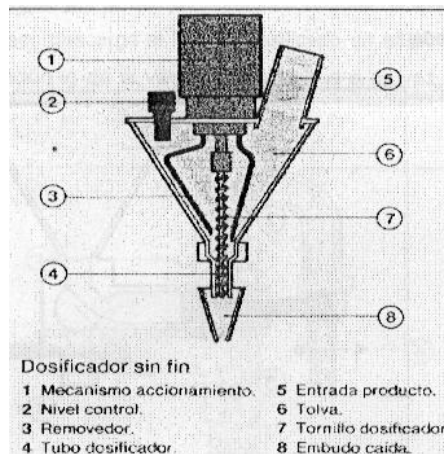


Figura 7. Dosificador volumétrico de tornillo sin- fin

Fuente. Robert H. Perry, Manual Del Ingeniero Químico, sexta edición (1996).

- **Dosificador de vasos telescopicós**

Los dosificadores de este tipo están compuestos básicamente por una tolva de almacenamiento, dos agitadores y su motor reductor, un tambor de vasos y su motor reductor, y un embudo de caída (Ver figura 8).

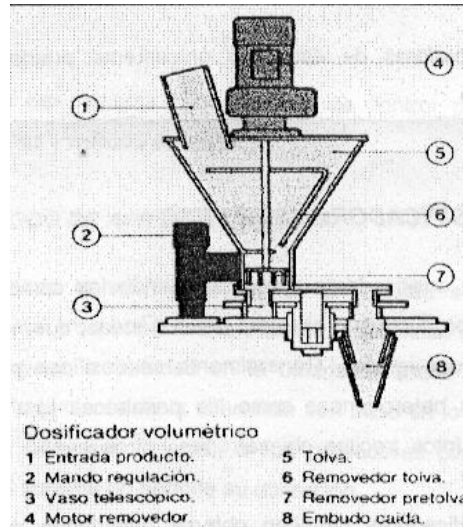


Figura 8. Dosificador volumétrico de vasos telescópicos
 Fuente. Robert H. Perry, Manual Del Ingeniero Químico, sexta edición (1996).

- **Dosificadores por peso**

Este tipo de dosificadores se utilizan cuando las características físicas y de forma del producto son bastante heterogéneas, que no permitan dosificados en cantidades iguales. Generalmente se dosifican por peso productos de geometrías heterogéneas como los pasabocas tipo snacks — papas fritas, patacones fritos, trocitos, chicharrones y otros más.

- **Método de aproximaciones**

En este método la acción de control se efectúa sobre el sistema de alimentación de producto hacia la balanza, verificando la diferencia entre el peso referencia y la cantidad en la balanza; aunque la teoría de control permitiría el tratamiento de la diferencia con base en los métodos comunes: proporcional, derivativo, integral, o sus respectivas combinaciones, la alta velocidad del sistema no permite su utilización.

- **Método estadístico**

Este método efectúa el control, no sobre la diferencia entre el peso de referencia y el contenido en la balanza, sino sobre la cantidad de producto que se empacará finalmente. Este método requiere un sistema de control más sofisticado, capaz de tomar decisiones a partir de la información disponible.

3.2.4 Poliuretano

El poliuretano (PU, también denominado PUR) es un polímero que se obtiene mediante condensación de bases hidroxílicas combinadas con diisocianatos. Los poliuretanos se clasifican en dos grupos, definidos por su estructura química, diferenciados por su comportamiento frente a la temperatura. De esta manera pueden ser de dos tipos: poliuretanos termoestables o poliuretanos termoplásticos.

Los componentes básicos que se utilizan en la industria de los poliuretanos se pueden dividir en los siguientes sistemas genéricos:

- Isocianato
- Polioli

3.2.4.1 Isocianato

La formación de un grupo uretano a partir de la reacción entre compuestos de isocianato e hidroxilo se identificó originalmente en el siglo 19. Sin embargo, no fue hasta la década de 1930 en que se descubriera la química de la reacción de poliadición entre diisocianatos y dioles desarrollando los polímeros de uretano, produciendo inicialmente una gama de espumas de elastómeros y rígidos.

Las formulaciones de poliuretano están diseñadas generalmente para explotar varias reacciones diferentes de isocianato simultáneamente. Casi son exotérmicas, lo que generalmente proporciona suficiente energía para curar el polímero y para conducir las operaciones de procesamiento, tales como el llenado del molde y la formación de espuma. Los catalizadores se utilizan para equilibrar la velocidad de las diversas reacciones y para controlar la tasa global de curación durante el procesamiento.

3.2.4.2 Polioli

Aunque el altamente reactivo grupo de isocianato es la característica única de la tecnología de poliuretano, es el polioli el que en gran parte determina las propiedades del polímero de poliuretano final. Las amplias gamas de tipos de polioles que están disponibles para la industria de poliuretanos explica por qué se han convertido en la familia más versátil de los materiales plásticos.

El término “Polioli” describe compuestos con grupos hidroxilo que reaccionan con isocianatos para fabricar polímeros de poliuretano. Normalmente los ‘polioles’ contienen de dos a ocho grupos hidroxilo reactivos y tienen pesos moleculares medios de 200 a 8.000. Las dos clases principales de producto son poliéteres y poliésteres.

3.2.5 Propiedades del fluido

En este trabajo de investigación se trabajará con el producto de poliuretano líquido el cual está compuesto a base de Polioli e Isocianato, estos poseen ciertas propiedades a tomar en consideración a la hora de poder realizar el diseño óptimo de la máquina dosificadora radial MANN+HUMMEL, estas son:

- Densidad, Se define como masa por unidad de volumen (kg/m³).

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{Ec.1})$$

- Volumen específico, Es el inverso de la densidad y se define como el volumen ocupado por unidad de masa de fluido (m³/kg).

$$V_s = \frac{1}{\rho} \quad (\text{Ec.2})$$

- Peso específico, Es el peso del fluido por unidad de volumen, este cambia de lugar dependiendo de la magnitud de la aceleración de la gravedad (N/m³).

$$\gamma = \frac{m \cdot g}{V} \quad (\text{Ec.3})$$

- Viscosidad, Se puede definir como la resistencia que genera un fluido a su deformación.

- Temperatura, Es la magnitud física que expresa el grado o nivel de calor del ambiente o los cuerpos (K).
- Peso, Fuerza con la que la tierra atrae a un cuerpo.

3.2.5.1 Fluidos no newtonianos

La Ley de la viscosidad de Newton vista con anterioridad, establece que en movimientos fluidos laminares existe una relación lineal entre las tensiones tangenciales y los gradientes de velocidad, siendo la constante de proporcionalidad una propiedad física del fluido llamada viscosidad dinámica o absoluta μ

Frecuentemente se deben tomar en consideración muchas de esas características en una situación de diseño dada. Entre las más importantes se pueden mencionar: Tamaño, Lubricación, Esfuerzo, Costo, Seguridad, entre otros.

3.2.6.2 Codigos, Normas y Especificaciones

El código es un conjunto de requisitos y condiciones, generalmente aplicables a uno o más procesos que regulan de manera integral el diseño, materiales, fabricación, construcción, montaje, instalación, inspección, pruebas, reparación, operación y mantenimiento de instalaciones, equipos, estructuras y componentes específicos.

El término “norma “ tal y como es empleado por la AWS, la ASTM, la ASME y el ANSI, se aplica de manera indistinta a especificaciones, códigos, métodos, prácticas recomendadas, definiciones de términos, clasificaciones y símbolos gráficos que han sido aprobados por un comité patrocinador (vigilante) de cierta sociedad técnica y adoptados por esta.

Una especificación es una norma que describe clara y concisamente los requisitos esenciales y técnicos para un material, producto, sistema o servicio. También indica los procedimientos, métodos, clasificaciones o equipos a emplear para determinar si los requisitos especificados para el producto han sido cumplidos o no.

El nombre de cada organismo indica la naturaleza de la norma o código establecido. Entre las diversas organizaciones que existen, las más resaltantes para los ingenieros mecánicos están en el Cuadro 1:

Instituto Americano de Hierro y Acero	AISI
Sociedad de Ingenieros Automotores	SAE
Sociedad Americana de Soldadura	AWS
Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos	ASME
Sociedad Americana de Pruebas y Materiales	ASTM
Organización de Normas Internacionales	ISO

Cuadro 1. Organizaciones Internacionales

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

3.2.6.3 Esfuerzo

Esfuerzo es la resistencia que ofrece un área unitaria (A) del material del que está hecho un miembro para una carga aplicada externa (fuerza, F).

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (\text{Ec.5})$$

En algunos casos, como en el esfuerzo normal directo, la fuerza aplicada se reparte uniformemente en la totalidad de la sección transversal del miembro; en estos casos el esfuerzo puede calcularse con la simple división de la fuerza total por el área de la parte que resiste la fuerza, y el nivel del esfuerzo será el mismo en un punto cualquiera de una sección transversal cualquiera. En otros casos, como en el esfuerzo debido a flexión, el esfuerzo variará en los distintos lugares de la misma sección transversal, entonces el nivel de esfuerzo se considera en un punto. Dependiendo de la forma cómo actúen las fuerzas externas, los esfuerzos y deformaciones producidas pueden ser axiales, biaxiales, triaxiales, por flexión, por torsión, o combinados.

3.2.7 Masa y Peso

La masa es una medida numérica de su inercia; una medida fundamental de la cantidad de materia en el objeto. Todas las cantidades mecánicas se pueden definir en términos de masa, longitud y tiempo. El símbolo usual de la masa es m y su unidad en el sistema SI es el kilogramo.

Por otro lado, el peso se define como la fuerza de la gravedad sobre el objeto y se puede calcular como el producto de la masa por la aceleración de la gravedad. Puesto que el peso es una fuerza, su unidad SI es el Newton. Para un objeto en caída libre, la gravedad es la única fuerza que actúa sobre él, por lo tanto la expresión para el peso derivada de la segunda ley de Newton es:

$$w = m \cdot g \quad (\text{Ec.6})$$

3.2.8 Actuador neumático

Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador o

controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control, como por ejemplo una válvula.

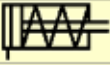




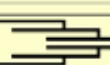
A los mecanismos que convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico se les denomina actuadores neumáticos (Ver figura 9). Aunque en esencia son idénticos a los actuadores hidráulicos, el rango de compresión es menor en este caso, además de que hay una pequeña diferencia en cuanto al uso y en lo que se refiere a la estructura, motivado a que los elementos de suministro de energía (aire) son diferentes de los empleados en los cilindros hidráulicos.



Figura 9. Actuador neumático de simple efecto

Fuente. Catalogo Festo (2018).

Estos se pueden clasificar en una amplia gama de acuerdo al tipo de trabajo que desea realizar, ya sea desde el accionamiento más básico hasta complejos sistemas neumáticos que lo requieran, los que emplean un uso más frecuente en las industrias actualmente son los que se pueden apreciar en el Cuadro 2:

Simbolo:	Descripción:
	De simple efecto. Retorno por muelle.
	De simple efecto. Retorno por fuerza externa.
	De doble efecto.
	De doble efecto con amortiguador.
	De doble efecto con doble vástago.
	De simple efecto telescópico.

Cuadro 2. Clasificación de Actuadores neumáticos
Fuente. Christopher Chacón (2018).

3.2.8.1 Fuerza del Actuador

De acuerdo “Neumática e Hidráulica” de Creus Solé (2007), la fuerza del cilindro es una función del diámetro del actuador, de la presión de aire y del roce del embolo, que depende de la velocidad del embolo y que se toma en el instante de arranque. La fuerza que el aire ejerce sobre el pistón es:

$$Fuerza = (P_{aire}) \times (Area\ del\ Pistón) \quad (Ec.7)$$

3.2.8.2 Consumo de aire

Además también se extrajo de la misma publicación las ecuaciones para el consumo de aire para actuadores de doble efecto despreciando el volumen del vástago.

$$Q \left(\frac{dm^3}{min} \right) = 2 \frac{0.987 + P_{aire} (bar) \pi}{0.987} \frac{D^2 (mm) \times l (mm)}{4.000.000} \quad (Ec.8)$$

Siendo:

Q = Consumo total de aire en [dm³/min].

D = Diámetro cilindro [mm].

l = Carrera en [mm].

N = Ciclos por minuto.

3.2.8.3 Dimensionamiento de la red de aire comprimido

En la expresión planteada se da el diámetro mínimo para la tubería de aire comprimido.

$$Dtub = \sqrt[5]{1,6 \times 103 \times Q^{1,85} \left(\frac{m^3}{s} \right) \times \frac{Longitud\ tub\ (m)}{Perdidas \times Pdis\ (bar)}} \quad (Ec.9)$$

3.2.8.4 Válvula

Es un instrumento de regulación y control de fluido. Una definición más completa describe la válvula como un dispositivo mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza móvil que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

3.2.8.5 Clasificación de las Válvulas neumáticas

Las válvulas neumáticas tienen como función principal dirigir y distribuir el aire comprimido dentro de un circuito neumático. Regulan el paso o lo frenan. Arman el camino que debe recorrer el fluido. Pero, al momento de comandarlas, las variables son muchas y es necesario conocerlas con más profundidad para obtener buenos resultados en el proceso.

Para clasificarlas, podemos nombrar 4 tipos diferentes de válvulas: las direccionales, las de bloqueo, las reguladoras y las secuenciales. Cada una tiene un funcionamiento particular que las diferencia entre sí. En este caso vamos a hablar de las válvulas direccionales o también llamadas distribuidoras, justamente porque su objetivo principal es ese, distribuir.

Estas válvulas cuentan con distinta cantidad de vías y de posiciones. La suma de las roscas corresponde a la cantidad de vías que posee. Las combinaciones más comunes son las siguientes:

- **Válvulas 2/2 (2 vías y 2 posiciones)**

Actúan solamente como llave de paso. Una vía es la entrada y otra vía es la salida. Cuando está en posición abierta, las dos vías se conectan sin nada en el medio

y el aire comprimido fluye con libertad. Al cerrarse, lógicamente se corta el paso. Estas válvulas pueden ser normal cerradas o normal abiertas, según cierren o habiliten el paso respectivamente en su posición de reposo. Lo más común es que sean normal cerradas.

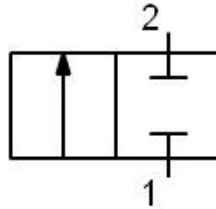


Figura 10. Válvula 2/2
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

- **Válvulas 3/2 (3 vías y 2 posiciones)**

Normalmente son utilizadas para manejar cilindros simple efecto. Gracias a sus 3 vías, el flujo del aire puede ir en dos direcciones distintas y realizar el escape en su posición cerrada.

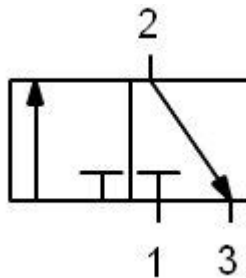


Figura 11. Válvula 3/2
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

- **Válvulas 4/2 (4 vías y 2 posiciones)**

Cuenta con la misma cantidad de posiciones que la anterior, pero al tener una vía más se las suele usar para manejar cilindros doble efecto. Con una posición mete el aire en el pistón y con la otra lo saca, haciendo que el vástago suba y baje según la ubicación del aire.

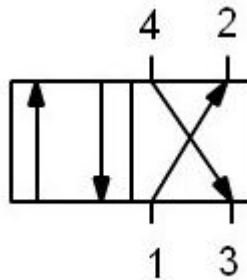


Figura 12. Válvula 4/2
Fuente. Christopher Chacón (2018).

· **Válvulas 4/3 (4 vías y 3 posiciones)**

Son similares a las dos posiciones, pero tienen una posición central adicional. Según esta posición central, estas válvulas pueden ser: centro abierto, centro cerrado o centro a presión.

Centro abierto significa que en la posición central de la válvula no hay presión en ninguna de las vías y se abren las vías de escape. De esta manera, un cilindro neumático (por ejemplo) queda detenido y podría moverse manualmente, porque no hay presión que lo bloquee.

Centro cerrado significa que en la posición central todas las vías se cierran. El cilindro quedaría bloqueado por imposibilitarse los escapes.

Centro a presión mantiene la presión en ambas vías, lo que permite detener con precisión un cilindro sin vástago, compensando eventuales pérdidas de aire del circuito.

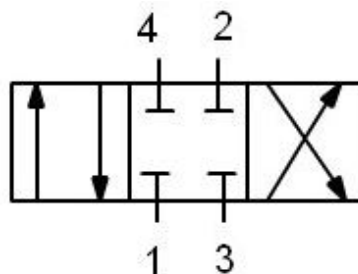


Figura 13. Válvula 4/3
Fuente. Christopher Chacón (2018).

- **Válvulas 5/2 (5 vías y 2 posiciones)**

Es como la 4/2, aunque en este caso tiene dos escapes, uno para cada posición. El tener dos escapes ayuda a que se pueda manejar y regular mejor la velocidad.

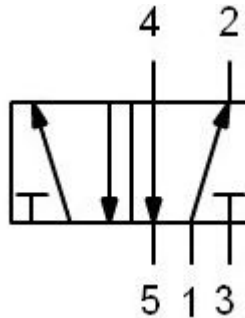


Figura 14. Válvula 5/2

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

- **Válvulas 5/3 (5 vías y 3 posiciones)**

Son similares a las dos posiciones, pero tienen una posición central adicional. Según esta posición central, estas válvulas pueden ser: centro abierto, centro cerrado o centro a presión (ver descripción de válvulas 4/3).

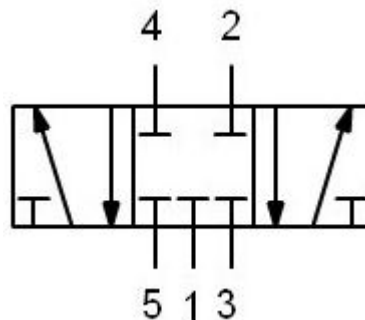


Figura 15. Válvula 5/3

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

- **Válvula Check**

Es un tipo de válvula que permite al fluido fluir en una dirección pero cierra automáticamente para prevenir flujo en la dirección opuesta (contra flujo).

3.2.8.6 Bomba de pistón

Una bomba de pistón es una bomba hidráulica que genera el movimiento en el mismo mediante el movimiento de un pistón. Las bombas de pistones son del tipo bombas volumétricas, y se emplean para el movimiento de fluidos a alta presión o fluidos de elevadas viscosidades o densidades.

Cada movimiento del pistón desaloja, en cada movimiento un mismo volumen de fluido, que equivale al volumen ocupado por el pistón durante la carrera del mismo, como se puede apreciar en la siguiente figura (Ver figura 16).



Figura 16. Bomba de pistón Graco

Fuente. Christopher Chacón (2018).

3.2.8.7 Unidad de mantenimiento o unidad FRL

Su significado directo es Filtro Regulador Lubricador. Se trata de un equipo que se comercializa habitualmente por las empresas de neumática; está formado por tres elementos (Ver figura 17).

- Un filtro de línea que elimina partículas de polvo en el aire comprimido y que al mismo tiempo suele ser coalescente para condensar agua en fase líquida. No suelen ser filtros de gran eficiencia, por lo que se recomienda tratar antes el aire procedente de los compresores.

- Un regulador de presión que permite reducir la presión de entrada del aire a los valores requeridos por el equipo que lo usa.
- Un lubricador, elemento imprescindible si el equipo que utiliza el aire comprimido necesita ser lubricado. Atención a este punto, porque si el aire procede de un compresor lubricado puede llevar una cantidad de aceite en suspensión. Este aceite no se debe utilizar para lubricar los equipos que usan el aire comprimido; cada equipo tiene su propia especificación de aceite.



Figura 17. Unidad de mantenimiento
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

3.2.9 Servomotor

También llamado servo, son dispositivos de accionamiento para el control de precisión de velocidad, par motor y posición. Constituyen un mejor desempeño y precisión frente a accionamientos mediante convertidores de frecuencia, ya que éstos no nos proporcionan control de posición y resultan poco efectivos en bajas velocidades.

Es un servomotor, aquel que contiene en su interior un encoder, conocido como decodificador, que convierte el movimiento mecánico (giros del eje) en pulsos digitales interpretados por un controlador de movimiento. También utilizan un driver, que en conjunto forman un circuito para comandar posición, torque y velocidad (Ver figura 18).



Figura 18. Servomotor industrial

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Las partes principales que comprende un servomotor son las siguientes:

- Un motor eléctrico: Que es el encargado de generar el movimiento a través de su eje.
- Un sistema de control: Este sistema permite controlar el movimiento del motor mediante el envío de pulsos eléctricos.
- Un sistema de regulación: Está formado por engranajes por los cuales puede aumentar la velocidad y el par o disminuirlas.
- Un potenciómetro: Se encuentra conectado al eje central y permite en todo momento saber el ángulo en el que se encuentra el eje del motor.

3.2.10 Presostato

El presostato es un instrumento que abre o cierra un circuito eléctrico, en función del cambio de un valor de presión prefijado, en un circuito neumático. También se le conoce como interruptor depresión.

En general, los presostatos son instrumentos mecánicos. Su ajuste se realiza mediante un tornillo o una pequeña leva, que aumenta la presión que ejerce sobre un muelle central y éste a su vez, sobre el contacto o contactos. Cuando la presión del sistema supera a la del muelle, los contactos varían de posición y al contrario, cuando la presión del sistema baja y la del muelle es superior, los contactos varían nuevamente. Con esta maniobra, los contactos abren o cierran y permiten al control central del

compresor o del equipo de aire comprimido que corresponda, realizar la maniobra para la que fue diseñado.

Estros pueden clasificarse de la siguiente forma:

- Presostatos de regulación
- Presostatos de seguridad

3.2.10.1 Sensor de nivel

El Sensor de nivel es un dispositivo electrónico que mide la altura del material, generalmente líquido, dentro de un tanque u otro recipiente.

Integral para el control de procesos en muchas industrias, los Sensor de nivel se dividen en dos tipos principales. Los Sensor de nivel de punto se utilizan para marcar una altura de un líquido en un determinado nivel preestablecido. Generalmente, este tipo de sensor funciona como alarma, indicando un sobre llenado cuando el nivel determinado ha sido adquirido, o al contrario una alarma de nivel bajo. Los sensores de nivel continuos son más sofisticados y pueden realizar el seguimiento del nivel de todo un sistema. Estos miden el nivel del fluido dentro de un rango especificado, en lugar de en un único punto, produciendo una salida analógica que se correlaciona directamente con el nivel en el recipiente.

3.2.11 Herramientas de la calidad

Se definen como conjunto de técnicas gráficas identificadas como las más útiles en la solución de problemas enfocadas a la calidad de los productos y sus equipos. Se conocen como “herramientas básicas” ya que son adecuadas para personas con poca formación en materia de estadísticas.

Entre las mas resaltantes se tiene las siguiente herramientas de la calidad:

- Diagrama Causa – Efecto o diagrama de ishikawa:

Se trata de un diagrama que por su estructura ha venido a llamarse también: diagrama de espina de pez, que consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que

se escribe a su derecha. Es una de las diversas herramientas surgidas a lo largo del siglo XX en ámbitos de la industria y posteriormente en el de los servicios, para facilitar el análisis de problemas y sus soluciones en esferas como lo son; calidad de los procesos, los productos y servicios (Ver figura 19).

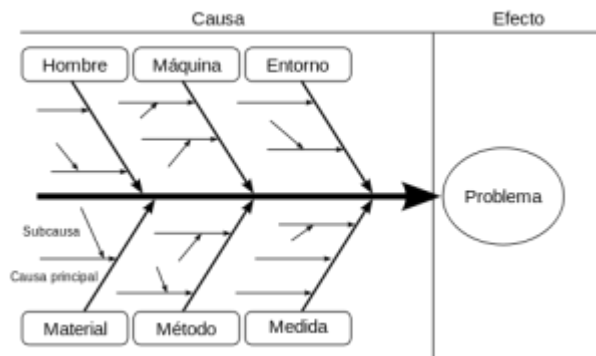


Figura 19. Representación del Diagrama Causa - Efecto
Fuente. Christopher Chacón (2018).

- Diagrama de Pareto:

El diagrama de Pareto, también llamado curva cerrada o Distribución A-B-C, es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. Permite asignar un orden de prioridades.

El diagrama permite mostrar gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos muy importantes. Mediante la gráfica colocamos los "pocos que son vitales" a la izquierda y los "muchos triviales" a la derecha. El diagrama facilita el estudio de las fallas en las industrias o empresas comerciales, así como fenómenos sociales o naturales psicossomáticos (Ver figura 20).

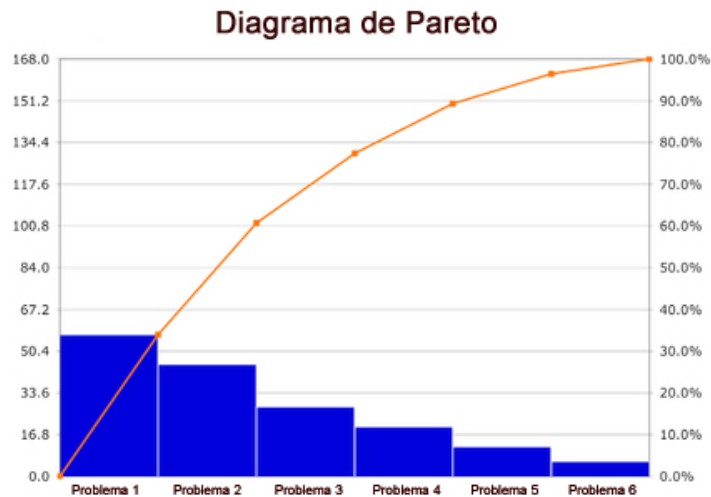


Figura 20. Representación del Diagrama de Pareto
Fuente. Christopher Chacón (2018).

3.2.12 Propiedades de los materiales

Las propiedades se definen como un conjunto de características diferentes para cada cuerpo o grupo de cuerpos, que ponen de manifiesto cualidades intrínsecas de los mismos o su forma de responder a determinados agentes exteriores: Propiedades mecánicas (resistencia, tenacidad, dureza, rigidez entre otros), resistencia a la corrosión, conductividad térmica y eléctrica, facilidad de conformado, peso específico y apariencia externa (propiedades sensoriales), factores ecológicos: mínima necesidad de materia prima y posibilidad de reciclaje y reutilización, precio de la materia prima.

Estas características vienen determinadas por la estructura interna del material (componentes químicos presentes y forma de unión de los átomos) Las propiedades de un material determinado se pueden clasificar en cinco grandes grupos:

- Propiedades químicas:

Se refiere a los procesos que modifican químicamente un material determinado.

- Propiedades físicas:

Se refiere a las características de los materiales debido al ordenamiento atómico o molecular del mismo.

- Propiedades térmicas:
Se refiere al comportamiento del material frente al calor.
- Propiedades magnéticas:
Se refiere a la capacidad de algunos materiales al ser sometidos a campos magnéticos.
- Propiedades mecánicas:
Están relacionadas con la forma en que reaccionan los materiales al actuar fuerzas sobre ellos.

3.2.12.1 Densidad

En física y química, la densidad es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa en un determinado volumen de una sustancia. Usualmente se simboliza mediante la letra rho del alfabeto griego. La densidad media es la relación entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa.

Esta se clasifica en los siguientes tipos:

- Densidad absoluta
- Densidad relativa
- Densidad media y densidad puntual
- Densidad aparente

3.2.12.2 Dureza

La dureza es la oposición que ofrecen los materiales a alteraciones físicas como la penetración, la abrasión y el rayado.

En metalurgia la dureza se mide utilizando un durómetro para el ensayo de penetración de un indentador. Dependiendo del tipo de punta empleada y del rango de cargas aplicadas, existen diferentes escalas, adecuadas para distintos rangos de dureza.

Las escalas de uso industrial actuales son las siguientes:

- Dureza Brinell: Emplea como punta una bola de acero templado o carburo de wolframio. Para materiales duros, es poco exacta pero fácil de aplicar. Poco precisa con chapas de menos de 6 mm de espesor. Estima resistencia a tracción.

- Dureza Knoop: Mide la dureza en valores de escala absolutas, y se valoran con la profundidad de señales grabadas sobre un mineral mediante un utensilio con una punta de diamante al que se le ejerce una fuerza estándar.
- Dureza Rockwell: Se utiliza como punta un cono de diamante (en algunos casos bola de acero). Es la más extendida, ya que la dureza se obtiene por medición directa y es apto para todo tipo de materiales. Se suele considerar un ensayo no destructivo por el pequeño tamaño de la huella.
- Rockwell superficial: Existe una variante del ensayo, llamada Rockwell superficial, para la caracterización de piezas muy delgadas, como cuchillas de afeitarse o capas de materiales que han recibido algún tratamiento de endurecimiento superficial.
- Dureza Vickers: Emplea como penetrador un diamante con forma de pirámide cuadrangular. Para materiales blandos, los valores Vickers coinciden con los de la escala Brinell. Mejora del ensayo Brinell para efectuar ensayos de dureza con chapas de hasta 2 mm de espesor.

3.2.12.3 Ductilidad

La ductilidad es una propiedad que presentan algunos materiales, como las aleaciones metálicas o materiales asfálticos, los cuales bajo la acción de una fuerza, pueden deformarse plásticamente de manera sostenible sin romperse.

3.2.12.4 Soldabilidad

La Soldabilidad es la capacidad que tienen los materiales, de la misma o diferente naturaleza para ser unidos de manera permanente mediante procesos de soldadura, sin presentar transformaciones estructurales perjudiciales, tensiones o deformaciones que puedan ocasionar alabeos.

3.2.12.5 Maquinabilidad

La maquinabilidad es una propiedad de los materiales que permite comparar la facilidad con que pueden ser mecanizados por arranque de viruta que es un fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral que se suele considerar

residuo en algunas industrias pero que tiene alguna aplicación. Los materiales con mejor maquinabilidad requieren potencias y fuerzas de corte reducidas, con un desgaste lento de los filos de las herramientas de corte y pueden mecanizarse obteniendo superficies menos rugosas y, en general, con un mejor acabado.

3.2.12.6 Resistencia a la rotura

Se denomina tensión de rotura o resistencia a la rotura a la máxima tensión que un material puede soportar bajo tensión antes de que su sección transversal se contraiga de manera significativa.

La tensión de rotura se obtiene por lo general realizando un ensayo de tracción y registrando la tensión en función de la deformación (o alargamiento); el punto más elevado de la curva tensión-deformación es la tensión de rotura. Es una propiedad intensiva; por lo tanto su valor no depende del tamaño de la muestra, sino de factores, tales como la preparación, la presencia o no de defectos superficiales, y la temperatura del medioambiente y del material.

Las tensiones de rotura rara vez son consideradas en el diseño de elementos dúctiles, pero sin embargo son muy importantes en el diseño de elementos frágiles. Las mismas se encuentran tabuladas para los materiales más comunes tales como aleaciones, materiales compuestos, cerámicos, plásticos, y madera. La tensión de rotura es definida como una tensión que se mide en unidades de fuerza por unidad de área.

3.2.12.7 Resistencia a la tracción

La resistencia a la tracción o tenacidad es el máximo esfuerzo que un material puede resistir antes de su rotura por estiramiento desde ambos extremos con temperatura, humedad y velocidad especificadas.

El ensayo de tracción de un material consiste en someter a una probeta normalizada a un esfuerzo axial de tracción creciente hasta que se produce la rotura de la probeta. Este ensayo mide la resistencia de un material a una fuerza estática o aplicada lentamente (Ver figura 21).

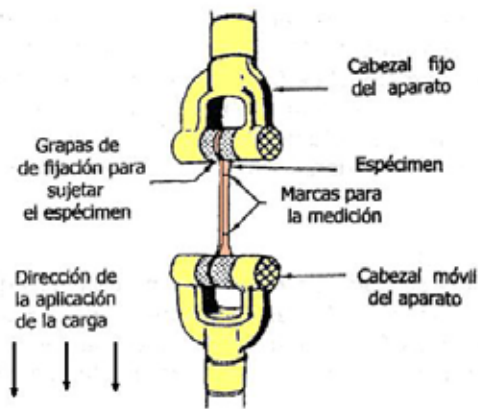


Figura 21. Dispositivo para ensayo de tracción
Fuente. Christopher Chacón (2018).

3.2.12.8 Resistencia a la fatiga

Es una reducción gradual de la capacidad de carga del componente, por la ruptura lenta de ese material, consecuencia del avance casi infinitesimal de las fisuras que se forman en su interior.

Este crecimiento ocurre para cada fluctuación del estado de tensiones. Las cargas variables, sean cíclicas o no, hacen con que, al menos en algunos puntos, tengamos deformaciones plásticas también variables con el tiempo. Estas deformaciones llevan el material a un deterioro progresivo, dando origen a grietas, las cuales crecen hasta alcanzar un tamaño crítico, suficiente para la ruptura final, en general brusca, presentando características macroscópicas de una fractura frágil.

3.2.12.9 Criterio de máxima tensión de von Mises

El criterio de máxima tensión de von Mises se basa en la teoría de von Mises-Hencky, también conocida como teoría de la energía de cortadura o teoría de la energía de distorsión máxima.

En términos de las tensiones principales σ_1 , σ_2 y σ_3 , la tensión de von Mises se expresa de la siguiente manera:

$$\sigma_{vonMises} = \left\{ \left[\left(\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_2 - \sigma_3}{2} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_3 - \sigma_1}{2} \right)^2 \right] / 2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Ec.10})$$

La teoría expone que un material dúctil comienza a ceder en una ubicación cuando la tensión de von Mises es igual al límite de tensión. En la mayoría de los casos, el límite elástico se utiliza como el límite de tensión. Sin embargo, el software (Solid Works) permite utilizar el límite de tensión de tracción/ruptura o establecer su propio límite de tensión.

vonMises *limite*

3.3 Definición de Términos Básicos

Rediseñar: Volver a diseñar algo o modificar un diseño previo.

Neumática: La neumática es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos.

Mecánica de Fluidos: La mecánica de fluidos es la rama de la física comprendida dentro de la mecánica de medios continuos que estudia el movimiento de los fluidos (fundamentalmente líquidos y gases), así como las fuerzas que lo provocan.

Elementos de Máquina: Una máquina está compuesta por una serie de elementos más simples que la constituyen, pudiendo definir como elementos de máquinas todas aquellas piezas o elementos más sencillos que correctamente ensamblados constituyen una máquina completa y en funcionamiento.

Filtro: Materia porosa, a través de la cual se hace pasar un fluido para clarificarlo o depurarlo, u objeto que sirve para separar las partes sólidas de un líquido.

Mantenimiento: Todas las acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual puede llevar a cabo alguna función requerida.

Calidad: Herramienta básica para una propiedad inherente de cualquier cosa que permite que esta sea comparada con cualquier otra de su misma especie, la palabra calidad tiene múltiples significados, es un conjunto de propiedades inherentes a un objeto que le confieren capacidad para satisfacer necesidades implícitas o explícitas.

Fluido: Se denomina fluido a un tipo de medio continuo formado por alguna sustancia entre cuyas moléculas solo hay una fuerza de atracción débil.

Cabezal: Dispositivo, generalmente móvil, situado en el extremo de algunos aparatos que sirve para poner en él la pieza que realiza la función principal.

Mezclador: Aparato o máquina que cumple la función de mezclar diversas sustancias.

Molde: Es una pieza, o un conjunto de piezas acopladas, interiormente huecas pero con los detalles e improntas exteriores del futuro sólido que se desea obtener.

O-Ring : Se denomina junta tórica u O-Ring a una junta de forma toroidal, habitualmente de goma, cuya función es la de asegurar la estanqueidad de fluidos, por ejemplo en cilindros hidráulicos y cilindros neumáticos.

Desplazamiento: En mecánica, el desplazamiento es el vector que define la posición de un punto o partícula en relación a un origen A con respecto a una posición B.

Simulación: Se define como el artificio contextual que referencia la investigación de una hipótesis o un conjunto de hipótesis de trabajo utilizando modelos un método perfecto para la enseñanza y aprendizaje.

Software: Es el conjunto de instrucciones que las computadoras emplean para manipular datos.

Solidworks: Es un software CAD (diseño asistido por computadora) para modelado mecánico en 3D, desarrollado en la actualidad por SolidWorks Corp., una filial de Dassault Systèmes, S.A. (Suresnes, Francia).

Mp9: Es un software para control y administración del mantenimiento que ayuda a mantener toda la información del departamento de mantenimiento documentada, organizada y al día.

Sistema ERP: Es un conjunto de sistemas de información que permite la integración de ciertas operaciones de una empresa, especialmente las que tienen que ver con la producción, la logística, el inventario, los envíos y la contabilidad.

Materiales: Se define como un elemento que puede transformarse y agruparse en un conjunto.

Disponibilidad: La disponibilidad, objetivo principal del mantenimiento, puede ser definida como la confianza de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado. En la práctica, la disponibilidad se expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir, esto en sistemas que operan continuamente.

CAPÍTULO IV

FASES METODOLÓGICAS

En el presente capítulo se indica el conjunto de fases metodológicas concebidas para dar solución al problema planteado, acorde al objetivo general y los objetivos específicos establecidos, plasmados en el capítulo II.

4.1 Fases de la Investigación

4.1.1 Fase I: Analizar el estado de la dosificadora actual

En esta fase se observara detalladamente el proceso de dosificado que realiza la dosificadora radial MANN+HUMMEL, mediante pruebas con el personal del departamento de mantenimiento y el personal obrero de la planta donde se realizarán perturbaciones manuales para así comprender la situación actual de la prensa, para poder efectuar el rediseño más adecuado para la misma, ya que aparte de mejorar el sistema de desplazamiento, también se desea mejorar la ergonomía tanto para el operario como para el personal de mantenimiento.

Se realizará un análisis del funcionamiento actual de la dosificadora, donde se vean resaltadas las fortalezas y debilidades de la misma, obteniendo con esto una visión más clara del proceso, para así definir como podría efectuarse el rediseño correspondiente de la misma de una manera correcta y eficiente.

Esta fase comprende tres etapas, las cuales se muestran a continuación:

- **Primera Etapa**

Es fundamentalmente la observación del proceso que realiza la empresa para la fabricación de bases de filtros tanto Industriales como Automotrices. Además percibe entrevistas con las personas encargadas de estos departamentos, los cuales representan una referencia sólida para la consulta de información técnica, con ellos poder indagar

de una manera mas exhaustiva y asi poder llegar a tener una base que permita la comprensión del proceso que ejecuta la dosificadora en cuestión.

- **Segunda Etapa**

Comprende la revisión de material bibliográfico disponible relacionado al proceso de dosificado, propiedades del poliuretano, análisis estático y dinámico de la dosificadora, propiedades de los materiales que posee, componentes tanto neumáticos como mecánicos de la misma.

- **Tercera Etapa**

Descripción del sistema actual de la dosificadora. Esta etapa se basa en describir las condiciones operacionales en la que se encuentra trabajando actualmente el equipo; para ello se procede a realizar un listado de partes como de los componentes y subequipos que conforman el sistema actual; así mismo es necesario tomar en cuenta los principales parámetros que lo rigen (tiempos, temperaturas, potencia, cantidad de producto, entre otras) y que son necesarios para obtener el estado actual.

4.1.2 Fase II: Generar distintas propuestas para el diseño de la máquina y seleccionar la más adecuada

La segunda fase presenta una metodología para la resolución de la problemática planteada generando diversas propuestas y ponderando de manera cuantitativa las características de las distintas propuestas para finalmente seleccionar la que acumule mayor puntaje de acuerdo a los criterios y restricciones, en esta fase es fundamental seguir los siguientes pasos para la resolución de problemas de diseño mecánico: formulación del problema, especificación del sistema a diseñar, búsqueda de soluciones y para finalizar la selección de la mejor solución.

4.1.3 Fase III: Efectuar el diseño de la propuesta seleccionada y calcular los beneficios de su implementación

Una vez determinada la mejor solución se procede a la tercera fase, en la cual se generan las especificaciones del diseño, con el soporte del uso de herramientas como software para el diseño mecánico en cuestión (SolidWorks el cual es el empleado en la

investigación) se genera un modelo digital y se comprueban mediante cálculos de elementos de máquinas que el diseño efectuado cumpla con los requerimientos, evidenciando así los beneficios de su implementación de un sistema de desplazamiento para la dosificadora radial MANN+HUMMEL.

4.1.4 Fase IV: Realizar un estudio de factibilidad técnico económica del proyecto

Es de relevante importancia para todo proyecto de ingeniería realizar un estudio de la factibilidad económica, por lo que en la cuarta fase se efectuará un análisis de la inversión y así como en la fase anterior se evidenciaron los beneficios de la implementación del diseño a través del cálculo a nivel productivo, en esta fase se quiere demostrar a la empresa en términos financieros la rentabilidad económica que posee la propuesta planteada.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

En los capítulos anteriores se establecieron los parámetros técnicos, teóricos y metodológicos que dan sustento a la realización del proyecto, no obstante en las siguientes páginas se presentan los resultados que fueron obtenidos durante la ejecución de las fases anunciadas anteriormente.

5.1 Analizar el estado de la dosificadora actual

En esta fase se recopiló información del estado actual que posee la dosificadora radial MANN+HUMMEL así como también el proceso que esta ejecuta y los parámetros exigidos por la empresa para la definición de las propiedades de las bases de los filtros de aire.

El respectivo levantamiento de información se llevo a cabo mediante el proceso previo de observación y analisis en conjunto con una serie de entrevistas realizadas con diversos operadores, supervisores, ingenieros de procesos y gerentes encargados de la línea de aire industrial, por medio de ello se pudo determinar que la dosificadora radial MANN+HUMMEL se encuentra inoperativa debido múltiples fallas entre las cuales se encuentran: Falla en Valvulas Check, Vástago doblado y camisa rayada en Cilindro de desplazamiento, Múltiples fugas en mangueras de alimentación de Polioli, Isocianato y Aire comprimido, Obstrucción de materia prima en Cabezal del equipo.

Aplicando una serie de herramientas de la calidad tales como un Diagrama Causa – Efecto y un Diagrama de Pareto permite determinar con seguridad las principales causas que requieren la mayor atención tal y como se observa a continuación (Ver figura 22).

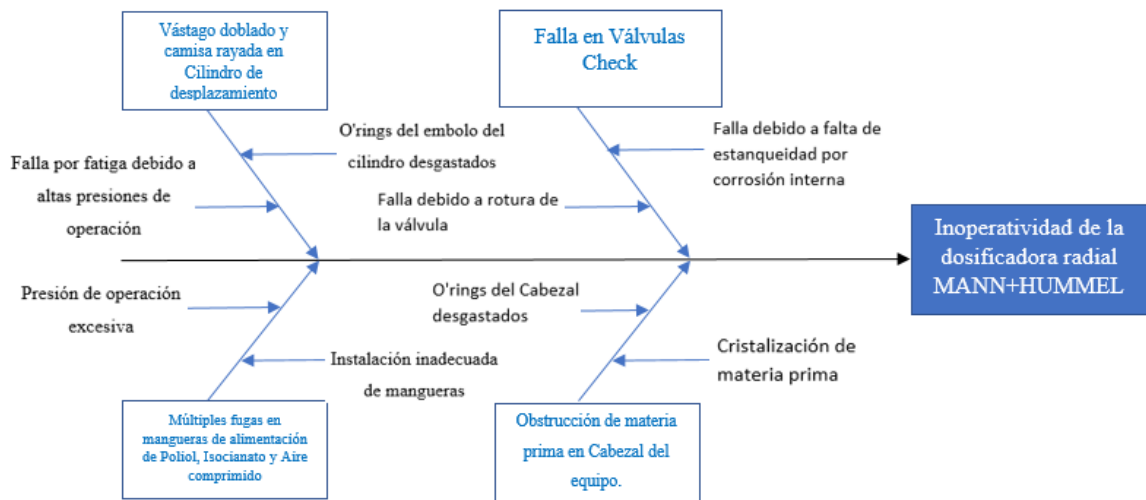


Figura 22. Diagrama Causa – Efecto aplicado a la dosificadora radial MANN+HUMMEL

Fuente. Christopher Chacón (2018).

Una vez aplicado el Diagrama Causa – Efecto se puede reflejar de una manera mas clara tanto las causas principales como las subcausas de la inoperatividad de la dosificadora radial MANN+HUMMEL, teniendo definida dichas causas principales se puede proceder a realizar el anteriormente nombrado Diagrama de Pareto el cual definira de forma cuantitativa cual es la causa principal del problema planteado en base a la frecuencia de las ya nombradas causas principales de falla (Ver cuadro 3).

Causas	Frecuencia	Acumulado	%	% Acumulado
Vástago doblado y camisa rayada en Cilindro de desplazamiento	100	100	39,68	39,68
Falla en las Válvulas Check	74	174	29,37	69,05
Obstrucción de materia prima en el Cabezal del equipo	56	230	22,22	91,27
Múltiples fugas en mangueras de alimentación de Poliul, Isocianato y Aire comprimido	22	252	8,73	100,00
TOTAL	252			

Cuadro 3. Cuadro de datos del Diagrama de Pareto aplicado a la dosificadora radial MANN+HUMMEL

Fuente. Christopher Chacón (2018).

Teniendo el cuadro de datos del Diagrama de Pareto se puede ver reflejado la frecuencia con que ocurren las causas principales que ocasionan la inoperatividad de la dosificadora radial MANN+HUMMEL, dichas frecuencias son en base a los registros que se tienen en el software de gestión de mantenimiento MP9 con el cual la

compañía trabaja para su gestión en el departamento de mantenimiento. Además también se ve expresado cual es el porcentaje atribuido a cada una de las causas principales anteriormente nombradas y en base al principio de Pareto o también conocido como la regla del 80-20 la cual es una teoría que mantiene que el 80% de las consecuencias de un problema o sistema se determina por el 20% de las causas del mismo. Aplicando dicho principio al Diagrama de Pareto nos arroja que entre las causas principales ya descritas el Vástago doblado y camisa rayada en el cilindro de desplazamiento y la Falla en las Válvulas Check representan un 39,68% y 29,67% del 100% de las causas principales, tomando entre estas dos la primera como la causa principal a atender en cuestión, como se puede apreciar en el Diagrama de Pareto (Ver figura 23).



Figura 23. Diagrama de Pareto aplicado a la dosificadora radial MANN+HUMMEL
Fuente. Christopher Chacón (2018).

Con la causa principal de la inoperatividad del equipo identificada la cual es el Vástago doblado y camisa rayada en el cilindro de desplazamiento se puede proceder a generar un plan de acción con el objetivo de solventar el problema planteado, que en este caso es el Rediseño del sistema de desplazamiento en la máquina dosificadora radial en la empresa MANN+HUMMEL filtration technology venezuela c.a.

Una vez definido el punto anterior se procede a la revisión de material bibliográfico disponible relacionado al proceso de dosificado, para de esta forma tener una referencia solida de cada una de las propiedades, materiales, temperaturas de operación entre otras de las diversas características que maneja la dosificadora radial MANN+HUMMEL lo cual es indispensable tener claro al momento de realizar el rediseño planteado. Inicialmente se parte por definir las propiedades y características que posee la materia prima la cual en este caso es el Poliuretano, como se vio definido anteriormente este esta compuesto por la mezcla entre el Polioliol y el Isocianato, los cuales tienen una relación de la mezcla específica para así poder formar exitosamente el ya mencionado Poliuretano la cual es 2.04 :1 a 2.25: 1, además de esto se requieren una serie de características puntuales entre las que se pueden mencionar la densidad, temperatura, dureza, color entre otras de las presentes en las especificaciones de la empresa, tanto para su correcta dosificación como para su aprobación a la hora de su respectiva inspección diaria realizada por los departamentos de ingeniería y calidad, como se puede ver detallado en el siguiente cuadro de características del Poliuretano, Polioliol e Isocianato (Ver cuadro 4).

#	Propiedades	Valor
1	Densidad (ASTM D792) Crecimiento libre	300-400 kg/m ³
2	Dureza (ASTM D2240) - Slab Rise Libre	24 ± 5 Shore A
3	Resistencia a la Tracción (ASTM D3574 Ensayo E) - Slab Rise Libre	550 kPa min.
4	Elongación (ASTM D3574 Sección 3.6) - Slab Rise Libre	125 % min.
5	Resistencia a la Rotura (ASTM D624) - Slab Rise Libre	3500 N/m min.
6	Cambio de Dureza	± 10 Shore A
7	Cambio Resistencia a la tracción	± 25 %
8	Cambio de Elongación	± 30 %
9	Relación de la Mezcla (range A to B) A= Polioliol 63 - 1007854, B= Isocianato 63 - 10078	2.04 : 1 a 2.25 : 1
10	Temperatura del Isocianato	80°F-95°F (27°C-35°C)
11	Temperatura del Polioliol	80°F-95°F (27°C-35°C)
12	Temperatura del Molde	54 - 66°C (125-150°F)
13	Tiempo de desmoldeo (No debe estar pegajoso)	Máx: 5 minutos
14	Color (Poliuretano)	Negro
15	Color (Polioliol)	Negro
16	Color (Isocianato)	Ambar

Cuadro 4. Propiedades del Poliuretano, Polioliol e Isocianato
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Habiendo determinado como tal las diversas propiedades que posee el Poliuretano se da inicio a la revisión de material bibliográfico disponible en la empresa

relacionado con las propiedades físicas que tiene el producto final posterior al proceso de dosificado el cual en este caso es la base del filtro de aire, debido a que existen tanto una gran variedad como también una gran cantidad de aplicaciones para los filtros de aire, actualmente en planta se tienen entre 65 y 66 modelos de molde de filtros de aire en producción a lo largo del año, estos se subdividen 2 tipos de molde, los moldes abiertos que vienen siendo los que se encuentran huecos y los moldes cerrados que son los ciegos, las propiedades físicas de ambos varían considerablemente debido a las dimensiones de los mismos, por lo que por medio del sistema ERP “Baan” que maneja actualmente la empresa se pudo hacer la revisión de los planos disponibles tanto de los moldes abiertos como los cerrados para así poder recolectar las propiedades físicas de ambos, como anteriormente se dijo existen una gran cantidad de modelos de los filtros de aire por lo que a la hora de tomar las propiedades físicas entre las cuales se pueden encontrar diámetro, altura y peso se generó un promedio entre cada uno de los moldes, para así poder definir un rango promedio de cada una de estas propiedades tal y como se muestran en los siguientes cuadros (Ver cuadro 5 y 6).

#	Propiedades Físicas	Valor
1	Diámetro Promedio por Base de Filtro (Abierto)	95 - 265 (mm)
2	Altura Promedio por Base de Filtro (Abierto)	16 - 35 (mm)
3	Peso Promedio por Base de Filtro Polioli (Abierto)	35 - 150 (g)
4	Peso Promedio Isocianato por Base de Filtro (Abierto)	17,5 - 79 (g)
5	Peso Promedio Poliuretano por Base de Filtro (Abierto)	70 - 237 (g)

Cuadro 5. Propiedades Físicas por base de filtro de aire (Abierto)
Fuente. Christopher Chacón (2018).

#	Propiedades Físicas	Valor
1	Diametro Promedio por Base de Filtro (Cerrado)	87 - 316 (mm)
2	Altura Promedio por Base de Filtro (Cerrado)	14 - 21 (mm)
3	Peso Promedio por Base de Filtro Polioli (Cerrado)	52,5 - 280,5 (g)
4	Peso Promedio Isocianato por Base de Filtro (Cerrado)	17,5 - 79 (g)
5	Peso Promedio Poliuretano por Base de Filtro (Cerrado)	70 - 420,8 (g)

Cuadro 6. Propiedades Físicas por base de filtro de aire (Cerrado)
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

El proceso de dosificación empleado es semiautomático debido a que el conjunto mecánico que comprende la dosificadora radial MANN+HUMMEL tiene un funcionamiento automático pero a su vez requiere una ayuda manual por parte del operador del equipo. El ciclo de trabajo fue dividido por operaciones para así poder tabular los tiempos promedios por operación y el tiempo total del ciclo, para de esta forma poder generar la futura comparación con el ciclo teórico de la propuesta a diseñar seleccionada, a continuación el cuadro de tiempos del proceso semiautomático (Ver cuadro 7).

#	Operación	Tiempo
1	Ubicación del molde en la cinta transportadora	2 (s)
2	Pre calentamiento del molde en el horno principal	12 (s)
3	Ubicación el molde en la mesa giratoria	2 (s)
4	Desplazamiento inicial del cabezal a posición de Purga	5 (s)
5	Desplazamiento del cabezal a posición de Dosificación 1	4 (s)
6	Dosificación	2 (s)
7	Desplazamiento del cabezal a posición de Dosificación 2	4 (s)
8	Dosificación	2 (s)
9	Retirar molde dosificado	2 (s)
10	Desplazamiento final del cabezal a posición de Purga	5 (s)
11	Proceso de Purga	20 (s)
	Tiempo total del ciclo	60 (s)

Cuadro 7. Analisis de tiempos por operación
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Con esta información ya recolectada se pudo definir que el tiempo promedio de operación para el proceso de dosificado correspondiente a una base de filtro de aire es de 60 segundos en total. De esta forma se estableció también tanto las propiedades físicas de la base de filtro de aire como las propiedades de los elementos que lo componen en moldes abiertos y en moldes cerrados, entre los cuales cabe destacar el diámetro promedio por base de filtro de aire el cual corresponde a un rango promedio de 95-265 mm en los moldes abiertos y 87-316 mm en los moldes cerrados respectivamente, además también se pudo definir que el peso promedio por base de filtro de aire una vez constituido como Poliuretano es de 70-237 kg en los moldes abiertos y de 70-420,8 kg en los moldes cerrados, a continuación se procederá a realizar un listado tanto de partes como de los componentes y subequipos que conforman el sistema actual de la dosificadora radial MANN+HUMMEL incluyendo en este los principales parámetros que rigen el ciclo de trabajo que desarrolla el equipo en cuestión (Ver cuadro 8).

#	Partes	Parametro de Trabajo	Anexo
1	Tanque de almacenamiento de Polioli	+15 y +25 °C (Temperatura de almacenamiento)	A
2	Tanque de almacenamiento de Isocianato	+15 y +25 °C (Temperatura de almacenamiento)	B
3	Tanque de almacenamiento de Solvente	N/A	N/A
4	Bomba neumatica Graco de Polioli	3.8 litros (Ciclos de bombeo por 1 galón)	C
5	Bomba neumatica Graco de Isocianato	3.8 litros (Ciclos de bombeo por 1 galón)	D
6	Unidad FRL Festo	6 Bar ~ 87 PSI (Presión de trabajo)	E
7	Tanque de mezcla de Polioli	N/A	F
8	Tanque de mezcla de Isocianato	N/A	G
9	Mezclador interno de Polioli	200 RPM (Velocidad del mezclador)	N/A
10	Mezclador interno de Isocianato	198 RPM (Velocidad del mezclador)	N/A
11	Presostano de la línea de alimentación de Polioli	2-6 Bar (Presión de parada)	H
12	Presostano de la línea de alimentación de Isocianato	2-6 Bar (Presión de parada)	N/A
13	Bomba de recirculación línea de Polioli	28 RPM (Velocidad de la Bomba)	I
14	Bomba de recirculación línea de Isocianato	27 RPM (Velocidad de la Bomba)	J
15	Válvula neumatica 5/2 línea de Polioli	420 l/min (Caudal nominal)	N/A
16	Válvula neumatica 5/2 línea de Isocianato	420 l/min (Caudal nominal)	N/A
17	Válvula neumatica 5/2 línea de aire comprimido	420 l/min, 6 Bar (Caudal nominal y Presión de trabajo)	N/A
18	Servomotor del Cabezal	2500-3000 RPM (Velocidad del Cabezal)	K
19	Actuador principal doble efecto	40 mm (Diámetro del Embolo)	L
20	Actuador secundario doble efecto	12 mm (Diámetro del Embolo)	N/A
21	Válvula neumatica 5/2 del actuador principal	N/A	N/A
22	Válvula neumatica 5/2 del actuador secundario	N/A	N/A
23	Sensor de nivel en tanque de mezcla de Polioli	+/- 2% FSD a 20 °C (Presición)	M
24	Sensor de nivel en tanque de mezcla de Isocianato	+/- 2% FSD a 20 °C (Presición)	N/A
25	Válvula Check línea de Polioli	N/A	N/A
26	Válvula Check línea de Isocianato	N/A	N/A

Cuadro 8. Partes dosificadora radial MANN+HUMMEL
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Como se puede observar en el cuadro anterior la dosificadora radial MANN+HUMMEL esta compuesta por 26 partes fundamentales, cada una de ellas maneja un parámetro de trabajo en particular, con el fin de cumplir con la respectiva dosificación de las bases de los moldes de aire, al tener esta información ya definida se tiene una visión mas clara del proceso que cumple el equipo y de esta manera poder aprovechar de una forma mas eficiente los componentes actuales a la hora de ejecutar el rediseño del sistema de desplazamiento, para mayor detalle dirigirse a la sección de anexos (Ver anexo A).

De lo que se puede afirmar que el promedio de tiempo para la ejecución del proceso de dosificación correspondiente a un molde de base de filtros de aire es como se menciona anteriormente 60 segundos. Las propiedades tanto del Poliuretano como de las la base de filtro de aire en conjunto con los tiempos de operación permitieron definir cuáles son las condiciones con las cuales debe cumplir la propuesta a diseñar en este trabajo de grado.

5.2 Generar distintas propuestas para el diseño de la máquina y seleccionar la más adecuada

Para la generación y elección de la propuesta se siguió el método para el diseño de soluciones mecánicas considerando que la formulación de la situación problemática ya fue realizada en los capítulos anteriores es conveniente partir desde las especificaciones del sistema a diseñar.

5.2.1 Función principal

Procesar y dosificar el Poliuretano líquido en los moldes precalentados, a través del desplazamiento del cabezal, con la finalidad de poder darle la forma, peso y dimensiones necesarias a la base de filtro de aire, bajo los tiempos de operación establecidos en la Fase I.

5.2.2 Restricciones

- Dosificar en cantidades estándar bajo un rango de 95 – 265 mm de diámetro, 16 – 35 mm de altura y 70 – 237 g de peso para los moldes abiertos y 87 – 316

mm de diametro, 14 – 21 mm de altura y 70 – 420,8 g de peso para los moldes cerrados respectivamente. (R1)

- Tiempo por molde dosificado no mayor a 1 min el cual corresponde a al promedio de tiempo de operación. (R2)
- Debido a condiciones de espacio por las líneas de abastecimiento y equipos de la planta (aire comprimido, agua, horno y cintas transportadoras) las dimensiones de la máquina a diseñar no debe ser mayor a 1 metro y medio de largo y 80 cm de ancho. (R3)
- El diseño seleccionado se debe regir por la norma COVENIN 2273-91 principios ergonómicos de la concepción de los sistemas de trabajo (Ver anexo B). (R4)
- El funcionamiento del equipo debe requerir de 1 solo operador. El cual le correspondera las actividades de funcionamiento, limpieza y puesta a punto. (R5)
- Los componentes neumáticos a utilizar en el diseño deben operar bajo una presión de aire no mayor a los 100 psi, este valor corresponde a la presión de trabajo máxima enviada por los compresores de la planta. (R6)

5.2.3 Criterios de diseño

- Mejores características ergonómicas. (C1)
- Mayor seguridad de operación. (C2)
- Genere un menor costo de mantenimiento. (C3)
- Posea un rendimiento más eficiente. (C4)
- Menor costo de inversión inicial. En base con la disponibilidad financiera de la empresa. (C5)
- Menor número de componentes. (C6)
- Mayor facilidad de operación. (C7)
- Diseño más robusto. (C8)

5.2.4 Propuestas de diseño

La base principal para lo que el diseño mecánico se refiere es no excluir ninguna posible solución y desarrollar tantas como sea posible, para de esta forma poder ofrecer una mirada mucho más completa de cómo se puede solucionar la problemática existente, para éste caso se generaron tres posibles soluciones para el sistema a rediseñar, para la selección de la mejor solución se establecieron los siguientes pasos, inicialmente se aplicaron las restricciones a cada propuesta y se descartó aquella que no cumplió con al menos una de ellas, posteriormente se ponderaron los criterios para así aplicarse a cada propuesta que si cumplieron las restricciones planteadas y se cálculo cada una de ellas respecto a cada criterio. Finalmente se sumó el acumulado para cada propuesta y aquella que recolecto la mayor ponderación fue la propuesta seleccionada en cuestión, como se puede ver en la siguiente metodología:

5.2.4.1 Propuestas de soluciones para el rediseño de la dosificadora radial

MANN+HUMMEL

- **Propuesta 1 (PS1) :**

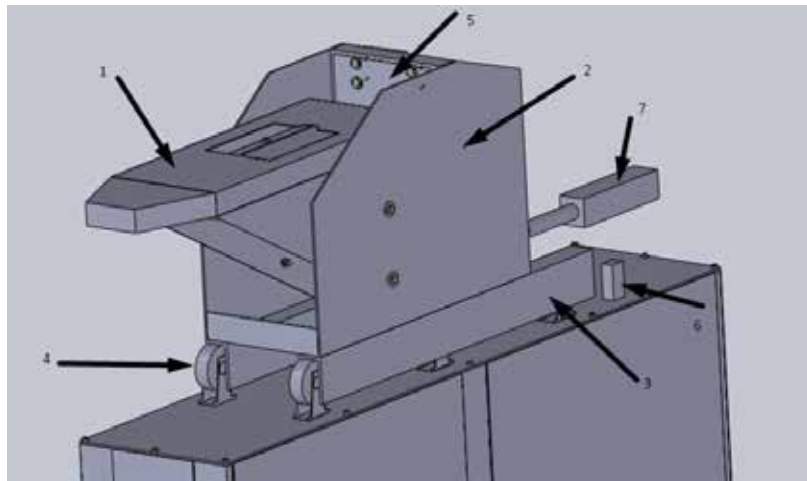


Figura 24. Propuesta Numero 1
Fuente. Christopher Chacón (2018).

Funcionamiento del Equipo: El operador inicia el desplazamiento de la dosificadora radial MANN+HUMMEL en donde se desplazan en conjunto tanto el

Carro Movil (2) encargado de ser la estructura principal de la dosificadora, como la Estructura del Cabezal (1) esta cumple la función de ser la base de soporte del Cabezal a la hora de realizar el proceso de dosificado, teniendo a su respectiva Base guía (5) para mantenerse fija y a la altura adecuada, dichas piezas se desplazan a las posiciones de dosificado através del conjunto de Ruedas (4) y Rieles guía (3), al momento de finalizar el proceso de dosificado y devolver a la dosificadora a su posición inicial, esta se detiene por medio de unos topes inferiores (6) que impiden que la misma recorra una longitud adicional y vuelque respectivamente. La misma cuenta con un Actuador neumático de dos posiciones (7), el cual es el encargado de realizar el movimiento horizontal del equipo, este es regulado su carrera para su desplazamiento inicial y final.

· **Propuesta 2 (PS2) :**

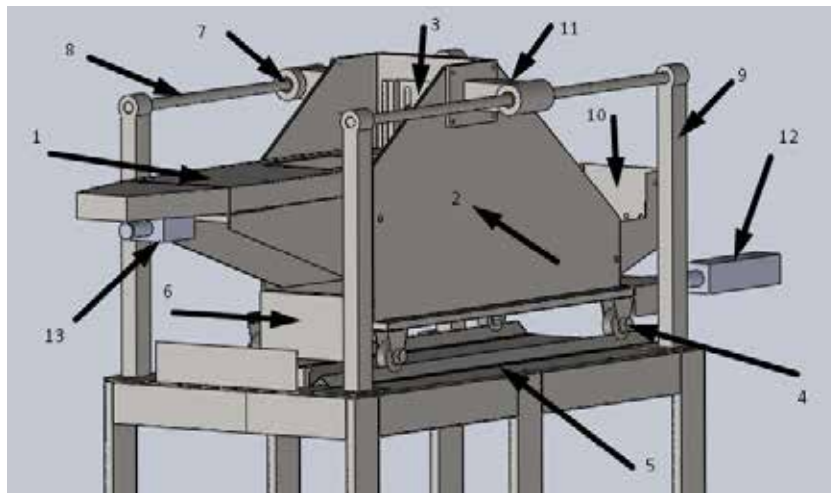


Figura 25. Propuesta Numero 2
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Funcionamiento del Equipo: El operador inicia el desplazamiento de la dosificadora radial MANN+HUMMEL en donde se desplazan en conjunto tanto el Carro Móvil (2) encargado de ser la estructura principal de la dosificadora, como la Estructura del Cabezal (1) esta cumple la función de ser la base de soporte del Cabezal a la hora de realizar el proceso de dosificado, dicha pieza cuenta con sus Guías Hembra y Macho (3) encargadas primero que todo de unir el Carro Móvil con la Estructura del

Cabezal y en segundo lugar mantener dichas piezas a la distancia adecuada para realizar el proceso de dosificado, los mismas se desplazan por medio de un sistema de Ruedas con base en v (4) y rieles inferiores guía (5) encargados de conducir el movimiento de la dosificadora hasta las posiciones de dosificado correspondiente, además incluye por medidas de seguridad su respectiva Sufridera (6) encargada de detener a la dosificadora a la hora de un desplazamiento horizontal adicional y manteniendo al operador seguro en su área de trabajo, para brindarle tanto soporte lateral como guía al desplazamiento se tienen los Soportes Laterales (11) en los que internamente posee unas Bocinas (7) las cuales adsorben la fuerza de roce existente entre las mismas y las Barras Laterales (8) que al como los Soportes Laterales, brindan soporte y guía para el desplazamiento, estas se ubicán en las Estructuras de Apoyo (9) que cumplen con la función de ser la base del sistema de guía de la dosificadora, por último se tiene el Manifold cuyo objetivo es agrupar todos los cables y mangueras que posee el sistema y distribuirlo hacia un mismo punto común.

La propuesta cuenta con dos Actuadores neumáticos de doble efecto encargados tanto del desplazamiento de el Carro Móvil (12) como del Cabezal (13) a la hora del proceso de dosificado en sus multiples posiciones.

· **Propuesta 3 (PS3) :**

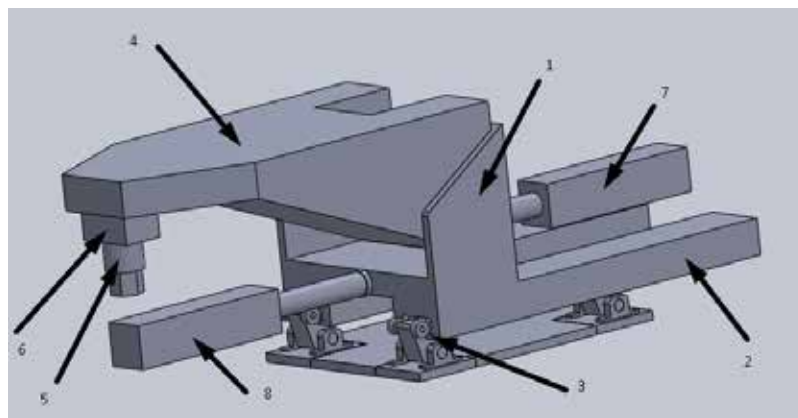


Figura 26. Propuesta Numero 3
Fuente. Christopher Chacón (2018).

Funcionamiento del Equipo: El operador inicia el desplazamiento de la dosificadora radial MANN+HUMMEL en donde se desplazan en conjunto tanto el Carro Móvil (1) encargado de ser la estructura principal de la dosificadora, como la Estructura del Cabezal (4) esta cumple la función de ser la base de soporte tanto del Cabezal (5) como de su respectiva Base (6) a la hora de realizar el proceso de dosificado, el Carro Móvil al mismo tiempo posee tanto un sistema de Rieles Superiores (2) como unas Ruedas Base (3) encargados de conducir el desplazamiento del equipo horizontalmente. La propuesta es impulsada por dos Actuadores neumáticos, en los que uno de ellos se emplea para el avance (7) y otro para el retroceso (8) del equipo en cuestión.

5.2.4.2 Aplicación de restricciones a probables soluciones

Se tiene como primer paso la aplicación de restricciones a las probables soluciones, esto consiste en eliminar las posibles soluciones que no satisfagan dichas restricciones, como se aprecia en el siguiente cuadro (Ver cuadro 9).

	PS1	PS2	PS3
R1	NO	SI	SI
R1		SI	SI
R3		SI	SI
R4		SI	SI
R5		SI	SI
R6		SI	SI

Cuadro 9. Cuadro de aplicación de restricciones a probables soluciones

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

5.2.4.3 Ponderación de criterios

De acuerdo con los resultados obtenidos por el cuadro de restricciones PS2 y PS3, se convierten en las soluciones S1 y S2 respectivamente, para poder determinar cuál de ellas es la mas indicada para la resolución de la problemática planteada, se procede a realizar la ponderación de criterios, esta consiste en darle un valor numérico a cada criterio, evaluando así la importancia de los mismos comparándolos entre sí, de

esta forma se puede conocer cual es el criterio que posee la mayor importancia, como se observa en el siguiente cuadro (Ver cuadro 10).

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	No. de veces	PCx
C1									5	6
C2	C1								3	4
C3	C3	C3							6	7
C4	C4	C4	C4						7	8
C5	C1	C5	C3	C4					4	5
C6	C1	C2	C3	C4	C5				1	2
C7	C1	C2	C3	C4	C5	C7			2	3
C8	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7		0	1
Importancia	3 ^{to}	5 ^{to}	2 ^{do}	1 ^{er}	4 ^{to}	7 ^{mo}	6 ^{to}	8 ^{vo}		

Cuadro 10. Cuadro de ponderación de criterios
Fuente. Christopher Chacón (2018).

En el cuadro 10 se puede apreciar que el criterio cuatro es el que posee la mayor importancia, dado a que es el que tiene mayor numero de apariciones, siendo este, el que posea un rendimiento más eficiente. Su ponderación de criterio (PCx), es igual a 8 respectivamente.

5.2.4.4 Ponderación de soluciones con respecto a cada criterio

Ahora se procede a aplicar una ponderación a las soluciones a los criterios, de esta forma permite cuantificar la importancia que tiene cada solución respecto a cada criterio, como se puede ver a continuación en los cuadros 11-18:

C1	S1	S2	No. de veces	PX1 = N
S1			1	P11 = 2
S2	S1		0	P21 = 1
Orden de aceptación	1 ^{er}	2 ^{do}		

Cuadro 11. Cuadro de ponderación de soluciones con respecto a criterio C1
Fuente. Christopher Chacón (2018).

C2	S1	S2	No. de veces	PX1 = N
S1			1	P11 = 2
S2	S1		0	P21 = 1
Orden de aceptación	1 ^{er}	2 ^{do}		

Cuadro 12. Cuadro de ponderación de soluciones con respecto a criterio C2
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

C3	S1	S2	No. de veces	PX1 = N
S1			0	P11 = 1
S2	S2		1	P21 = 2
Orden de aceptación	1 ^{er}	2 ^{do}		

Cuadro 13. Cuadro de ponderación de soluciones con respecto a criterio C3
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

C4	S1	S2	No. de veces	PX1 = N
S1			1	P11 = 2
S2	S1		0	P21 = 1
Orden de aceptación	1 ^{er}	2 ^{do}		

Cuadro 14. Cuadro de ponderación de soluciones con respecto a criterio C4
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

C5	S1	S2	No. de veces	PX1 = N
S1			1	P11 = 2
S2	S1		0	P21 = 1
Orden de aceptación	1 ^{er}	2 ^{do}		

Cuadro 15. Cuadro de ponderación de soluciones con respecto a criterio C5
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

C6	S1	S2	No. de veces	PX1 = N
S1			0	P11 = 1
S2	S2		1	P21 = 2
Orden de aceptación	1 ^{er}	2 ^{do}		

Cuadro 16. Cuadro de ponderación de soluciones con respecto a criterio C6
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

C7	S1	S2	No. de veces	PX1 = N
S1			1	P11 = 2
S2	S1		0	P21 = 1
Orden de aceptación	1 ^{er}	2 ^{do}		

Cuadro 17. Cuadro de ponderación de soluciones con respecto a criterio C7
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

C8	S1	S2	No. de veces	PX1 = N
S1			0	P11 = 1
S2	S2		1	P21 = 2
Orden de aceptación	1 ^{er}	2 ^{do}		

Cuadro 18. Cuadro de ponderación de soluciones con respecto a criterio C8
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

5.2.4.5 Ponderación final

Por último se tiene la ponderación final, esta consiste en una sumatoria total de los valores que se obtuvieron en el proceso anterior, los cuales están contenidos en los cuadros 11-18, este método dará a conocer la mejor solución que se puede aplicar para tanto los criterios como las restricciones planteadas, lo que se puede observar en el siguiente cuadro (Ver cuadro 19).

P _{Cx}	P _{1x}	P _{Cx.P1x}	P _{2x}	P _{Cx.P2x}
P _{C1} = 6	P ₁₁ = 2	12	P ₂₁ = 1	6
P _{C2} = 4	P ₁₂ = 2	8	P ₂₂ = 1	4
P _{C3} = 7	P ₁₃ = 1	7	P ₂₃ = 2	14
P _{C4} = 8	P ₁₄ = 2	16	P ₂₄ = 1	8
P _{C5} = 5	P ₁₅ = 2	10	P ₂₅ = 1	5
P _{C6} = 2	P ₁₆ = 1	2	P ₂₆ = 2	4
P _{C7} = 3	P ₁₇ = 2	6	P ₂₇ = 1	3
P _{C8} = 1	P ₁₈ = 1	1	P ₂₈ = 2	2
		$\Sigma(P_{Cx}.P_{1x}) = 62$	$\Sigma(P_{Cx}.P_{2x}) = 46$	

Cuadro 19. Cuadro de ponderación final de criterios
Fuente. Christopher Chacón (2018).

El cuadro 19 arroja que la solución que obtuvo la mayor ponderación fue la S1 respectivamente, por ende esta se convierte en la solución definitiva a tomar.

5.3. Efectuar el diseño de la propuesta seleccionada y calcular los beneficios de su implementación

De acuerdo con lo expresado en la fase anterior se presenta la propuesta con mayor ponderación la cual consta de un sistema de dos cilindros de doble efecto que impulsan y controlan tanto el desplazamiento del carro móvil de la dosificadora como el cabezal de la misma, un sistema de rieles y barras laterales guía encargados de darle guía y sostén para que esta no se desestabilice, igualmente consta de dos soportes laterales cuya función es conducir el desplazamiento y por último posee una sufridera de seguridad encarga de recibir el impacto del carro móvil con la mesa de trabajo en caso de un sobre desplazamiento no controlado e impida el volcamiento de la dosificadora hacia adelante (Ver figura 27).

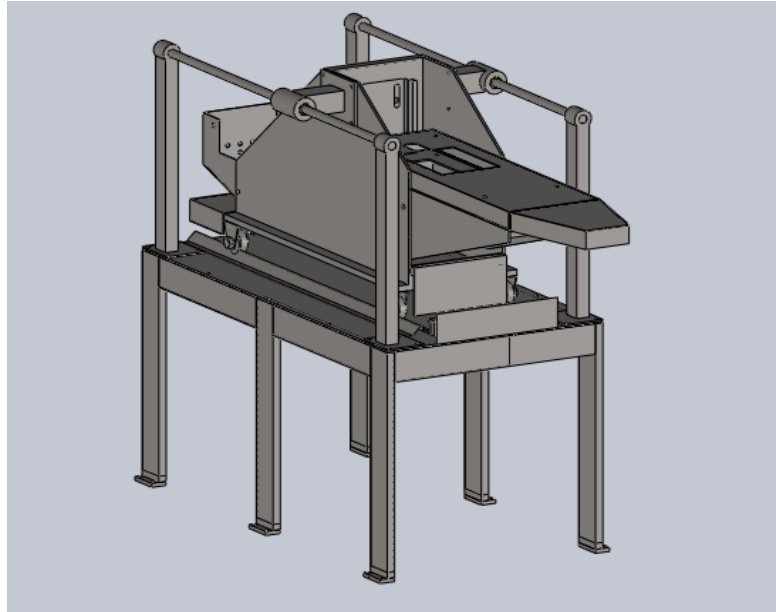


Figura 27. Propuesta seleccionada
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

5.3.1 Selección de materiales a emplear en el diseño

Inicialmente se parte por definir tanto los diversos factores y condiciones a los que se va a ver expuesto la propuesta seleccionada como aquellos factores ideales, para de esta manera se tendrá una visión clara a la hora de efectuar la selección de los materiales a emplear en el rediseño planteado.

Para lograr esto se recurre nuevamente a las herramientas de calidad ya utilizadas tales como un Diagrama Causa – Efecto y un Diagrama de Pareto, estas herramientas definirán los principales factores que tendrán prioridad a la hora de la selección de los materiales de cada una de las partes que componen a la dosificadora radial MANN+HUMMEL tal y como se ve a continuación (Ver figura 28).

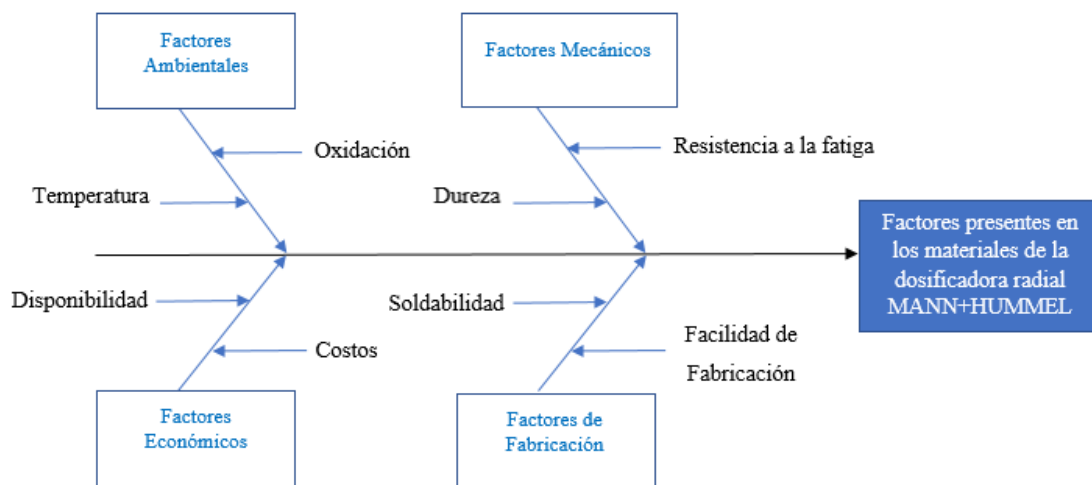


Figura 28. Diagrama Causa – Efecto de factores presentes en los materiales de la dosificadora radial MANN+HUMMEL

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Empleando el ya nombrado Diagrama Causa – Efecto se puede mostrar tanto los factores principales presentes en la selección ideal de los materiales de la dosificadora radial MANN+HUMMEL como también aquellos que derivan de los mismos, teniendo determinado dichos factores principales se puede efectuar el Diagrama de Pareto, el cual podrá definir de forma cuantitativa cuales son los factores vitales a la hora de ejecutar la selección de los materiales a emplear en el rediseño ya planteado (Ver cuadro 20).

Causas	Frecuencia	Acumulado	%	% Acumulado
Factores Mecánicos	105	105	39,47	39,47
Factores de Fabricación	82	187	30,83	70,30
Factores Economicos	50	237	18,80	89,10
Factores Ambientales	29	266	10,90	100,00
TOTAL	266			

Cuadro 20. Cuadro de factores del Diagrama de Pareto aplicado a la dosificadora radial MANN+HUMMEL

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Una vez elaborado el cuadro de datos del Diagrama de Pareto se puede observar las frecuencias por cada uno de los factores a tomar en consideración para la selección

de los materiales en cuestión, dichas frecuencias son extraídas de igual forma como se observa en la primera fase de los registros que se tienen en el software de gestión de mantenimiento MP9 el cual contiene en su base de datos los valores de los indicadores por tipo de falla en la actual dosificadora radial MANN+HUMMEL. Dichos indicadores se clasifican en Mecánicos, Fabricación, Económicos y Ambientales, brindando así una referencia sólida a la hora de dar prioridad a los factores ya planteados en la selección de materiales.

Conjuntamente también se ve expresado cual es el porcentaje que le corresponde a cada uno de los factores principales anteriormente ya nombrados y en base a la regla del 80-20 se determina cual de estos es aquel que tiene prioridad en la selección de los materiales de la propuesta seleccionada. Utilizando dicha regla al Diagrama de Pareto nos proyecta que entre los factores principales el Factor Mecánico y el Factor de Fabricación representan un 39,47% y 30,83% del 100% de los mismos, tomando en consideración la regla del 80-20 se toman ambos factores como los primordiales para hacer la correcta selección de materiales en cuestión, como se puede apreciar en el Diagrama de Pareto (Ver figura 29).

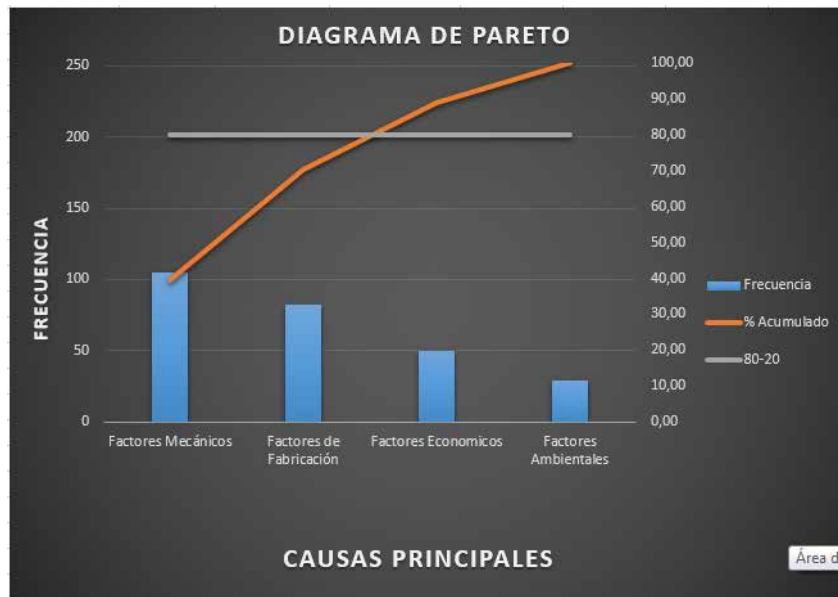


Figura 29. Diagrama de Pareto aplicado a la dosificadora radial MANN+HUMMEL

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Una vez definidos los factores principales a tomar en consideración para la selección planteada se definiran también los factores específicos que se ven expuestas las diferentes piezas que conforman la dosificadora radial MANN+HUMMEL, debido a que dichos factores varían de acuerdo con la función que desempeña la pieza en cuestión (Ver cuadro 21).

Nro.	Pieza	Factores Mecánicos	Factores de Fabricación
1	Carro Movil	Tenacidad y Resistencia a la Fatiga	Soldabilidad y Facilidad de Fabricación
2	Estructura del Cabezal (A y B)	Tenacidad y Resistencia a la Fatiga	Soldabilidad y Facilidad de Fabricación
3	Guia Macho	Resistencia a la Tracción	Facilidad de Fabricación
4	Guia Hembra	Resistencia a la Tracción	Facilidad de Fabricación
5	Sufridera	Tenacidad, Resistencia a la Fatiga y Resilencia	Soldabilidad y Facilidad de Fabricación
6	Barras Laterales	Resistencia a la Tracción y Rigidez	Ductilidad
7	Soportes Laterales	Resistencia a la Tracción y Rigidez	Soldabilidad y Maquinabilidad
8	Estructuras de Apoyo	Resistencia a la Tracción y Rigidez	Soldabilidad y Maquinabilidad
9	Bocinas	Resistencia a la Fatiga	Maquinabilidad
10	Manifold	Rigidez	Facilidad de Fabricación

Cuadro 21. Cuadro de factores individuales de las piezas que conforman a la dosificadora radial MANN+HUMMEL

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Luego de haber especificado los factores tanto mecánicos como de fabricación que afectan a cada una de las piezas que componen a la dosificadora radial MANN+HUMMEL, se puede elaborar la selección correspondiente de cada uno de los materiales a emplear en el rediseño planteado de acuerdo a los factores anteriormente definidos.

Inicialmente se parte por los materiales de las primeras dos piezas de la propuesta seleccionada, las cuales corresponde a el Carro Movil y la Estructura del Cabezal, donde la Estructura del Cabezal esta conformada por sus partes A y B respectivamente, dichas piezas conforman un conjunto a la hora del ensamble de la dosificadora puesto a que estas son la estructura principal del equipo en cuestión (Ver figuras 30 y 31).

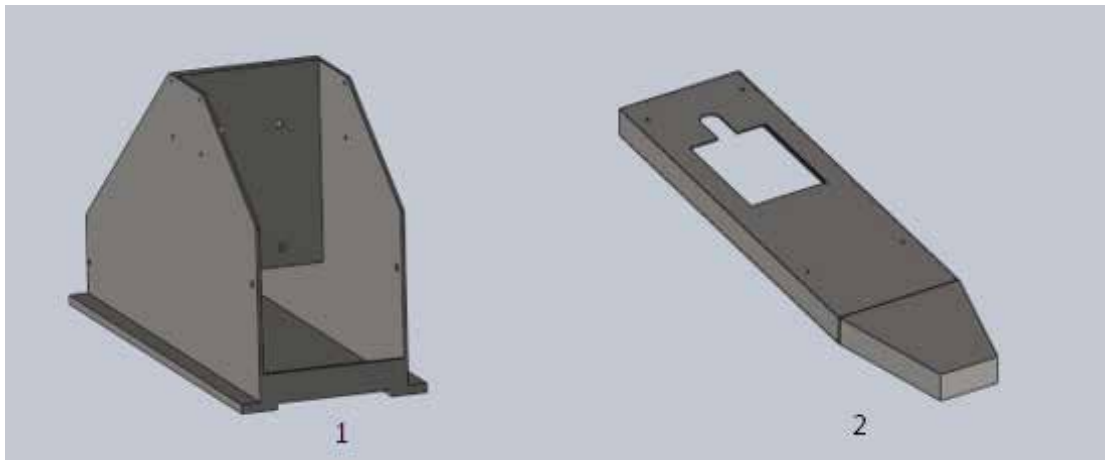


Figura 30. Pieza Numero 1 y Numero 2: Carro Movil y Estructura del Cabezal (Parte A) de la dosificadora radial MANN+HUMMEL

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

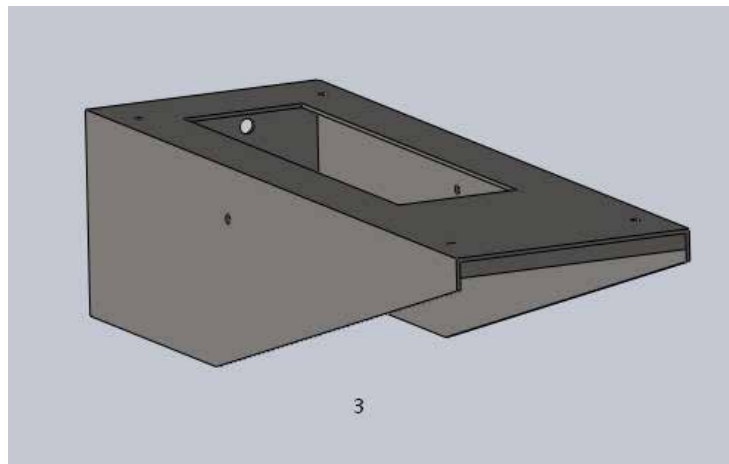


Figura 31. Pieza Numero 3: Estructura del Cabezal (Parte B) de la dosificadora radial MANN+HUMMEL

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Debido a que anteriormente se establecio en el cuadro de factores individuales de las piezas que conforman a la dosificadora radial MANN+HUMMEL que los factores mecánicos a tomar en consideración para la selección de materiales para el Carro Móvil y Estructura del Cabezal (A y B) son respectivamente la Tenacidad y Resistencia a la Fatiga, de igual forma para esta selección se baso en los factores de fabricación de dichas piezas, estos corresponden a la Soldabilidad y Facilidad de

Fabricación de las mismas. En base a los factores anteriormente mencionados esta se procede a seleccionar para el Carro Móvil y la Estructura del Cabezal (A y B) un Acero al Carbono, específicamente un Acero SAE 1020 Rolado en caliente debido a que este se emplea mayormente elementos de maquinaria que requieran de una buena tenacidad, además cabe destacar que aplica también en aquellas prácticas que requieran buena soldabilidad; por su contenido de manganeso ofrece mejor maquinabilidad que otros aceros de este grupo lo que lo hace la opción ideal dados los factores planteados, como se puede observar en las Tablas de las propiedades físicas y mecánicas del Acero al Carbono seleccionado (Ver figuras 32 y 33).

Material	Módulo de elasticidad E		Módulo de rigidez G		Relación de Poisson ν	Densidad de peso γ	Densidad de masa ρ	Gravedad específica
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa		lb/pulg ³	Mg/m ³	
Aleaciones de aluminio	10.4	71.7	3.9	26.8	0.34	0.10	2.8	2.8
Cobre al berilio	18.5	127.6	7.2	49.4	0.29	0.30	8.3	8.3
Latón, bronceos	16.0	110.3	6.0	41.5	0.33	0.31	8.6	8.6
Cobre	17.5	120.7	6.5	44.7	0.35	0.32	8.9	8.9
Hierro fundido gris	15.0	103.4	5.9	40.4	0.28	0.26	7.2	7.2
Hierro fundido dúctil	24.5	168.9	9.4	65.0	0.30	0.25	6.9	6.9
Hierro fundido maleable	25.0	172.4	9.6	66.3	0.30	0.26	7.3	7.3
Aleaciones de magnesio	6.5	44.8	2.4	16.8	0.33	0.07	1.8	1.8
Aleaciones de níquel	30.0	206.8	11.5	79.6	0.30	0.30	8.3	8.3
Acero al carbón	30.0	206.8	11.7	80.8	0.28	0.28	7.8	7.8
Acero, aleaciones	30.0	206.8	11.7	80.8	0.28	0.28	7.8	7.8
Acero inoxidable	27.5	189.6	10.7	74.1	0.28	0.28	7.8	7.8
Aleaciones de titanio	16.5	113.8	6.2	42.4	0.34	0.16	4.4	4.4
Aleaciones de zinc	12.0	82.7	4.5	31.1	0.33	0.24	6.6	6.6

* Propiedades de algunos metales y aleaciones, International Nickel Co., Inc., NY; Metals Handbook, American Society for Metals, Materials Park, OH.

Figura 32. Propiedades físicas de algunos materiales de ingeniería (Acero al carbón)

Fuente. Robert L. Norton, *Diseño de Maquinaria*, cuarta edición (2009).

Número SAE/AISI	Condición	Resistencia a la cedencia a tensión (2% de deformación)		Resistencia a la última tensión		Alargamiento mayor de 2 pulg	Dureza Brinell
		kpsi	MPa	kpsi	MPa	%	-HB
1010	Rolado en caliente	26	179	47	324	28	95
	Laminado en frío	44	303	53	365	20	105
1020	Rolado en caliente	30	207	55	379	25	111
	Laminado en frío	57	393	68	469	15	131
1030	Rolado en caliente	38	259	68	469	20	137
	Normalizado @ 1 650°F	50	345	75	517	32	149
	Laminado en frío	64	441	76	524	12	149
	Q&T @ 1 000°F	75	517	97	669	28	255
	Q&T @ 800°F	84	579	106	731	23	302
1035	Q&T @ 400°F	94	648	123	848	17	495
	Rolado en caliente	40	276	72	496	18	143
	Laminado en frío	67	462	80	552	12	163
	Rolado en caliente	42	290	76	524	18	149
1040	Normalizado @ 1 650°F	54	372	86	593	28	170
	Laminado en frío	71	490	85	586	12	170
	Q&T @ 1 200°F	63	434	92	634	29	192
	Q&T @ 800°F	80	552	110	758	21	241
	Q&T @ 400°F	86	593	113	779	19	262

Figura 33. Propiedades mecánicas de algunos aceros al carbón (Acero SAE 1020)

Fuente. Robert L. Norton, *Diseño de Maquinaria*, cuarta edición (2009).

Las siguientes piezas a tomar para su selección de material correspondiente son las Guías tanto Macho como Hembra de la propuesta seleccionada, los factores mecánicos y de fabricación a tomar en consideración en estas piezas son la Resistencia a la Tracción y la Facilidad de Fabricación debido a que estas cumplen la función de soporte principal de la Estructura del Cabezal (A y B) dentro del Carro Móvil una vez ensamblado, por lo que se ven expuestas constantemente a fuerzas de tracción tanto en la Guía Macho como la Guía Hembra (Ve figura 34).

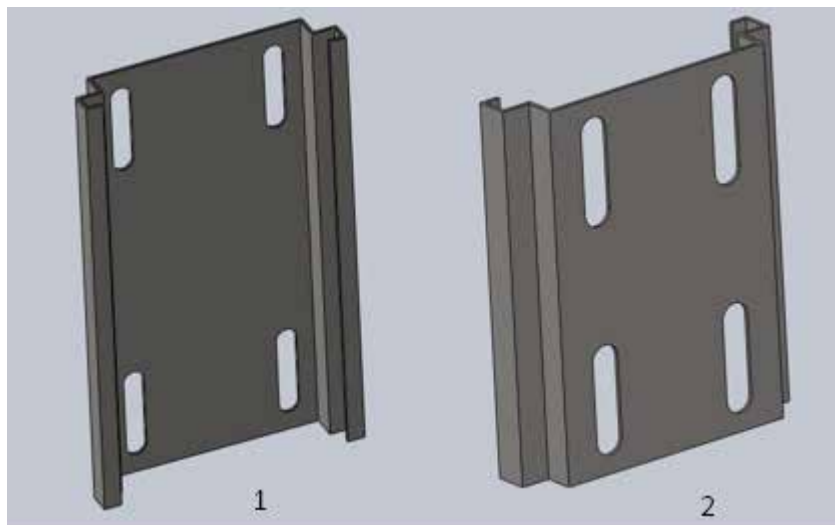


Figura 34. Pieza Numero 1 y Numero 2 : Guías Hembra y Macho de la dosificadora radial MANN+HUMMEL

Fuente. Christopher Chacón (2018).

Se selecciona de igual forma un Acero al Carbono, sin embargo como se requiere una mayor Resistencia a la Tracción se elige un Acero SAE 1045 debido a que es un acero de medio carbono que tiene buenas características de forja, soldable, responde al tratamiento térmico y al endurecimiento por llama o inducción. Por su dureza de 163 HB y buena tenacidad es utilizado para la fabricación de componentes de maquinaria. El cual aplica dado los requerimientos que poseen las piezas en cuestión (Ver figura 35).

Número SAE/AISI	Condición	Resistencia a la cedencia a tensión (2% de deformación)		Resistencia a la última tensión		Alargamiento mayor de 2 pulg %	Dureza Brinell -HB
		kpsi	MPa	kpsi	MPa		
1010	Rolado en caliente	26	179	47	324	28	95
	Laminado en frío	44	303	53	365	20	105
1020	Rolado en caliente	30	207	55	379	25	111
	Laminado en frío	57	393	68	469	15	131
1030	Rolado en caliente	38	259	68	469	20	137
	Normalizado @ 1 650°F	50	345	75	517	32	149
	Laminado en frío	64	441	76	524	12	149
	Q&T @ 1 000°F	75	517	97	669	28	255
	Q&T @ 800°F	84	579	106	731	23	302
	Q&T @ 400°F	94	648	123	848	17	495
1035	Rolado en caliente	40	276	72	496	18	143
	Laminado en frío	67	462	80	552	12	163
1040	Rolado en caliente	42	290	76	524	18	149
	Normalizado @ 1 650°F	54	372	86	593	28	170
	Laminado en frío	71	490	85	586	12	170
	Q&T @ 1 200°F	63	434	92	634	29	192
	Q&T @ 800°F	80	552	110	758	21	241
	Q&T @ 400°F	86	593	113	779	19	262
1045	Rolado en caliente	45	310	82	565	16	163
	Laminado en frío	77	531	91	627	12	179

Figura 35. Propiedades mecánicas de algunos aceros al carbón (Acero SAE 1045)
Fuente. Robert L. Norton, *Diseño de Maquinaria, cuarta edición (2009)*.

Una vez seleccionado el material anterior se prosigue a seleccionar el material para la siguiente pieza, esta corresponde a la Sufridera, en dicha pieza se tomara la Tenacidad y Resistencia a la Fatiga como principal referencia a la hora de hacer la elección correspondiente ya que esta es una pieza agregada a la dosificadora para la seguridad de su operación, debido a que cumple la función de recibir el impacto contra los topes de la base donde opera el equipo en caso de un desplazamiento adicional ocurrido ya sea por una mala practica del operador o como una falla en el cilindro principal al inciar el ciclo de trabajo, por lo que requiere que sea de un material que posea una buena resistencia.

Habiendo definido esto se selecciona un Acero SAE 1060 en función a que este acero al carbón se utiliza en areas que sufran mucho desgaste y puede alcanzar una alta resistencia a la tensión de 372 Mpa, ademas de una buena resistencia al desgaste y una dureza de 200 HB (Ver figuras 36 y 37).

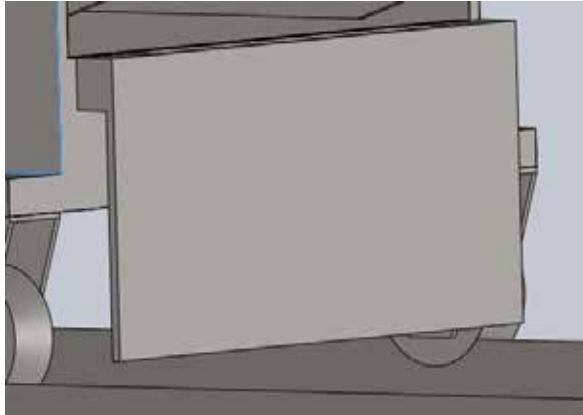


Figura 36. Pieza: Sufridera de la dosificadora radial MANN+HUMMEL

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Número SAE/AISI	Condición	Resistencia a la cedencia a tensión (2% de deformación)		Resistencia a la última tensión		Alargamiento mayor de 2 pulg %	Dureza Brinell -HB
		kpsi	MPa	kpsi	MPa		
1040	Rolado en caliente	42	290	76	524	18	149
	Normalizado @ 1 650°F	54	372	86	593	28	170
	Laminado en frío	71	490	85	586	12	170
	Q&T @ 1 200°F	63	434	92	634	29	192
	Q&T @ 800°F	80	552	110	758	21	241
	Q&T @ 400°F	86	593	113	779	19	262
1045	Rolado en caliente	45	310	82	565	16	163
	Laminado en frío	77	531	91	627	12	179
1060	Rolado en caliente	50	345	90	621	15	179
	Normalizado a 1 650°F	62	427	108	745	20	217
	Laminado en frío	84	579	100	689	10	197
	Q&T @ 1 200°F	78	538	104	717	28	235
	Q&T @ 800°F	115	793	158	1 089	13	444
	Q&T @ 400°F	117	807	163	1 124	9	514
1060	Rolado en caliente	54	372	98	676	12	200

Figura 37. Propiedades mecánicas de algunos aceros al carbón (Acero SAE 1060)

Fuente. Robert L. Norton, Diseño de Maquinaria, cuarta edición (2009).

Las siguientes piezas del Cuadro anteriormente descrito corresponden a Las Barras Laterales, Soportes Laterales y Estructuras de Apoyo, el material a seleccionar para dichas piezas debe poseer tanto una buena Resistencia a la Tracción y Rigidez como Soldabilidad y Maquinabilidad dado a que este conjunto de piezas se encargan tanto de la estabilidad como de la guía del desplazamiento horizontal de la dosificadora, por lo que es imprescindible que el material seleccionado cumpla con los factores establecidos para las mismas, Para ello se vuelve a seleccionar un Acero SAE 1045 dado que este se utiliza en la fabricación de componentes de uso general, donde se

requiere una resistencia mecánica y rigidez mayor que los aceros bajos en carbono convencionales, además de contar con buenas características de soldabilidad pese a su contenido de carbono, aplicando al caso puntual de las piezas mencionadas en cuestión (Ver figura 38).

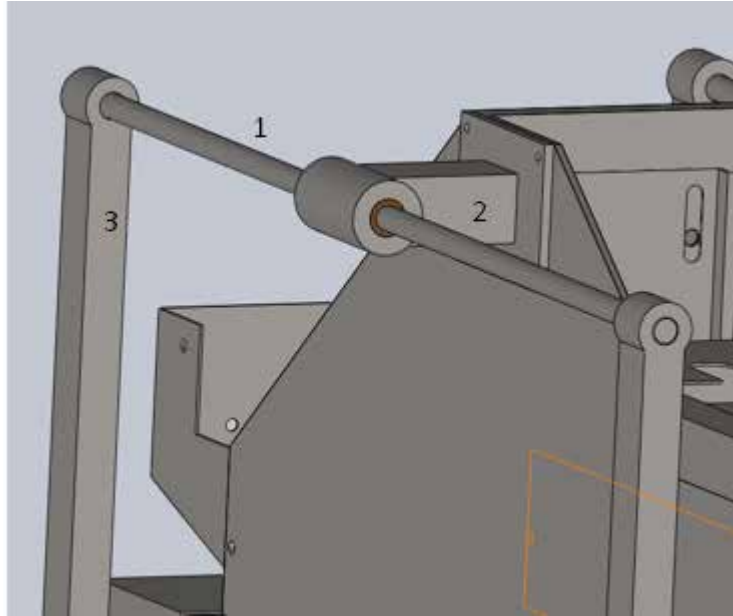


Figura 38. Pieza Numero 1, Numero 2 y Numero 3: Barra Lateral, Soporte Lateral y Estructuras de Apoyo de la dosificadora radial MANN+HUMMEL

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Ahora se hará la selección del material que corresponde a las Bocinas de la dosificadora, en dicha selección se debe tener en cuenta el hecho de que estas piezas en específico son aquellas que sufren el mayor desgaste del equipo, debido a que constantemente están expuestas al roce con las Barras Laterales, es por esto que requieren de un material que posea una Alta Resistencia a la Fatiga y una buena Maquinabilidad. Habiendo especificado esto se selecciona un Bronce Fosforoso, específicamente un Bronce SAE 63 en función a que este material se destaca por sus excelentes propiedades de dureza, tenacidad, resistencia al desgaste, corrosión y elasticidad además de que posee una buena Maquinabilidad. Es necesario que tengan

una buena lubricación, lo que les permite trabajar con cargas específicas elevadas (Ver figura 39 y 40).

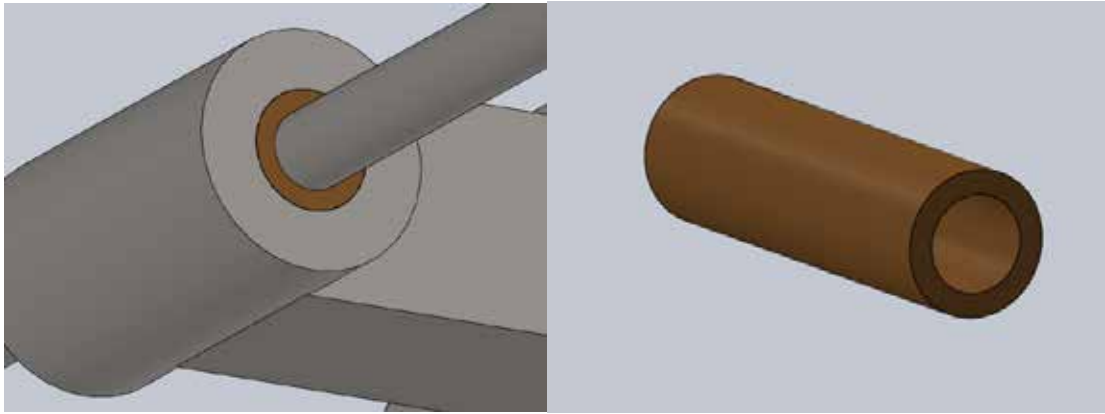


Figura 39. Pieza: Bocinas de la dosificadora radial MANN+HUMMEL

Fuente. Christopher Chacón (2018).

Material	Módulo de elasticidad E		Módulo de rigidez I'		Relación de Poisson ν	Densidad de peso γ	Densidad de masa ρ	Gravedad específica
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa		lb/pulg ³	Mg/m ³	
Aleaciones de aluminio	10.4	71.7	3.9	26.8	0.34	0.10	2.8	2.8
Cobre al berilio	18.5	127.6	7.2	49.4	0.29	0.30	8.3	8.3
Latón, bronce	16.0	110.3	6.0	41.5	0.33	0.31	8.6	8.6
Cobre	17.5	120.7	6.5	44.7	0.35	0.32	8.9	8.9
Hierro fundido gris	15.0	103.4	5.9	40.4	0.28	0.26	7.2	7.2
Hierro fundido dúctil	24.5	168.9	9.4	65.0	0.30	0.25	6.9	6.9
Hierro fundido maleable	25.0	172.4	9.6	66.3	0.30	0.26	7.3	7.3
Aleaciones de magnesio	6.5	44.8	2.4	16.8	0.33	0.07	1.8	1.8
Aleaciones de níquel	30.0	206.8	11.5	79.6	0.30	0.30	8.3	8.3
Acero al carbón	30.0	206.8	11.7	80.8	0.28	0.28	7.8	7.8
Acero, aleaciones	30.0	206.8	11.7	80.8	0.28	0.28	7.8	7.8
Acero inoxidable	27.5	189.6	10.7	74.1	0.28	0.28	7.8	7.8
Aleaciones de titanio	16.5	113.8	6.2	42.4	0.34	0.16	4.4	4.4
Aleaciones de zinc	12.0	82.7	4.5	31.1	0.33	0.24	6.6	6.6

Figura 40. Propiedades físicas de algunos materiales de ingeniería (Bronce)

Fuente. Robert L. Norton, Diseño de Maquinaria, cuarta edición (2009).

Por último se selecciona el material correspondiente para el Manifold, este debe ser tomando en consideración una buena Rigidez y Facilidad de Fabricación, es por esto que se selecciona al igual que en las primeras dos piezas un Acero al Carbono SAE 1020 ya que cuenta dentro de sus propiedades con una excelente Soldabilidad y Facilidad de Fabricación dado su bajo contenido de carbono, además de una buena Tenacidad, cumpliendo así los factores que requiere la pieza (Ver figura 41).

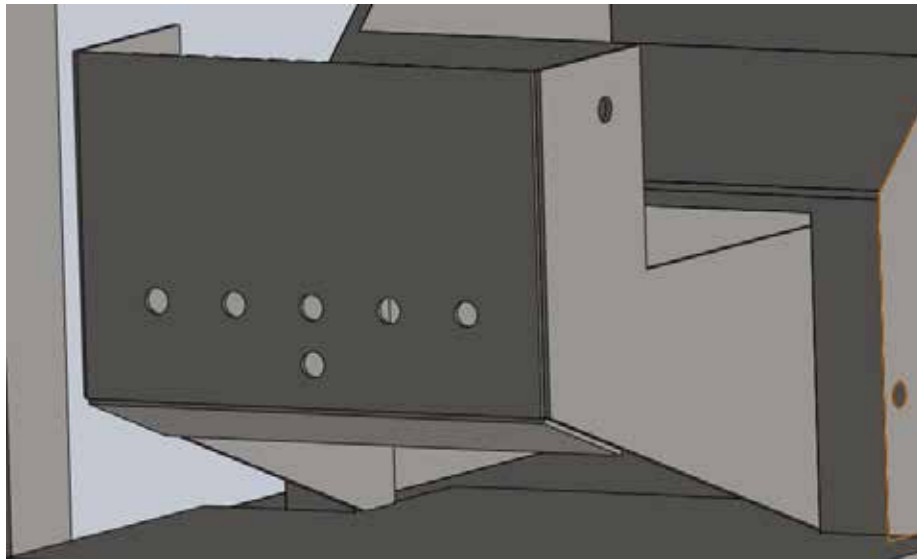


Figura 41. Pieza: Manifold de la dosificadora radial MANN+HUMMEL
Fuente. Christopher Chacón (2018).

5.3.2 Cálculo de Peso y Volumen

Una vez determinados los materiales a emplear es necesario establecer el Peso y Volumen que posee cada una de las piezas de la propuesta seleccionada, para de esta forma poder determinar el peso total del equipo. Y se calculó mediante las siguientes expresiones:

$$W = M \times g \quad (\text{Ec.11})$$

$$M = V \times \rho \quad (\text{Ec.12})$$

Dónde:

W = Peso (N)

M = Masa (Kg)

g = Gravedad (m/s^2)

V = Volumen (cm^3)

ρ = Densidad de Masa (gr/cm^3)

Sabiendo las medidas que posee cada una de las piezas expresados en los planos elaborados para las mismas incluidos en el anexo F, entonces se proceder a empezar a calcular el Peso y Volumen del el Carro Móvil, anteriormente se estableció que el material seleccionado para esta pieza es un Acero al Carbono el cual posee una Densidad de Masa de 7.85 gr/cm^3 y asumiendo tanto un valor de 9.81 m/s^2 para la Gravedad en cuestión, como también un Espesor de lamina de 6 mm, se subdivide a la pieza como tal en partes A, B y C, dado las diferentes geometrias presentes en la pieza, y una vez se tenga el valor de cada una de ellas se calcula el valor total de la misma, se procede a realizar los calculos ya planteados para la parte A (Ver figura 42).

$$V_{\text{rectangulo}} = L \times H \times A \quad (\text{Ec.13})$$

Dónde:

L = Largo

H = Alto

A = Espesor

$$V_{\text{triangulo}} = \left(\frac{B \times H}{2} \right) \times A \quad (\text{Ec.14})$$

Dónde:

B = Base

H = Altura

A = Espesor

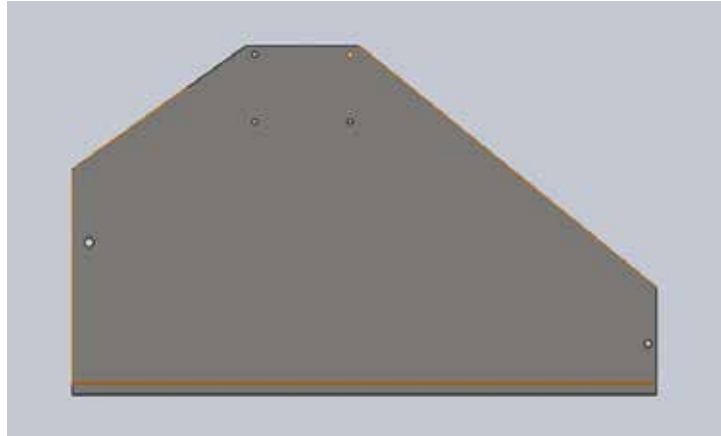


Figura 42. Parte A del Carro Movil

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Con las ecuaciones tanto de Volumen de un rectangulo para la pieza como de Volumen de un triangulo para las diferencias sobrantes de la misma, entonces sustituyendo en las ecuaciones se tiene:

$$V_{rectangulo} = 104 \text{ cm} \times 60 \text{ cm} \times 0.6 \text{ cm} = 3744 \text{ cm}^3$$

$$V_{triangulo\ 1} = \left(\frac{31 \text{ cm} \times 22.26 \text{ cm}}{2} \right) \times 0.6 \text{ cm} = 207.018 \text{ cm}^3$$

$$V_{triangulo\ 2} = \left(\frac{53 \text{ cm} \times 43.24 \text{ cm}}{2} \right) \times 0.6 \text{ cm} = 687.51 \text{ cm}^3$$

$$V_{total\ A} = 3744 \text{ cm}^3 + 207.018 \text{ cm}^3 + 687.51 \text{ cm}^3 = 2849.472 \text{ cm}^3$$

$$M_1 = 3744 \text{ cm}^3 \times 7.85 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 29390.4 \text{ gr}$$

$$M_2 = 207.018 \text{ cm}^3 \times 7.85 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 1625.1 \text{ gr}$$

$$M_3 = 687.51 \text{ cm}^3 \times 7.85 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 5396.9 \text{ gr}$$

$$M_{total A} = 29390.4 \text{ gr} \quad 1625.1 \text{ gr} \quad 5396.9 \text{ gr} = 22368.4 \text{ gr} = 22.37 \text{ Kg}$$

$$W_1 = 29.390 \text{ Kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 288.32 \text{ N}$$

$$W_2 = 1.625 \text{ Kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 18.94 \text{ N}$$

$$W_3 = 5.40 \text{ Kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 53 \text{ N}$$

$$W_{total A} = 288.32 \text{ N} \quad 18.94 \text{ N} \quad 53 \text{ N} = 216.38 \text{ N}$$

Una vez calculado el Peso de 216.38 N y el Volumen de 2849.472 cm^3 de la parte A del Carro Movil, se procede a realizar el calculo de igual forma de la parte B empleando para ello la Ec.12 respectivamente (Ver figura 43).

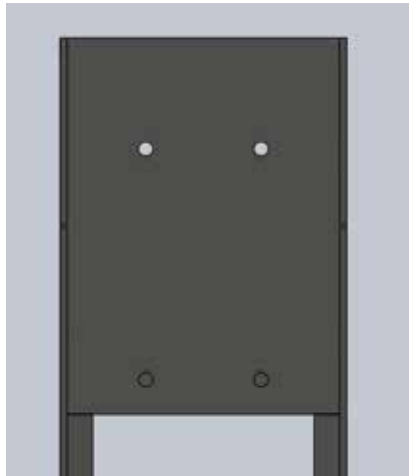


Figura 43. Parte B del Carro Movil

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

$$V_{rectangulo B} = 31.9 \text{ cm} \times 44 \text{ cm} \times 0.6 \text{ cm} = 842.16 \text{ cm}^3$$

$$M_B = 842.16 \text{ cm}^3 \times 7.85 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 6610.96 \text{ gr} = 6.6 \text{ Kg}$$

$$W_B = 6.6 \text{ Kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 64.85 \text{ N}$$

La parte B dio como resultado un Peso de 64.85 N y un Volumen de 842.16 cm^3 , por ultimo se calculara la parte C del Carro Movil para asi poder determinar el Peso y Volumen total de esta pieza (Ver figura 44).

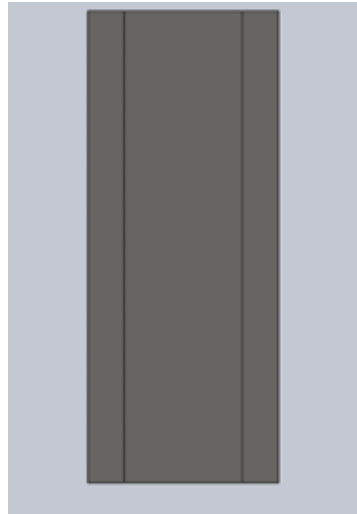


Figura 44. Parte C del Carro Movil

Fuente. Christopher Chacón (2018).

$$V_{\text{rectangulo } c} = 41.9 \text{ cm} \times 104 \text{ cm} \times 0.6 \text{ cm} = 2614.6 \text{ cm}^3$$

$$M_C = 2614.6 \text{ cm}^3 \times 7.85 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 20524.3 \text{ gr} = 20.52 \text{ Kg}$$

$$W_C = 20.52 \text{ Kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 201.34 \text{ N}$$

$$V_{\text{total}} = 2 \times (2849.472 \text{ cm}^3) + 842.16 \text{ cm}^3 + 2614.6 \text{ cm}^3 = 9155.70 \text{ cm}^3$$

$$M_{\text{total}} = 2 \times (22.37 \text{ Kg}) + 6.6 \text{ Kg} + 20.52 \text{ Kg} = 71.86 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{total}} = 2 \times (216.38 \text{ N}) + 64.85 \text{ N} + 201.34 \text{ N} = 698.95 \text{ N}$$

Una vez calculado el total de los Pesos y Volúmenes de cada una de las partes del Carro Móvil nos da un Peso total de 234.87 N y un Volumen total de 2102.07 cm³, Ahora se realizara el mismo procedimiento pero aplicado a la Estructura del Cabezal en su parte A y B, estas piezas al igual que la anterior cuenta con diversas geometrías por lo que también se debera subdividir en las partes A1, B1 y C1 para la parte A y A2, B2 Y C2 para la parte B, para de esta forma poder realizar el cálculo planteado. Se iniciará por la parte A1 (Ver figura 45).

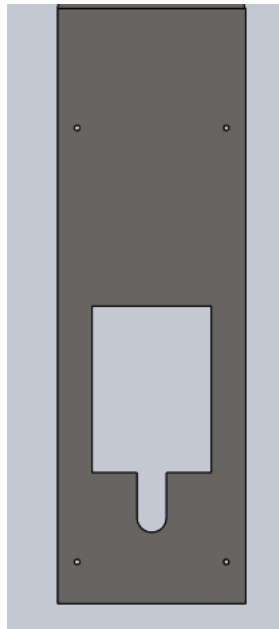


Figura 45. Parte A1 de la Estructura del Cabezal (A)
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

$$V_{\text{rectangulo } A1} = 31.5 \text{ cm} \times 100 \text{ cm} \times 0.2 \text{ cm} = 630 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{rectangulo } 2} = 20 \text{ cm} \times 28 \text{ cm} \times 0.2 \text{ cm} = 112 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{total } A1} = 630 \text{ cm}^3 + 112 \text{ cm}^3 = 742 \text{ cm}^3$$

$$M_{A1} = 742 \text{ cm}^3 \times 7.85 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 5823.7 \text{ gr} = 5.82 \text{ Kg}$$

$$M_2 = 112 \text{ cm}^3 \times 7.85 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 879.2 \text{ gr} = 0.879 \text{ Kg}$$

$$M_{total A1} = 4.95 \text{ Kg} + 0.879 \text{ Kg} = 4.07 \text{ Kg}$$

$$W_{A1} = 4.95 \text{ Kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 48.56 \text{ N}$$

$$W_2 = 0.879 \text{ Kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 8.62 \text{ N}$$

$$W_{total A1} = 48.56 \text{ N} + 8.62 \text{ N} = 39.94 \text{ N}$$

Con la parte A1 ya calculada se procede a calcular ahora la parte B1 de la pieza anteriormente ya planteada, esta posee una forma trapezoidal por lo que empleara una ecuación de volumen diferente (Ver figura 46).

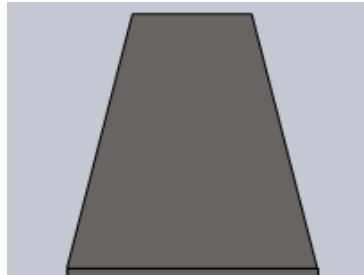


Figura 46. Parte B1 de la Estructura del Cabezal (A)

Fuente. Christopher Chacón (2018).

$$V_{trapecio} = \left[\left(\frac{B + b}{2} \right) \times H \right] \times A \quad (\text{Ec.15})$$

Dónde:

B = Lado grande

b = Lado pequeño

H = Altura

A = Espesor

Sustituyendo los valores ahora en la Ec.15 se obtiene los siguientes resultados de Peso y Volumen:

$$V_{\text{trapezio } B1} = \left[\left(\frac{30.88 \text{ cm} + 15 \text{ cm}}{2} \right) \times 32 \text{ cm} \right] \times 0.2 \text{ cm} = 146.81 \text{ cm}^3$$

$$M_{B1} = 146.81 \text{ cm}^3 \times 7.85 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 1152.50 \text{ gr} = 1.15 \text{ Kg}$$

$$W_{B1} = 1.15 \text{ Kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 11.30 \text{ N}$$

Ahora se efectuara los calculos respectivos para la parte C1, para de esta forma poder determinar el valor total de Peso y Volumen que posee la Estructura del Cabezal parte A (Ver figura 47).



Figura 47. Parte C1 de la Estructura del Cabezal (A)

Fuente. Christopher Chacón (2018).

$$V_{\text{rectangulo } C1} = 100 \text{ cm} \times 6.30 \text{ cm} \times 0.2 \text{ cm} = 126 \text{ cm}^3$$

$$M_{C1} = 126 \text{ cm}^3 \times 7.85 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 989.1 \text{ gr} = 0.989 \text{ Kg}$$

$$W_{C1} = 0.989 \text{ Kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 9.70 \text{ N}$$

$$V_{\text{total parte A}} = 518 \text{ cm}^3 + 146.81 \text{ cm}^3 + 126 \text{ cm}^3 = 790.81 \text{ cm}^3$$

$$M_{\text{total parte A}} = 4.07 \text{ Kg} + 1.15 \text{ Kg} + 0.989 \text{ Kg} = 6.20 \text{ Kg}$$

$$W_{total\ parte\ A} = 39.94\ N + 11.30\ N + 9.70\ N = 60.94\ N$$

Los resultados obtenidos de la Estructura del Cabezal parte A fueron un Peso de 60.94 N y un Volumen de 790.81 cm³ respectivamente, la siguiente parte de la pieza a calcular es la A2, recurriendo a la Ec.14 tanto para el Volumen de un triángulo para la geometría de la pieza como para las diferencias sobrantes que presenta la misma (Ver figura 48).

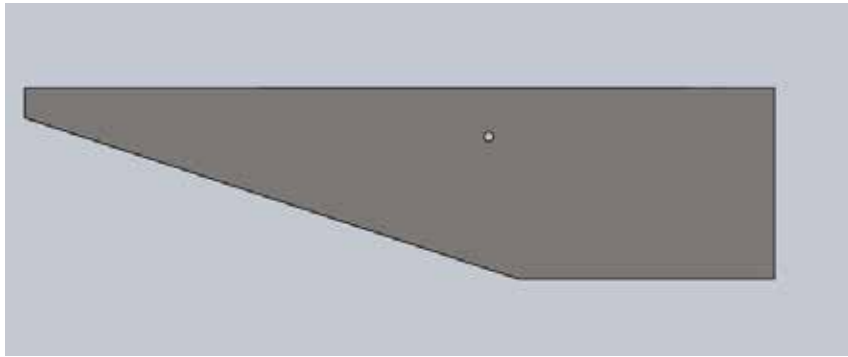


Figura 48. Parte A2 de la Estructura del Cabezal (B)

Fuente. Christopher Chacón (2018).

$$V_{triangulo\ A2} = \left(\frac{100\ cm \times 25.50\ cm}{2} \right) \times 0.2\ cm = 255\ cm^3$$

$$V_{triangulo\ 2} = \left(\frac{34\ cm \times 15\ cm}{2} \right) \times 0.2\ cm = 51\ cm^3$$

$$V_{total\ A2} = 255\ cm^3 + 51\ cm^3 = 306\ cm^3$$

$$M_{A2} = 255\ cm^3 \times 7.85\ \frac{gr}{cm^3} = 2001\ gr = 2.0\ Kg$$

$$M_2 = 51\ cm^3 \times 7.85\ \frac{gr}{cm^3} = 400.35\ gr = 0.40\ Kg$$

$$M_{total\ A2} = 2.0\ Kg + 0.40\ Kg = 2.40\ Kg$$

$$W_{A2} = 2.0 \text{ Kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 19.62 \text{ N}$$

$$W_2 = 0.40 \text{ Kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 3.924 \text{ N}$$

$$W_{total A2} = 19.62 \text{ N} + 3.924 \text{ N} = 15.69 \text{ N}$$

Una vez realizado el calculo para la parte A2, este dio como resultado un Peso de 15.69 N y un Volumen de 204 cm^3 en cuestión, por lo que se pasa a calcular los valores para la parte B2 (Ver figura 49).

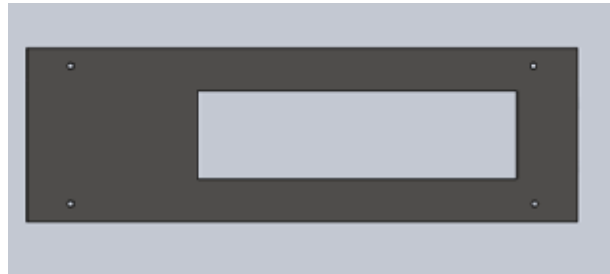


Figura 49. Parte B2 de la Estructura del Cabezal (B)

Fuente. Christopher Chacón (2018).

$$V_{rectangulo B2} = 31.50 \text{ cm} \times 100 \text{ cm} \times 0.2 \text{ cm} = 630 \text{ cm}^3$$

$$V_{rectangulo 2} = 16 \text{ cm} \times 58 \text{ cm} \times 0.2 \text{ cm} = 185.6 \text{ cm}^3$$

$$V_{total B2} = 630 \text{ cm}^3 + 185.6 \text{ cm}^3 = 815.6 \text{ cm}^3$$

$$M_{B2} = 815.6 \text{ cm}^3 \times 7.85 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 6443.66 \text{ gr} = 6.44 \text{ Kg}$$

$$M_2 = 185.6 \text{ cm}^3 \times 7.85 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 1457 \text{ gr} = 1.457 \text{ Kg}$$

$$M_{total B2} = 6.44 \text{ Kg} + 1.457 \text{ Kg} = 7.897 \text{ Kg}$$

$$W_{B2} = 7.897 \text{ Kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 77.47 \text{ N}$$

$$W_2 = 1.5 \text{ Kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 14.71 \text{ N}$$

$$W_{total\ B2} = 48.56 \text{ N} + 14.71 \text{ N} = 33.85 \text{ N}$$

Se determinó que la Estructura del Cabezal parte B2 obtuvo un Peso de 33.85 N y un Volumen de 444 cm^3 , la próxima parte de la pieza a calcular es la C2 (Ver figura 50).

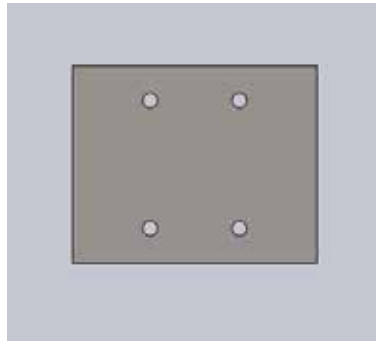


Figura 50. Parte C2 de la Estructura del Cabezal (B)

Fuente. Christopher Chacón (2018).

$$V_{rectangulo\ C2} = 31.50 \text{ cm} \times 25.50 \text{ cm} \times 0.2 \text{ cm} = 160.65 \text{ cm}^3$$

$$M_{total\ C2} = 160.65 \text{ cm}^3 \times 7.85 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 1261.10 \text{ gr} = 1.3 \text{ Kg}$$

$$W_{total\ C2} = 1.3 \text{ Kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 12.75 \text{ N}$$

$$V_{total\ parte\ B} = 204 \text{ cm}^3 + 444 \text{ cm}^3 + 160.65 \text{ cm}^3 = 808.65 \text{ cm}^3$$

$$M_{total\ parte\ B} = 1.60 \text{ Kg} + 3.45 \text{ Kg} + 1.3 \text{ Kg} = 6.35 \text{ Kg}$$

$$W_{total\ parte\ B} = 15.69 \text{ N} + 33.85 \text{ N} + 12.75 = 62.29 \text{ N}$$

Habiendo calculado las partes A2, B2 y C2 de la parte B de la Estructura del Cabezal se determinó que el Peso de la misma es de 62.29 N y posee un Volumen de 808.65 cm^3 . Ahora se calculará de igual forma el Peso y Volumen tanto para la Guía

Macho como para la Guía Hembra, tomando un espesor de lamina de 4 mm dado los esfuerzos de Tracción expuestos por la pieza.

$$V_{Guia\ Hembra} = 18.40\ cm \times 38\ cm \times 0.4\ cm = 279.68\ cm^3$$

$$M_{Guia\ Hembra} = 279.68\ cm^3 \times 7.85\ \frac{gr}{cm^3} = 2195.49\ gr = 2.20\ Kg$$

$$W_{Guia\ Hembra} = 2.20\ Kg \times 9.81\ \frac{m}{s^2} = 21.58\ N$$

$$V_{Guia\ Macho} = 18.39\ cm \times 28\ cm \times 0.4\ cm = 205.97\ cm^3$$

$$M_{Guia\ Macho} = 205.97\ cm^3 \times 7.85\ \frac{gr}{cm^3} = 1616.85\ gr = 1.62\ Kg$$

$$W_{Guia\ Macho} = 1.62\ Kg \times 9.81\ \frac{m}{s^2} = 15.86\ N$$

La Guía Hembra y Macho dieron como resultado un Peso de 21.58 N y 15.86 N respectivamente y un Volumen de $279.68\ cm^3$ y $205.97\ cm^3$, se procederá a realizar ahora los cálculos correspondientes para la Sufridera, empleando una vez más la Ec.13 de Volumen de un rectángulo y tomando un espesor de lamina de 6 mm.

$$V_{Sufridera} = 32.07\ cm \times 15.90\ cm \times 0.6\ cm = 305.95\ cm^3$$

$$M_{Sufridera} = 305.95\ cm^3 \times 7.85\ \frac{gr}{cm^3} = 2401.69\ gr = 2.40\ Kg$$

$$W_{Sufridera} = 2.40\ Kg \times 9.81\ \frac{m}{s^2} = 23.56\ N$$

Con los cálculos ya realizados para la Sufridera, estos dieron como resultado un Peso de 23.56 N y un Volumen de $305.95\ cm^3$, la siguiente pieza a calcular son las Barras Laterales, cabe destacar que estas piezas poseen una forma cilindrica por lo que el calculo de Volumen variará de acuerdo a la geometria de la misma.

$$V_{cilindro} = \pi x r^2 x h \quad (\text{Ec.16})$$

Dónde:

r = Radio del Cilindro

h = Altura del Cilindro

Sustituyendo los valores en la Ec.16 se obtiene los siguientes resultados:

$$V_{cilindro} = \pi x (1.27 \text{ cm})^2 x 138.76 \text{ cm} = 703.11 \text{ cm}^3$$

$$M_{Barra Lateral} = 703.11 \text{ cm}^3 x 7.85 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 5519.39 \text{ gr} = 5.52 \text{ Kg}$$

$$W_{Barra Lateral} = 5.52 \text{ Kg} x 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 54.15 \text{ N}$$

Se pudo obtener como resultado que La Barra Lateral tiene un Peso de 54.15 N y posee un Volumen de 703.11 cm^3 en cuestión, de igual forma se procederá a hacer los cálculos para tanto los Soportes Laterales como para Las Estructuras de Apoyo. Estas dos piezas poseen al igual que en el Carro Móvil y la Estructura del Cabezal geometrías diferentes por lo que se utilizarán las Ec.13 y Ec.16 para poder efectuar los cálculos planteados.

$$V_{Soporte Lateral 1} = 7 \text{ cm} x 13.95 \text{ cm} x 0.2 \text{ cm} = 19.53 \text{ cm}^3$$

$$M_{Soporte Lateral 1} = 19.53 \text{ cm}^3 x 7.85 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 153.310 \text{ gr} = 0.153 \text{ Kg}$$

$$W_{Soporte Lateral 1} = 0.153 \text{ Kg} x 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1.50 \text{ N}$$

$$V_{Soporte Lateral 2} = \pi x (3.81 \text{ cm})^2 x 14 \text{ cm} = 638.45 \text{ cm}^3$$

$$V_2 = \pi x (1.92 \text{ cm})^2 x 14 \text{ cm} = 162.14 \text{ cm}^3$$

$$V_{total\ Soporte\ Lateral\ 2} = 638.45\ cm^3 - 162.14\ cm^3 = 476.31\ cm^3$$

$$M_{Soporte\ Lateral\ 2} = 638.45\ cm^3 \times 7.85\ \frac{gr}{cm^3} = 5011.83\ gr = 5.01\ Kg$$

$$M_2 = 162.14\ cm^3 \times 7.85\ \frac{gr}{cm^3} = 1272.8\ gr = 1.28\ Kg$$

$$M_{total\ Soporte\ Lateral\ 2} = 5.01\ Kg - 1.28\ Kg = 3.73\ Kg$$

$$W_{Soporte\ Lateral\ 2} = 5.01\ Kg \times 9.81\ \frac{m}{s^2} = 49.15\ N$$

$$W_2 = 1.28\ Kg \times 9.81\ \frac{m}{s^2} = 12.57\ N$$

$$W_{total\ Soporte\ Lateral\ 2} = 49.15\ N - 12.57\ N = 36.58\ N$$

$$V_{total\ Soporte\ Lateral} = 4 \times (19.53\ cm^3) + 476.31\ cm^3 = 554.43\ cm^3$$

$$M_{total\ Soporte\ Lateral} = 4 \times (0.153\ Kg) + 3.73\ Kg = 4.34\ Kg$$

$$W_{total\ Soporte\ Lateral} = 4 \times (1.50\ N) + 36.58\ N = 43\ N$$

Con los calculos tanto de las diferentes geometrias que posee el Soporte Lateral restando las diferencias del mismo da como resultado un Peso de 12.45 N y un Volumen de 161.24 cm³, el mismo procedimiento sera aplicado para las Estructuras de Apoyo dado que poseen geometrías similares pero con diferentes medidas, como se puede ver expresado de la siguiente manera:

$$V_{Estructura\ de\ Apoyo\ 1} = 4.38\ cm \times 64.01\ cm \times 0.2\ cm = 56.07\ cm^3$$

$$M_{Estructura\ de\ Apoyo\ 1} = 56.07\ cm^3 \times 7.85\ \frac{gr}{cm^3} = 440.17\ gr = 0.44\ Kg$$

$$W_{Estructura\ de\ Apoyo\ 1} = 0.44\ Kg \times 9.81\ \frac{m}{s^2} = 4.32\ N$$

$$V_{Estructura\ de\ Apoyo\ 2} = \pi \times (2.92\ cm)^2 \times 6\ cm = 160.72\ cm^3$$

$$V_2 = \pi \times (2.79\ cm)^2 \times 6\ cm = 146.73\ cm^3$$

$$V_{total\ Estructura\ de\ Apoyo\ 2} = 160.72\ cm^3 - 146.73\ cm^3 = 14\ cm^3$$

$$M_{Estructura\ de\ Apoyo\ 2} = 160.72\ cm^3 \times 7.85\ \frac{gr}{cm^3} = 1261.65\ gr = 1.3\ Kg$$

$$M_2 = 146.73\ cm^3 \times 7.85\ \frac{gr}{cm^3} = 1151.83\ gr = 1.16\ Kg$$

$$M_{total\ Estructura\ de\ Apoyo\ 2} = 1.3\ Kg - 1.16\ Kg = 0.14\ Kg$$

$$W_{Estructura\ de\ Apoyo\ 2} = 1.3\ Kg \times 9.81\ \frac{m}{s^2} = 12.75\ N$$

$$W_2 = 1.16\ Kg \times 9.81\ \frac{m}{s^2} = 11.38\ N$$

$$W_{total\ Estructura\ de\ Apoyo\ 2} = 12.75\ N - 11.38\ N = 1.37\ N$$

$$V_{total\ Estructura\ de\ Apoyo} = 4 \times (56.07\ cm^3) + 14\ cm^3 = 238.28\ cm^3$$

$$M_{total\ Estructura\ de\ Apoyo} = 4 \times (0.44\ Kg) + 0.14\ Kg = 2\ Kg$$

$$W_{total\ Estructura\ de\ Apoyo} = 4 \times (4.32\ N) + 1.37\ N = 18.65\ N$$

Los resultados obtenidos para las Estructuras de Apoyo fueron un Peso de 18.65 N y un Volumen de $238.28\ cm^3$, para efectuar los siguientes cálculos a las próximas piezas las cuales son las Bocinas respectivamente, se recurrirá de nuevo a la Ec.16 para el Volumen de un cilindro, tanto para la geometría de la pieza como para realizar la resta de las diferencias que presenta.

$$V_{Bocina} = \pi \times (1.90\ cm)^2 \times 14\ cm = 158.78\ cm^3$$

$$V_2 = \pi \times (1.28 \text{ cm})^2 \times 14 \text{ cm} = 72.07 \text{ cm}^3$$

$$V_{total \text{ Bocina}} = 158.78 \text{ cm}^3 - 72.07 \text{ cm}^3 = 86.71 \text{ cm}^3$$

$$M_{Bocina} = 158.78 \text{ cm}^3 \times 7.85 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 1246.42 \text{ gr} = 1.2 \text{ Kg}$$

$$M_2 = 72.07 \text{ cm}^3 \times 7.85 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 565.75 \text{ gr} = 0.566 \text{ Kg}$$

$$M_{total \text{ Bocina}} = 1.2 \text{ Kg} - 0.566 \text{ Kg} = 0.634 \text{ Kg}$$

$$W_{Bocina} = 1.2 \text{ Kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 11.78 \text{ N}$$

$$W_2 = 0.566 \text{ Kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 5.56 \text{ N}$$

$$W_{total \text{ Bocina}} = 11.78 \text{ N} - 5.56 \text{ N} = 6.22 \text{ N}$$

Una vez realizados los cálculos correspondientes para las Bocinas, dió como resultado un Peso de 6.22 N y un Volumen de 86.71 cm^3 cada una, por último se realizará los cálculos para el Manifold en el cual se utilizaran las Ec.13 y Ec.15 dado las diversas geometrías de la pieza, de igual forma esta se subdividira en parte A y B, como se puede observar (Ver figuras 51 y 52).



Figura 51. Parte A del Manifold

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

$$V_{Manifold A} = 25.30 \text{ cm} \times 17 \text{ cm} \times 0.2 \text{ cm} = 86.02 \text{ cm}^3$$

$$M_{Manifold A} = 86.02 \text{ cm}^3 \times 7.85 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 675.257 \text{ gr} = 0.675 \text{ Kg}$$

$$W_{Manifold A} = 0.675 \text{ Kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 6.62 \text{ N}$$

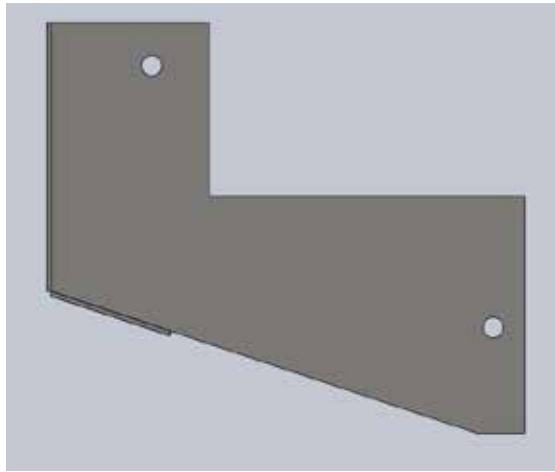


Figura 52. Parte B del Manifold

Fuente. Christopher Chacón (2018).

$$V_{Manifold B} = \left[\left(\frac{15 \text{ cm} + 8.81 \text{ cm}}{2} \right) \times 8.85 \text{ cm} \right] \times 0.2 \text{ cm} = 21.07 \text{ cm}^3$$

$$M_{Manifold B} = 21.07 \text{ cm}^3 \times 7.85 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 165.41 \text{ gr} = 0.165 \text{ Kg}$$

$$W_{Manifold B} = 0.165 \text{ Kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1.61 \text{ N}$$

Ahora con los valores tanto de la parte A como de la parte B del Manifold se procede a calcular el valor total de Peso y Volumen del mismo, de la siguiente forma:

$$V_{total \text{ Manifold}} = 86.02 \text{ cm}^3 + 2 \times (21.07 \text{ cm}^3) = 128.16 \text{ cm}^3$$

$$M_{total \text{ Manifold}} = 0.675 \text{ Kg} + 2 \times (0.165 \text{ Kg}) = 1 \text{ Kg}$$

$$W_{total\ Manifold} = 6.62\ N + 2\ x\ (1.61\ N) = 9.84\ N$$

Ya habiendo determinado cada uno de los Pesos y Volúmenes de las piezas que conforman a la dosificadora radial MANN+HUMMEL, se procede a determinar el Peso y Volumen total del equipo, como se puede apreciar en el siguiente cuadro (Ver Cuadro 22).

Nro.	Pieza	Peso (N)	Volumen (cm ^3)
1	Carro Movil	698,95	9155,7
2	Estructura del Cabezal (A y B)	123,23	1599,46
3	Guia Macho	15,861	205,97
4	Guia Hembra	21,58	279,68
5	Sufridera	25,56	305,95
6	Soportes Laterales	12,45	161,24
7	Bocinas	6,22	86,71
8	Manifold	9,84	128,16
	Valor Total	913,691	11922,87

Cuadro 22. Cuadro de Peso y Volumen individuales de las piezas que conforman a la dosificadora radial MANN+HUMMEL

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Una vez elaborado el cuadro de Peso y Volumen de cada una de las piezas que conforman a la dosificadora radial MANN+HUMMEL, se determina que el Peso total que posee el equipo es de 913.691 N sin contar a tanto las Barras Laterales como a la Estructuras de Apoyo dado que estas piezas cumple la función de guía del equipo y no están incorporadas al mismo por lo que a la hora de realizar el cálculo por el Peso y Volumen total no se tomaron en consideración, además también se determinó el Volumen total el cual corresponde a 11922.87 cm^3 respectivamente.

5.3.3 Análisis de tensiones

Habiendo establecido tanto los materiales a emplear en cada una de las piezas que componen a la dosificadora radial MANN+HUMMEL como los Pesos y Volúmenes de las mismas, se procede a efectuar un análisis de tensiones o análisis estático el cual calcula los desplazamientos, deformaciones unitarias, y tensiones en una pieza basándose en el material, las sujeciones y las cargas que se le pueden dar a

la misma. Aplicando este análisis a cada una de las piezas antes mencionadas se determinará los máximos esfuerzos alcanzados por las mismas de acuerdo a el criterio de máxima tensión de Von Mises, y así poder verificar la correcta selección de dichos materiales, además de determinar el máximo desplazamiento del sistema durante la operación de la pieza.

Se iniciará este análisis al igual que en los procesos anteriores partiendo por el Carro Móvil, se proceden a colocar las sujeciones del elemento en las caras donde irán los puntos de apoyo del mismo, como se muestra en la siguiente figura en donde las múltiples flechas verdes indican cada una de las sujeciones aplicadas en los lugares donde se ubican los puntos de apoyo de la pieza ya mencionados anteriormente (Ver figura 53).

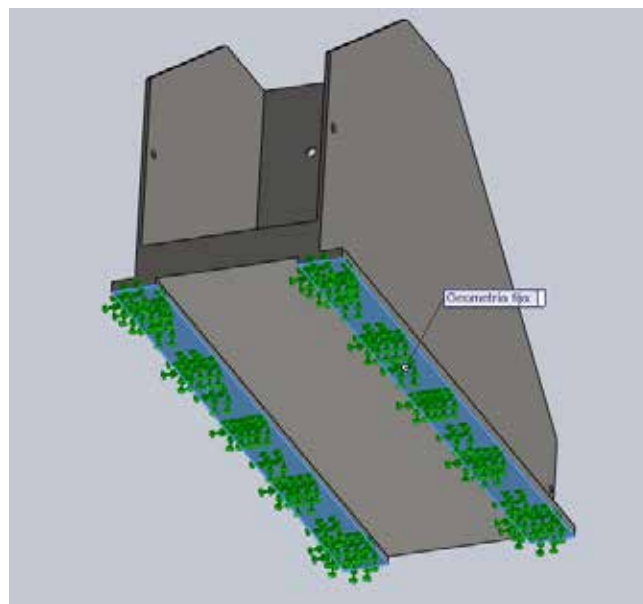


Figura 53. Sujeciones aplicadas al Carro Movil
Fuente. Christopher Chacón (2018).

Una vez colocadas las sujeciones se aplicaran unas fuerzas de 700 N que es un valor mayor al peso de la pieza mas pesada que conforma a la dosificadora, la cual es en este caso a la pieza de estudio en cuestión (Ver figura 54).

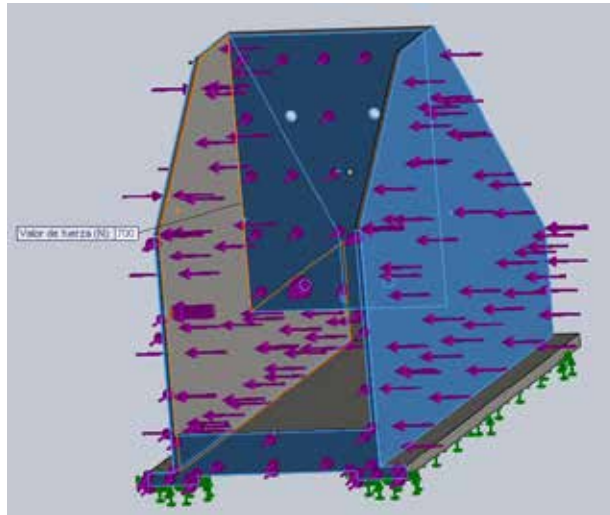


Figura 54. Fuerzas aplicadas al Carro Movil
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Se realiza la simulacion y se obtienen los siguientes resultados:

- Von Mises:

La simulacion arroja como resultado que durante la operacion del elemento el máximo esfuerzo alcanzado sera de 10374218 N/m^2 lo que equivale a 10,38 MPa, valor que no excede el esfuerzo de fluencia del material el cual es de 210 MPa (Ver figura 55).

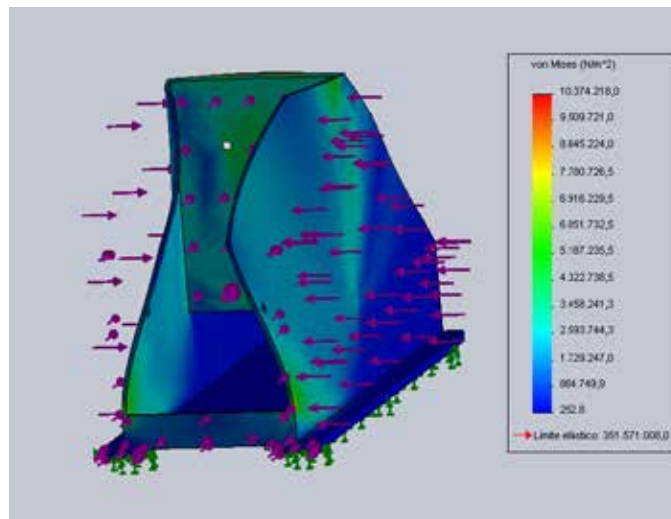


Figura 55. Simulación de Von Mises aplicada al Carro Movil
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

- Desplazamiento:

La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo desplazamiento del sistema será de 0,24 mm, por lo que se deduce que el elemento operará en condiciones estables (Ver figura 56).

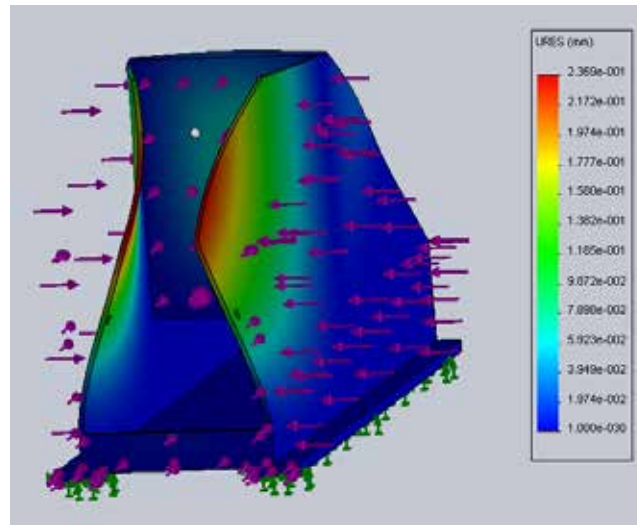


Figura 56. Simulación de Desplazamiento aplicada al Carro Movil

Fuente. Christopher Chacón (2018).

La siguiente pieza a la que se le hará este análisis es la Estructura del Cabezal tanto para la parte A como la parte B, se proceden de igual forma a ubicar las sujeciones del elemento en las caras donde irán los puntos de apoyo que posee el mismo (Ver figuras 57 y 58).

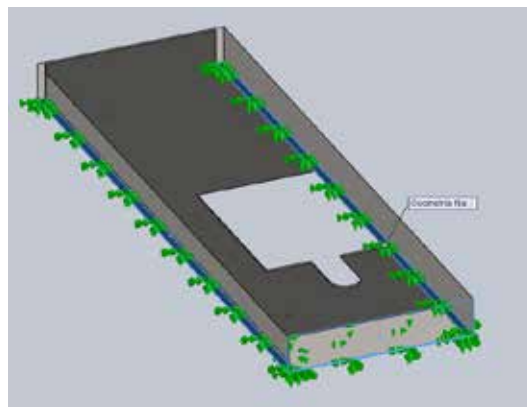


Figura 57. Sujeciones aplicadas a la Estructura del Cabezal (A)

Fuente. Christopher Chacón (2018).

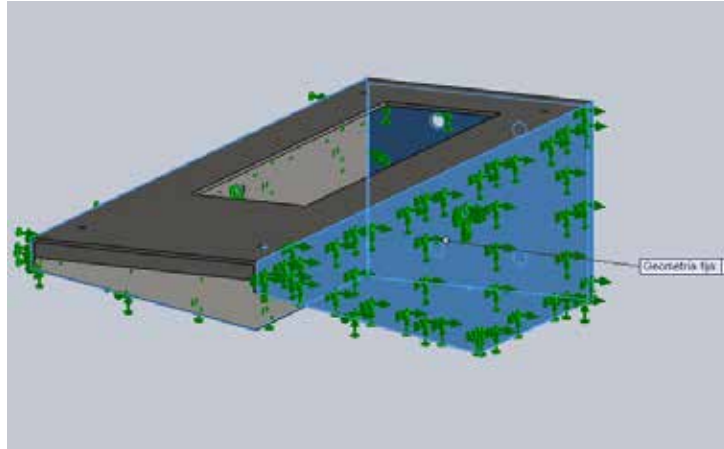


Figura 58. Sujeciones aplicadas a la Estructura del Cabezal (B)

Fuente. Christopher Chacón (2018).

Con las sujeciones ya colocadas se emplearan unas fuerzas de 700 N que es un valor mayor al peso de la pieza mas pesada que conforma a la dosificadora, la cual es en este caso el Carro Movil (Ver figuras 59 y 60).

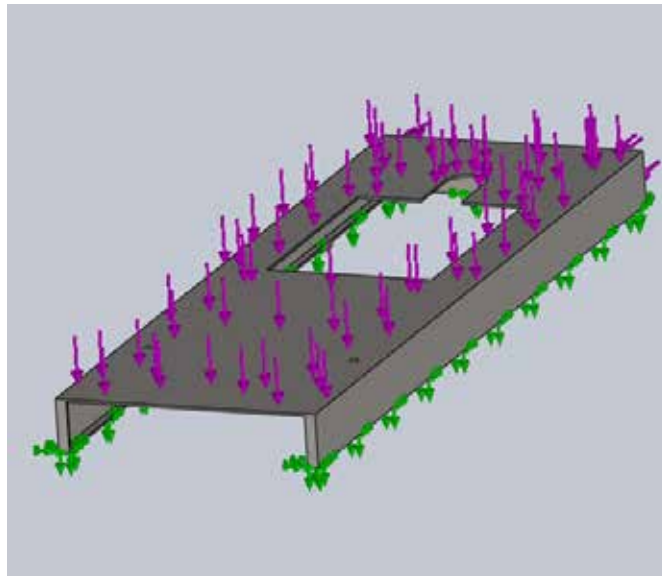


Figura 59. Fuerzas aplicadas a la Estructura del Cabezal (A)

Fuente. Christopher Chacón (2018).

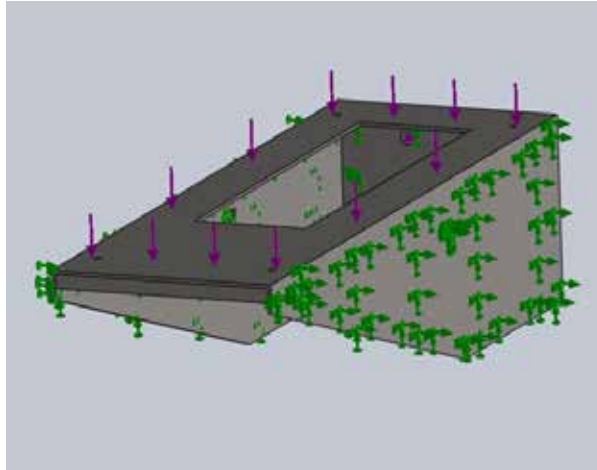


Figura 60. Fuerzas aplicadas a la Estructura del Cabezal (B)

Fuente. Christopher Chacón (2018).

Se realizaron las simulaciones y se obtienen los siguientes resultados:

- Von Mises:

La simulacion arroja como resultado que durante la operacion del elemento el maximo esfuerzo alcanzado sera de 21538538 N/m^2 lo que equivale a 21,54 MPa, valor que no excede el esfuerzo de fluencia del material el cual es de 210 MPa (Ver figura 61).

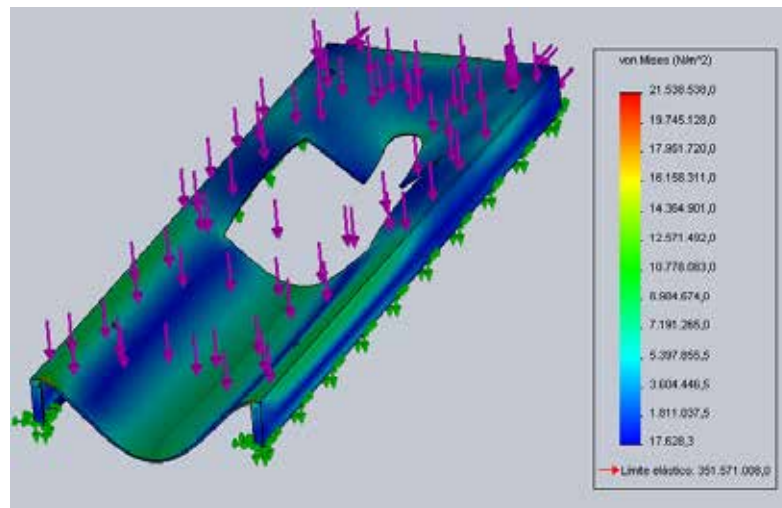


Figura 61. Simulación de Von Mises aplicada a la Estructura del Cabezal (A)

Fuente. Christopher Chacón (2018).

- Von Mises:

La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo esfuerzo alcanzado será de 3617404 N/m^2 lo que equivale a $3,62 \text{ Mpa}$, valor que no excede el esfuerzo de fluencia del material el cual es de 210 MPa (Ver figura 62).

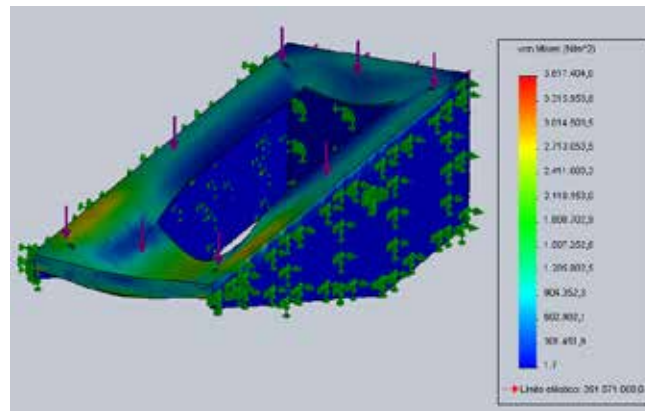


Figura 62. Simulación de Von Mises aplicada a la Estructura del Cabezal (B)

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

- Desplazamiento:

La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo desplazamiento del sistema será de $0,17 \text{ mm}$, por lo que se deduce que el elemento operará en condiciones estables (Ver figura 63).

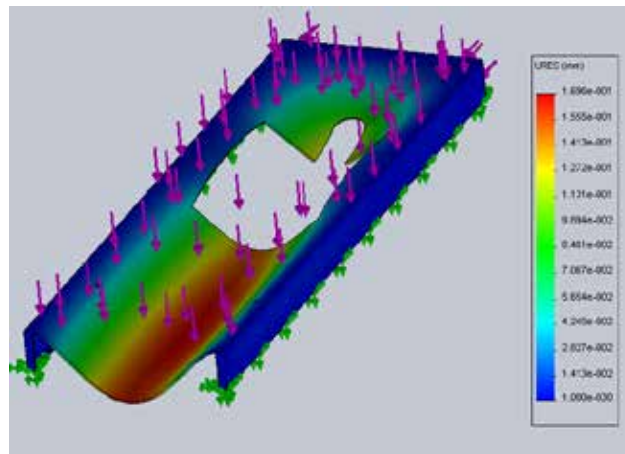


Figura 63. Simulación de Desplazamiento aplicada a la Estructura del Cabezal (A)

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

- Desplazamiento:

La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo desplazamiento del sistema será de 0,25 mm, por lo que se deduce que el elemento operará en condiciones estables (Ver figura 64).

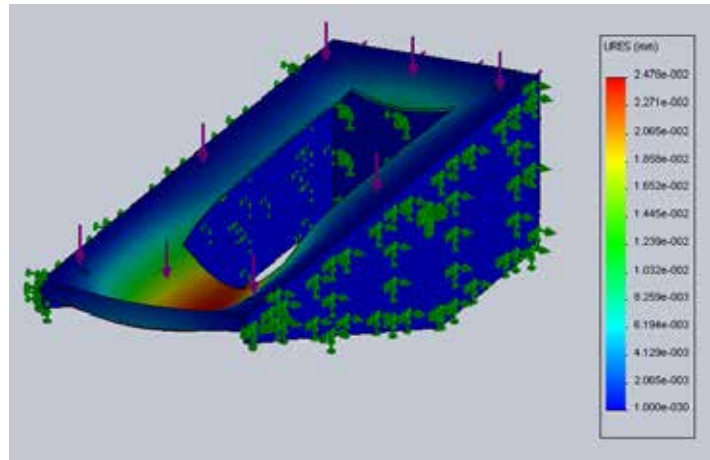


Figura 64. Simulación de Desplazamiento aplicada a la Estructura del Cabezal (B)

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Ahora las piezas a las que se le hará este análisis es las Guia Hembra y Guia Macho, se proceden de igual forma a ubicar las sujeciones del elemento en las caras donde iran los puntos de apoyo que posee el mismo (Ver figuras 65 y 66).

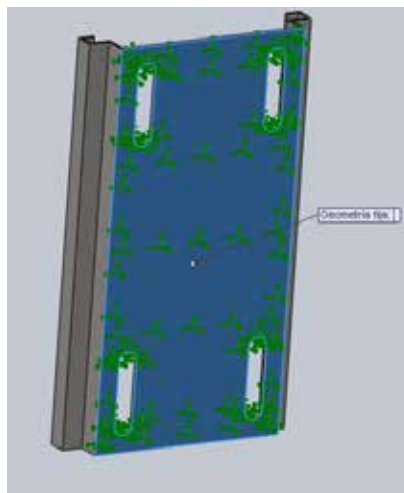


Figura 65. Sujeciones aplicadas a la Guia Hembra

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

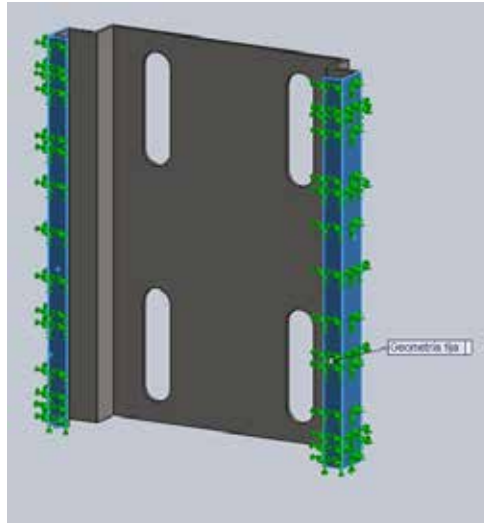


Figura 66. Sujeciones aplicadas a la Guia Macho
Fuente. Christopher Chacón (2018).

Con las sujeciones ya colocadas se emplearan unas fuerzas de 700 N que es un valor mayor al peso de la pieza mas pesada que conforma a la dosificadora, la cual es en este caso el Carro Movil (Ver figuras 67 y 68).

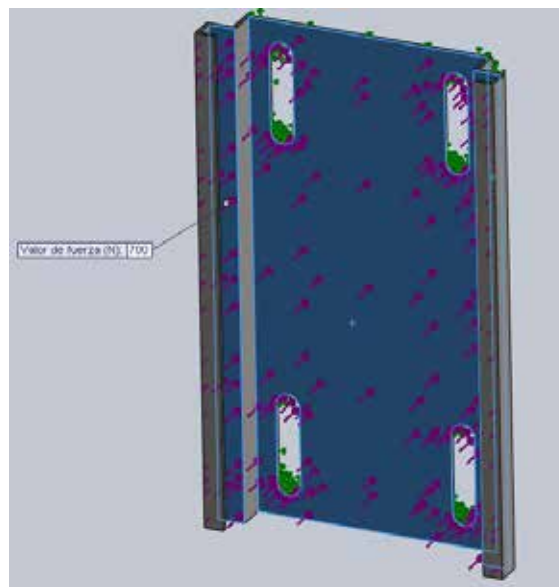


Figura 67. Fuerzas aplicadas a la Guia Hembra
Fuente. Christopher Chacón (2018).

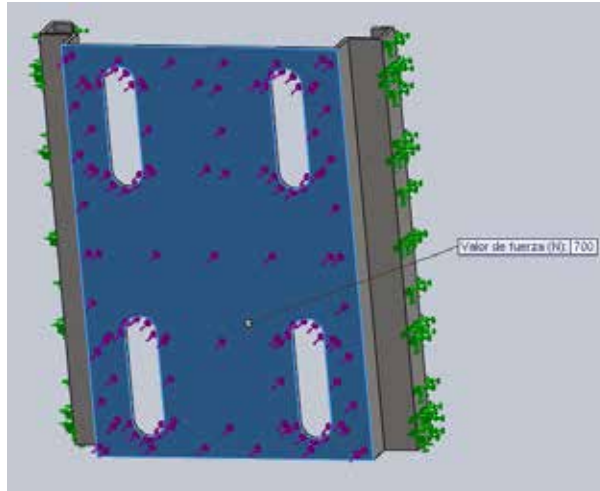


Figura 68. Fuerzas aplicadas a la Guia Macho
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Se realizaron las simulaciones y se obtienen los siguientes resultados:

- Von Mises:

La simulacion arroja como resultado que durante la operacion del elemento el maximo esfuerzo alcanzado sera de 9389083 N/m^2 lo que equivale a 9,39 Mpa, valor que no excede el esfuerzo de fluencia del material el cual es de 310 MPa por ser un Acero SAE 1045 (Ver figura 69).

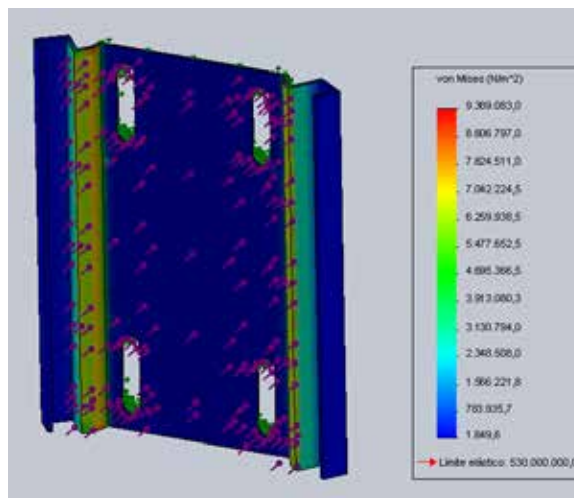


Figura 69. Simulación de Von Mises aplicada a la Guia Hembra
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

- Von Mises:

La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo esfuerzo alcanzado será de 30539184 N/m^2 lo que equivale a 30,54 MPa, valor que no excede el esfuerzo de fluencia del material el cual es de 310 MPa por ser un Acero SAE 1045 (Ver figura 70).

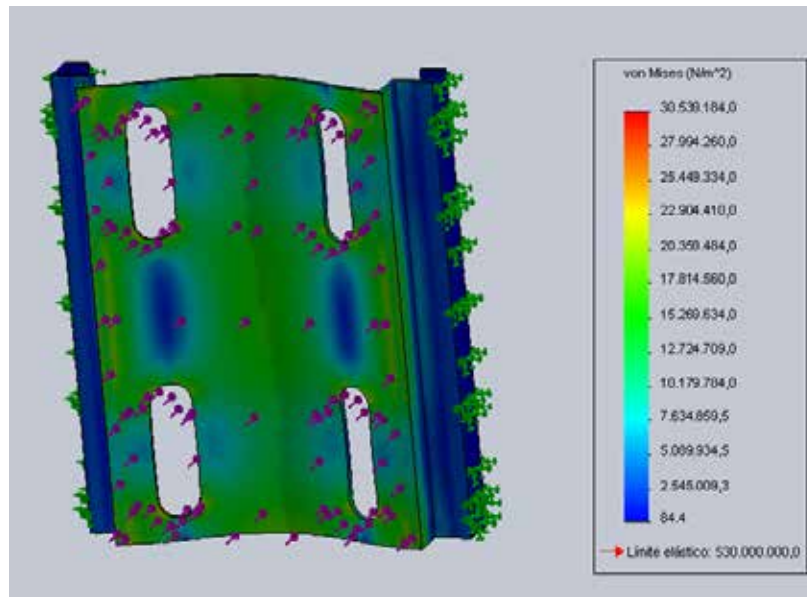


Figura 70. Simulación de Von Mises aplicada a la Guía Macho

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

- Desplazamiento:

La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo desplazamiento del sistema será de 0,024 mm, por lo que se deduce que el elemento operará en condiciones estables (Ver figura 71).

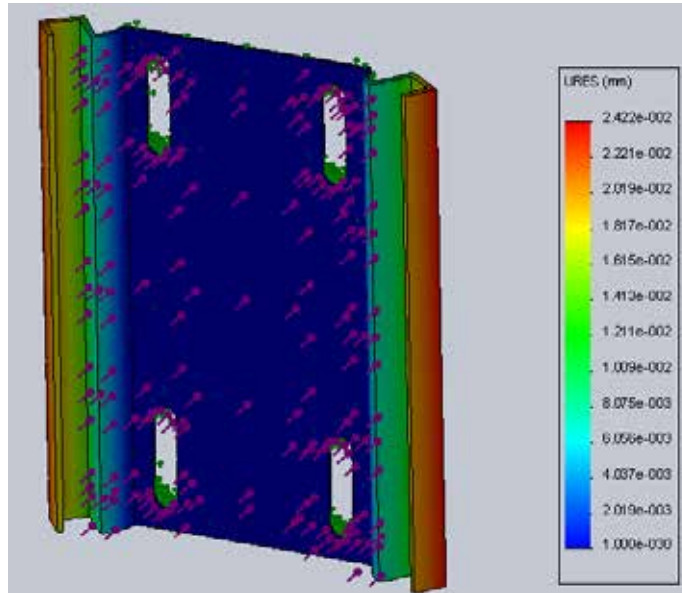


Figura 71. Simulación de Desplazamiento aplicada a la Guia Hembra
Fuente. Christopher Chacón (2018).

- Desplazamiento:

La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo desplazamiento del sistema será de 0,13 mm, por lo que se deduce que el elemento operará en condiciones estables (Ver figura 72).

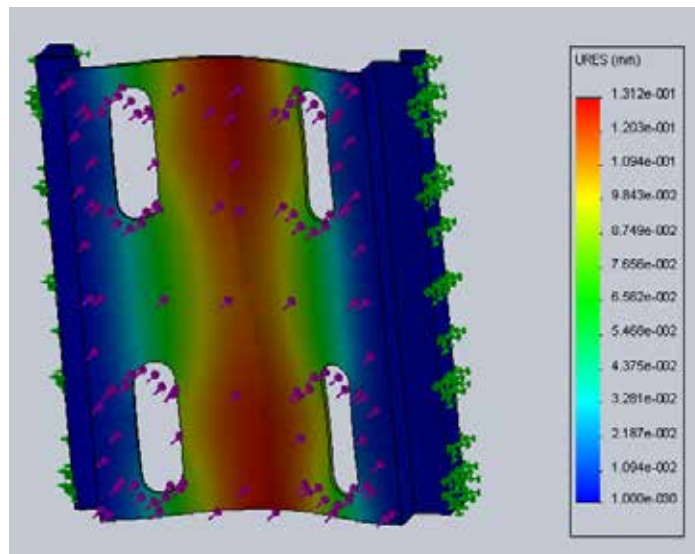


Figura 72. Simulación de Desplazamiento aplicada a la Guia Macho
Fuente. Christopher Chacón (2018).

Ahora a la pieza a la que se le hará este análisis es la Sufridera respectivamente, se proceden de igual forma a ubicar las sujeciones del elemento en las caras donde irán los puntos de apoyo que posee el mismo (Ver figuras 73).

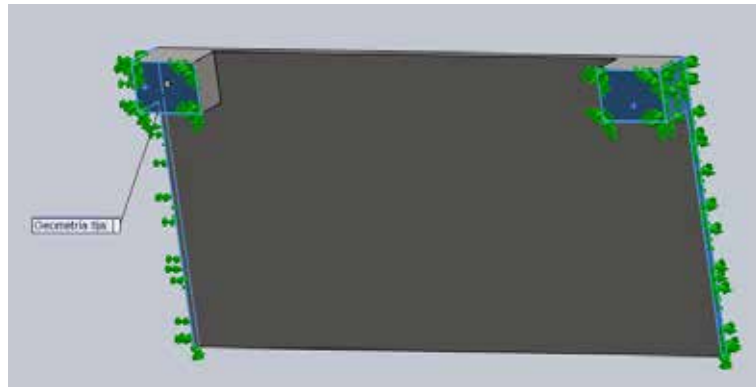


Figura 73. Sujeciones aplicadas a la Sufridera

Fuente. Christopher Chacón (2018).

Con las sujeciones ya colocadas se empleara una fuerza de 950 N que es un valor mayor al peso de la dosificadora misma, esto debido a que la Sufridera al momento de detener al equipo recibe todo el peso del mismo en un punto, por lo que es necesario utilizar este valor para la fuerza a aplicar, para determinar de forma correcta la selección del material ya planteada (Ver figura 74).

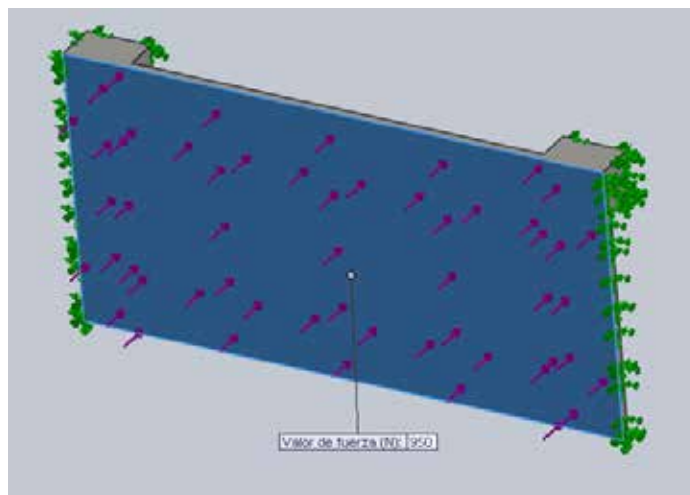


Figura 74. Fuerza aplicada a la Sufridera

Fuente. Christopher Chacón (2018).

Se realizaron las simulaciones y se obtienen los siguientes resultados:

- Von Mises:

La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo esfuerzo alcanzado será de 45005272 N/m^2 lo que equivale a 45,00 MPa, valor que no excede el esfuerzo de fluencia del material el cual es de 345 MPa por ser un Acero SAE 1060 (Ver figura 75).

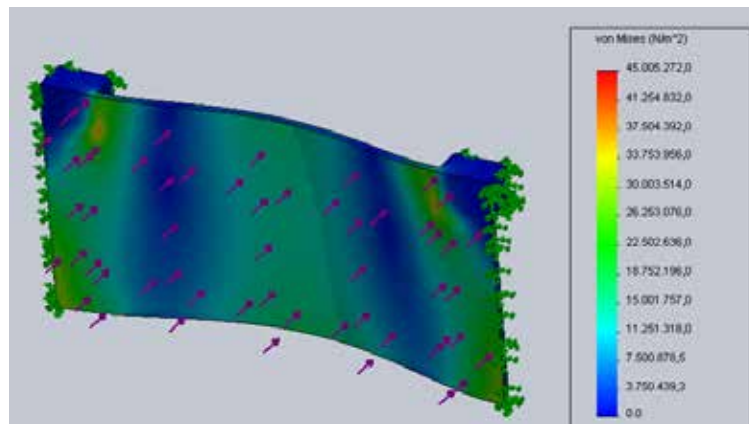


Figura 75. Simulación de Von Mises aplicada a la Sufridera
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

- Desplazamiento:

La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo desplazamiento del sistema será de 0,22 mm, por lo que se deduce que el elemento operará en condiciones estables (Ver figura 76).

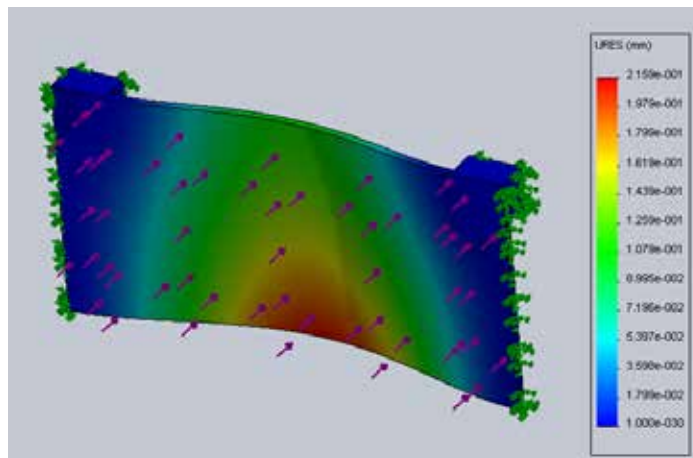


Figura 76. Simulación de Desplazamiento aplicada a la Guia Macho
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

La próxima pieza a la que se le hará este análisis es la Barra Lateral, se proceden de igual forma a ubicar las sujeciones del elemento en las caras donde irán los puntos de apoyo que posee el mismo (Ver figura 77).

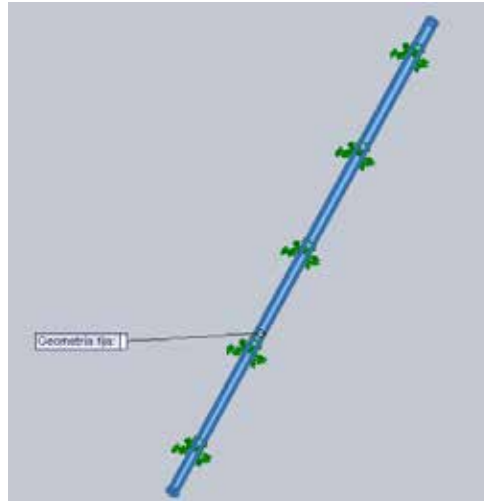


Figura 77. Sujeciones aplicadas a la Barra Lateral

Fuente. Christopher Chacón (2018).

Con las sujeciones ya colocadas se emplearán unas fuerzas de 700 N que es un valor mayor al peso de la pieza más pesada que conforma a la dosificadora, la cual es en este caso el Carro Móvil (Ver figura 78).

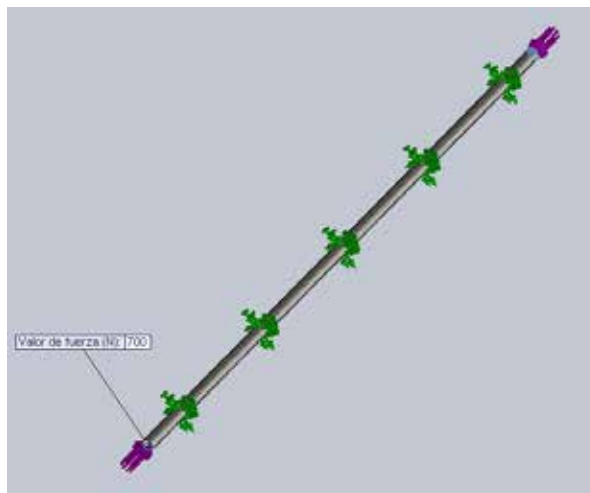


Figura 78. Fuerza aplicada a la Barra Lateral

Fuente. Christopher Chacón (2018).

Se realizaron las simulaciones y se obtienen los siguientes resultados:

- Von Mises:

La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo esfuerzo alcanzado será de 2032604 N/m² lo que equivale a 2,03 MPa, valor que no excede el esfuerzo de fluencia del material el cual es de 310 MPa por ser un Acero SAE 1045 (Ver figura 79).

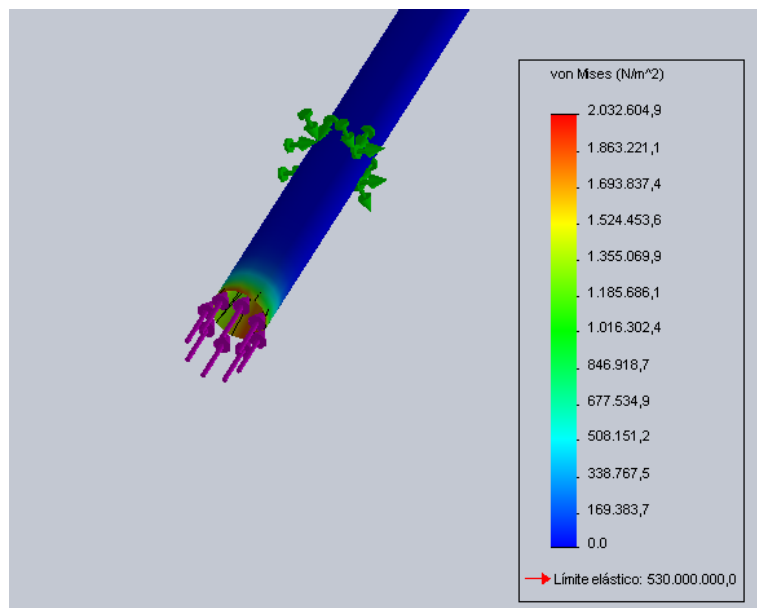


Figura 79. Simulación de Von Mises aplicada a la Barra Lateral

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

- Desplazamiento:

La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo desplazamiento del sistema será de 7.744×10^{-5} mm, por lo que se deduce que el elemento operará en condiciones estables (Ver figura 80).

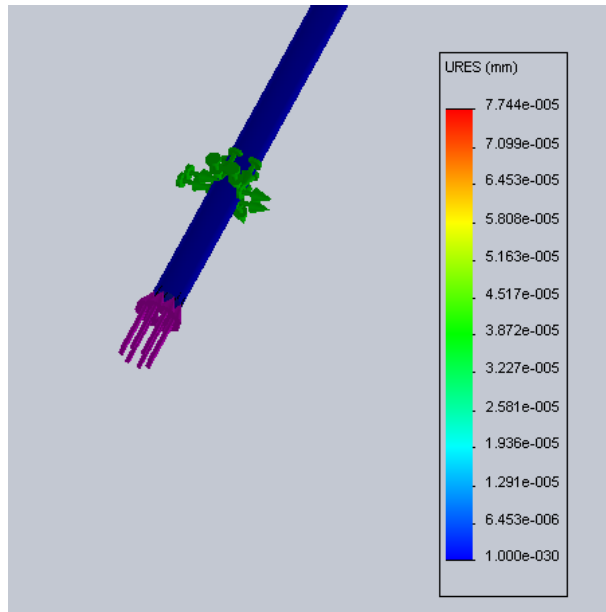


Figura 80. Simulación de Desplazamiento aplicada a la Barra Lateral
Fuente. Christopher Chacón (2018).

La próxima pieza a la que se le hará este análisis es al Soporte Lateral, se proceden de igual forma a ubicar las sujeciones del elemento en las caras donde irán los puntos de apoyo que posee el mismo (Ver figura 81).

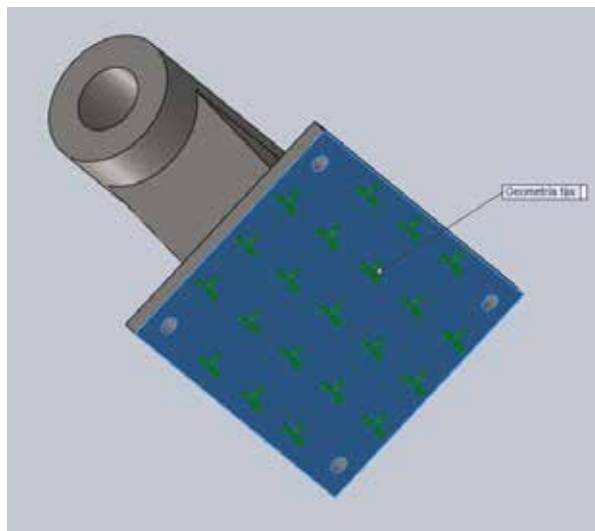


Figura 81. Sujeciones aplicadas al Soporte Lateral
Fuente. Christopher Chacón (2018).

Con las sujeciones ya colocadas se emplearan unas fuerzas de 700 N que es un valor mayor al peso de la pieza mas pesada que conforma a la dosificadora, la cual es en este caso el Carro Móvil (Ver figura 82).

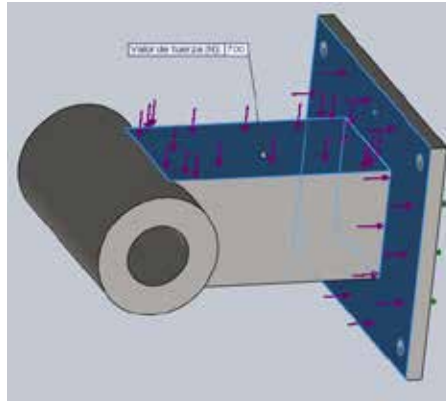


Figura 82. Fuerzas aplicadas al Soporte Lateral

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Se realizaron las simulaciones y se obtienen los siguientes resultados:

- Von Mises:

La simulacion arroja como resultado que durante la operacion del elemento el maximo esfuerzo alcanzado sera de 1071864 N/m^2 lo que equivale a 1,07 Mpa, valor que no excede el esfuerzo de fluencia del material el cual es de 310 MPa por ser un Acero SAE 1045 (Ver figura 83).

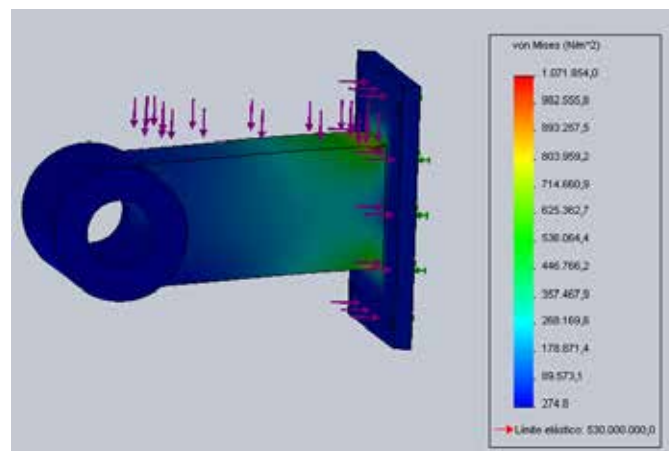


Figura 83. Simulación de Von Mises aplicada al Soporte Lateral

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

- Desplazamiento:

La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo desplazamiento del sistema será de 1.021×10^{-3} mm, por lo que se deduce que el elemento operará en condiciones estables (Ver figura 84).

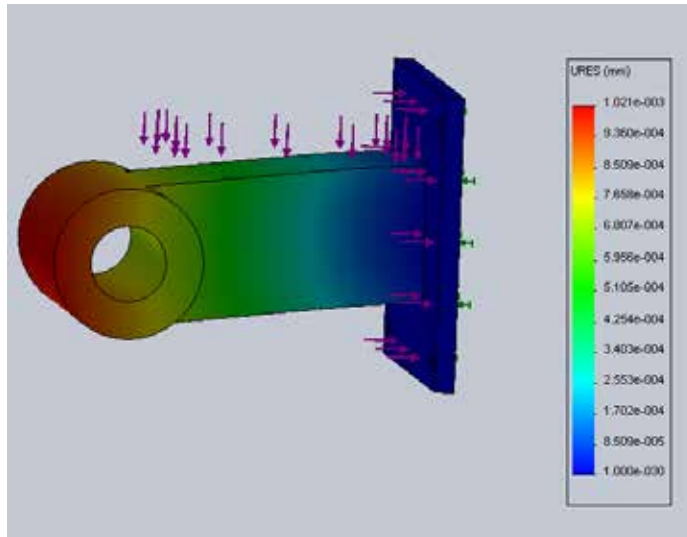


Figura 84. Simulación de Desplazamiento aplicada al Soporte Lateral

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

La próxima pieza a la que se le hará este análisis es a la Estructura de Apoyo, se proceden de igual forma a ubicar las sujeciones del elemento en las caras donde irán los puntos de apoyo que posee el mismo (Ver figura 85).

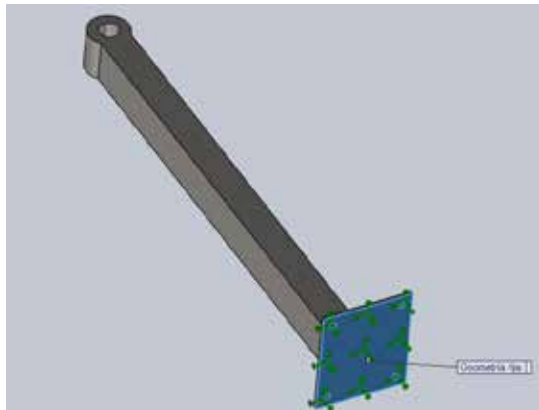


Figura 85. Sujeciones aplicadas a la Estructura de Apoyo

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Con las sujeciones ya colocadas se emplearan unas fuerzas de 700 N que es un valor mayor al peso de la pieza mas pesada que conforma a la dosificadora, la cual es en este caso el Carro Móvil (Ver figura 86).

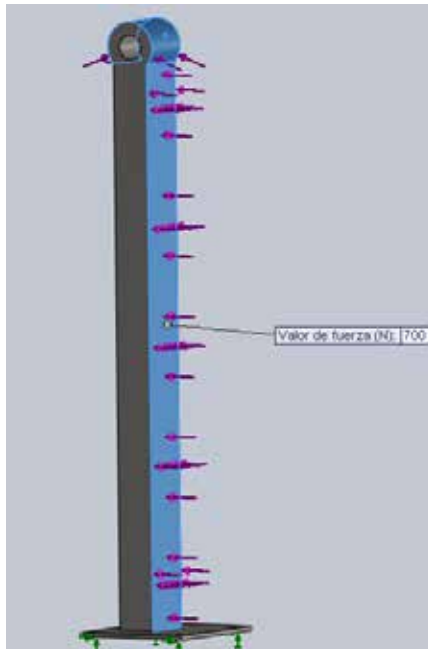


Figura 86. Fuerzas aplicadas a la Estructura de Apoyo

Fuente. Christopher Chacón (2018).

Se realizaron las simulaciones y se obtienen los siguientes resultados:

- Von Mises:

La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo esfuerzo alcanzado será de 12825115 N/m^2 lo que equivale a 12,83 MPa, valor que no excede el esfuerzo de fluencia del material el cual es de 310 MPa por ser un Acero SAE 1045 (Ver figura 87).

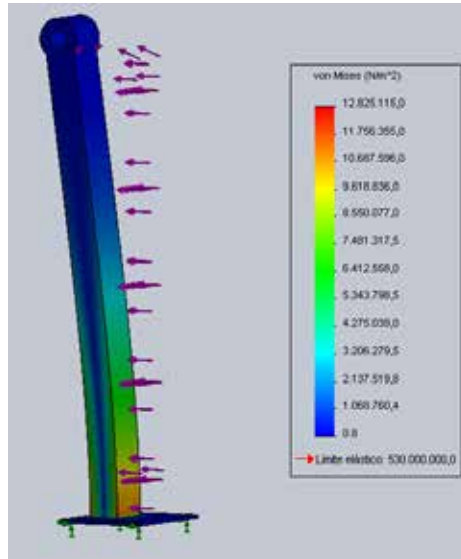


Figura 87. Simulación de Von Mises aplicada a la Estructura de Apoyo
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

· Desplazamiento:

La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo desplazamiento del sistema será de 0.30 mm, por lo que se deduce que el elemento operará en condiciones estables (Ver figura 88).

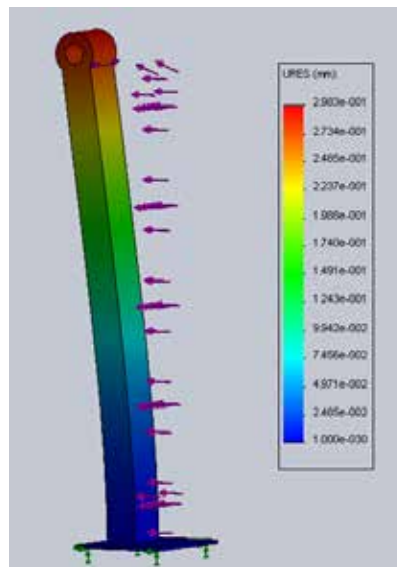


Figura 88. Simulación de Desplazamiento aplicada a la Estructura de Apoyo
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

La próxima pieza a la que se le hará este análisis es a la Bocina, se proceden de igual forma a ubicar las sujeciones del elemento en las caras donde irán los puntos de apoyo que posee el mismo (Ver figura 89).

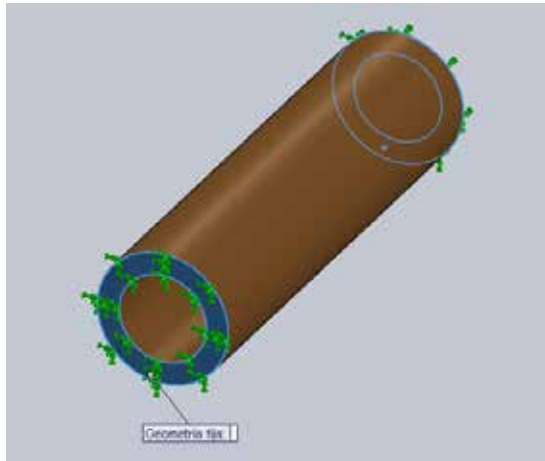


Figura 89. Sujeciones aplicadas a la Bocina
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Con las sujeciones ya colocadas se emplearan unas fuerzas de 700 N que es un valor mayor al peso de la pieza mas pesada que conforma a la dosificadora, la cual es en este caso el Carro Móvil (Ver figura 90).

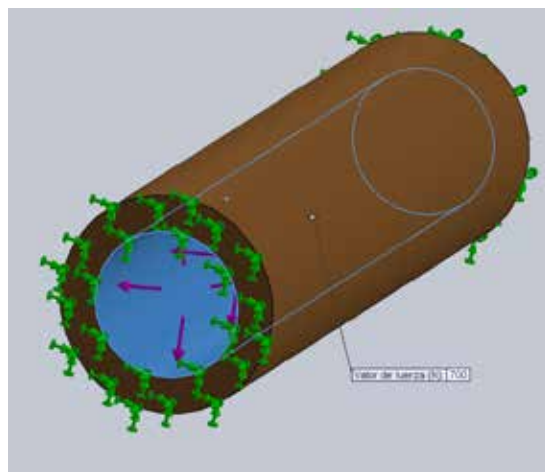


Figura 90. Fuerzas aplicadas a la Bocina
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Se realizaron las simulaciones y se obtienen los siguientes resultados:

- Von Mises:

La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo esfuerzo alcanzado será de 220541 N/m² lo que equivale a 0,022 Mpa, valor que no excede el esfuerzo de fluencia del material el cual es de 193 MPa por ser un Bronce SAE 63 (Ver figura 91).

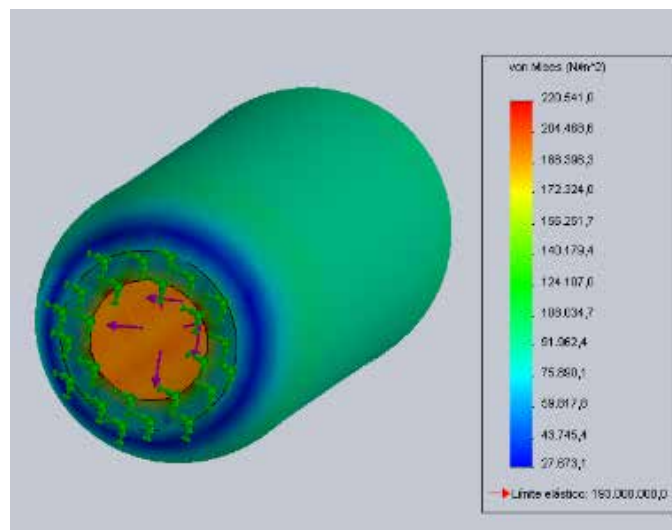


Figura 91. Simulación de Von Mises aplicada a la Bocina

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

- Desplazamiento:

La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo desplazamiento del sistema será de 2.091×10^{-5} mm, por lo que se deduce que el elemento operará en condiciones estables (Ver figura 92).

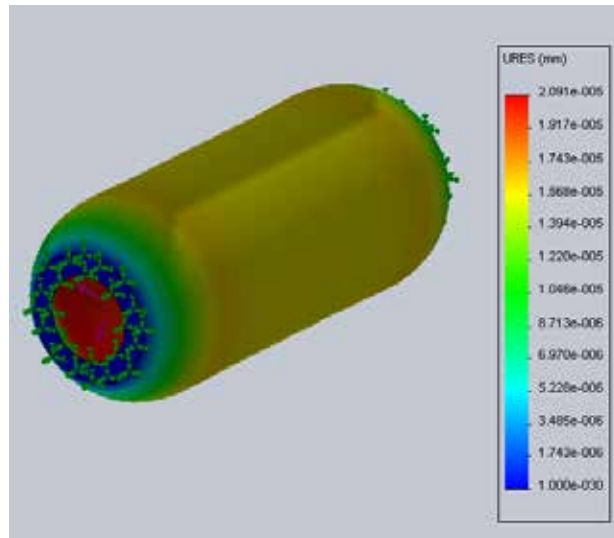


Figura 92. Simulación de Desplazamiento aplicada a la Bocina
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

La última pieza a la que se le hará este análisis es al Manifold, se proceden de igual forma a ubicar las sujeciones del elemento en las caras donde irán los puntos de apoyo que posee el mismo (Ver figuras 93).

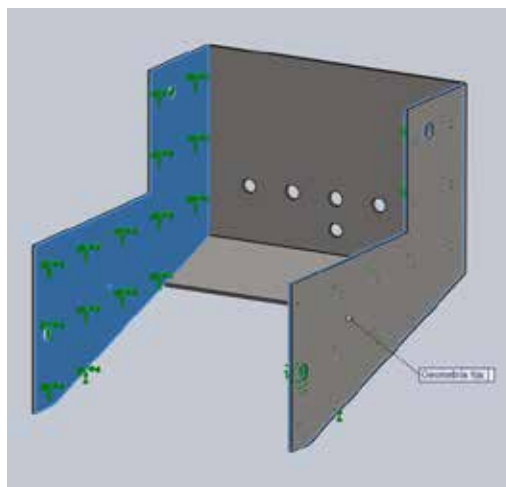


Figura 93. Sujeciones aplicadas al Manifold
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Con las sujeciones ya colocadas se emplearán unas fuerzas de 700 N que es un valor mayor al peso de la pieza mas pesada que conforma a la dosificadora, la cual es en este caso el Carro Móvil (Ver figura 94).

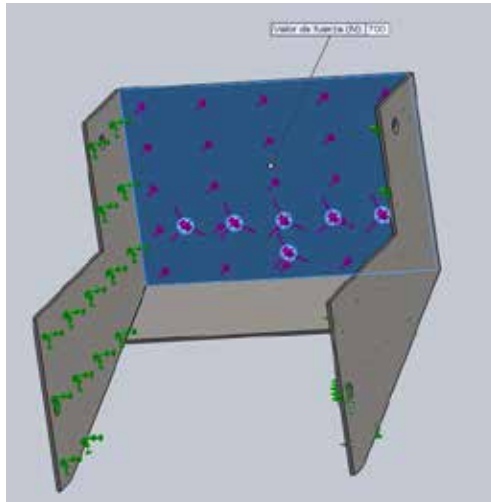


Figura 94. Fuerzas aplicadas al Manifold

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Se realizaron las simulaciones y se obtienen los siguientes resultados:

- Von Mises:
La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo esfuerzo alcanzado sera de 2106613 N/m^2 lo que equivale a 2,11 Mpa, valor que no excede el esfuerzo de fluencia del material el cual es de 210 MPa por ser un Acero SAE 1020.
- Desplazamiento:
La simulación arroja como resultado que durante la operación del elemento el máximo desplazamiento del sistema será de 0.19 mm,, por lo que se deduce que el elemento operará en condiciones estables.

5.3.4 Selección de compontes neumáticos

Una vez finalizado el Análisis de tensiones aplicado a cada una de las piezas que componen a la propuesta seleccionada, se pudo comprobar la correcta selección de materiales, además de determinar el desplazamiento maximo que tendrán las mismas. Ahora se realizará la selección de los componentes que posee el circuito neumático del sistema de desplazamiento de la dosificadora radial MANN+HUMMEL, así como

también se determinará los parámetros de operación y la cantidad de dichos componentes, como se puede visualizar en el siguiente cuadro (Ver Cuadro 23).

Nro.	Componente	Cantidad
1	Actuador neumático de doble efecto	2
2	Válvula antirretorno estranguladora	2
3	Válvula 5/2 accionada neumáticamente	2
4	Válvula 3/2 accionada por esfuerzo y retorno por muelle	1
5	Válvula 3/2 accionada por rodillo y retorno por muelle	3
6	Válvula 3/2 con enclavamiento y retorno por muelle	1
7	Válvula 3/2 accionada neumáticamente y retorno por muelle	1
8	Contador neumático	1
9	Unidad de mantenimiento o unidad FRL	1
10	Compresor	1

Cuadro 23. Cuadro de componentes neumáticos de la dosificadora radial MANN+HUMMEL

Fuente. Christopher Chacón (2018).

Inicialmente se seleccionarán los Actuadores neumáticos de doble efecto 1 y 2, a la hora de hacer la selección de dichos componentes se debe tomar en consideración el hecho de que la longitud de carrera del Actuador 1 debe tener un mínimo de 30 cm y la longitud de carrera del Actuador 2 debe tener un mínimo de 10 cm, estas longitudes corresponden tanto al desplazamiento de la dosificadora a la posición de dosificación 1 la cual parte desde el punto de purga hasta el inicio del plato de dosificado para el Actuador 1, como el desplazamiento del Cabezal desde el inicio del plato de dosificado al centro de la mismo para la posición de dosificación 2 para el Actuador 2, esto se puede apreciar en la siguiente imagen en donde X1 representa el desplazamiento del Actuador 1 y X2 el desplazamiento del Actuador 2 respectivamente (Ver figuras 95 y 96).

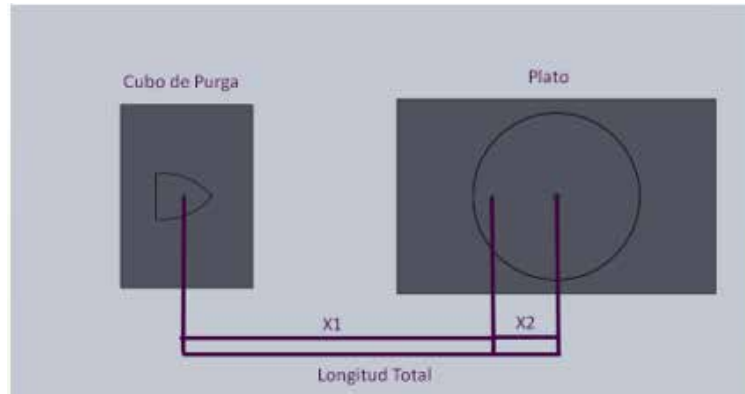


Figura 95. Desplazamientos del Actuador 1 y 2
Fuente. Christopher Chacón (2018).

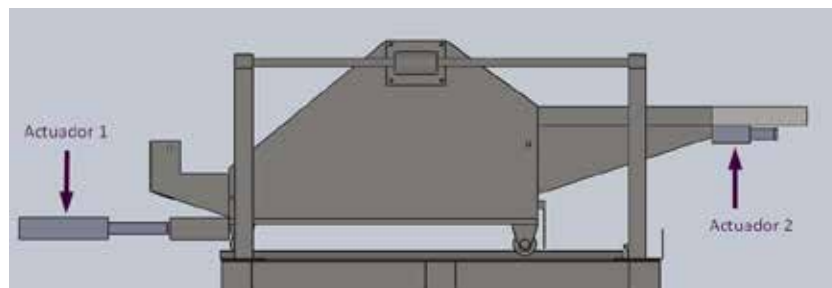


Figura 96. Ubicación de Actuadores 1 y 2
Fuente. Christopher Chacón (2018).

Con estas longitudes de carrera definidas se procede a hacer la selección de los Actuadores 1 y 2, para poder seleccionar el actuador neumático correcto es preciso tener el conocimiento de la fuerza que tiene que aplicar el mismo, para en este caso poder desplazar tanto a la dosificadora a la posición de dosificación 1 como al cabezal de la misma a la posición de dosificación 2. Para ello basándonos en el peso de la dosificadora, que corresponde a 913.691 N y sabiendo el coeficiente de fricción estático acero-acero existente entre la superficie del riel por donde se desplaza y las ruedas con base en v de la misma, para de esta forma poder determinar así la fuerza anteriormente nombrada.

$$F_{Req} = P_{Aplicada} \times \mu S \quad (\text{Ec.17})$$

$$F_{Req} = 913.691 \text{ N} \times 0.74$$

$$F_{Req} = 676.131 N$$

Dónde:

F_{Req} = Fuerza requerida por el Actuador (N)

s = Coeficiente de fricción estático Acero-Acero

$P_{Aplicada}$ = Carga aplicada (N)

Con el valor de la fuerza obtenida buscamos en el catálogo de cilindros normalizados DNC, ISO 15552 de Festo y seleccionamos un cilindro de doble efecto tipo DNC con un diámetro del émbolo de 40 mm y 30 mm de carrera, este es capaz de ejercer una fuerza de 754 N y este posee un rango de operación con presiones desde 0,6 a 12 bar, para mayor detalle de este y los siguientes componentes a seleccionar dirigirse a la sección de anexos (Ver anexo C).

Con el Actuador 1 ya seleccionado se realizara la correspondiente selección del Actuador 2, para ello se tomará en consideración el peso que posee el Cabezal debido a que es el elemento en cuestión que debe desplazar, este tiene un peso de 98.07 N y dado que en el desplazamiento del mismo no esta expuesto a roce, la fuerza a aplicar por el Actuador 2 sera el peso ya mencionado. Se procede a seleccionar en el catálogo 1001-4 BR-E de cilindros neumáticos compactos de Parker y seleccionamos un cilindro de doble efecto serie P1M con un diámetro del pistón de 20 mm y 10 mm de diámetro del vástago, este es capaz de ejercer una fuerza de 188 N y puede operar hasta una presión máxima de 10 bar, lo que lo hace la elección ideal dado lo compacto de su diseño y la carga que debe desplazar.

Ahora sabiendo las dimensiones de los embolos y la fuerzas a movilizar por cada Actuador se procede a calcular la presión requerida por el sistema de la siguiente forma:

$$P = \frac{F_{Req}}{\pi/4 \times D_{Embolo}^2} \quad (Ec.18)$$

$$P = \frac{676.131 \text{ N}}{\pi/4 \times 0,04 \text{ m}^2}$$

$$P = 538047.95 \text{ Pa} = 5.38 \text{ Bar}$$

Dónde:

F_{Req} = Fuerza requerida por el Actuador (N)

D_{Embolo} = Diametro del Embolo (mm)

P = Presión de Trabajo (Pa)

Dado que la fuerza requerida por el Actuador 1 es mayor a la del Actuador 2 se escogió esta a la hora de calcular la presión requerida por el sistema y dado que los dos Actuadores pueden llegar a operar hasta una presión maxima de 10 Bar, el funcionamiento de los mismos debe ser el ideal.

Ahora se realizará la correspondiente selección del Compresor a emplear en el sistema, para ello se requiere de tres valores fundamentales, estos son:

- Presión de Aire
- Caudal de Trabajo
- Potencia de Trabajo

Anteriormente se definio la mínima Presión de Trabajo requerida por el sistema, la cual es 5.38 Bar, ahora se procederá a realizar los cálculos para determinar el Caudal de Trabajo correspondiente.

Para el cálculo del caudal de trabajo se tendra primero elegir un tiempo de trabajo para que el vástago del Actuador haga el recorrido de la carrera completo el cual en este caso el mas extenso es de 30 mm y tomando en consideración la longitud necesaria para el desplazamiento de la dosificadora a la posición de dosificación 1, el tiempo a utilizar será de 1 s.

$$Va = \frac{30 \text{ mm}}{1 \text{ s}} = \frac{30 \text{ mm}}{\text{s}}$$

$$Q = Va \times A \tag{Ec.19}$$

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

Dónde:

Va = Velocidad del actuador neumático (mm/s)

Q = Caudal de trabajo (l/min)

D = Diámetro del pistón (mm)

A = Área

Una vez definida la Ec.17 y los valores a utilizar sustituimos en la misma, para de esta forma poder obtener el valor del Caudal de Trabajo.

$$A = \frac{\pi \times 40 \text{ mm}^2}{4} = 1256.637 \text{ mm}^2$$

$$Q = \left(\frac{30 \text{ mm}}{s} \right) \times (1256.637 \text{ mm}^2) = 37699.111 \text{ mm}^3/s$$

$$Q = 37699.111 \frac{\text{mm}^3}{s} = 37.701 \frac{\text{cm}^3}{s} = 2.262 \frac{L}{\text{min}}$$

Una vez calculado el Caudal de Trabajo a emplear en el sistema, el cual se determinó que posee un valor de 2.262 l/min, se realizará el cálculo de la Potencia de Trabajo para posteriormente poder seleccionar el Compresor ya mencionado.

$$Pot = F_{Req} \times Va \quad (\text{Ec.20})$$

$$Pot = 676.131 \text{ N} \times 0.03 \text{ m/s}$$

$$Pot = 20.283 \text{ W} = 0.0202 \text{ KW}$$

Dónde:

F_{Req} = Fuerza requerida por el Actuador (N)

V_a = Velocidad del actuador neumático (m/s)

Pot = Potencia de Trabajo (W)

La Potencia de Trabajo dio como resultado un valor de 0.0202 KW el cual se considera bajo sin embargo cabe destacar que el sistema planteado cuenta escasamente solo con dos Actuadores de bajo consumo, factor que repercute además en el Caudal de Trabajo que se maneja para este sistema. Una vez calculado tanto el Caudal de Trabajo como la Potencia de Trabajo y habiendo establecido además la Presión de Trabajo nos ubicamos en el catálogo de BOGE compressed air systems y seleccionamos un compresor de aire tipo SRMD 125, el cual maneja una presión máxima de trabajo de 10 bar, igualmente opera con una potencia de 0.75 KW y un caudal de elevación de 125 l/min.

Con el Compresor ya seleccionado y habiendo definido los valores de Presión de Aire y Caudal de Trabajo, se pueden seleccionar las diversas Válvulas a emplear en el sistema. Se empezará por seleccionar la Válvula antirretorno estranguladora, para ello se busca en el catálogo de Festo una Válvula antirretorno estranguladora 539773 tipo Estándar, la cual opera hasta una Presión de 10 Bar y maneja un Caudal de Trabajo de 110 l/min.

Ahora se seleccionara una Válvula 5/2 accionada neumáticamente, se ubicó en el catálogo de Festo una Válvula neumática biestable de 5/2 vías 539769 tipo Estándar, esta maneja hasta una Presión de Trabajo de 10 Bar y un Caudal de Trabajo de 500 l/min.

Continuando con la selección de los componentes neumáticos se realizara ahora la elección de la Válvula 3/2 accionada por esfuerzo y retorno por muelle, para ello nos ubicamos nuevamente en el catálogo de Festo y se escoge una Válvula de panel de 3/2 vías con pulsador, abierta en posición de reposo, la misma opera con una Presión de Trabajo de hasta 8 Bar y un Caudal de Trabajo de 60 l/min, cumpliendo con los valores de trabajo establecidos anteriormente.

Ahora se seleccionara una Válvula 3/2 accionada por rodillo y retorno por muelle, se ubicó en el catálogo de Festo una Válvula neumática de 3/2 vías accionada

por rodillo, normalmente cerrada 152866 tipo Estándar, esta maneja hasta una Presión de Trabajo de 8 Bar y un Caudal de Trabajo de 120 l/min.

Se seleccionará una Válvula 3/2 con enclavamiento y retorno por muelle, se ubicó una vez más en el catálogo de Festo una Válvula neumática de 3/2 vías con interruptor selector, cerrada en posición normal, tipo Estándar, esta maneja hasta una Presión de Trabajo de 8 Bar y un Caudal de Trabajo de 60 l/min.

Se seleccionará una Válvula 3/2 accionada neumáticamente y retorno por muelle, se procede a seleccionar en el catálogo de Aventics una Válvula 3/2 accionada neumáticamente y retorno por muelle serie AS5-SOV, esta maneja hasta una Presión de Trabajo de 16 Bar.

Continuando con la selección de los componentes neumáticos se realizará ahora la elección del Contador Neumático, para ello nos ubicamos en el catálogo de Festo y se escoge un Contador Neumático con preselector 152877, este opera con una Presión de Trabajo de hasta 8 Bar, para de esta forma cumplir con los valores de trabajo establecidos anteriormente.

Por último, se procede a hacer la selección de Unidad de mantenimiento o unidad FRL que posee el sistema, esta se ubica entre el Compresor y la alimentación de aire, cumple tres funciones fundamentales las cuales son filtrar las partículas de suciedad que arrastra el aire comprimido de alimentación, tras el filtro posee una unidad reguladora, que permite regular la presión de trabajo a las necesidades del operador y por último un lubricador, elemento imprescindible si el equipo que utiliza el aire comprimido necesita ser lubricado. Ubicándonos en el catálogo de Festo se selecciona una Unidad de Mantenimiento serie D, ejecución de polímero, esta opera hasta una Presión de Trabajo de 10 Bar y un Caudal de Trabajo de 400 l/min respectivamente.

Una vez seleccionados los componentes a emplear en el circuito neumático del sistema de desplazamiento de la dosificadora radial MANN+HUMMEL, se procede ahora tanto a la presentación y descripción del funcionamiento del circuito neumático en cuestión como al cálculo de los consumos de aire comprimido y del dimensionamiento de la red de aire comprimido del sistema (Ver figura 97).

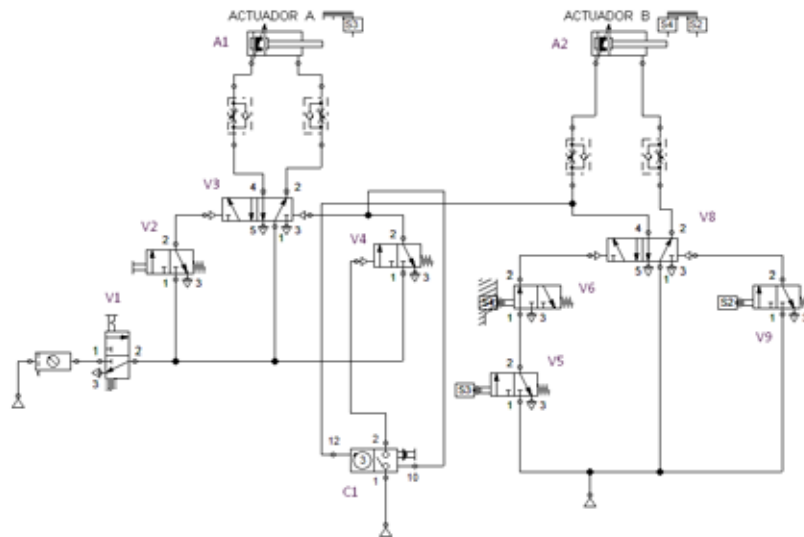


Figura 97. Circuito Neumático de la dosificadora radial MANN+HUMMEL

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

El funcionamiento del circuito neumático de la dosificadora radial MANN+HUMMEL se basa en el siguiente procedimiento:

1. El operador acciona de manera manual la válvula V1 que alimenta la red de aire comprimido.

2. Luego, acciona de manera manual la válvula V2 que posteriormente envía una señal neumática a la válvula V3 para que el Actuador A1 pueda iniciar su desplazamiento hacia la posición de dosificado 1 en la marca S3.

3. Una vez que el Actuador A1 finalice su carrera se acciona la válvula V5 debido a la marca de fin de carrera S3 del Actuador A1, dicha válvula envía una señal neumática a la válvula V6 que posteriormente acciona a la válvula V8 para que esta accione al Actuador A2 el cual inicia su carrera hacia la posición de dosificado 2, este posee las marcas tanto de inicio como de fin de carrera S4 y S2.

4. Cuando el Actuador A2 finaliza su carrera inmediatamente se acciona la válvula V9 debido a la marca de fin de carrera S2, para que este retorne a la posición de dosificado 1.

5. Cuando el Actuador A2 retorne a su posición inicial este accionará de nuevo a la válvula V6 para que dicho Actuador inicie de nuevo su carrera a la posición de

dosificado 2, y así sucesivamente será su desplazamiento de la posición de dosificado 1 a la 2 dado a que el Cabezal debe de dosificar tanto un número determinado de moldes para posteriormente retornar a la posición de purga.

6. El Contador C1 cumple la función de cuantificar el número de moldes dosificados y una vez se cumpla el número de moldes para los que fue programado este enviará una señal neumática a la válvula V4 para que tanto el Actuador A1 como el Actuador A2 retornen a su posición inicial.

Ya habiendo descrito el funcionamiento del circuito neumático de la dosificadora radial MANN+HUMMEL se procede a hacer los cálculos de los consumos de aire comprimido y del dimensionamiento de la red de aire comprimido del sistema en cuestión, empleando las Ec.8 y Ec.9 ya planteadas anteriormente.

- Actuador neumático 1:

$$Q \left(\frac{dm^3}{min} \right) = 2 \frac{0.987 + Paire \text{ (bar)} \pi}{0.987} \frac{D^2 \text{ (mm)} \times l \text{ (mm)}}{4.000.000}$$

$$Q \left(\frac{dm^3}{min} \right) = 2 \frac{0.987 + 6 \text{ Bar} \times \pi}{0.987} \frac{40 \text{ mm}^2 \times 30 \text{ mm}}{4.000.000} \times 1$$

$$Q = 0.458 \left(\frac{dm^3}{min} \right)$$

- Actuador neumático 2:

$$Q \left(\frac{dm^3}{min} \right) = 2 \frac{0.987 + 6 \text{ Bar} \times \pi}{0.987} \frac{20 \text{ mm}^2 \times 10 \text{ mm}}{4.000.000} \times 1$$

$$Q = 0.038 \left(\frac{dm^3}{min} \right)$$

$$Q_{total} = 0.458 + 0.038 = 0.496 \frac{dm^3}{min}$$

$$Q = 0.496 \frac{dm^3}{min} \times \frac{1 min}{60 s} \times \frac{1 \times 10^{-3} m^3}{dm^3} = 8.2667 \times 10^{-8} m^3/s$$

- Dimensionamiento de la red de aire comprimido:

$$Dtub = \sqrt[5]{1,6 \times 103 \times Q^{1,85} \left(m^3/s \right) \times \frac{Longitud\ tub\ (m)}{Perdidas \times Pdis\ (bar)}}$$

$$Dtub = \sqrt[5]{1,6 \times 103 \times (8.2667 \times 10^{-8})^{1,85} \left(m^3/s \right) \times \frac{10\ m}{0.1 \times 6\ Bar}}$$

$$Dtub = 0.0116\ cm = 1.16 \times 10^{-4}\ m$$

5.3.5 Selección del conjunto rueda-riel

En el rediseño de la dosificadora radial MANN+HUMMEL se cuenta dos piezas fundamentales para el funcionamiento de su sistema de desplazamiento, dichas piezas son las Ruedas con base en v y los Rieles guía, los cuales deben de poseer ciertos valores especificos para poder cumplir con su función en el sistema planteado.

Para la selección de las Ruedas con base en v se debe tomar en consideración la capacidad de carga minima que deben tener las mismas, dado que si no cumple con ello el sistema se vera expuesto a fallar, debido a que la propuesta selecciona tiene un peso de 93.138 Kg y se emplearán en el diseño solamente cuatro Ruedas con base en v, la capacidad mínima de carga que debe poseer cada Rueda es de 23.284 Kg respectivamente, otro factor a tomar en consideración al momento de seleccionar dicha pieza es que se debe especificar que debe ser una Rueda con base en v con horquilla fija y no con horquilla móvil, dado que el equipo tiene su desplazamiento horizontalmente y no puede variar el mismo, por último una vez seleccionada la pieza se debe tener claro cual es el ángulo que posee la Rueda para en base a ello seleccionar un Riel guía que coincida con el mismo ángulo.

Habiendo definido estos factores a la hora de hacer la selección se procede a realizar la misma, ubicandonos en el catálogo de Empresas Carbone se selecciona una Rueda con base en v con soporte exterior 84621, fabricada de Hierro Galvanizado y

posee un diametro de 78 mm y un ángulo de 92 grados, además cuenta con una capacidad de carga individual de 350 Kg, lo que la hace la elección ideal dado los factores a considerar ya planteados, para mayor detalle dirigirse a la sección de anexos (Ver anexo D).

Ahora se seleccionará los Rieles guía que debe llevar en conjunto con las Ruedas con base en v ya seleccionadas, para ello se selecciona del catálogo de Arena un Riel inferior número 3, fabricado de Acero inoxidable, posee una longitud de hasta 3 m y un ángulo de 92 grados respectivamente, como se puede apreciar en la siguiente imagen.

5.4. Realizar un estudio de factibilidad tecnico económica del proyecto

5.4.1 Factibilidad técnica

El rediseño de la propuesta planteada es técnicamente factible, dedido a que la empresa cuenta con todos los equipos, software, herramientas y maquinas necesarias para la elaboración de planos y construcción del dispositivo, es decir que la empresa no requiere realizar inversión en la adquisición de equipos nuevos, ni tampoco actualizar los ya existentes, dedido a que estos satisfacen los requerimientos establecidos para el desarrollo de este proyecto.

5.4.2 Factibilidad económica

A contunuación se presenta un estudio que dió como resultado la factibilidad económica del presente informe de pasantía. Se establecieron los recursos para desarrollar el rediseño de la dosificadora radial MANN+HUMMEL, haciendo una evaluación de la rentabilidad del proyecto y los beneficios que se derivan del mismo, lo cual permitió apreciar de una manera más precisa las bondades del rediseño propuesto.

- Análisis de beneficios económicos

1) Optimización en el tiempo de producción:

Este análisis permitió determinar el aumento de la producción en la línea de aire industrial de la empresa Mann+Hummel Filtration Technology Venezuela C.A, y por

ende de los ingresos de la empresa mediante la disminución del tiempo gracias a la implementación de la dosificadora radial MANN+HUMMEL.

Los próximos cálculos son en base a datos de la producción de filtros de aire en el área de aire industrial en la empresa Mann+Hummel Filtration Technology Venezuela C.A.

Datos:

- Producción de filtros de aire en el año 2017: 79.100 unidades
- Días Laborables al año: 247 días.
- Horas laborables por día: 8 horas
- Estaciones en la línea de aire industrial: 5

Con los datos recolectados podemos determinar cuántos filtros de aire se produjeron a diario:

$$Filtros\ de\ Aire_{diarios} = \frac{Producción\ anual}{Días\ laborables\ al\ año} = \frac{79.100\ Filtros}{247\ Días} = 320\ Filtros/Diarios$$

Debido a que un día laboral equivale a 480 min se puede establecer que el tiempo que cada filtro de aire estará en la estación final de la línea de aire industrial de la empresa Mann+Hummel Filtration Technology Venezuela C.A. será igual a 1.5 min/filtro, lo que quiere decir que en promedio el filtro estará 0.3 min por estación.

En la estación donde se encuentra la dosificadora se determinó anteriormente que el tiempo del proceso de dosificado es de aproximadamente 1 min, de los cuales 25 segundos eran empleados en agarrar, trasladar y ubicar tanto el Cabezal como el Cilindro principal de la misma.

Al implementar el rediseño de la dosificadora radial MANN+HUMMEL el tiempo que el filtro estaría en la estación final será de 0.92 min/filtro debido a que se eliminarían el tiempo desperdiciado mencionado anteriormente.

Por lo que se puede decir que ahora los 320 filtros que se fabrican diariamente estarían en la estación final en un tiempo de 294.4 min lo que equivale a 4.91 horas.

Si ahora los 320 se producen en 4.91 horas, los 79.100 que se produjeron al año se produciría en 1214 horas lo que equivale a 152 días, es decir que implementando el rediseño de la dosificadora radial MANN+HUMMEL se pueden producir aproximadamente 62.269 filtros de aire más en el mismo año de labor, entonces se puede definir que se aumentaría la producción de filtros de aire en un 79 %.

- Análisis de costos

Este proyecto es económicamente factible por varias razones:

- Los costos de fabricación son bajos debido a que la mayoría de las partes y componentes se encuentran en el almacén que posee la empresa.
- La empresa se ve beneficiada debido al aumento de producción y disminución de tiempo de trabajo.

El anexo E muestra un cuadro de las piezas y componentes necesarios para construir la dosificadora radial MANN+HUMMEL, en este se puede apreciar aquellos componentes existentes en el almacén de la empresa en azul y aquellos faltantes en rojo, es decir que la inversión total para la construcción de la dosificadora será:

$$\begin{aligned}
 \text{Inversión} = & \text{Costo}_{\text{contador neumático}} + \text{Costo}_{\text{rueda con base en v}} + \text{Costo}_{\text{riel guía}} \\
 & + \text{Costo}_{\text{Lamina de acero 1060}} + \text{Horas}_{\text{hombre}} + \text{Horas}_{\text{maquina}}
 \end{aligned}$$

$$\text{Inversión} = 803,000,000 \text{ Bs. F}$$

CONCLUSIONES

La recopilación de información jugó un papel fundamental para la elaboración de la propuesta, la dinámica de trabajo mejora mientras más a fondo se estudia el producto y los procesos involucrados en la elaboración del mismo, ya que a medida que se tenga una información mucho mas amplia implica mejores criterios a la hora de ejecutar el diseño.

Se deben concebir diversas posibles soluciones diferentes entre ellas y ser muy objetivos a la hora de ponderarlas de acuerdo con los criterios de evaluación planteados, además se debe dejar una holgura a cambios una vez seleccionada, esto debido a que al momento de generar los cálculos de diseño se aclaran las variables, éste momento es el indicado para hacer si es requerido las modificaciones necesarias.

Empleando como herramientas las diversas ecuaciones planteadas en el Capítulo III y el de software para el diseño mecánico SolidWorks se facilitó hacer el rediseño de la dosificadora radial MANN+HUMMEL, ya que con dichas herramientas se pudo comprobar si la selección de los material y las dimensiones asignadas a las piezas eran las correctas para realizar el rediseño.

Con la utilización tanto de materiales como componentes neumáticos que se encuentran dentro de las instalaciones de la empresa Mann+Hummel Filtration Technology Venezuela C.A. se logra primero que todo evitar que muchos de dichos materiales y componentes sean marcados como scrap (chatarra) y sean destruidos lo que beneficia a la empresa disminuyendo las pérdidas anuales, y en segundo lugar al emplear materiales y componentes presentes en la empresa se logra disminuir considerablemente el costo de la inversión lo que beneficia de igual forma a la misma.

Con la aplicación de la propuesta diseñada la capacidad productiva en la linea de aire industrial aumenta de forma considerable en un 79 por ciento por encima de la

capacidad actual y dado que se trata de una máquina y no una persona la que realiza el proceso se pueden aumentar las horas de trabajo sin ninguna consecuencia.

RECOMENDACIONES

En busca de poder dar un buen uso al dispositivo diseñado y por ende alargar su ciclo de vida útil, además de dejar la puerta abierta a futuras mejoras, a continuación se presenta una serie de recomendaciones.

Ya con el proyecto desarrollado se debe establecer un plan de mantenimiento preventivo, el cual siga las recomendaciones de cada uno de los fabricantes de los componentes seleccionados, para mantener las condiciones óptimas de operación del sistema.

Para aumentar el nivel de automatización en el futuro se puede agregar al dispositivo un dispensador de moldes el cual pueda cumplir la función de alimentar de manera automática el plato de dosificado y que de igual forma retire los moldes ya dosificados respectivamente.

Con el fin de continuar con el proceso de mejora continua y de por ende mejorar la eficiencia del resto de los procesos productivos que maneja la empresa se invita a la misma a incorporar hornos con mayor eficiencia y sustituyendo en las estaciones el resto de los procesos manuales llevados a cabo, por dispositivos automatizados que los sustituyan de acuerdo con el nivel de exigencia que conlleva cada uno de los procesos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alvarado L. Stephanie, B y Mendoza V. Andrés, L (2015) “**Diseño de dosificadora industrial de mezcla para la empresa Glady`s Delicatesses C.A, planta San Diego**”.

Asmad T. Amina B (2015) “**Diseño de dosificadora industrial de resina para la empresa Affinia Venezuela C.A. Planta Industrial Sur II**”.

Aventics Pneumatic solutions. (20 de Julio de 2018). de aventics.com:
<https://www.aventics.com/en/industries-trends/industries/industrial-automation>.

Creus Solé. Neumática e Hidráulica. España. Editorial Marcombo, S.A. 2007.

Festo Automation. (3 de Enero de 2015). Recuperado el 14 de enero de 2015, de [festo.com](http://www.festo.com):
http://www.festo.com/cms/es-ve_ve/index.htm.

FILTER WIX, “Home”, (03/05/2012). [En línea]. Disponible:
<http://www.wixfilters.com.ve/contacto.php>.

FILTER WIX, “Home”, (05/04/2012). [En línea]. Disponible:
<http://www.wixfilters.com.ve/empresa.php>.

MANN-HUMMEL, “Grupo +HUMMEL”, (10/05/2017). [En línea]. Disponible:
www.mann-hummel.com.

Ortiz M. David, O y Zambrano G. Cristrian, D (2017) “**Diseño de un sistema de dosificación volumétrica para jabón en polvo**”.

Parker Hannifin. (11 de Marzo de 2017). de parker.com:
<http://ph.parker.com/us/en/products>.

Robert H. Perry, Manual Del Ingeniero Químico, sexta edición, 1996.

Robert L. Norton, Diseño de Maquinaria, cuarta edición 2009.

Vilchez, Nelson. (2008). Estrategias Creativas en el Diseño Mecánico. Publicación de la Universidad de Carabobo.

ANEXOS

ANEXO A

(Partes dosificadora radial MANN+HUMMEL)



Anexo A: Figura 1. Tanque de almacenamiento de Polioli (A) e Isocianato (B) y Bomba neumática Graco (C)
Fuente. Cristopher Chacón (2018).



Anexo A: Figura 2. Unidad FRL Festo
Fuente. Cristopher Chacón (2018).



Anexo A: Figura 3. Tanque de mezcla de Polioli e Isocianato (A) y Mezclador interno (B)

Fuente. Cristopher Chacón (2018).



Anexo A: Figura 4. Presostano de la línea de alimentación de Polioli e Isocianato

Fuente. Cristopher Chacón (2018).



Anexo A: Figura 5. Bomba de recirculación de la línea de alimentación de Poliolo e Isocianato

Fuente. Christopher Chacón (2018).



Anexo A: Figura 6. Válvula neumática 5/2 de la línea de alimentación de Poliolo e Isocianato (A)

Fuente. Christopher Chacón (2018).



Anexo A: Figura 7. Servomotor del Cabezal (A)
Fuente. Christopher Chacón (2018).



Anexo A: Figura 8. Actuador principal doble efecto (A)
Fuente. Christopher Chacón (2018).



Anexo A: Figura 9. Sensor de nivel en tanque de mezcla de Polioli e Isocianato (A)
Fuente. Cristopher Chacón (2018).



Anexo A: Figura 10. Válvula neumática 5/2 del actuador principal (A)
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

ANEXO B
(Norma COVENIN 2273-91)

**NORMA
VENEZOLANA**

**COVENIN
2273-91**

**PRINCIPIOS ERGONOMICOS DE LA
CONCEPCION DE LOS SISTEMAS
DE TRABAJO.**



NORMA VENEZOLANA
PRINCIPIOS ERGONOMICOS DE
LA CONCEPCION DE LOS
SISTEMAS DE TRABAJO

COVENIN
2273-91

INTRODUCCION

El comportamiento y el bienestar del hombre en el seno del sistema de trabajo se ven influidos por factores tecnológicos, económicos, organizativos y otros inherentes al propio individuo. La concepción de los sistemas de trabajo debe satisfacer las exigencias humanas, mediante la aplicación de los conocimientos ergonómicos, teniendo en cuenta las experiencias de la práctica.

1 NORMAS COVENIN A CONSULTAR

Esta norma es completa.

2 OBJETO Y CAMPO DE APLICACION

2.1 La presente Norma establece principios ergonómicos que se han de respetar como reglas de base para la concepción de los sistemas de trabajo.

2.2 Los principios ergonómicos rectores especificados en la presente Norma se aplican a la concepción de condiciones de trabajo óptimas en cuanto al bienestar, la seguridad y la salud del hombre, teniendo en cuenta la eficiencia tecnológica y económica.

Notas

1.- Para la aplicación de la presente Norma se deben utilizar las normas ya existentes y se deben tener en cuenta las disposiciones reglamentarias y las convenciones en vigor.

2.- La presente Norma puede ser adaptada para satisfacer exigencias adicionales; tal es el caso de ciertas categorías de personas, por ejemplo las personas mayores, los minusválidos y de situaciones de trabajo excepcionales o de urgencia.

2.3 Adn cuando los principios enunciados en la presente Norma estén orientados hacia el campo industrial, pueden aplicarse a cualquier campo de la actividad humana.

3 DEFINICIONES

A los efectos de la presente Norma a continuación se dan las definiciones de términos usados en ésta.

3.1 SISTEMA DE TRABAJO

Es aquel constituido por el hombre y los medios de trabajo actuando juntos en el proceso de trabajo para efectuar una labor, en el interior de un espacio de trabajo y en el ambiente del trabajo, según las condiciones de ejecución de la labor por efectuar.

3.2 LABOR

Es aquella tarea por efectuar, fijada por el objetivo del sistema de trabajo.

3.3 MEDIOS DE TRABAJO

Son herramientas, máquinas, vehículos, artefactos, muebles, instalaciones y otros elementos materiales del sistema de trabajo.

3.4 PROCESO DE TRABAJO

Es aquella sucesión, en el tiempo y en el espacio, de la acción conjunta del hombre, de los medios de trabajo, de los materiales, de la energía y de la información en el sistema de trabajo.

3.5 ESPACIO DE TRABAJO

Es el volumen espacial asignado a una o varias personas en el sistema de trabajo para cumplir con la labor.

3.6 AMBIENTE DE TRABAJO

Es el conjunto de los elementos físicos, químicos, biológicos, sociales y culturales que rodean a una persona en el interior de su espacio de trabajo. Los factores sociales y culturales, sin embargo, no están cubiertos por la presente Norma.

3.7 APREMIO O CARGA EXTERNA

Es el conjunto de condiciones exteriores o de exigencias que, en el sistema de trabajo, solicitan las funciones orgánicas y/o mentales del hombre.

3.8 OBLIGACION O CARGA INTERNA

Es el efecto del apremio sobre el hombre en función de sus características y aptitudes individuales.

3.9 CANSANCIO

Son los efectos locales o generales no patológicos, reversibles después de una recuperación adecuada, de una obligación sufrida por el individuo.

4 PRINCIPIOS RECTORES GENERALES

4.1 CONCEPCION DEL ESPACIO DE TRABAJO Y DE LOS MEDIOS DE TRABAJO

4.1.1 Concepción en función de las medidas corporales

El espacio y los medios de trabajo deben ser concebidos, teniendo en cuenta el proceso de trabajo. Y en función de las medidas del cuerpo humano. El espacio de trabajo debe estar adaptado al hombre. Especialmente:

- a) La altura de trabajo debe estar adaptada a las dimensiones corporales del trabajador y a la naturaleza del trabajo por efectuar. El asiento, el plano de trabajo y/o el escritorio deben ser concebidos como una unidad destinada a satisfacer la postura preferible, o sea el tronco derecho, el peso del cuerpo soportado correctamente, los codos sobre los lados y los antebrazos aproximadamente horizontales.
- b) El asiento debe estar adaptado a las características anatómicas y fisiológicas del trabajador.
- c) Debe preverse espacio suficiente para los movimientos del cuerpo, en particular de la cabeza, de los brazos, de las manos, de las piernas y de los pies.
- d) Los instrumentos de mando deben estar situados en la zona de alcance funcional.
- e) La ubicación de agarres (mangos, asas, etc) deben estar adaptados a la anatomía funcional de la mano.

4.1.2 Concepción en función de las posturas, de los esfuerzos musculares empleados y de los movimientos corporales.

El trabajo debe concebirse evitando cualquier obligación inútil o excesiva de los músculos, las articulaciones, los ligamentos o los aparatos circulatorio y respiratorio. Los esfuerzos musculares empleados deben situarse dentro de límites fisiológicos satisfactorios. Los movimientos corporales deberán seguir un ritmo natural. Posturas, esfuerzos musculares y movimientos deberán estar armonizados entre ellos.

4.1.2.1 Posturas

Se deben vigilar prioritariamente los puntos siguientes:

- a) El trabajador deberá alternar entre la posición sentada y la posición

de pie. Si se impone la escogencia de una sola postura, de una manera general la posición sentada es preferible a la posición de pie; esta última puede sin embargo justificarse por el proceso de trabajo. ^{/4}

b) Las posturas y los puntos de apoyo apropiados deberán permitir que se realice una repartición óptima de las fuerzas en el interior del cuerpo, para así reducir los esfuerzos que se han de efectuar.

c) Las posturas adoptadas no deberán provocar cansancio por tensión muscular estática prolongada. La alternancia de las posturas debe ser posible.

4.1.2.2 Esfuerzos musculares

Se deben vigilar prioritariamente los puntos siguientes:

a) El esfuerzo requerido debe estar adaptado a las capacidades físicas del trabajador.

b) Los esfuerzos que se han de efectuar deberán realizarse por grupos musculares apropiados. Si los esfuerzos exigidos son excesivos, deberán preverse, fuentes auxiliares de energía en el sistema de trabajo.

c) Se deberá evitar el mantenimiento de una contracción estática prolongada en el mismo músculo.

4.1.2.3 Movimientos corporales

Se deben vigilar prioritariamente los puntos siguientes:

a) Deberá buscarse buen equilibrio entre los movimientos del cuerpo; se preferirá el movimiento a una inmovilidad prolongada.

b) Las amplitudes, los esfuerzos, las velocidades y los ritmos en la ejecución de los movimientos deben ser mutuamente ajustados.

c) Se debe evitar que los movimientos que exigen una gran precisión pongan en juego un esfuerzo muscular importante.

d) Deberá preverse según el caso, dispositivos de conducción para facilitar la ejecución y la sucesión de los movimientos.

4.1.3 Concepción referente a los medios de señalización y de representación y a los instrumentos de mando.

4.1.3.1 Medios de señalización y de representación.

Los medios de señalización y de representación deben ser escogidos, concebidos y dispuestos de modo que sean compatibles con las características de la percepción humana.

En particular:

- a) La naturaleza y el número de señales y de dispositivos de información deben ser compatibles con las características de la información requerida.
- b) Para asegurar una buena identificación de las informaciones cuando los dispositivos de información son numerosos, estos deben estar dispuestos en el espacio de forma que proporcionen una orientación segura, clara y rápida. La disposición puede estar en función o bien del proceso técnico o bien de la importancia y de la frecuencia de utilización de ciertas informaciones. Puede hacerse por agrupamiento según las funciones en el proceso, el tipo de medidas, etc.
- c) La naturaleza y la concepción de las señales y de los dispositivos de información deben asegurar una percepción no ambigua. Esto se aplica muy en particular a las señales de peligro. Se debe tener en cuenta por ejemplo la intensidad, la forma, las dimensiones, la imposición y el contraste con respecto al fondo óptico o acústico.
- d) La intensidad y la dirección de las variaciones de los dispositivos de información deben ser compatibles, en intensidad y en dirección, con las variaciones de la fuente primaria de esa información.
- e) En caso de actividades prolongadas en las que predominen la observación y la vigilancia, los efectos de sobrecarga o de subcarga deben ser evitados mediante la concepción y la disposición de las señales y de los dispositivos de información.

4.1.3.2 Instrumentos

Los instrumentos de mando deben ser seleccionados, concebidos y dispuestos de modo que sean compatibles con las características (en particular de movimiento) de la parte del cuerpo encargada de accionarlos. Se deben tener en cuenta las exigencias propias de destreza, precisión, rapidez y fuerza.

En particular:

- a) El tipo, la forma y la disposición de los instrumentos de mando deben corresponder a las características del manejo, teniendo en cuenta las características del operario humano así como los reflejos adquiridos o natos.
- b) El curso y la resistencia de los mandos deben escogerse en función de la maniobra por efectuar y de los datos biomecánicos y antropométricos.
- c) Debe haber correspondencia entre el movimiento de mando, su efecto sobre los medios de trabajo y la información representada.
- d) La función de los instrumentos de mando debe ser fácilmente identificable con el fin de evitar cualquier confusión.

e) Cuando los instrumentos de mando son numerosos, su colocación debe asegurar una maniobra segura, unívoca y rápida. Esa colocación puede hacerse, como para las señales, por agrupamiento según las funciones en el proceso, las secuencias de utilización, etc.

f) Los instrumentos de mando críticos deben estar protegidos contra cualquier maniobra no intencional.

4.2 CONCEPCION DEL AMBIENTE DE TRABAJO

El ambiente de trabajo debe ser concebido y mantenido de modo tal que las condiciones físicas, químicas y biológicas no tengan influencia nociva en el hombre, sino que ayuden a preservar su salud y su capacidad de trabajo. Se deben tener en cuenta tanto los fenómenos objetivamente mensurables como las apreciaciones subjetivas.

En función del sistema de trabajo, es necesario vigilar en particular los puntos siguiente:

a) Las dimensiones del local de trabajo (espacio general, espacio de trabajo y espacio de evolución) deben ser adecuadas.

b) La renovación de aire debe ajustarse en función de ciertos factores tales como, por ejemplo:

- número de personas en el local.
- intensidad del trabajo físico efectuado.
- dimensiones del local (teniendo en cuenta los medios de trabajo).
- desprendimiento de contaminantes en el local.
- instalaciones consumidoras de oxígeno.
- condiciones térmicas.

c) El ambiente térmico en el puesto de trabajo debe adaptarse a las condiciones climáticas locales, teniendo especialmente en cuenta:

- la temperatura del aire.
- la humedad del aire.
- la velocidad del aire.
- la radiación térmica.
- la intensidad del trabajo físico efectuado.
- las propiedades de la indumentaria, de los medios de trabajo y de los medios de protección particulares.

d) La iluminación debe asegurar una percepción visual óptima para la actividad considerada. Se debe tener en cuenta especialmente los factores siguientes:

- nivel.
- color.
- distribución de la luz.
- ausencia de deslumbramiento y de reflejos molestos.
- contraste de luminiscencia y de color.
- edad de los operarios.

e) Para la escogencia de los colores del local y de los medios de trabajo, se deben tener en cuenta sus efectos sobre la repartición de las luminiscencias, sobre la estructura y la calida del espacio visual, así como sobre la percepción de los colores de seguridad.

f) El ambiente sonoro de trabajo debe ser tal que se eviten los efectos nocivos o molestos del ruido, incluidos los de las fuentes exteriores. Se debe tener en cuenta especialmente los siguientes factores:

- nivel sonoro.
- espectro de frecuencias.
- repartición cronológica.
- percepción de las señales acústicas.
- inteligibilidad de las palabras.

g) Las vibraciones y los choques mecánicos transmitidos al hombre no deben alcanzar niveles que impliquen daños corporales, reacciones fisiopatológicas o perturbaciones sensoriomotrices.

h) Se debe evitar la exposición de los trabajadores a materias peligrosas o a radiaciones nocivas.

i) En caso de trabajo en el exterior, se deberán proveer medios apropiados de protección contra la interperie (especialmente calor, frío, viento, lluvia).

4.3 CONCEPCION DE LOS PROCESOS DE TRABAJO

Los procesos de trabajo deben ser concebidos de modo que garanticen la salud y la seguridad de los trabajadores de manera de contribuir a su bienestar y favorecer el cumplimiento de sus labores, evitando

especialmente esfuerzos demasiado fuertes o demasiado débiles. /B

Tales esfuerzos se producen cuando la puesta en juego de los procesos fisiológicos y/o psicológicos excede los límites superiores e inferiores de su margen de funcionamiento satisfactorio, por ejemplo:

- un esfuerzo físico o sensorial demasiado fuerte produce cansancio.
- por el contrario, un esfuerzo demasiado débil o un trabajo considerado como monótono, significan una baja de la vigilancia.

Los Esfuerzos físicos y psicosenoriales dependen no solo de los factores considerados en 4.1 y 4.2, sino también del contenido y de la repetitividad de las operaciones, así como de la autonomía del trabajador en el proceso de trabajo.

Se debe tener en cuenta la puesta en marcha de una o varias de las medidas siguientes susceptibles de tener alguna influencia sobre las características del proceso de trabajo:

- a) La ejecución por un mismo trabajador de varias labores sucesivas pertenecientes a una misma función, en vez de que sean efectuadas por trabajadores distintos (ampliación de las labores).
- b) La ejecución por un mismo trabajador de labores que pertenecen a funciones diferentes, en vez de que sean efectuadas por trabajadores distintos; por ejemplo operaciones de montaje, seguidas por el control inmediato de la calidad del trabajo por el autor del montaje y reparación de los defectos eventuales (enriquecimiento de las labores).
- c) El cambio de actividad como, por ejemplo, la rotación voluntaria de los trabajadores en los distintos puestos de una cadena de montaje o en el seno de un equipo autónomo.
- d) Las pausas, libres u organizadas.

La puesta en marcha de esas medidas debe tener en cuenta, en particular, los factores siguientes:

- e) Las variaciones de la vigilancia y de la capacidad de trabajo según las diferentes horas del día y de la noche.
- f) Las diferencias en la capacidad de trabajo según los individuos y la edad.
- g) La necesidad de una expansión personal.

ANEXO C

(Componentes neumáticos seleccionados)

Cilindros normalizados DNC, ISO 15552

Hoja de datos

FESTO

Funcionamiento

DNC--

Sin detección de posiciones



DNC--A--

Con detección de posiciones



• Ø Diámetro
32 ... 125 mm

• | Carrera
10 ... 2000 mm

• T www.festo.com

Juegos de piezas
de repuesto
→ página 24



• Cilindros según la norma
ISO 15552 (corresponde a las
normas anteriores ISO 6431,
DIN ISO 6431, VDMA 24 562,
NF E 49 003.1 y UNI 10290)



DIN



Anexo C: Figura 1. Actuador Neumático DNC de Festo

Fuente. Christopher Chacón (2018).

Datos técnicos generales							
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100	125
Conexión neumática	G1/8	G1/4	G1/4	G3/8	G3/8	G1/2	G1/2
Rosca del vástago	M10x1,25	M12x1,25	M16x1,5	M16x1,5	M20x1,5	M20x1,5	M27x2
	K3	M6	M8	M10	M10	M12	M12
	K5	M10	M12	M16	M16	M20	M20
Construcción	Émbolo						
	Vástago						
	Tubo perfilado						
Holgura máxima de giro del vástago [°]	Q	±0,65	±0,6	±0,45	±0,45	±0,45	±0,45
Amortiguación	Anillos y discos elásticos en ambos lados						
	Amortiguación neumática regulable en ambos lados						
Carrera de amortiguación [mm]	20	20	22	22	32	32	42
PPV							
Detección de posiciones	Para detectores de posición						
Tipo de fijación	Con rosca interior						
	Con accesorios						
Posición de montaje	Indistinta						
Fuerzas [N] y energía de impacto [J]							
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100	125
Fuerza teórica con 6 bar en avance	S2/S20	483	754	1178	1870	3016	4712
		415	633	990	1682	2721	4418
Fuerza teórica con 6 bar en retroceso	S2/S20	415	633	990	1682	2721	4418
		415	633	990	1682	2721	4418
Energía máx. de impacto en las posiciones finales ¹⁾	0,1	0,2	0,2	0,5	0,9	1,2	5

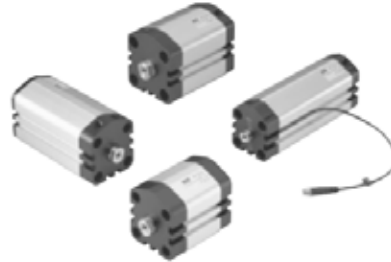
Anexo C: Figura 2. Datos técnicos del Actuador Neumático DNC de Festo

Fuente. Christopher Chacón (2018).

Cilindros Compactos

Características Técnicas

Diámetros	12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80 y 100 mm
Tipo	Doble Efecto
Faja de Presión	Hasta 10 bar
Faja de Temperatura	-20°C a +80°C (Estándar) -10°C a +150°C (Viton)
Fluido	Aire Comprimido Filtrado, Lubricado o No



Cilindros

Materiales

Vástago	Acero Inoxidable
Sello del Vástago	Poliuretano
Cabezales	Aluminio Anodizado
Sellos	Poliuretano y Buna-N
Cuerpo del Cilindro	Aluminio

➤ Prelubricados con grasa Lube-A-Cyl.

Anexo C: Figura 3. Actuador Neumático P1M de Parker
 Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Informaciones Adicionales

Peso y Consumo de Aire

Cilindro			Vástago				Peso (kg)		Consumo de Aire *
Ø (mm)	Área (cm²)	Conexión	Ø (mm)	Área (cm²)	Rosca (Macho)	Rosca (Hembra)	Curso Cero	Adicional a Cada 10 mm de Curso	l
12	1,13	M5	6	0,28	M6	M3	0,06	0,016	0,0139
16	2,01	M5	8	0,50	M8	M4	0,09	0,022	0,0246
20	3,14	M5	10	0,78	M8	M5	0,15	0,032	0,0385
25	4,91	M5	10	0,78	M10x1,25	M5	0,17	0,034	0,0633
32	8,00	G 1/8	12	1,10	M10x1,25	M6	0,26	0,044	0,1050
40	12,6	G 1/8	16	2,00	M12x1,25	M6	0,37	0,060	0,1620
50	19,6	G 1/8	20	3,10	M16x1,5	M8	0,57	0,085	0,2530
63	31,2	G 1/8	20	3,10	M16x1,5	M8	0,86	0,098	0,4140
80	50,3	G 1/4	25	4,90	M20x1,5	M10	1,46	0,146	0,6690
100	78,5	G 1/4	25	4,90	M20x1,5	M12	2,39	0,155	1,0430

Fuerza

Las fuerzas indicadas en teoría podrán sufrir alteraciones de acuerdo con las condiciones de trabajo.

Versión	Diámetro del Cilindro (mm)	Fuerza Teórica a 6 bar	
		Avance (N)	Retorno (N)
Doble Efecto	12	67	50
	16	120	91
	20	188	142
	25	294	247
	32	482	414
	40	754	633
	50	1178	989
	63	1870	1681
	80	3016	2721
	100	4712	4417

Anexo C: Figura 4. Datos técnicos del Actuador Neumático P1M de Parker
 Fuente. Cristopher Chacón (2018).



Anexo C: Figura 5. Compresor SRMD de BOGEE
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

BOGEE Tipo	Caudal de elevación (capacidad de aspiración)			Número de revoluciones del compresor min ⁻¹	Número de cilindros	Motor		Medidas A x P x H mm	Conexión de aire comprimido	Peso kg
	l/min	m ³ /h	cfm			kW	CV			
10 bar / 150 psig estándar										
SRD 125	125	7.5	4.5	1450	1	0.75	1	470x275x340	DN 12	32
SRD 250	250	15.0	9.0	1450	2	1.50	2	485x345x335	DN 12	38
10 bar / 150 psig Super-insonorizado										
SRDL 125	125	7.5	4.5	1450	1	0.75	1	600x400x475	DN 12	61
SRDL 250	250	15.0	9.0	1450	2	1.50	2	600x400x475	DN 12	67

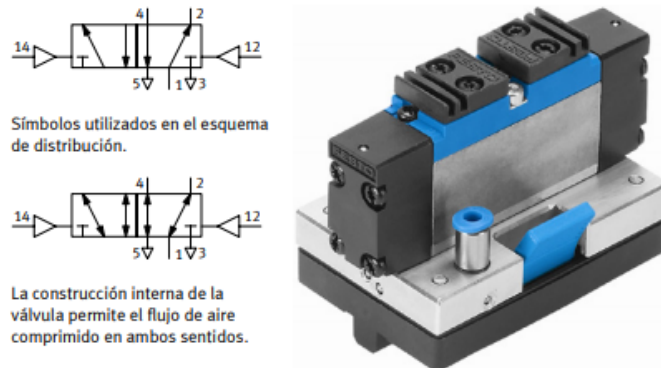
Anexo C: Figura 6. Datos técnicos del Compresor SRMD
Fuente. Cristopher Chacón (2018).



Anexo C: Figura 7. Válvula antirretorno estranguladora Festo
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Parte neumática	
Fluido	Aire comprimido filtrado, con o sin lubricación
Construcción	Válvula de estrangulación y antirretorno
Margen de presión	Desde 20 hasta 1000 kPa (desde 0,2 hasta 10 bar)
Caudal nominal normal	En el sentido de la estrangulación: 0 – 110 l/min En contra del sentido de la estr.: 110 l/min (estr. abierta) 65 l/min (estr. cerrada)
Conexión	QSM-M5-4 para tubo flexible PUN 4 x 0,75

Anexo C: Figura 8. Datos técnicos Válvula anti retorno estranguladora Festo
Fuente. Cristopher Chacón (2018).



Anexo C: Figura 9. Válvula 5/2 accionada neumáticamente de Festo
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Parte neumática	
Fluido	Aire comprimido filtrado, con o sin lubricación, o vacío
Construcción	Válvula de corredera, accionamiento directo en ambos lados
Margen de presión de pilotaje	Desde 200 hasta 1000 kPa (desde 2 hasta 10 bar)
Margen de presión de funcionamiento	Desde -90 hasta 1000 kPa (desde -0,9 hasta 10 bar)
Caudal nominal normal 1...2, 1...4	500 l/min
Tiempo de respuesta con 600 kPa (6 bar)	6 ms
Conexión	QS-1/8-4-I, QSM-M5-4-I para tubo flexible PUN 4 x 0,75

Anexo C: Figura 10. Datos técnicos Válvula 5/2 accionada neumáticamente de Festo
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

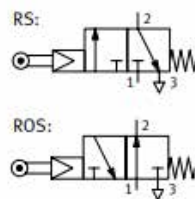


Válvula de asiento, de accionamiento directo unilateral, con reposición por muelle, conector rápido de precisión para tubos flexibles PUN-4 x 0,75 calibrados interna o externamente, fijación de seguridad y fijación rápida Quick-Fix para paneles de prácticas perfilado.

- Accionamiento: pulsador
- Gama de presión: de -95 a 800 kPa (de -0,95 a 8 bar)
- Fuerza de accionamiento con 600 kPa (6 bar) 6 N
- Caudal nominal normal 1(P) → 2(A) 60 l/min
- Sistema de fijación rápida Quick-Fix

Anexo C: Figura 11. Válvula 3/2 accionada por esfuerzo y retorno por muelle de Festo

Fuente. Cristopher Chacón (2018).



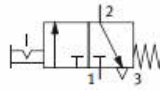
Anexo C: Figura 12. Válvula 3/2 accionada por rodillo y retorno por muelle de Festo

Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Parte neumática	
Fluido	Aire comprimido filtrado, con o sin lubricación
Construcción	Válvula de asiento, servopilotada en un lado, con muelle de reposición
Margen de presión	Desde 350 hasta 800 kPa (desde 3,5 hasta 8 bar)
Caudal nominal normal 1...2	120 l/min
Fuerza de accionamiento con 600 kPa (6 bar)	1,8 N
Conexión	QSML-1/8-4 para tubo flexible PUN 4 x 0,75

Anexo C: Figura 13. Datos técnicos Válvula 3/2 accionada por rodillo y retorno por muelle de Festo

Fuente. Cristopher Chacón (2018).



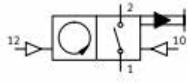
Anexo C: Figura 14. Válvula 3/2 con enclavamiento y retorno por muelle de Festo
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Parte neumática	
Fluido	Aire comprimido filtrado, con o sin lubricación
Construcción	Válvula de asiento, accionamiento directo en un lado, con muelle de reposición
Accionamiento	Interruptor selector
Margen de presión	Desde -90 hasta 800 kPa (desde -0,9 hasta 8 bar)
Caudal nominal normal 1...2	60 l/min
Fuerza de accionamiento con 600 kPa (6 bar)	6 N
Conexión	QSM-4 para tubo flexible PUN 4 x 0,75

Anexo C: Figura 15. Datos técnicos Válvula 3/2 con enclavamiento y retorno por muelle de Festo
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

	Tipo Presión de funcionamiento mínima: Fluido: Temperatura del medio mín./máx. Temperatura ambiente mín./máx. Principio de obturación: Presión de pilotaje mín./máx.	válvula de asiento, bloqueo 0 bar / 18 bar Aire comprimido Gases neutros -10°C / +50°C -10°C / +50°C hermético suave 3 bar / 18 bar
	Materiales: Carcasa Placa frontal Juntas Casquillo roscado	Poliamida Acero inoxidable austenítico Caucho de acrílico butadieno Zinc fundido a presión
Observaciones técnicas ■ El punto de condensación de presión se debe situar como mínimo 15 °C por debajo de la temperatura ambiental y del medio, y debe ser como más de 3 °C. ■ Indicado para su uso en las zonas Ex 1, 2, 21, 22		
	Conexión de prototipo Orificio Escape Qn Peso N° de material	1x2 3x3 (l/min) (kg) R412000262 R412000263
Caudal nominal Qn con presión secundaria p2 = 6 bar y Δp = 1 bar		

Anexo C: Figura 16. Válvula 3/2 accionada neumáticamente y retorno por muelle de Aventics
Fuente. Cristopher Chacón (2018).



Anexo C: Figura 17. Contador neumático de Festo
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Parte neumática	
Fluido	Aire comprimido filtrado, sin lubricación
Construcción	Contador mecánico de accionamiento neumático
Indicación	5 dígitos. Tamaño de las cifras: 4,5 mm
Inicializar	Pulsador manual o señal neumática
Margen de presión	Desde 200 hasta 800 kPa (desde 2 hasta 8 bar)
Duración mínima del impulso	Accionamiento: 10 ms; inicialización: 180 ms
Frecuencia de conteo en funcionamiento continuo	2 Hz
Conexión	QSMS-4, QSML-M5-4 para tubo flexible PUN 4 x 0,75

Anexo C: Figura 18. Datos técnicos Contador neumático de Festo
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Purga de condensado manual, con giro

Purga de condensado semiautomática

- Caudal
400 ... 650 l/min
- Temperatura
-5 ... +50 °C
- Presión de funcionamiento
1,5 ... 10 bar
- www.festo.com

Anexo C: Figura 19. Unidad de mantenimiento serie D de Festo
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

Datos técnicos generales	
Tamaño	Mini
Conexión neumática	G $\frac{1}{4}$
Construcción	Filtro-regulador y lubricador
Función de regulación	Con reflujo, con descarga secundaria
Tipo de fijación	Montaje en línea
	Mediante taladros
	Con escuadra de fijación
Posición de montaje	Vertical \pm 5°
Grado de filtración [μm]	5
	40
Clase de pureza del aire en la salida	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [6:8:-] (grado de filtración 5 μm)
	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:8:-] (grado de filtración 40 μm)
	Gases inertes
Purga del condensado	Manual con giro
	Semiautomática
Seguridad contra accionamiento involuntario	Botón giratorio con enclavamiento
Margen de regulación de la presión [bar]	0,5 ... 7
Histéresis máxima de la presión [bar]	0,5
Indicación de presión	Con manómetro
Conexión para manómetro	G $\frac{1}{8}$

Anexo C: Figura 20. Datos técnicos Unidad de mantenimiento serie D de Festo

Fuente. Christopher Chacón (2018).

ANEXO D

(Conjunto rueda-riel seleccionados)



Anexo D: Figura 1. Rueda con base en v de Empresas Carbone
Fuente. Cristopher Chacón (2018).



Anexo D: Figura 2. Riel inferior guia de Arena
Fuente. Cristopher Chacón (2018).

ANEXO E

(Presupuesto dosificadora radial MANN+HUMMEL)



Presupuesto

Realizado por: Christopher Chacón

Departamento: Mantenimiento

Descripción	Costo	Cantidad	Total	Existencia en el Almacen
Actuador neumático de doble efecto	Bs.F 350,000,000	2	Bs.F 700,000,000	Si
Válvula antirretorno estranguladora	Bs.F 20,000,000	2	Bs.F 40,000,000	Si
Válvula 5/2 accionada neumáticamente	Bs.F 35,000,000	2	Bs.F 70,000,000	Si
Válvula 3/2 accionada por esfuerzo y retorno por muelle	Bs.F 32,000,000	1	Bs.F 32,000,000	Si
Válvula 3/2 accionada por rodillo y retorno por muelle	Bs.F 43,000,000	3	Bs.F 129,000,000	Si
Válvula 3/2 con enclavamiento y retorno por muelle	Bs.F 32,000,000	1	Bs.F 32,000,000	Si
Válvula 3/2 accionada neumáticamente y retorno por muelle	Bs.F 32,000,000	1	Bs.F 32,000,000	Si
Contador neumático	Bs.F 65,000,000	1	Bs.F 65,000,000	No
Unidad de mantenimiento o unidad FRL	Bs.F 220,000,000	1	Bs.F 220,000,000	Si
Compresor	Bs.F 550,000,000	1	Bs.F 550,000,000	Si
Rueda con base en v	Bs.F 8,500,000	4	Bs.F 34,000,000	No
Riel guía	Bs.F 30,000,000	2	Bs.F 90,000,000	No
Barra Lateral	Bs.F 40,000,000	2	Bs.F 160,000,000	Si
Bocina	Bs.F 17,000,000	2	Bs.F 34,000,000	Si
Lamina de Acero 1020 de 1,20 x 240 de 6 mm	Bs.F 400,000,000	3	Bs.F 1,200,000,000	Si
Lamina de Acero 1020 de 1,20 x 240 de 2 mm	Bs.F 130,000,000	5	Bs.F 650,000,000	Si
Lamina de Acero 1045 de 1,20 x 240 de 4 mm	Bs.F 210,000,000	1	Bs.F 210,000,000	Si
Lamina de Acero 1060 de 1,20 x 240 de 6 mm	Bs.F 500,000,000	1	Bs.F 500,000,000	No
Lamina de Acero 1045 de 1,20 x 240 de 2 mm	Bs.F 190,000,000	2	Bs.F 380,000,000	Si
Horas Hombre	300	120 Horas	Bs.F 36,000,000	
Horas Máquina	650	120 Horas	Bs.F 78,000,000	

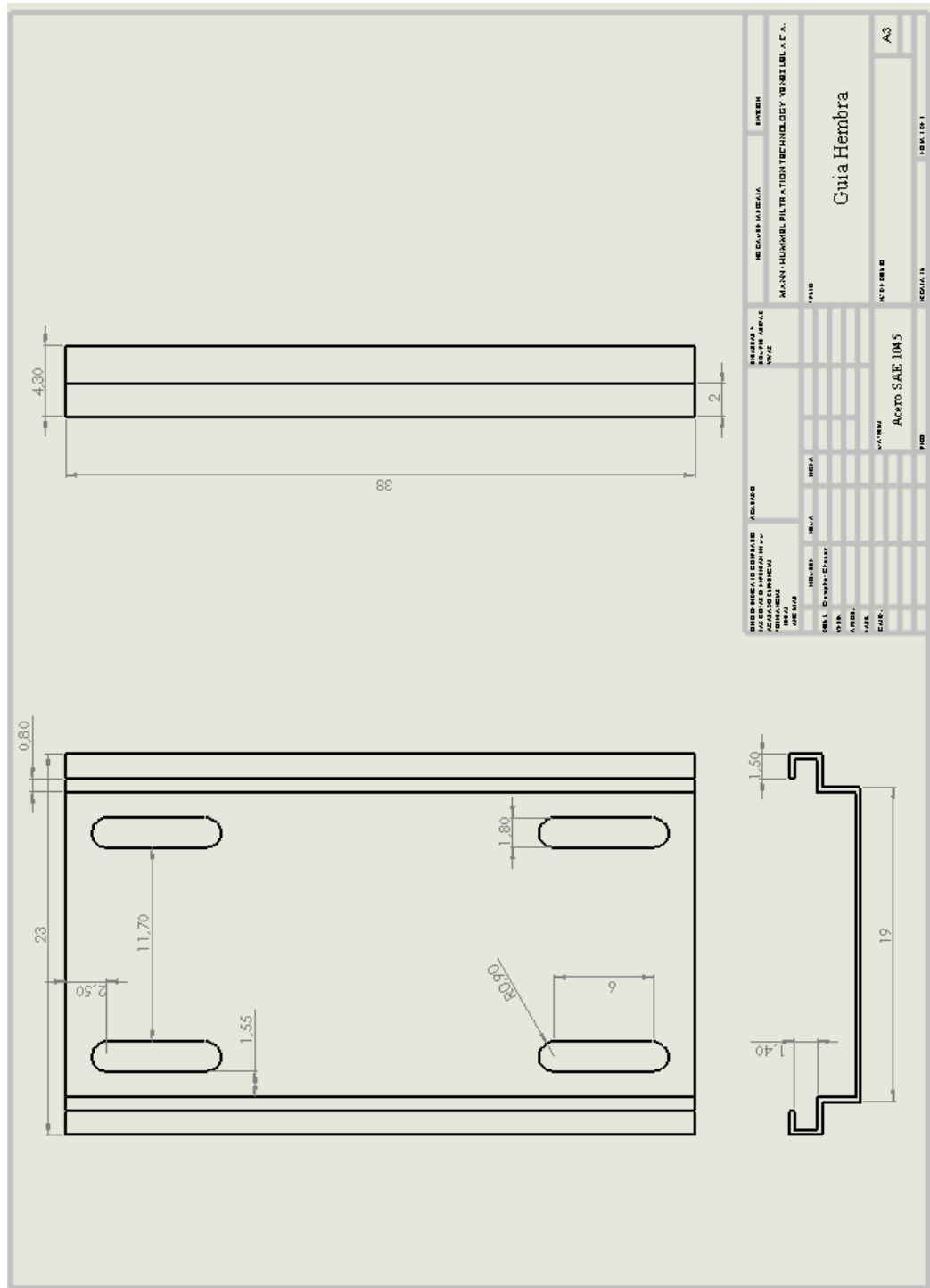
Anexo E: Figura 1. Presupuesto dosificadora radial MANN+HUMMEL

Fuente. Christopher Chacón (2018).

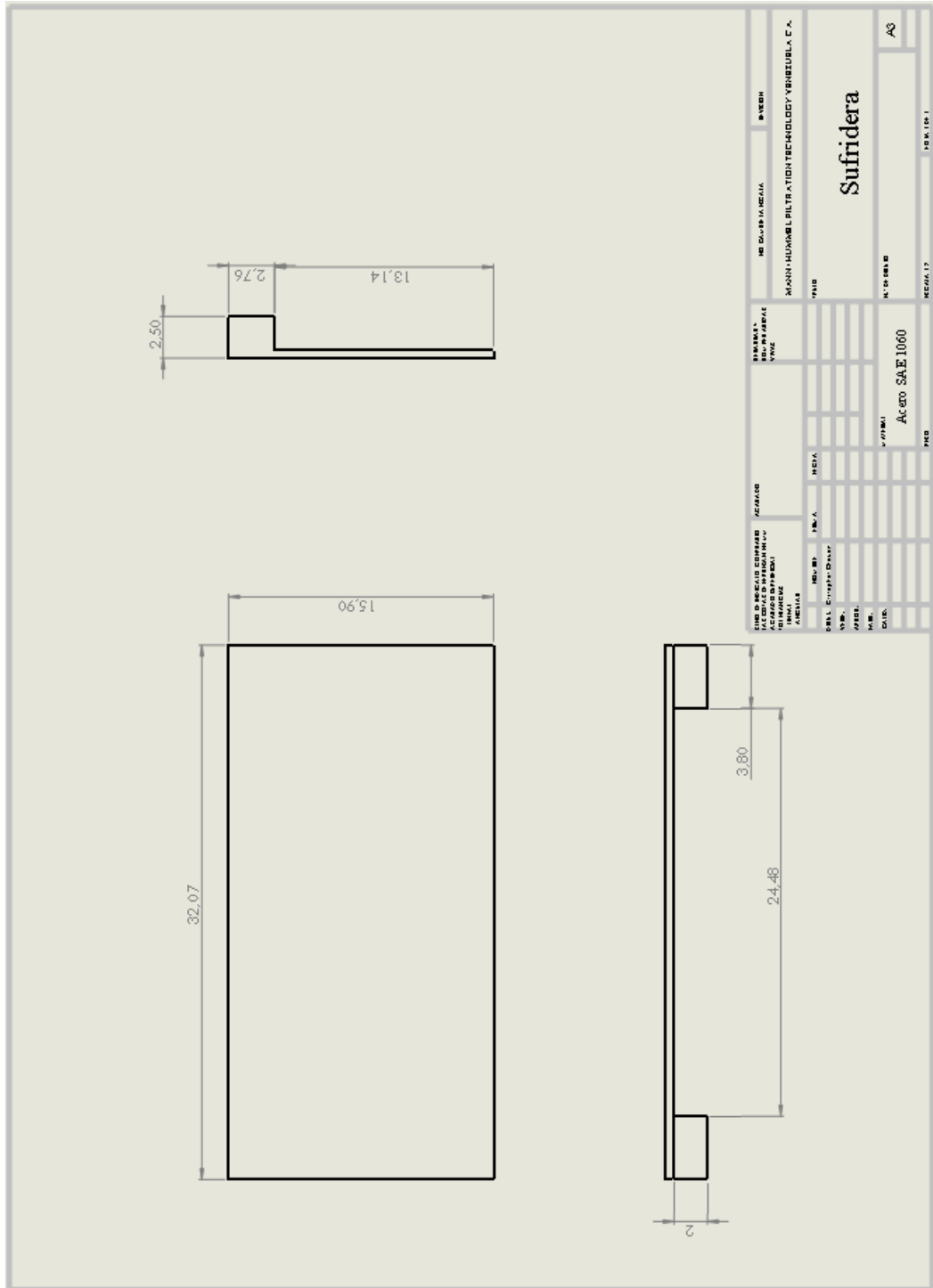
APÉNDICE

APÉNDICE A

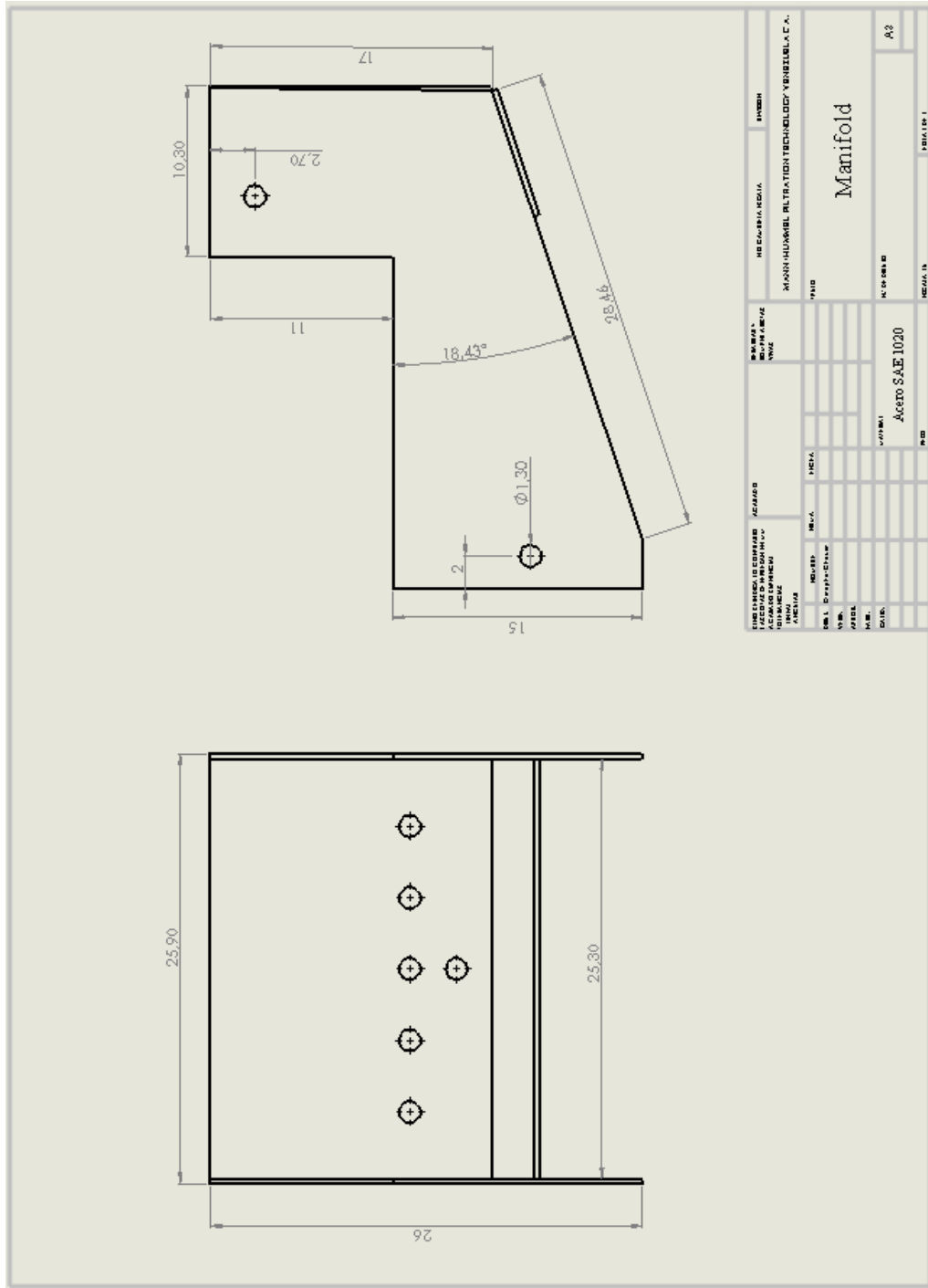
(Planos dosificadora radial MANN+HUMMEL)



Apéndice A: Figura 5. Plano Guia Hembra
 Fuente. Christopher Chacón (2018).



Apéndice A: Figura 7. Plano Sufridera
 Fuente. Cristopher Chacón (2018).



Apéndice A: Figura 10. Plano Manifold

Fuente. Christopher Chacón (2018).