



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TRABAJO FIN DE GRADO

Grado en Ingeniería Mecánica

ESTUDIO CINEMÁTICO Y DINÁMICO MUELLES A GAS PORTÓN VEHÍCULO UTILITARIO



Memoria y Anexos

Autor: Raúl Sáez González
Director: Benito Javier Luzón Narro
Co-Director: Xavier Romeo Alba
Convocatoria: Octubre 2019

Resumen

El presente proyecto trata de determinar la configuración idónea para la construcción de un portón manual asistido por muelles de gas con el fin de que su comportamiento de apertura y cierre sean los óptimos para satisfacer a los usuarios. Se centra en la configuración referente a la disposición de los mecanismos y elementos que influyen directamente en el cálculo de los esfuerzos de accionamiento del portón.

Se ha establecido una base de cálculo para la obtención de las gráficas de esfuerzos de accionamiento de un portón manual. También se ha realizado un estudio de todos los parámetros, tanto referentes a la configuración del portón como de los resortes a gas, con el fin de entender cómo influyen en el funcionamiento del portón. Conociendo esto, junto con el comportamiento ideal que debe presentar un portón, obtenido mediante el criterio de los clientes, se ha establecido que tipo de configuración se adapta mejor a estos requerimientos.

Finalmente, como un portón manual asistido por muelles de gas no puede garantizar un comportamiento ideal en todo el rango de temperaturas, se dan a conocer una serie de alternativas a dichos resortes con el fin de mejorar el comportamiento del portón en estas condiciones.

Resum

El present projecte tracta de definir la configuració idònia per a la construcció d'un portó manual assistit per molles de gas per tal que el seu comportament d'obertura i tancament siguin els òptims per satisfer als usuaris. Es basa en la configuració referent a la disposició dels mecanismes i elements que influeixen directament en el càlcul dels esforços d'accionament del portó.

S'ha realitzat una base de càlcul per a l'obtenció de les gràfiques d'esforços d'accionament d'un portó manual. També s'ha realitzat un estudi de tots el paràmetres, tant referents a la configuració del portó com de les molles de gas, per tal d'entendre com influeixen en el funcionament del portó. Coneixent això, juntament amb el comportament ideal que ha de presentar un portó, obtingut mitjançant el criteri dels clients, s'ha establert quin tipus de configuració s'adapta de millor manera a aquests requeriments.

Finalment, com un portó manual assistit per molles de gas no pot garantir un comportament ideal en tot el rang de temperatures, es donen a conèixer una sèrie d'alternatives a les molles de gas amb la finalitat de millorar el comportament del portó en aquestes condicions.

Abstract

This project tries to determine the suitable configuration for a manual tailgate by gas springs assisted, to obtain an optimal operation in opening and closing maneuverer, for satisfy users. Due of this objective, the study is focuses on the mechanisms and elements which directly influence to the calculation of tailgate manual actuation efforts.

One calculation basis has been established to obtain the manual actuation efforts graphs also a parameters study of the tailgate configuration and the gas springs, in order to understand how all of them influence the operation. Having in account the results obtained, plus the ideal behaviour of a tailgate, from user's criteria, it is been established which configuration is best suited to all these requirements.

Finally, because a tailgate gas spring assisted cannot guarantee an ideal behaviour between all the temperature's ranges, some alternatives are presented to these springs to improve the performance under these conditions.



Agradecimientos

En primer lugar me gustaría agradecer a mi tutor de TFG en la empresa SEAT, Xavier Romeo, quien me ha aconsejado y guiado en todo momento en la realización de este proyecto. También, a todos mis compañeros que han tenido algún que otro tipo de influencia en este proyecto, y me han aconsejado en ciertas ocasiones. Finalmente, agradecer a Javier Luzón, por los consejos proporcionados.



Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Portón de chapa del fabricante SEAT	23
Ilustración 2. Revestimiento interno con asidero del fabricante SEAT.....	23
Ilustración 3. Portón Volkswagen con manecilla y portón SEAT con pulsador	24
Ilustración 4. Portones Audi con piloto completo y piloto móvil, portón SEAT sin piloto	24
Ilustración 5. Portón de plástico del fabricante Peugeot	25
Ilustración 6. Armazón del portón. Fuente: www.initiative-automotive.de	26
Ilustración 7. Revestimiento externo del portón. Fuente: www.generationglassfibre.co.uk	28
Ilustración 8. Ejemplo de explosionado de la estructura de un portón. Fuente: www.qclt.com	28
Ilustración 9. Bisagra de giro interior. Fuente: SEAT	29
Ilustración 10. Bisagra de giro exterior. Fuente: SEAT	29
Ilustración 11. Cerradura con funda. Fuente: www.distribuciones-lcar.es	30
Ilustración 12. Resbalón. Fuente: www.wolfautoparts.com	30
Ilustración 13. Maletero sin tapa y con tapa. Fuente: SEAT	31
Ilustración 14. Ejemplos de manecilla y pulsador. Fuentes: www.ctvbdstore.com y www.zeply.io	31
Ilustración 15. Muelle de gas. Fuente: www.michelecaroli.com	32
Ilustración 16. Flexión debida a muelles de gas. Fuente: www.initiative-automotive.de	33
Ilustración 17. Logo de la compañía Stabilus.....	34
Ilustración 18. Logo de la compañía Suspa	35
Ilustración 19. Logo de la compañía Gaysan Gas Springs.....	35
Ilustración 20. Partes muelle de gas estándar. Fuente: VAPSINT	36
Ilustración 21. Esquema resorte a gas estándar. Fuente: Stabilus	36
Ilustración 22. Curva característica de un muelle de gas. Fuente: Stabilus	37
Ilustración 23. Carreras de lubricación. Fuente: Stabilus	38
Ilustración 24. Medición fuerzas muelle de gas. Fuente: Stabilus.....	39
Ilustración 25. Ejemplo curva de medición para la obtención de las fuerzas del resorte. Fuente: SEAT	39
Ilustración 26. Curva de velocidad de extensión de un muelle de gas. Fuente: SEAT	40
Ilustración 27. Amortiguación hidráulica. Fuente: Stabilus	41
Ilustración 28. Amortiguación dinámica. Fuente: Stabilus	42
Ilustración 29. Curva característica muelles de gas en función de la temperatura. Fuente: Stabilus	43
Ilustración 30. Diferentes sistemas de sellado. Fuente: Stabilus.....	44
Ilustración 31. Tapón protector. Fuente: Suspa	44
Ilustración 32. Ejemplos de terminales y unión rótula/perno esférico. Fuente: Stabilus.....	45
Ilustración 33. Colocación muelle de gas en portón. Fuente: www.hogarmania.com	45
Ilustración 34. Muelle de gas con tubo de presión de aluminio. Fuente: Stabilus.....	46
Ilustración 35. Muelle de gas con parada. Fuente: Stabilus.....	47
Ilustración 36. Muelle de gas con fricción. Fuente: Stabilus	47
Ilustración 37. Ejemplo de la gráfica de esfuerzos de accionamiento de un portón. Fuente: elaboración propia..	48
Ilustración 38. Gráficas de esfuerzos de apertura y cierre del portón a distintas temperaturas. Fuente: SEAT	49
Ilustración 39. Esquema parámetros en el plano XZ. Fuente: SEAT	51

Ilustración 40. Datos de entrada parametrización. Fuente: elaboración propia.....	60
Ilustración 41. Tablas de cálculo parametrización. Fuente: elaboración propia	61
Ilustración 42. Resultados: esfuerzos de accionamiento y exceso de momento. Fuente: elaboración propia.....	62
Ilustración 43. Resultados: gráfica de esfuerzos a temperatura ambiente. Fuente: elaboración propia	62
Ilustración 44. Resultados: gráfica de esfuerzos de accionamiento a diferentes temperaturas. Fuente: elaboración propia.....	63
Ilustración 45. Resultados: gráfica de momentos de apertura y peso del portón. Fuente: elaboración propia	63
Ilustración 46. Clasificación de los parámetros de estudio. Fuente: elaboración propia.....	64
Ilustración 47. Ubicación sistema global de coordenadas del vehículo. Fuente: SEAT.....	65
Ilustración 48. Conclusiones punto de apertura portón. Fuente: elaboración propia	70
Ilustración 49. Conclusiones punto de cierre portón. Fuente: elaboración propia	73
Ilustración 50. Conclusiones centro de gravedad en eje de coordenadas X. Fuente: elaboración propia.....	75
Ilustración 51. Conclusiones centro de gravedad en eje de coordenadas Z. Fuente: elaboración propia.....	77
Ilustración 52. Conclusiones parámetro eje de bisagras. Fuente: elaboración propia	83
Ilustración 53. Conclusiones parámetro fijación a carrocería muelle de gas. Fuente: elaboración propia.....	89
Ilustración 54. Conclusiones parámetro fijación a portón muelle de gas. Fuente: elaboración propia	93
Ilustración 55. Curva característica resorte en función de la relación X. Fuente: Stabilus	98
Ilustración 56. Sección tubo de presión de un resorte a gas con acanalado. Fuente: Stabilus.....	104
Ilustración 57. Combinación de diámetros cuerpo y vástago. Fuente: www.cromparts.com.....	107
Ilustración 58. Influencia diámetro cuerpo y vástago en relación X. Fuente: Stabilus	108
Ilustración 59. Vehículos sujetos a valoración. Fuente: elaboración propia.....	110
Ilustración 60. Ejemplo de configuración vertical. Fuente: www.carmania.mx	116
Ilustración 61. Ejemplo de configuración inclinada. Fuente: www.enganchesaragon.com.....	117
Ilustración 62. Ejemplo de configuración muy inclinada. Fuente: www.jarmauto.es	118
Ilustración 63. Esquema a escala de las tres configuraciones. Fuente: elaboración propia.....	120
Ilustración 64. Muelle eléctrico. Fuente: www.skodacommunity.de.....	123
Ilustración 65. Comparativa muelle eléctrico y muelle de gas. Fuente: elaboración propia	124
Ilustración 66. Distancias parámetros respecto eje de bisagras en X de la configuración vertical. Fuente: elaboración propia.....	137
Ilustración 67. Distancias parámetros respecto eje de bisagras en Z de la configuración vertical. Fuente: elaboración propia.....	137
Ilustración 68. Distancias parámetros respecto eje de bisagras en X de la configuración inclinada. Fuente: elaboración propia.....	139
Ilustración 69. Distancias parámetros respecto eje de bisagras en Z de la configuración inclinada. Fuente: elaboración propia.....	139
Ilustración 70. Distancias parámetros respecto eje de bisagras en X de la configuración muy inclinada. Fuente: elaboración propia.....	141
Ilustración 71. Distancias parámetros respecto eje de bisagras en Z de la configuración muy inclinada. Fuente: elaboración propia.....	141

Lista de tablas

Tabla 1. Parámetros de entrada parametrización.....	50
Tabla 2. Coordenadas de los parámetros del portón tomado como referencia.....	65
Tabla 3. Especificaciones resortes a gas y portón de referencia.....	65
Tabla 4. Resultados modificación posición del punto de apertura en eje de coordenadas X.....	68
Tabla 5. Resultados modificación posición del punto de apertura en eje de coordenadas Z.....	69
Tabla 6. Resultados modificación posición del punto de cierre en eje de coordenadas X.....	71
Tabla 7. Resultados modificación posición del punto de cierre en eje de coordenadas Z.....	72
Tabla 8. Resultados modificación centro de gravedad en eje de coordenadas X.....	74
Tabla 9. Resultados modificación centro de gravedad en eje de coordenadas Z.....	76
Tabla 10. Resultados modificación de la masa del portón.....	78
Tabla 11. Resultados modificación eje de bisagras en eje de coordenadas X.....	81
Tabla 12. Resultados modificación eje de bisagras en eje de coordenadas Z.....	82
Tabla 13. Relación X en función de la carrera.....	84
Tabla 14. Resultados modificación fijación a carrocería en eje de coordenadas X.....	85
Tabla 15. Resultados modificación fijación a carrocería en eje de coordenadas Z.....	86
Tabla 16. Resultados modificación fijación a carrocería en eje de coordenadas Y.....	88
Tabla 17. Resultados modificación fijación a portón en eje de coordenadas X.....	90
Tabla 18. Resultados modificación fijación a portón en eje de coordenadas Z.....	92
Tabla 19. Resultados influencia de temperatura en resortes modelo A.....	94
Tabla 20. Resultados influencia de temperatura en resortes modelo B.....	94
Tabla 21. Resultados al modificar la relación X del muelle de gas.....	98
Tabla 22. Resultados parámetro fuerza F1 a temperatura ambiente (20°C).....	100
Tabla 23. Resultados parámetro fuerza F1 a baja temperatura (-30°C).....	101
Tabla 24. Resultados parámetro fuerza F1 a alta temperatura (80°C).....	102
Tabla 25. Resultados parámetro ranura interna.....	105
Tabla 26. Influencia diámetro resorte en el comportamiento del portón.....	109
Tabla 27. Mediciones de esfuerzos y ángulos de accionamiento de cada vehículo.....	113
Tabla 28. Costes de ingeniería.....	128
Tabla 29. Coste total del proyecto.....	128
Tabla 30. Coordenadas parámetros de la configuración vertical.....	136
Tabla 31. Características portón y muelles de gas de la configuración vertical.....	136
Tabla 32. Distancias parámetros respecto eje de bisagras en ejes de coordenadas X y Z de la configuración vertical.....	138
Tabla 33. Coordenadas parámetros de la configuración inclinada.....	138
Tabla 34. Características portón y muelles de gas de la configuración inclinada.....	138
Tabla 35. Distancias parámetros respecto eje de bisagras en ejes de coordenadas X y Z de la configuración inclinada.....	140
Tabla 36. Coordenadas parámetros de la configuración muy inclinada.....	140
Tabla 37. Características portón y muelles de gas de la configuración muy inclinada.....	140

Tabla 38. Distancias parámetros respecto eje de bisagras en ejes de coordenadas X y Z de la configuración muy inclinada141

Lista de gráficos

Gráfico 1. Comparativa gráfica de esfuerzos modificación punto de apertura en eje de coordenadas X	68
Gráfico 2. Comparativa gráfica de esfuerzos modificación punto de apertura en eje de coordenadas Z.....	69
Gráfico 3. Comparativa gráfica de esfuerzos modificación punto de cierre en eje de coordenadas X.....	71
Gráfico 4. Comparativa gráfica de esfuerzos modificación punto de cierre en eje de coordenadas Z.....	72
Gráfico 5. Comparativa gráfica de esfuerzos modificación centro de gravedad en eje de coordenadas X	74
Gráfico 6. Comparativa gráfica de esfuerzos modificación centro de gravedad en eje de coordenadas Z.....	76
Gráfico 7. Comparativa gráfica de esfuerzos modificando la masa del portón	79
Gráfico 8. Comparativa gráfica de esfuerzos modificación eje de bisagras en eje de coordenadas X.....	81
Gráfico 9. Comparativa gráfica de esfuerzos modificación eje de bisagras en eje de coordenadas Z.....	82
Gráfico 10. Aproximación para la obtención de la relación X en función de la carrera del resorte	84
Gráfico 11. Comparativa gráfica de esfuerzos modificación fijación a carrocería en eje de coordenadas X.....	85
Gráfico 12. Comparativa gráfica de esfuerzos modificación fijación a carrocería en eje de coordenadas Z.....	87
Gráfico 13. Comparativa gráfica de esfuerzos modificación fijación a carrocería en eje de coordenadas Y	88
Gráfico 14. Comparativa gráfica de esfuerzos modificación fijación a carrocería en eje de coordenadas X.....	91
Gráfico 15. Comparativa gráfica de esfuerzos modificación fijación a portón en eje de coordenadas Z.....	92
Gráfico 16. Porcentaje variación carga F1 de los resortes en función de la temperatura para los modelos A y B.	95
Gráfico 17. Comparativa gráfica de esfuerzos modificando la relación X del muelle de gas.....	99
Gráfico 18. Comparativa gráfica de esfuerzos parámetro fuerza F1 a temperatura ambiente.....	101
Gráfico 19. Comparativa gráfica de esfuerzos parámetro fuerza F1 a baja temperatura	102
Gráfico 20. Comparativa gráfica de esfuerzos parámetro fuerza F1 a alta temperatura.....	103
Gráfico 21. Resultados velocidad de extensión según profundidad de ranura.....	105
Gráfico 22. Valores límite de velocidad de extensión para los resortes analizados	106
Gráfico 23. Vehículos mejor valorados por los clientes en cada aspecto	112
Gráfico 24. Comparativa mediciones obtenidas de cada vehículo	113
Gráfico 25. Gráfica ideal de esfuerzos de accionamiento portón manual a temperatura ambiente.....	115
Gráfico 26. Gráfica de esfuerzos configuración vertical junto a gráfica ideal a temperatura ambiente	116
Gráfico 27. Gráfica de esfuerzos configuración inclinada junto a gráfica ideal a temperatura ambiente	118
Gráfico 28. Gráfica de esfuerzos configuración muy inclinada junto a gráfica ideal a temperatura ambiente ...	119
Gráfico 29. Gráfica de esfuerzos de accionamiento configuración vertical a diferentes temperaturas	121
Gráfico 30. Gráfica de esfuerzos de accionamiento configuración inclinada a diferentes temperaturas.....	121
Gráfico 31. Gráfica de esfuerzos de accionamiento configuración muy inclinada a diferentes temperaturas.....	122
Gráfico 32. Resultados valoración portón Modelo A	131
Gráfico 33. Resultados valoración portón Modelo B	131
Gráfico 34. Resultados valoración portón Modelo C.....	132
Gráfico 35. Resultados valoración portón Modelo D.....	132
Gráfico 36. Resultados valoración portón Modelo E.....	133
Gráfico 37. Gráfica de esfuerzos de accionamiento portón Modelo A	133
Gráfico 38. Gráfica de esfuerzos de accionamiento portón Modelo B	134
Gráfico 39. Gráfica de esfuerzos de accionamiento portón Modelo C	134

Gráfico 40. Gráfica de esfuerzos de accionamiento portón Modelo D.....135
Gráfico 41. Gráfica de esfuerzos de accionamiento portón Modelo E.....135

Abreviaturas

Abreviatura	Significado
B_X	Componente posición eje de bisagras en eje de coordenadas X
B_Y	Componente posición eje de bisagras en eje de coordenadas Y
B_Z	Componente posición eje de bisagras en eje de coordenadas Z
G_X	Componente posición centro de gravedad en eje de coordenadas X
G_Y	Componente posición centro de gravedad en eje de coordenadas Y
G_Z	Componente posición centro de gravedad en eje de coordenadas Z
C_X	Componente posición punto de cierre portón en eje de coordenadas X
C_Y	Componente posición punto de cierre portón en eje de coordenadas Y
C_Z	Componente posición punto de cierre portón en eje de coordenadas Z
A_X	Componente posición punto de apertura portón en eje de coordenadas X
A_Y	Componente posición punto de apertura portón en eje de coordenadas Y
A_Z	Componente posición punto de apertura portón en eje de coordenadas Z
Fc_X	Componente posición fijación a carrocería muelle en eje de coordenadas X
Fc_Y	Componente posición fijación a carrocería muelle en eje de coordenadas Y
Fc_Z	Componente posición fijación a carrocería muelle en eje de coordenadas Z
Fp_X	Componente posición fijación a portón muelle en eje de coordenadas X
Fp_Y	Componente posición fijación a portón muelle en eje de coordenadas Y
Fp_Z	Componente posición fijación a portón muelle en eje de coordenadas Z
<i>Masa</i>	Masa del portón
<i>Ángulo</i>	Ángulo de apertura del portón
F_1	Fuerza de extensión muelle de gas en la fase de extensión
F_2	Fuerza de inserción muelle de gas en la fase de extensión
F_3	Fuerza de extensión muelle de gas en la fase de compresión
F_4	Fuerza de inserción muelle de gas en la fase de compresión
V_1	Volumen cámara interna del resorte con vástago extendido
V_2	Volumen del vástago insertado en el tubo de presión
X	Relación X
F_r	Fuerza de rozamiento media del resorte

T_s	Temperatura superior
T_i	Temperatura inferior
<i>Tolerancia</i>	Tolerancia muelle de gas

Glosario

Canal de aguas

Zona húmeda perteneciente a la carrocería del vehículo donde va ubicado el muelle de gas, al lado de la junta de estanqueidad.

Clinchado

Técnica de unión que permite unir dos o más chapas metálicas entre sí mediante deformación plástica en frío.

Engrapado

Operación de conformado en la que los bordes de la chapa se doblan sobre otra pieza para conseguir un conjunto.

Franquicia

Distancia de separación entre dos componentes.

Estampación

Proceso de fabricación por el cual se somete un metal a una carga de compresión entre dos moldes.

Spoiler

Superficie añadida en la parte superior del portón con fines aerodinámicos.



Índice

RESUMEN	I
RESUM	II
ABSTRACT	III
AGRADECIMIENTOS	V
LISTA DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE TABLAS	IX
LISTA DE GRÁFICOS	XI
ABREVIATURAS	XIII
GLOSARIO	XV
1. INTRODUCCIÓN	21
1.1. Objetivos del trabajo.....	21
1.2. Alcance del trabajo	21
2. DESCRIPCIÓN DEL PORTÓN	22
2.1. Definición y funciones.....	22
2.2. Tipos de portón.....	23
2.2.1. Portón trasero convencional.....	23
2.2.2. Portón de plástico.....	24
2.3. Despiece del portón trasero	25
2.3.1. Estructura del portón	25
2.3.2. Mecanismos del portón	29
2.4. Requerimientos de rigidez del portón.....	32
2.4.1. Flexión debida a muelles de gas.....	32
2.4.2. Descolgamiento del portón.....	33
3. INTRODUCCIÓN MUELLE A GAS PORTÓN	34
3.1. Fabricantes de muelles de gas.....	34
3.2. Muelle de gas estándar.....	35
3.2.1. Funcionamiento.....	35
3.2.2. Curva característica resorte	37
3.2.3. Velocidad de extensión y amortiguación.....	40

3.2.4.	Comportamiento según la temperatura.....	43
3.2.5.	Elemento guía y estanqueidad.....	43
3.2.6.	Terminales.....	44
3.3.	Variantes muelles de gas.....	46
3.4.	Muelle de gas en portón: gráfica de esfuerzos de accionamiento.....	47
4.	BASE DE CÁLCULO: ESFUERZOS DE ACCIONAMIENTO PORTÓN _____	50
4.1.	Parámetros de entrada.....	50
4.2.	Parametrización.....	52
4.2.1.	Proceso de cálculo fuerzas de accionamiento portón a temperatura ambiente	52
4.2.2.	Proceso de cálculo fuerzas de accionamiento portón a alta temperatura.....	56
4.2.3.	Proceso de cálculo fuerzas de accionamiento portón a baja temperatura.....	58
4.3.	Resultados parametrización.....	60
4.3.1.	Datos de entrada.....	60
4.3.2.	Proceso.....	61
4.3.3.	Resultados.....	61
5.	ESTUDIO DE PARÁMETROS MUELLES A GAS PORTÓN _____	64
	Datos de referencia.....	65
	Procedimiento.....	66
5.1.	Parámetros de diseño muelles a gas portón.....	66
5.1.1.	Posición punto de apertura.....	67
5.1.2.	Posición punto de cierre.....	70
5.1.3.	Posición centro de gravedad.....	73
5.1.4.	Masa del portón.....	78
5.1.5.	Posición eje de bisagras.....	80
5.1.6.	Posición fijación a carrocería.....	83
5.1.7.	Posición fijación a portón.....	89
5.2.	Parámetros externos muelles a gas portón.....	93
5.2.1.	Temperatura.....	94
5.3.	Parámetros propios muelles a gas portón.....	97
5.3.1.	Relación X.....	97
5.3.2.	Fuerza F1.....	100
5.3.3.	Fuerza F4.....	103
5.3.4.	Ranura interna o acanalado.....	104
5.3.5.	Diámetro resorte.....	107
6.	CONFIGURACIÓN IDEAL DE UN PORTÓN MANUAL _____	110

6.1.	Gráfica ideal de esfuerzos de accionamiento.....	110
6.1.1.	Base de la encuesta	110
6.1.2.	Valoraciones de los clientes	111
6.1.3.	Obtención de las gráficas de esfuerzos de cada vehículo	113
6.1.4.	Gráfica ideal de esfuerzos de accionamiento portón manual.....	114
6.2.	Configuración ideal de portón a temperatura ambiente.....	115
6.2.1.	Configuración vertical de portón	115
6.2.2.	Configuración inclinada de portón.....	117
6.2.3.	Configuración muy inclinada de portón.....	118
6.3.	Configuración ideal de portón en todo el rango de temperaturas.....	120
7.	ALTERNATIVA MUELLES DE GAS _____	123
7.1.	Muelle eléctrico	123
8.	ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL _____	125
	CONCLUSIONES _____	127
	PRESUPUESTO _____	128
	BIBLIOGRAFIA _____	129
	ANEXO _____	131
A1.	Datos para la obtención de la gráfica ideal de esfuerzos.....	131
A2.	Datos referentes a las configuraciones propuestas	136

1. Introducción

1.1. Objetivos del trabajo

El presente proyecto tiene como principal objetivo determinar qué tipo de configuración de portón manual asistido por muelles de gas es el ideal, con el fin de que su comportamiento, es decir, la apertura y cierre del mismo, sean los óptimos para satisfacer a los usuarios. De este modo, se determinará la tendencia a seguir para la construcción de futuros portones de vehículo utilitario.

1.2. Alcance del trabajo

El proyecto no se centra en la construcción de la estructura ni geometría del portón sino en determinar la disposición de los mecanismos y elementos que lo componen, los cuales, influyen en el posicionamiento de los muelles de gas, y en el cálculo de los esfuerzos de accionamiento del propio portón.

Los ensayos experimentales para el estudio de los parámetros propios y externos de los resortes los realizará el departamento de experimentación de la empresa SEAT conveniente, cuyos resultados se utilizarán para llegar a las conclusiones correspondientes.

En el siguiente proyecto se realizarán las siguientes tareas:

- Realizar una pequeña descripción de un portón de vehículo utilitario con el fin de dar una idea global de los componentes que lo forman.
- Realizar la introducción a los muelles de gas detallando su funcionamiento.
- Establecer las bases de cálculo para la obtención de las gráficas de esfuerzos de accionamiento de un portón manual asistido por muelles de gas.
- Realizar el estudio teórico de los parámetros involucrados en el diseño e implementación de los muelles a gas en portón.
- Obtener el comportamiento ideal que debe presentar un portón manual asistido por muelles de gas, teniendo en cuenta el criterio de los clientes.
- Determinar el tipo de configuración de un portón manual que mejor se adapte al comportamiento ideal considerado.
- Dar a conocer una serie de alternativas a los muelles de gas para proporcionar una solución al efecto de la temperatura en el comportamiento del portón.

2. Descripción del portón

2.1. Definición y funciones

El portón trasero es un elemento móvil de la carrocería que permite el acceso a la zona de carga del vehículo. Se encuentra situado en la parte trasera del automóvil y es fijado a la carrocería mediante bisagras.

La principal función del portón es permitir un acceso cómodo al volumen posterior del vehículo y facilitar la acción de carga y descarga. Para ello, el portón trasero se acciona verticalmente, girando respecto el eje de bisagras hasta la posición de apertura total, dejando en este punto, una obertura considerable al volumen de carga. Para evitar hacer frente a todo el peso del portón, el proceso de apertura está asistido por muelles de gas. Esto facilita su apertura y, además, permite que el portón quede abierto sin necesidad de sujetarlo.

Es importante que, los esfuerzos de accionamiento del portón sean confortables, evitando esfuerzos de apertura y cierre demasiado elevados.

Los ruidos de accionamiento deben ser agradables, evitando sonidos molestos, como chirridos, al ser accionado, o vibraciones cuando el vehículo está en marcha.

El portón debe ser estanco y evitar la entrada de elementos no deseados al interior del vehículo, como son el agua y la suciedad. También, debe aislar acústicamente el habitáculo, evitando ruidos del exterior.

Por último, el portón debe garantizar todas las funciones anteriormente comentadas a lo largo de toda su vida útil, y resistir tanto a malos usos, como al paso del tiempo.

2.2. Tipos de portón

2.2.1. Portón trasero convencional

Los portones traseros convencionales están fabricados con láminas muy finas de acero y su construcción sigue un modelo fijo. Estos portones no se fabrican de una sola pieza. Para su construcción, se emplean diferentes chapas de acero estampadas de espesor reducido, y se unen mediante técnicas de unión, como adhesivo, engrapado, clinchado y/o soldadura. Normalmente, la estructura de estos portones está formada por el armazón, refuerzos y el revestimiento externo.



Ilustración 1. Portón de chapa del fabricante SEAT

A la estructura del portón se le unen las bisagras, ubicadas en la parte superior del mismo, y cuya función es proporcionar un eje de rotación para facilitar su apertura. La maniobra de apertura está asistida por muelles de gas, y el accionamiento del portón se realiza mediante una manecilla o pulsador. En la construcción interior del portón se le añade un revestimiento interno para mejorar el acabado interior del vehículo. En esta pieza, normalmente va ubicado el asidero para facilitar el cierre del portón. Por último, se añaden el resto de componentes que forman parte del conjunto del portón.



Ilustración 2. Revestimiento interno con asidero del fabricante SEAT

Según el diseño del vehículo, existen pequeñas variaciones en la configuración. Algunos ejemplos más destacados son:

- Modo de accionamiento del portón: existen portones donde en el revestimiento externo se incorpora una manecilla, o en cambio incorporan un pulsador. En el caso del pulsador, suele colocarse en el revestimiento la matrícula del vehículo.



Ilustración 3. Portón Volkswagen con manecilla y portón SEAT con pulsador

- Iluminación trasera: podemos encontrar portones que incorporan el piloto completo, otros con parte del piloto, también llamado piloto móvil y, por último, portones sin piloto.



Ilustración 4. Portones Audi con piloto completo y piloto móvil, portón SEAT sin piloto

2.2.2. Portón de plástico

En los últimos años, se ha incrementado el uso de materiales sintéticos en el automóvil. Esto es debido a que, las normativas anticontaminación cada vez son más estrictas. Esto implica, una creciente necesidad de reducir el peso del vehículo, para poder reducir las motorizaciones actualmente empleadas y, por consiguiente, reducir las emisiones contaminantes.

Cada vez son más los fabricantes de automóviles que tienden a producir portones traseros de plástico como alternativa a los tradicionales de chapa. Aparentemente no se aprecian diferencias con un portón convencional. La ventaja principal de emplear este tipo de materiales en un portón, es la reducción del peso. Además, otra de las ventajas es que incrementan la posibilidad de diseño, ya que permite fabricar portones con formas más peculiares, las cuales, un portón de chapa no lo permite. Por último, son resistentes a la corrosión y fácilmente reciclables.

Por otro lado, presentan algunos inconvenientes. Aunque el portón es de plástico, es necesario introducir refuerzos como en los portones convencionales, para aumentar la rigidez y cumplir los requerimientos mecánicos del portón. También hay que tener en cuenta que este tipo de portones, debido al material el cual están fabricados, son más sensibles a los cambios de temperatura y, por lo tanto, presentan mayores dilataciones.



Ilustración 5. Portón de plástico del fabricante Peugeot

2.3. Despiece del portón trasero

A continuación, se detallarán algunos de los componentes más importantes que forman parte de un portón trasero. Se dividirán en dos grupos: estructura y mecanismos.

2.3.1. Estructura del portón

2.3.1.1. Armazón

El armazón es la parte más importante de la estructura del portón, siendo esta, la base donde se unen todos los elementos que componen el mismo. El proceso de fabricación empleado para su obtención es la estampación. La mayoría de portones emplean armazones de un único espesor fabricados con acero de alta resistencia. El espesor de chapa es bastante reducido, normalmente inferior al milímetro.

En la zona del marco es donde se concentran las mayores tensiones, concretamente donde están ubicadas las bisagras y las fijaciones de los resortes. Por lo tanto, la parte superior y lateral del armazón, son las que deben trabajarse más en cuanto a rigidez se refiere. Por otro lado, existe la necesidad de reducir el peso del portón. Esto se traduce en conseguir que, el portón sea lo más ligero posible, cumpliendo los requerimientos mecánicos del mismo. La rigidez de las zonas anteriormente comentadas, determinan el espesor del armazón.

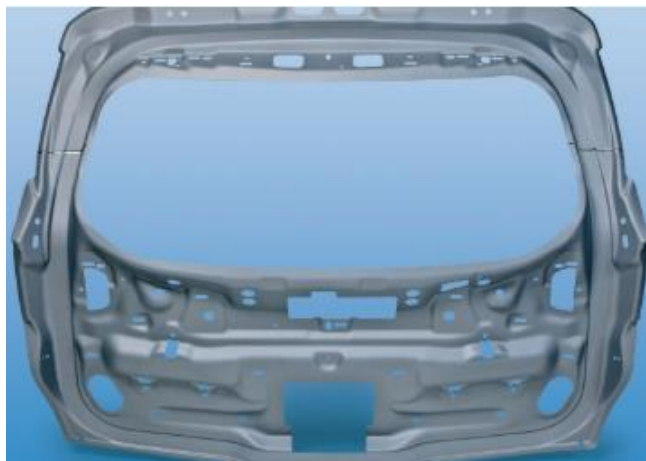


Ilustración 6. Armazón del portón. Fuente: www.initiative-automotive.de

Por sí solo, el armazón no podría satisfacer los requerimientos mecánicos a los cuales está sometido un portón. Por esto, se le añaden refuerzos en las zonas que requieren mayor rigidez.

Hay que destacar que, existen portones que emplean la técnica *Tailored Blank*. Con esta técnica, se aplica diferentes espesores a la chapa, aumentando el espesor en las zonas que requieren mayor rigidez. De este modo, se omite el empleo de refuerzos entre el armazón y el revestimiento externo.

2.3.1.2. Refuerzos internos

2.3.1.2.1 Refuerzo bisagra

El refuerzo bisagra es una pieza adicional de chapa que se une al armazón mediante soldadura, clinchado y/o adhesivado. Se colocan dos refuerzos en la parte superior del armazón, uno para cada bisagra del portón (véase Ilustración 8). Debido al uso normal del portón, en esta zona se concentran la mayor parte de tensiones del conjunto. Por lo tanto, es necesario aumentar la rigidez en esta área y, para ello, se añaden estos refuerzos. Cabe decir que, si no se emplearan los refuerzos, se tendría que aumentar el espesor del armazón. Esto implicaría aumentar el peso del portón hasta el punto que no sería viable para garantizar una apertura confortable.

2.3.1.2.2 Refuerzo resorte

El refuerzo resorte se une al armazón en la zona inferior del marco. El propósito de este refuerzo, es el mismo que el refuerzo bisagra anteriormente comentado. Su función es aumentar la rigidez del conjunto en la zona de fijación de los resortes en el portón, debido a que es una zona de concentración de tensiones producidas por la fuerza que ejercen los propios resortes. Se colocan dos refuerzos, uno para cada resorte (véase Ilustración 8). Cabe destacar que existen portones donde los refuerzos bisagra y resorte forman una única pieza, comenzando en la zona bisagra del portón,

bajando por el marco hasta la zona de fijación del resorte. Con el propósito de reducir el peso, y teniendo en cuenta que la zona central del marco no aumenta considerablemente la rigidez del conjunto, los modelos más actuales emplean estos refuerzos en dos piezas diferentes. Según el tipo de resorte utilizado en el portón, el espesor del refuerzo se ve afectado.

2.3.1.2.3 Refuerzo cerradura

El refuerzo cerradura es una pieza adicional de chapa empleada para aumentar la rigidez en la zona de las fijaciones de la cerradura en el armazón (véase Ilustración 8). Normalmente, este refuerzo en cuanto a dimensiones, es menor que los dos anteriores, y es necesario, debido a la concentración de tensiones que se producen alrededor de las fijaciones de la cerradura provocada por la función que desempeña el componente. Este refuerzo junto con el armazón, deben soportar las cargas provocadas por el impacto de la cerradura con el resbalón en el momento del cierre del portón, y la tracción con el portón cerrado, debido a que la junta de estanqueidad tiende a expulsar el conjunto hacia el exterior, trasladándose las tensiones a la cerradura.

Por otro lado, el empleo de un refuerzo en la zona de la cerradura, es por motivos de seguridad, ya que se debe garantizar que en caso de accidente la cerradura no se separa del armazón y el portón permanece cerrado. Para ello se realizan rigurosos ensayos de arranque de cerradura, los cuales, sin este refuerzo no se llegarían a satisfacer las exigencias para la homologación del portón.

2.3.1.3. Revestimiento externo

La última pieza que forma la estructura del portón es el revestimiento externo. Esta pieza se une al armazón una vez se han incorporado los refuerzos al conjunto. A portón cerrado, es la parte de la estructura que queda visible. La finalidad del revestimiento externo es mejorar la estética del portón, por este motivo, el acabado superficial debe ser óptimo. Según el diseño del portón, el revestimiento puede estar formado por una o dos piezas. Para no afectar a la estética del portón, se evita soldar el revestimiento al armazón, debido a que los puntos de soldadura quedarían expuestos.

Las zonas de mayor sollicitación en el revestimiento externo son dos: alrededor de la manecilla, debido al accionamiento del portón, y en segundo lugar, las zonas despejadas, las cuales, normalmente las personas utilizan para cerrar el portón o para empujar el automóvil. Para aumentar la rigidez en estas zonas y evitar abolladuras en la chapa, entre el revestimiento y armazón, se colocan aletas de refuerzo, y en caso de ser necesario, elementos metálicos adhesivados.



Ilustración 7. Revestimiento externo del portón. Fuente: www.generationglassfibre.co.uk

2.3.1.4. Explosionado estructura portón

En la Ilustración 8 se muestra un ejemplo del explosionado de la estructura del portón de un vehículo utilitario. En ella, se muestran los componentes que forman el conjunto portón, y la ubicación de cada uno de ellos sobre el armazón. Estas piezas se unen a la estructura mediante soldadura, adhesivado, clinchado y/o engrapado.

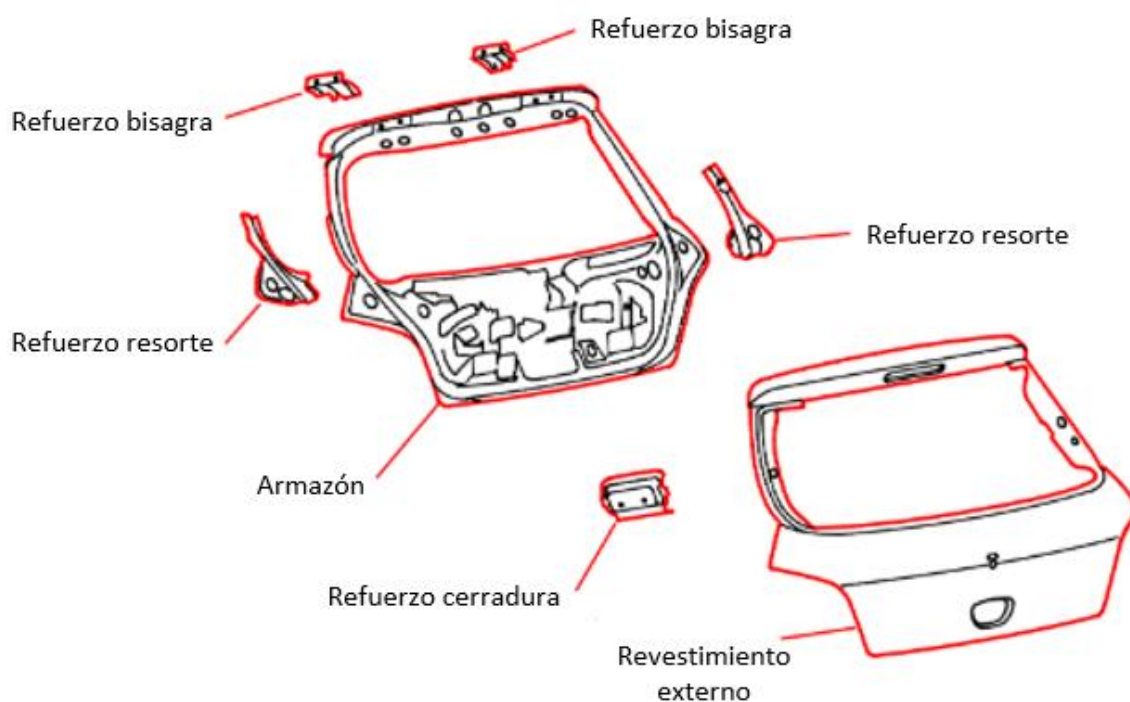


Ilustración 8. Ejemplo de explosionado de la estructura de un portón. Fuente: www.qclt.com

2.3.2. Mecanismos del portón

2.3.2.1. Bisagras

La bisagra, es el mecanismo que permite el giro del portón respecto un eje, facilitando la apertura del mismo. Normalmente, los portones emplean dos bisagras, una a cada lado del portón, pudiendo ser iguales o simétricas. Van colocadas en la zona del techo de la carrocería, y existen dos conceptos diferentes, las de giro interior y de giro exterior.

En las bisagras de giro interior, el eje de rotación se sitúa debajo del portón. Esto conlleva a que el portón gire hacia el interior de la estructura de la carrocería, introduciendo el *spoiler* en el hueco del techo.

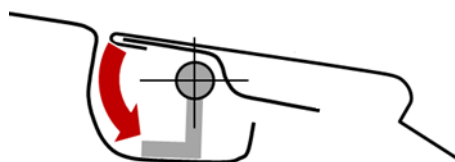


Ilustración 9. Bisagra de giro interior. Fuente: SEAT

En las bisagras de giro exterior, el eje de rotación de la bisagra se sitúa debajo del techo, esto conlleva a que el portón gire sobre el techo, desplazándose hacia el exterior del vehículo y hacia delante.

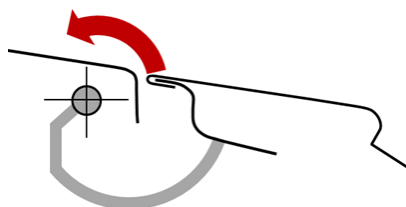


Ilustración 10. Bisagra de giro exterior. Fuente: SEAT

Es importante destacar que, el emplear un tipo u otro de bisagra condiciona tanto la construcción del portón, como de la carrocería. Dependiendo del tipo de bisagra empleado, la geometría y la cinemática del portón son completamente distintas.

2.3.2.2. Cerradura y resbalón

La cerradura es el mecanismo que bloquea y desbloquea el portón permitiendo que se abra o quede cerrado. La cerradura se acciona mediante la manecilla o pulsador. Va anclada mediante tornillería al armazón, y normalmente queda tapada mediante el revestimiento interno del portón. Según el

fabricante, existen vehículos que añaden una funda a la cerradura para mejorar la estética interior del portón.

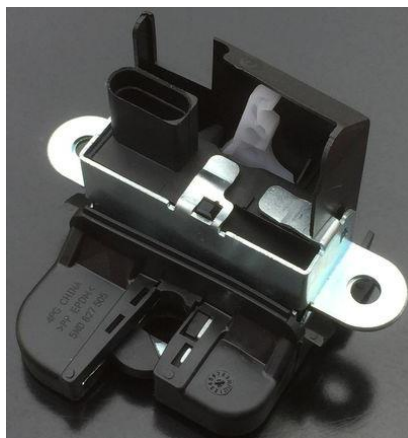


Ilustración 11. Cerradura con funda. Fuente: www.distribuciones-lcar.es

Para que la cerradura sea eficaz, es necesario otro elemento llamado resbalón. Este elemento sirve para que el gatillo de la cerradura tenga una superficie donde anclarse. Es importante que, con el portón cerrado, el gatillo de la cerradura y el resbalón queden lo más ajustado posible, si esto no es así, con el vehículo en movimiento, podría generar excesivo movimiento del portón ocasionando daños en ambos componentes. Algunas versiones de resbalón, emplean tacos de goma en la zona de fijación para absorber mejor las vibraciones del vehículo.



Ilustración 12. Resbalón. Fuente: www.wolfautoparts.com

Existen vehículos que emplean una tapa móvil en la zona del resbalón. Esta tapa protege el resbalón de golpes, evitando ser dañado, y a su vez mejora la estética interior del maletero.



Ilustración 13. Maletero sin tapa y con tapa. Fuente: SEAT

2.3.2.3. Manecilla y pulsador de apertura

Para el accionamiento del portón la mayoría de automóviles emplean pulsador. Los vehículos que incorporan este tipo de mecanismo, suelen ubicar la matrícula en el propio portón. También, según el fabricante del vehículo, el pulsador lleva incorporada la cámara de visión trasera. El montaje del pulsador en el portón es mediante clips, y se caracteriza por tener una buena ergonomía de apertura del portón.

Algunas marcas de automóviles, emplean el mecanismo de accionamiento en el propio logo de la marca (por ejemplo SEAT o Volkswagen). Esas variantes, no suelen incorporar la matrícula en el revestimiento. El empleo de este tipo de maneta mejora la estética del portón, pero en cambio, la ergonomía de apertura empeora mínimamente respecto al uso del pulsador. Una de las condiciones para aplicar manecilla como mecanismo de accionamiento, es que el logo de la marca sea el idóneo para ello, ya que no todos los logos son compatibles. Por último, a diferencia del pulsador, la manecilla se une al portón mediante tornillería.



Ilustración 14. Ejemplos de manecilla y pulsador. Fuentes: www.ctvbdstore.com y www.zeppy.io

2.3.2.4. Muelles de gas

Los muelles de gas son los resortes más comunes empleados para la asistencia de apertura de un portón. Son esenciales, ya que debido al peso y a la cinemática del propio portón es necesario incorporarlos para facilitar la apertura del mismo y, además, mantenerse abierto mientras se realizan las tareas de carga y descarga del maletero. Su construcción consiste en un tubo de presión, un

vástago con pistón, y los elementos de fijación correspondientes. En el interior del tubo de presión, hay nitrógeno comprimido, el cual genera una fuerza en la dirección de extensión del resorte. Adicionalmente, en el interior hay aceite cuya función es frenar el desplazamiento del vástago en la parte final del recorrido, y lubricar el pistón.

Con la finalidad de conseguir un buen confort de apertura, se colocan dos muelles de gas, uno a cada lado del portón, ubicado en el canal de aguas. Su colocación en el vehículo, se realiza mediante dos rótulas en cada extremo del muelle. La principal ventaja de emplear este tipo de muelle, es que permite ser colocado en el vehículo de forma fácil y rápida, sin necesidad de utilizar herramientas para su montaje.



Ilustración 15. Muelle de gas. Fuente: www.michelecaroli.com

2.4. Requerimientos de rigidez del portón

Para valorar la rigidez estática del conjunto portón se realizan una serie de ensayos físicos. A continuación, se resumirán los principales casos de carga a tener en cuenta para el desarrollo del portón.

2.4.1. Flexión debida a muelles de gas

Los muelles de gas ejercen una fuerza máxima cuando estos están comprimidos, es decir, cuando el portón está cerrado. Esta fuerza es ejercida en la zona inferior del marco, en el punto de fijación del resorte, y se debe tener en cuenta en el proceso de desarrollo del portón. El conjunto portón debe ser lo suficientemente rígido como para aguantar la carga que ejercerán los resortes.

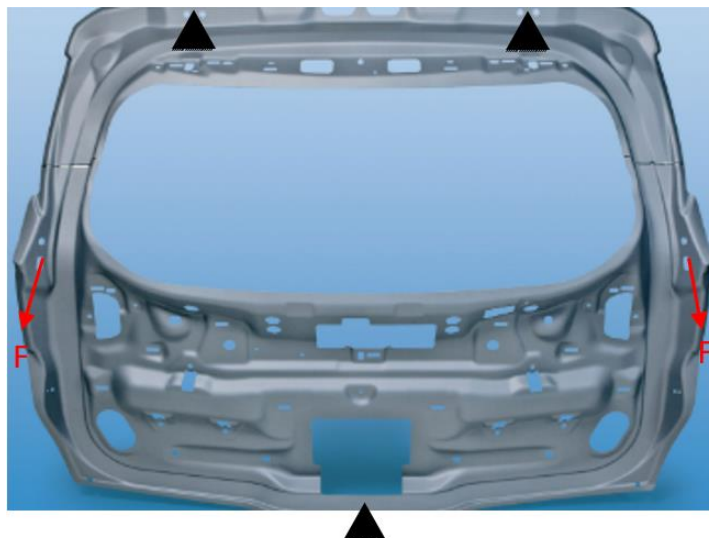


Ilustración 16. Flexión debida a muelles de gas. Fuente: www.initiative-automotive.de

2.4.2. Descolgamiento del portón

Cuando un portón es montado a carrocería, tiende a descolgarse de su posición debido al propio peso, y al tiraje que producen los resortes cuando están comprimidos. En el desarrollo se tiene en cuenta el descolgamiento para evitar futuros desajustes de posición y deformación del portón.

3. Introducción muelle a gas portón

3.1. Fabricantes de muelles de gas

Hoy en día, los muelles a gas se han convertido en elementos imprescindibles en el automóvil. Son empleados en multitud de aplicaciones dentro del vehículo, y son totalmente útiles para elementos móviles donde se requiere una movilidad segura y sencilla, con un recorrido definido y una amortiguación suave. Concretamente en portones de vehículos, es habitual incorporar este tipo de resortes.

En cuanto a muelles de gas se refiere, una de las mayores empresas suministradoras de estos componentes es Stabilus. Esta compañía fue fundada en la ciudad de Coblenza, Alemania en 1934. Desde entonces, ha estado desarrollando resortes a gas para multitud de sectores, entre los que se encuentran: el sector automotriz, agrícola, aviación, tecnología médica, entre otros. En 1962, presentó el primer muelle a gas fabricado en serie en el mundo, produciendo más de 1200 millones de ellos hasta la fecha. Actualmente, Stabilus cuenta con plantas de producción en Alemania, Rumanía, China, Corea, EE.UU, México, Brasil, Australia y Nueva Zelanda, convirtiéndose en la empresa líder en el desarrollo de muelles a gas, y suministrando sus productos a nivel mundial.

Stabilus suministra a la industria automovilística internacional desde hace décadas y está ampliamente reconocido como proveedor de desarrollo. Debido a que la mayoría de los resortes a gas deben ajustarse al modelo concreto de automóvil, la empresa proporciona apoyo y asesoría desde el principio de la fase del diseño. Asimismo, realizan los ajustes necesarios del producto hasta el lanzamiento en serie del automóvil. Los productos Stabilus muestran una construcción compacta y sencilla, garantizando niveles elevados de calidad. Es por esto, que la mayoría de fabricantes de automóviles emplean sus productos para la asistencia de apertura del portón trasero de sus vehículos.



Ilustración 17. Logo de la compañía Stabilus

Otra compañía dedicada a la creación de muelles de gas y que suministra sus productos al sector automotriz es Suspa. Esta compañía fue fundada en 1951 y, además de sus plantas de producción de Altdorf y Sulzbach-Rosenberg en Alemania, también producen en República Checa, EEUU, China e India. Cada año producen alrededor de 100 millones de componentes en unas 1500 versiones

diferentes. Sus productos tienen multitud de aplicaciones en el automóvil. Entre todos sus productos destacan los resortes con función de ajuste para los asientos, o los resortes para la asistencia de apertura y cierre de elementos móviles como puertas, capós, tapas maletero y portones. Suspa es un proveedor a nivel mundial de resortes a gas. Además de suministrar sus productos al sector automotriz, también produce resortes a gas para los sectores de la aviación, construcción de maquinaria, tecnología médica, edificación, entre otros.



Ilustración 18. Logo de la compañía Suspa

Otro fabricante de resortes a gas que suministra al sector de la automoción es Gaysan Gas Springs. Esta empresa se ha dedicado a la fabricación de resortes a gas desde 1982, convirtiéndose en el primer y más grande fabricante de muelles de gas en Turquía. Sus productos son utilizados por empresas mundialmente conocidas del sector de la automoción.



Ilustración 19. Logo de la compañía Gaysan Gas Springs

3.2. Muelle de gas estándar

3.2.1. Funcionamiento

Los resortes a gas son ampliamente empleados en la industria de la automoción. Son ideales cuando se desea elevar, bajar, mover o regular una carga de manera controlada y segura. Son ideales en este tipo de aplicaciones debido a que ejercen una fuerza de extensión adecuada, que posibilita la compensación óptima del peso que se requiere mover.

Un muelle de gas es un componente hidroneumático de almacenamiento de energía, y en su versión más simple, está compuesto por un tubo de presión y una varilla de acero denominada vástago, en cuyo extremo va montado un pistón que realiza los ciclos de compresión y extensión. El interior del tubo de presión contiene nitrógeno en estado gaseoso (indicado por las flechas en la Ilustración 20). El tubo, se encuentra sellado, evitando que el gas se escape. A medida que el resorte es extendido o comprimido, el gas de su interior atraviesa unos orificios en el pistón cambiando de una cámara a

otra, según sea el sentido de accionamiento. Adicionalmente, en el interior del tubo de presión hay aceite cuya función es frenar el desplazamiento del vástago en la parte final del movimiento, y lubricar el pistón en todo su recorrido, permitiendo un movimiento más fluido y sin vibraciones.

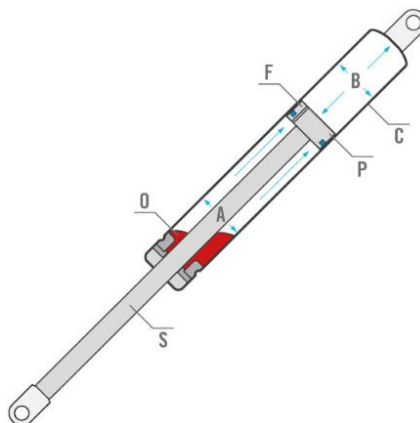


Ilustración 20. Partes muelle de gas estándar. Fuente: VAPSINT

El gas contenido en el interior del tubo de presión, permite almacenar energía. Cuando el resorte se comprime, el vástago del pistón es introducido dentro del tubo, provocando una reducción del volumen del gas. Esto genera un aumento de la presión del gas, y por consiguiente, un crecimiento de la fuerza ejercida por el resorte. En cambio, cuando el resorte es extendido, la presión del gas va reduciéndose gradualmente a medida que el vástago es extraído, provocando que el resorte disminuya su fuerza de extensión. De este modo, la fuerza que realiza un muelle de gas durante su recorrido no es constante, sino que varía gradualmente a medida que es extendido o comprimido.

Como se comentó anteriormente, a medida que el resorte es accionado, el gas del interior del tubo de presión fluye de una cámara a otra mediante un orificio en el pistón. Esto hace que las presiones en ambas caras del pistón sean las mismas. Sin embargo, la presión actúa en superficies diferentes. La superficie interior del pistón es mayor que la exterior, esto es debido al espacio que ocupa el vástago en la cara exterior (véase Ilustración 21). De este modo, la fuerza en la cara interior es mayor que en la exterior, y así es como un resorte a gas produce una fuerza en el sentido de empuje.



Ilustración 21. Esquema resorte a gas estándar. Fuente: Stabilus

La fuerza que genera el muelle a gas en la posición de máxima extensión se denomina fuerza F_1 , o también es conocida como la carga del resorte a gas. Esta fuerza se puede ajustar mediante la

presión de llenado del gas, y es un parámetro muy importante para la elección del resorte a emplear según la aplicación requerida.

3.2.2. Curva característica resorte

La curva característica del resorte describe la evolución de la fuerza generada por el muelle de gas en toda la carrera del mismo, tanto para la fase de extensión como la de compresión. En la Ilustración 22 se muestra un ejemplo de la curva característica de un muelle de gas. El punto A de la gráfica representa el punto de máxima extensión, y el punto B el de máxima compresión. La línea verde, hace referencia a un muelle de gas ideal, donde no se tiene en cuenta la fuerza de rozamiento entre los elementos internos del propio muelle. En este caso, puede observarse que la curva de fuerza del resorte es reversible para la fase de expansión y compresión. Sin embargo, entre los elementos internos del muelle de gas, se generan fuerzas de rozamiento que influyen directamente en las propiedades del resorte. Si tenemos en cuenta esto, la curva característica de un muelle de gas, realmente presenta un comportamiento diferente al de un resorte ideal. Observando el gráfico de la Ilustración 22, la línea azul inferior (A-B) hace referencia a la fase de extensión del resorte, y es la progresión de la fuerza ejercida por el muelle de gas para mover la carga requerida. A medida que el muelle es extendido, la fuerza disminuye proporcionalmente. El muelle de gas ejerce la menor fuerza en la posición de máxima extensión, y se le denomina F_1 .

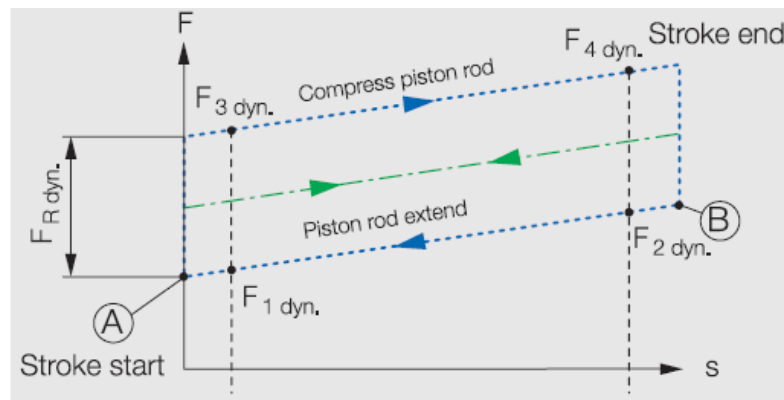


Ilustración 22. Curva característica de un muelle de gas. Fuente: Stabilus

La línea azul superior de la gráfica, hace referencia a la fase de compresión del muelle de gas. Para comprimir el vástago del resorte es necesario aplicar una fuerza que supere a la ejercida por el propio muelle, y también la de fricción. A medida que el vástago es comprimido, la fuerza generada por el muelle de gas va creciendo gradualmente hasta la posición de máxima compresión. En este punto, el muelle de gas ejerce la máxima fuerza, y se denomina F_4 .

Para el diseño de un muelle de gas se tiene en cuenta la progresión. Este parámetro, también llamado relación X, es la relación que representa el comportamiento de las fuerzas en el sentido de

extensión. También está relacionado con el volumen del gas entre la fase de extensión y compresión del resorte. Este parámetro se estudiará de forma detallada posteriormente, y se expresa como:

$$x = \frac{F_2}{F_1} = \frac{V_1}{V_1 - V_2} \quad (1)$$

La fuerza F_1 a la que se hace referencia para la elección del muelle de gas, se obtiene mediante medición en estático. La medición estática se realiza a temperatura ambiente a 20°C y a velocidad constante. Sin embargo el movimiento se interrumpe en los puntos de medición. Antes de realizar las mediciones, para obtener valores reales, se realizan varias carreras en ambos sentidos. En la Ilustración 23, el pico de fuerza F_{LB1} al comienzo de la carrera se denomina fuerza de arranque y solo se produce cuando el muelle de gas no ha sido usado en bastante tiempo. Debido a periodos prolongados de inactividad, el aceite de lubricación se aleja de debajo del labio de estanqueidad, lo que provoca un aumento de la fricción estática. A partir de la segunda y tercera carrera, el pistón es lubricado y esta separación es eliminada.

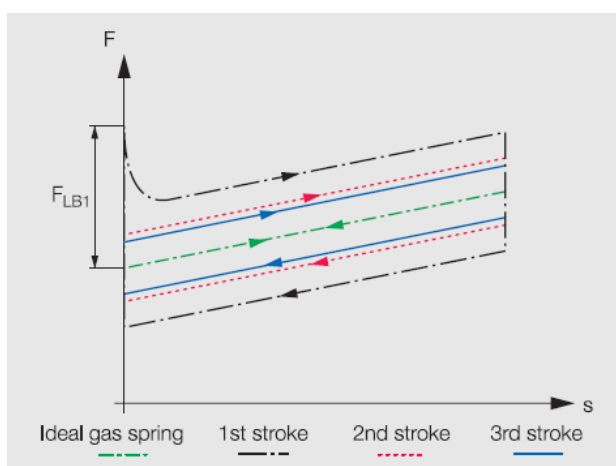


Ilustración 23. Carreras de lubricación. Fuente: Stabilus

En la Ilustración 24 se muestra con línea verde el comportamiento de un muelle de gas ideal, y con línea roja la medición de las fuerzas en estático. La fuerza de fricción estática es causada por la fricción estática de los elementos de estanqueidad ubicados en el interior del muelle de gas. La medición de las fuerzas con vástago introducido (F_2 y F_4) se realizan a 5mm antes del fin de carrera, y la medición de las fuerzas con vástago extraído (F_1 y F_3) se realizan a 10mm antes del fin de carrera. En estos puntos se interrumpe el movimiento y se espera un mínimo de 3 segundos antes de realizar la medición. La fuerza de rozamiento F_R es la diferencia entre las fuerzas F_3 y F_1 .

$$F_R = F_3 - F_1 \quad (2)$$

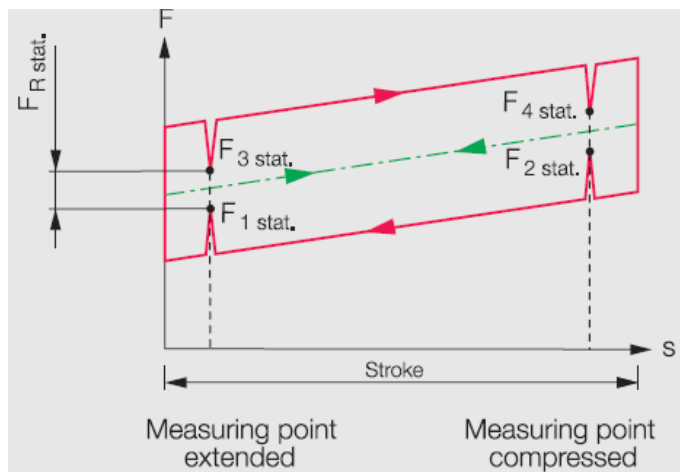


Ilustración 24. Medición fuerzas muelle de gas. Fuente: Stabilus

Esta fuerza de rozamiento es característica de cada muelle de gas, y depende de su funcionamiento. Es por esto que cada muelle presenta valores diferentes de fuerza de rozamiento. Por este motivo, el fabricante determina un valor máximo de fuerza de rozamiento, garantizando que ninguna pieza supere este valor.

A continuación, se muestra un ejemplo de la curva de medición realizada a un muelle de gas para la obtención de las fuerzas del resorte.

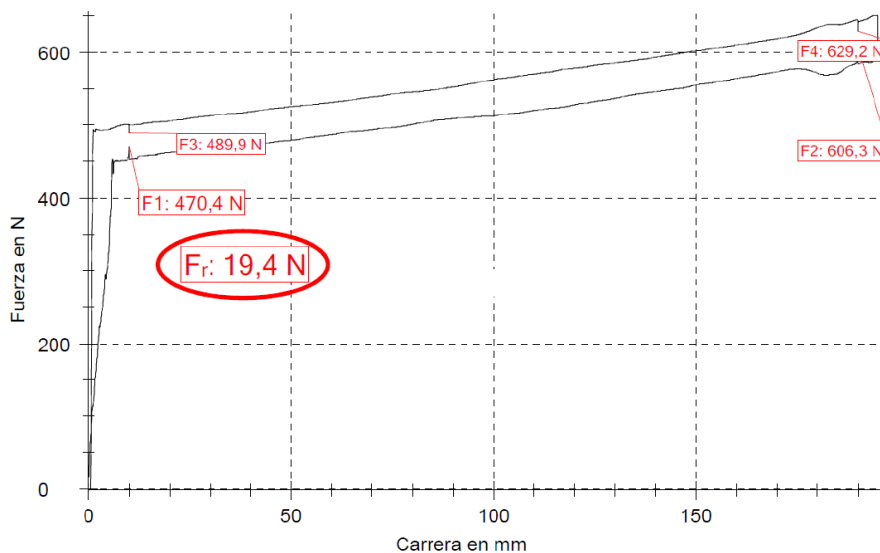


Ilustración 25. Ejemplo curva de medición para la obtención de las fuerzas del resorte. Fuente: SEAT

3.2.3. Velocidad de extensión y amortiguación

Una de las ventajas que ofrecen los muelles de gas es que permiten mover la carga deseada de manera controlada, ofreciendo al final del recorrido del pistón, una amortiguación suave y confortable. Esta característica es necesaria en portones traseros de vehículos, ya que es importante que el movimiento de apertura y cierre del portón sea confortable y seguro para el usuario.

3.2.3.1. Curva de velocidad de extensión

La curva de velocidades de un muelle de gas define la velocidad de extensión del vástago en función de la carrera. Una de las características de los resortes a gas, es que proporcionan una velocidad de extensión más o menos constante, permitiendo una elevación de la carga requerida de manera controlada. En la Ilustración 26 se muestra un ejemplo de este tipo de curvas para un muelle gas. Dependiendo de las características del resorte, el proveedor establece unos límites para la velocidad de extensión. Para el ejemplo mostrado, estos límites se marcan con dos curvas en la gráfica, una para el límite inferior y otra el superior, teniendo que quedar entre ambos límites la curva de velocidad de extensión del resorte. Si observamos el comportamiento de la gráfica, se ve como la velocidad es más o menos constante hasta llegar al final del recorrido, donde la velocidad cae progresivamente. En este punto, entra en juego la amortiguación del muelle de gas. Según el tipo de amortiguación empleada para el resorte, el comportamiento de la curva de velocidades de extensión variará. Aplicando esta técnica en la fase final del recorrido del vástago, mejoramos el confort evitando paradas demasiado bruscas del mismo.

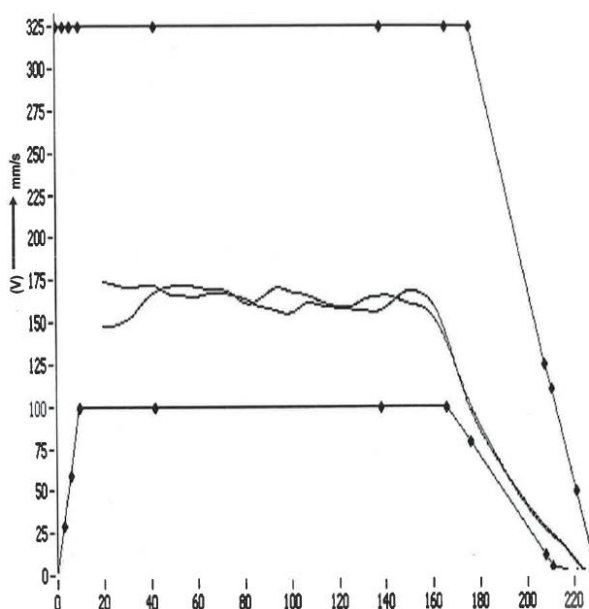


Ilustración 26. Curva de velocidad de extensión de un muelle de gas. Fuente: SEAT

3.2.3.2. Tipos de amortiguación

Existen dos principios de amortiguación que pueden emplearse:

- Amortiguación hidráulica

La velocidad de extensión la determina tanto la disposición y el diámetro de los orificios en el pistón, como la viscosidad del aceite empleado. Al extenderse el resorte, el pistón se desplaza primero por la parte llena de gas y, seguidamente, por la parte llena de aceite en el tubo de presión. Tan pronto se sumerge el pistón en el aceite, el vástago se extiende a mucha menos velocidad. Este tipo de amortiguación aprovecha la resistencia del flujo en el orificio, que es menor en el gas que en el aceite. Por lo tanto existen dos tramos diferenciados. El frenado se puede personalizar según la combinación de diferentes aceites y orificios en el pistón. La longitud de la sección de amortiguación hidráulica viene dada por la cantidad de aceite en el tubo de presión. Cabe destacar que este efecto de amortiguación solo es factible si se emplea esta orientación de montaje del muelle de gas, es decir, vertical con el vástago apuntando hacia abajo.

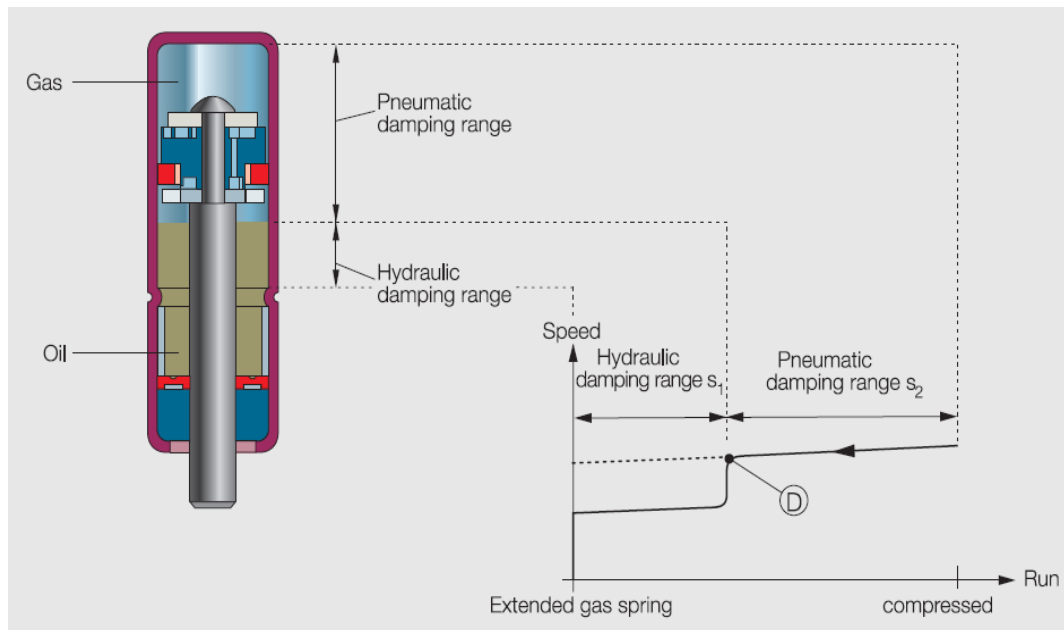


Ilustración 27. Amortiguación hidráulica. Fuente: Stabilus

La Ilustración 27 muestra un ejemplo del comportamiento de la curva de velocidad de extensión de un muelle de gas con amortiguación hidráulica. Puede observarse una velocidad de extensión en continuo descenso, siendo mayor la velocidad de extensión en el rango donde hay gas, reduciéndose abruptamente en el momento en que el pistón se empieza a sumergir en el aceite, hasta el punto de detenerse por completo.

- Amortiguación dinámica

Este tipo de amortiguación emplea ranuras longitudinales en la pared del tubo de presión. Su geometría y longitud determinan la carrera de la amortiguación. Esta técnica hace posible que la amortiguación del muelle de gas sea independiente de la posición, por este motivo, en portones traseros de vehículos es empleada esta técnica de amortiguación.

La velocidad de extensión del muelle es controlada por la ranura longitudinal del tubo de presión. En este caso, el pistón no tiene un canal de flujo, de modo que el gas fluye a través de la sección libre de la ranura cuando el pistón del vástago se extiende. Variando la geometría de la ranura, es posible ajustar la velocidad de movimiento del vástago durante toda la carrera optimizando así la aplicación a la que esté destinado.

La Ilustración 28 muestra un ejemplo del comportamiento de la curva de velocidad de extensión de un muelle de gas con ranura longitudinal, donde la sección del canal se reduce hacia la posición final. Procede a una velocidad de extensión en continuo descenso, hasta que el pistón se detiene casi por completo. Esto garantiza una parada suave del pistón. Una ventaja de emplear esta técnica, es que según la aplicación requerida, permite la amortiguación del vástago en ambos sentidos, es decir tanto para la fase de extensión como de compresión.

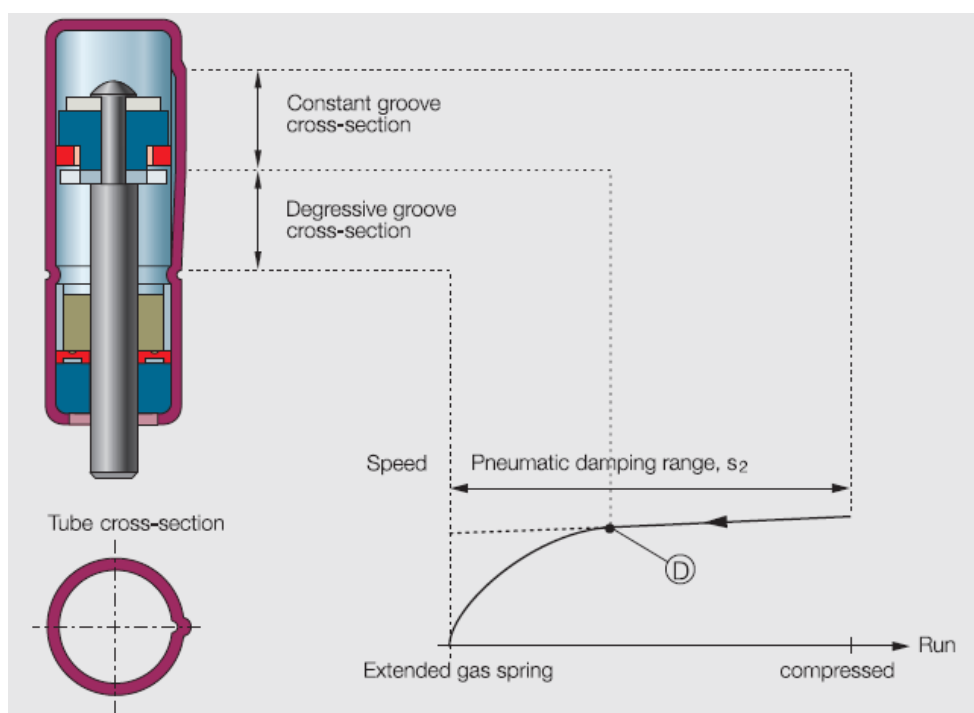


Ilustración 28. Amortiguación dinámica. Fuente: Stabilus

3.2.4. Comportamiento según la temperatura

Como ya hemos comentado anteriormente, el interior del resorte contiene nitrógeno comprimido, el cual es sensible a los cambios de temperatura. Estos cambios de temperatura del muelle de gas influyen, dentro de unos determinados límites, sobre el comportamiento del resorte al extenderse y comprimirse. De forma general, cuando un muelle de gas es sometido a altas temperaturas, el gas situado en el interior se expande, aumentando la presión en el interior y, por consiguiente, aumentando la carga del resorte. En cambio, cuando es sometido a bajas temperaturas, ocurre totalmente lo contrario, los resortes disminuyen su carga, debido a la disminución de la presión del gas. En la Ilustración 29 puede verse como afecta el cambio de temperatura a la curva característica de un muelle de gas. La afectación de la temperatura al comportamiento del resorte a gas se estudiará de forma detallada posteriormente.

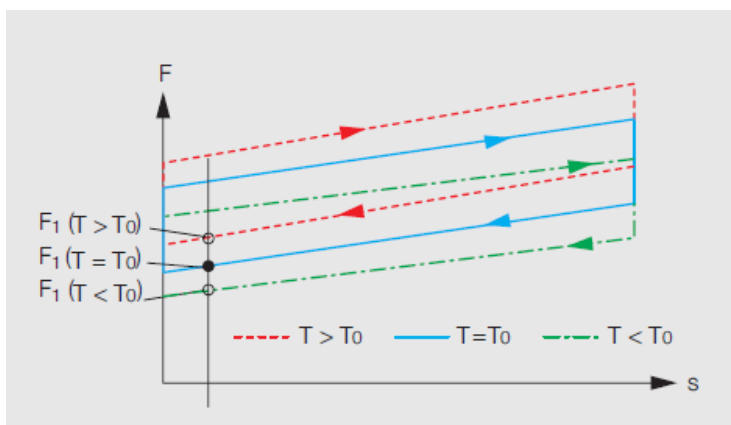


Ilustración 29. Curva característica muelles de gas en función de la temperatura. Fuente: Stabilus

Puesto que se debe garantizar un correcto funcionamiento de los resortes sin afectar a la seguridad, el margen de temperatura estándar para el cual se diseñan los muelles de gas está comprendido entre -30°C y $+80^{\circ}\text{C}$.

3.2.5. Elemento guía y estanqueidad

Al final del tubo de presión, en el lado de introducción del vástago, se encuentra el elemento guía con una junta, que garantiza la estanqueidad de la cámara interna evitando que el gas presurizado se escape provocando un mal funcionamiento del mismo. Dependiendo de la orientación de montaje del muelle de gas, existen diferentes sistemas de sellado. En la Ilustración 30 se muestran dos variantes de sellado según la orientación de montaje. La primera variante, es el sistema estándar empleado para la estanqueidad del muelle de gas, formado por una junta a continuación del elemento guía. Con esta configuración es preferible una orientación del vástago apuntando hacia abajo para asegurar una lubricación continua de la junta. La segunda variante, cuenta con doble junta

que permite el montaje del muelle de gas en cualquier orientación, ya que el aceite entre las juntas asegura una correcta lubricación.

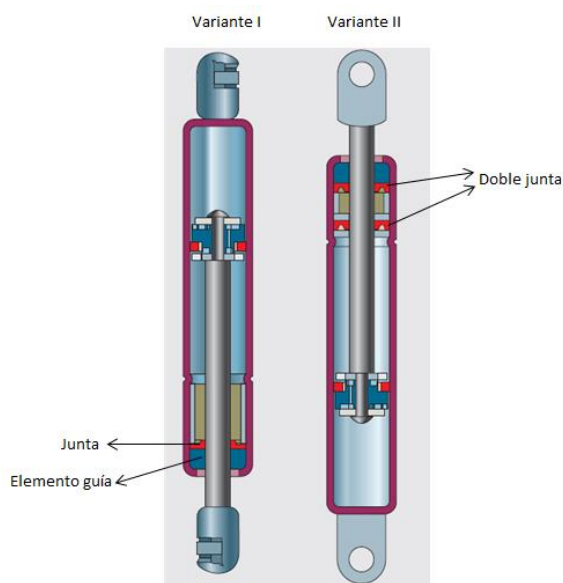


Ilustración 30. Diferentes sistemas de sellado. Fuente: Stabilus

Los depósitos de polvo y contaminantes en el vástago pueden tener un efecto negativo en la vida útil del muelle de gas. Por este motivo, en el exterior del tubo de presión, concretamente en el lado de introducción del vástago, se le añade un tapón de plástico como protector. Además de proteger contra depósitos de polvo o humedad, también ofrece resistencia a la corrosión.



Ilustración 31. Tapón protector. Fuente: Suspa

3.2.6. Terminales

Existen una gran variedad de terminales para la fijación de los muelles de gas. Los terminales permiten una instalación rápida y sencilla del muelle de gas en la posición deseada según su aplicación. Concretamente en portones traseros para vehículos, los terminales empleados en los resortes son rótulas. Como elemento de anclaje al propio vehículo, se emplean pernos esféricos tanto en la zona de portón como en carrocería.



Ilustración 32. Ejemplos de terminales y unión rótula/perno esférico. Fuente: Stabilus

Hay que tener en cuenta que el resorte va a ir situado en la zona de caja de aguas de la carrocería. Ésta zona es considerada zona húmeda, por lo que el resorte puede estar en contacto con el agua. Por este motivo, normalmente se emplean rótulas de plástico en vez de emplear rótulas metálicas. Las rótulas de plástico ofrecen una serie de ventajas y desventajas respecto las rótulas estándar:

Ventajas

- Mejor protección contra el desprendimiento del muelle de gas
- Resistencia a la corrosión

Desventajas

- Más cara que la rótula estándar
- Desmontaje de la rótula más laborioso (incorporan anillo de seguridad para evitar un desprendimiento no deseado)

Un muelle de gas dispone de dos terminales, uno en cada extremo del muelle. Normalmente, el terminal situado en el tubo de presión es fijado a carrocería, mientras que el terminal situado al final del vástago, es fijado al portón del vehículo.



Ilustración 33. Colocación muelle de gas en portón. Fuente: www.hogarmania.com

3.3. Variantes muelles de gas

En el apartado anterior se ha explicado el funcionamiento de un muelle de gas estándar. Cabe destacar que en portones traseros, se emplea la versión más simple de muelle de gas, pero existen algunas variantes de ellos, que además de ofrecer las propiedades de un muelle de gas estándar, ofrecen otras muy diferentes según la aplicación a la cual estén destinados. A continuación, se muestran algunos ejemplos.

- Muelle de gas de aluminio

Este muelle de gas contiene el tubo de presión fabricado en aluminio. En automoción, el peso es fundamental en el desarrollo de un vehículo y se intenta reducir al máximo, ya que repercute directamente en el consumo de combustible. Con esta construcción, se consigue aligerar el muelle de gas, y dependiendo de las dimensiones se puede llegar a reducir el peso un 30% respecto un muelle de gas convencional con tubos de presión de acero. Además, con una superficie exterior metálica pulida y brillante, le dan una apariencia más atractiva respecto uno convencional. En cuanto a propiedades, son las mismas que un muelle de gas estándar. Como inconveniente, estos muelles de gas son bastantes más caros que los habituales de acero.



Ilustración 34. Muelle de gas con tubo de presión de aluminio. Fuente: Stabilus

- Muelle de gas con parada

Esta variante de muelle de gas, permite dividir el recorrido del pistón en dos o más tramos. Por lo tanto, permite limitar los ángulos de apertura del elemento móvil al cual esté fijado, manteniendo la carga en la posición deseada. En la primera parte del recorrido del pistón, el resorte funciona como un muelle de gas estándar con amortiguación dinámica. Esta amortiguación se consigue añadiendo ranuras en el tubo de presión del resorte, provocando una detención suave de la carga en la posición deseada. Tan pronto como se empuje la carga nuevamente sobrepasando esta posición de retención, el resorte seguirá extendiéndose automáticamente hasta la posición final.

Este tipo de muelle de gas puede ser útil para garajes con techos bajos, donde un portón puede golpear fácilmente, o en un capó, para que permanezca en posición de servicio facilitando el acceso al vano motor.

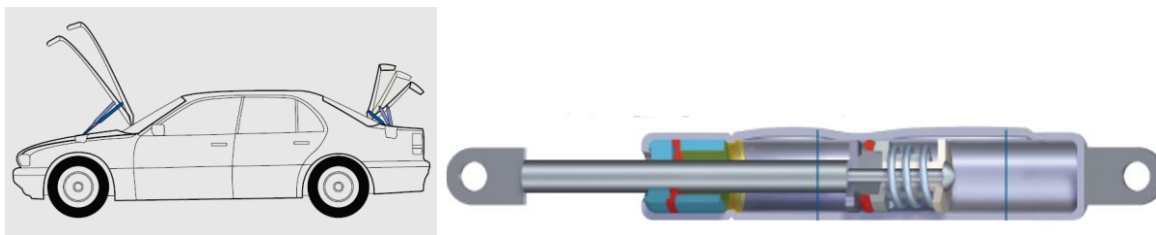


Ilustración 35. Muelle de gas con parada. Fuente: Stabilus

- Muelle de gas con fricción

La única diferencia respecto a un muelle de gas convencional es un elemento de fricción integrado en el pistón. Esto implica un aumento de la fuerza necesaria para mover el pistón del resorte y, por consiguiente, reduce la fuerza de extensión del mismo. El uso de este tipo de muelles de gas son aplicaciones que requieran capacidad de posicionamiento en todo el rango del recorrido.

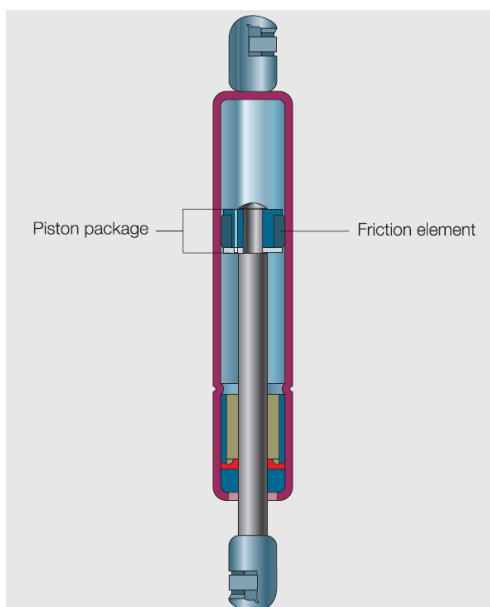


Ilustración 36. Muelle de gas con fricción. Fuente: Stabilus

3.4. Muelle de gas en portón: gráfica de esfuerzos de accionamiento

Cuando se desea posicionar los muelles de gas en un portón y se realizan los cálculos correspondientes, el resultado es la obtención de una serie de curvas como las mostradas en la Ilustración 37. Esta gráfica determina el comportamiento del portón en relación a los esfuerzos necesarios a aplicar para la apertura y cierre del mismo. Son muy importantes, ya que con ellas se dimensionan los muelles a gas, y además, sirven para valorar si se cumplen los requerimientos de confort, decidiendo así, la posición óptima para la colocación de los resortes a gas.

En la Ilustración 37 se muestra un ejemplo de la gráfica de esfuerzos de accionamiento de un portón. Su representación es fuerza (eje vertical) en función del ángulo de apertura (eje horizontal). La referencia del ángulo de apertura es a portón cerrado (0°) hasta el ángulo de apertura máximo establecido para el vehículo. La curva en color rojo hace referencia a la maniobra de cierre del portón, leyéndose de derecha a izquierda. De este modo, el esfuerzo máximo de la curva es la fuerza necesaria a aplicar por el usuario para empezar a cerrar el portón. El punto donde la curva corta el eje horizontal se denomina ángulo de cierre, y es el ángulo a partir del cual el portón empieza a cerrar solo debido al propio peso del portón. La curva en color negro hace referencia a la maniobra de apertura del portón, leyéndose de izquierda a derecha, siendo el valor máximo, la fuerza necesaria a aplicar para empezar a abrir el portón. El punto donde la curva corta el eje horizontal se denomina ángulo de apertura, y es el ángulo a partir del cual el portón empieza a abrir solo debido a la fuerza de asistencia proporcionada por los muelles a gas. Los valores de esfuerzo por encima de cero, significan que debe aplicarse fuerza para desplazar el portón. En cambio, los valores por debajo de cero, significan que el portón se desplaza solo, bien por la fuerza de los muelles de gas, o bien por el propio peso del portón. La región comprendida entre los ángulos de apertura y cierre se denomina ángulo de equilibrio del portón. Este ángulo se define como el ángulo de desplazamiento en el que el portón se queda en equilibrio estable.

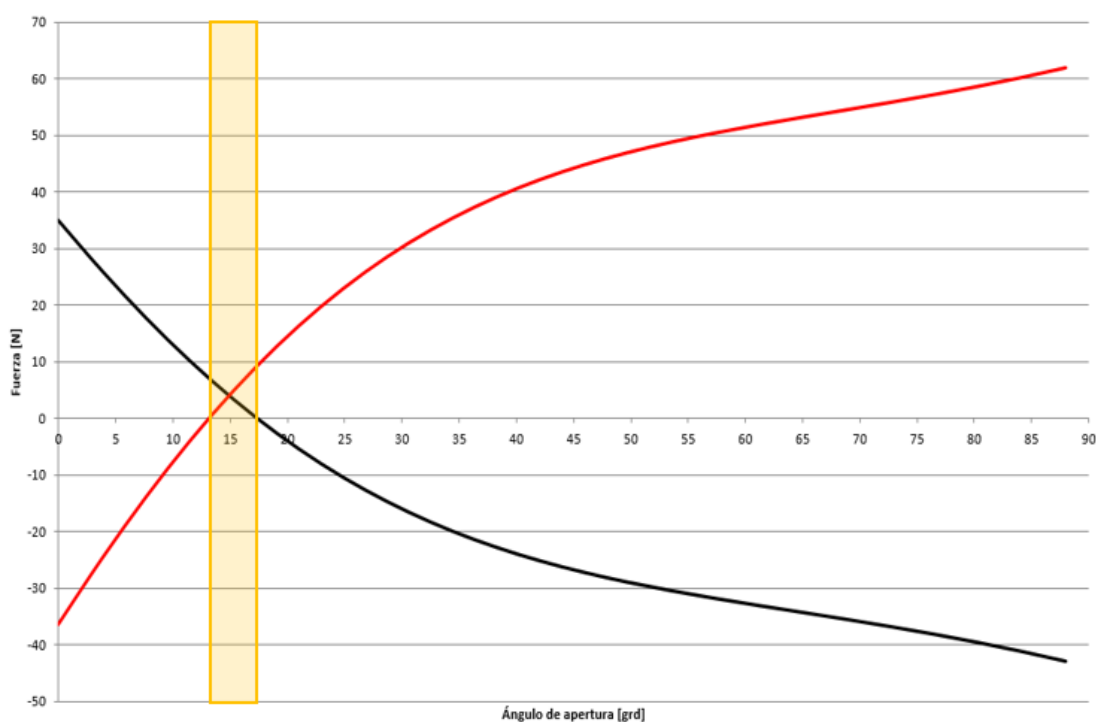


Ilustración 37. Ejemplo de la gráfica de esfuerzos de accionamiento de un portón. Fuente: elaboración propia

Por lo general, es ideal que las curvas de accionamiento sean progresivas y suaves, de esta manera obtenemos unos esfuerzos progresivos, consiguiendo una buena sensación subjetiva de accionamiento y una funcionalidad adecuada del portón.

Como ya se comentó anteriormente, la temperatura influye en el funcionamiento de los muelles de gas, y por consiguiente, al comportamiento del portón. Por este motivo, en el momento de dimensionar los resortes, las gráficas de esfuerzos de accionamiento se realizan a diferentes temperaturas. Por norma general, se tienen en cuenta tres condiciones de temperatura diferentes. Si observamos la Ilustración 38, las curvas verdes hacen referencia a condiciones en frío (-30°C), las curvas azules a temperatura ambiente (20°C) y por último, las curvas rojas hacen referencia a condiciones de calor (80°C).

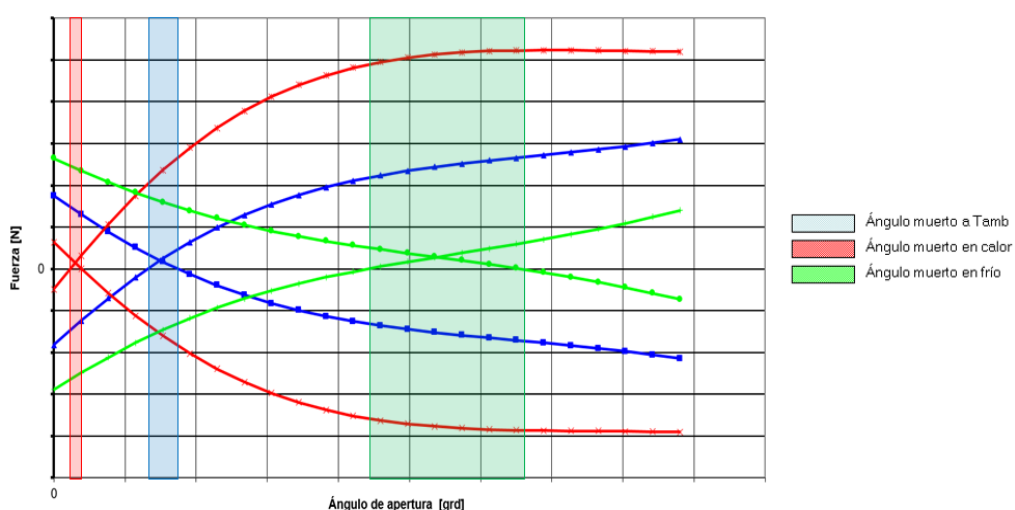


Ilustración 38. Gráficas de esfuerzos de apertura y cierre del portón a distintas temperaturas. Fuente: SEAT

Como se puede observar en el gráfico, el comportamiento del portón varía en función de la temperatura, y los intervalos de los ángulos de equilibrio del portón aumentan inversamente con la misma. Cuanto menor sea este ángulo, mejor será el confort de apertura y cierre del portón.

4. Base de cálculo: esfuerzos de accionamiento portón

En este apartado se expondrá la base matemática necesaria para la obtención de las gráficas de esfuerzos de accionamiento de un portón manual asistido por muelles de gas. El objetivo principal es parametrizar el proceso de cálculo con el fin de facilitar la obtención de dichas gráficas de esfuerzos. De esta manera se simplifica todo el proceso de optimización de los esfuerzos de accionamiento y agiliza la valoración del comportamiento del portón. Por otro lado, esta parametrización se empleará para la realización del estudio de los parámetros involucrados en el dimensionamiento y colocación de los muelles de gas en portón que se desarrollará posteriormente.

Como ya se comentó anteriormente, es necesario tener en cuenta que los muelles de gas pueden estar sometidos a condiciones de temperatura cambiantes. Por este motivo, es necesario evaluar su funcionalidad en diferentes condiciones de temperatura. Por ello, se realizarán las curvas de esfuerzos de accionamiento del portón en estas tres condiciones:

- Temperatura ambiente
- Alta temperatura
- Baja temperatura

4.1. Parámetros de entrada

Para la parametrización de los resortes a gas son necesarios una serie de parámetros de entrada. Cabe destacar, que los datos a introducir deben corresponder a portón cerrado. A continuación, se nombrarán todos los parámetros de entrada con sus variables:

Tabla 1. Parámetros de entrada parametrización

Parámetro	Variable
Coordenada posición eje de bisagras	B_X, B_Y, B_Z
Coordenada posición centro de gravedad	G_X, G_Y, G_Z
Coordenada posición punto de cierre portón	C_X, C_Y, C_Z
Coordenada posición punto de apertura portón	A_X, A_Y, A_Z
Coordenada posición fijación a carrocería muelle de gas	Fc_X, Fc_Y, Fc_Z
Coordenada posición fijación a portón muelle de gas	Fp_X, Fp_Y, Fp_Z
Masa del portón	Masa
Ángulo de apertura del portón	Ángulo
Fuerza F1 muelle de gas	F_1
Relación X	X
Número de resortes	-

Fuerza de rozamiento media	F_r
Temperatura superior	T_s
Temperatura inferior	T_i
Tolerancia muelle de gas	Tolerancia

En la Ilustración 39 se muestra un esquema de los diferentes parámetros que determinan la configuración del portón. Además, se muestra la cinemática del portón en el plano XZ y como se modifican las posiciones de los diferentes parámetros a medida que se abre el portón hasta el ángulo de apertura máximo establecido para el vehículo.

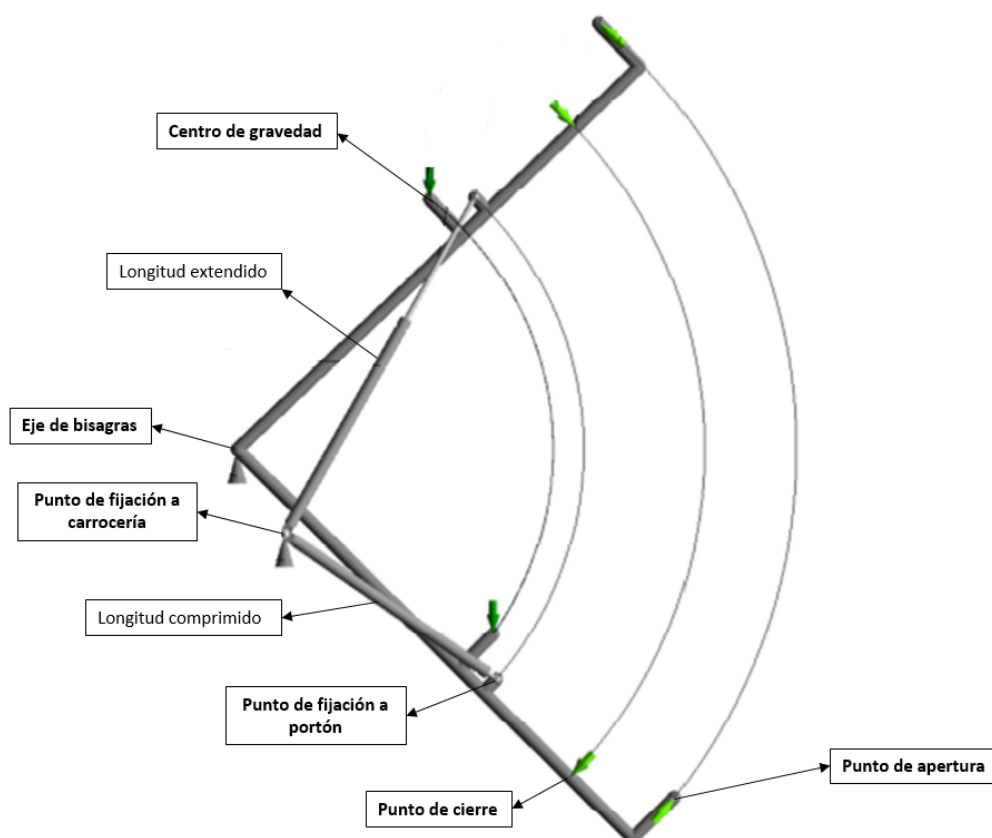


Ilustración 39. Esquema parámetros en el plano XZ. Fuente: SEAT

Mediante la introducción de los datos de la configuración de un portón, y las características de los resortes a gas empleados para dicha configuración, la parametrización dará como resultado las curvas de esfuerzos de accionamiento del portón a diferentes temperaturas. En el siguiente apartado, se expondrán las bases de cálculo para su obtención.

4.2. Parametrización

4.2.1. Proceso de cálculo fuerzas de accionamiento portón a temperatura ambiente

Para el cálculo de los esfuerzos de apertura y cierre del portón se empleará la proyección del plano XZ (véase Ilustración 47). Por este motivo, no se tendrá en cuenta la componente Y de algunos parámetros de entrada, debido a que no influyen en el cálculo de los esfuerzos de accionamiento.

Primeramente se calculará el momento generado por el peso del portón respecto al eje de bisagras:

- Dividimos el ángulo de apertura máximo del portón en 23 divisiones. Con esto, obtenemos la cinemática de apertura del portón.

$$Porción\ ángulo = \frac{Ángulo}{23} \cdot n^{\circ}\text{ divisiones} \quad [^{\circ}] \quad (3)$$

- Determinamos la distancia entre el eje de bisagras y el centro de gravedad a portón cerrado

$$Distancia_{C.d.G} = \sqrt{(G_X - B_X)^2 + (G_Z - B_Z)^2} \quad [mm] \quad (4)$$

- Calculamos el ángulo del vector centro de gravedad con respecto la vertical para cada división

$$Ángulo_{C.d.G} = \tan^{-1}\left(\frac{G_X - B_X}{G_Z - B_Z}\right) + Porción\ ángulo \quad [^{\circ}] \quad (5)$$

- Determinamos la palanca del centro de gravedad para cada división

$$Palanca_{C.d.G} = Distancia_{C.d.G} \cdot \sin(Ángulo_{C.d.G}) \quad [mm] \quad (6)$$

- Finalmente, determinamos el momento generado por el peso del portón respecto el eje de bisagras para cada división, es decir, a lo largo de toda la cinemática de apertura.

$$Momento_{peso} = Masa \cdot 9,81 \cdot \frac{Palanca_{C.d.G}}{1000} \quad [Nm] \quad (7)$$

A continuación, vamos a obtener la longitud del muelle de gas a lo largo de toda la cinemática de apertura. Conociendo esto, determinaremos la carrera del resorte:

- Determinamos la distancia entre el punto de fijación del resorte en portón y el eje de bisagras a portón cerrado

$$Distancia_{Fp} = \sqrt{(Fp_X - B_X)^2 + (Fp_Z - B_Z)^2} \quad [mm] \quad (8)$$

- Calculamos el ángulo del vector fijación a portón con respecto la vertical para cada división

$$\text{Ángulo}_{Fp} = \tan^{-1} \left(\frac{Fp_X - B_X}{Fp_Z - B_Z} \right) + \text{Porción ángulo} \quad [^\circ] \quad (9)$$

- Determinamos la componente X del punto de fijación a portón a lo largo de toda la cinemática de apertura

$$Fp_{Xn} = B_X + \text{Distancia}_{Fp} \cdot \sin(\text{Ángulo}_{Fp}) \quad [mm] \quad (10)$$

- Determinamos la componente Y del punto de fijación a portón a lo largo de toda la cinemática. Cabe destacar que se mantiene constante.

$$Fp_{Yn} = Fp_Y \quad [mm] \quad (11)$$

- Determinamos la componente Z del punto de fijación a portón a lo largo de toda la cinemática de apertura

$$Fp_{Zn} = B_Z - \text{Distancia}_{Fp} \cdot \cos(\text{Ángulo}_{Fp}) \quad [mm] \quad (12)$$

- Longitud del muelle de gas a portón cerrado (comprimido)

$$\text{Longitud}_c = \sqrt{(Fc_X - Fp_X)^2 + (Fc_Y - Fp_Y)^2 + (Fc_Z - Fp_Z)^2} \quad [mm] \quad (13)$$

- Determinamos la longitud del muelle de gas a lo largo de toda la cinemática de apertura

$$\text{Longitud}_e = \sqrt{(Fp_{Xn} - Fc_X)^2 + (Fp_{Yn} - Fc_Y)^2 + (Fp_{Zn} - Fc_Z)^2} \quad [mm] \quad (14)$$

- Obtenemos la carrera del muelle de gas a lo largo de toda la cinemática de apertura

$$\text{Carrera} = \text{Longitud}_e - \text{Longitud}_c \quad [mm] \quad (15)$$

Acto seguido, se calculará la fuerza generada por los resortes a gas a lo largo de toda la cinemática de apertura en el plano XZ. Para ello hay que determinar la curva característica de los muelles de gas (véase Ilustración 22). Para los cálculos a temperatura ambiente se emplea F_1 nominal:

- Calculamos la pendiente de la recta en la fase de extensión (F_1 / F_2)

$$\tan \alpha = \frac{F_1 \cdot X - F_1}{(\text{Carrera} - 15)} \quad (16)$$

- Calculamos la fuerza generada por el resorte con el vástago totalmente insertado

$$F_{ins} = F_1 \cdot X + \tan \alpha \cdot 5 \quad [N] \quad (17)$$

- Determinamos la fuerza del muelle de gas en toda la fase de extensión (curva característica)

$$F_{ext} = F_{ins} - (\tan \alpha \cdot Carrera) \quad [N] \quad (18)$$

- Determinamos la fuerza del muelle de gas en toda la fase de compresión (curva característica)

$$F_{comp} = F_{ext} + F_r \quad [N] \quad (19)$$

- Determinamos la fuerza de extensión total generada por el número de resortes aplicados

$$F_{ext\ total} = F_{ext} \cdot \text{Número de resortes} \quad [N] \quad (20)$$

- Determinamos la fuerza de compresión total generada por el número de resortes aplicados

$$F_{comp\ total} = F_{comp} \cdot \text{Número de resortes} \quad [N] \quad (21)$$

- Calculamos las componentes X y Z de la fuerza de extensión total generada por los resortes

$$F_{ext\ total\ X} = \frac{\sqrt{Longitud_e^2 - (Fc_Y - Fp_{Yn})^2 - (Fc_Z - Fp_{Zn})^2}}{Longitud_e} \cdot F_{ext\ total} \quad [N] \quad (22)$$

$$F_{ext\ total\ Z} = \frac{\sqrt{Longitud_e^2 - (Fc_X - Fp_{Xn})^2 - (Fc_Y - Fp_{Yn})^2}}{Longitud_e} \cdot F_{ext\ total} \quad [N] \quad (23)$$

- Determinamos la fuerza de extensión total generada por los resortes en el plano XZ

$$F_{ext\ total\ XZ} = \sqrt{F_{ext\ total\ X}^2 + F_{ext\ total\ Z}^2} \quad [N] \quad (24)$$

- Determinamos la fuerza de compresión total generada por los resortes en el plano XZ

$$F_{comp\ total\ XZ} = \frac{F_{comp}}{F_{ext}} \cdot F_{ext\ total\ XZ} \quad [N] \quad (25)$$

A continuación, se calcularán los pares de apertura y cierre generados por los muelles de gas respecto el eje de bisagras:

- Determinamos la distancia entre el eje de bisagras y el punto de fijación a carrocería del muelle de gas

$$Distancia_{Fc} = \sqrt{(Fc_X - B_X)^2 + (Fc_Z - B_Z)^2} \quad [mm] \quad (26)$$

- Determinamos la distancia entre el eje de bisagras y el punto de fijación a portón del muelle de gas (a portón cerrado)

$$Distancia_{Fp} = \sqrt{(Fp_X - B_X)^2 + (Fp_Z - B_Z)^2} \quad [mm] \quad (27)$$

- Determinamos la longitud del muelle de gas a lo largo de toda la cinemática de apertura en el plano XZ

$$Longitud_{eXZ} = \sqrt{(Longitud_e)^2 - (Fp_{Yn} - Fc_Y)^2} \quad [mm] \quad (28)$$

- Calculamos el ángulo que forman el vector del punto de fijación del resorte en portón y la longitud del muelle de gas a lo largo de toda la cinemática de apertura

$$\text{Ángulo}_{muelle/palanca} = \cos^{-1} \left(\frac{Longitud_{eXZ}^2 + Distancia_{Fp}^2 - Distancia_{Fc}^2}{2 \cdot Longitud_{eXZ} \cdot Distancia_{Fp}} \right) \quad [^\circ] \quad (29)$$

- Determinamos la fuerza efectiva de los muelles de gas en la fase de extensión en el plano XZ

$$Fuerza\ efectiva_{ext\ XZ} = \sin(\text{Ángulo}_{muelle/palanca}) \cdot F_{ext\ total\ XZ} \quad [N] \quad (30)$$

- Determinamos la fuerza efectiva de los muelles de gas en fase de compresión en el plano XZ

$$Fuerza\ efectiva_{comp\ XZ} = \sin(\text{Ángulo}_{muelle/palanca}) \cdot F_{comp\ total\ XZ} \quad [N] \quad (31)$$

- Determinamos el par de apertura de muelle de gas en el plano XZ

$$Momento_{aper\ XZ} = \frac{1}{1000} \cdot Fuerza\ efectiva_{ext\ XZ} \cdot Distancia_{Fp} \quad [Nm] \quad (32)$$

- Determinamos el par de cierre del muelle de gas en el plano XZ

$$Momento_{cierre\ XZ} = \frac{1}{1000} \cdot Fuerza\ efectiva_{comp\ XZ} \cdot Distancia_{Fp} \quad [Nm] \quad (33)$$

Acto seguido, determinamos las palancas de los puntos de apertura y cierre del portón:

- Determinamos la palanca de apertura del portón en el plano XZ

$$Palanca_{apertura} = \sqrt{(A_X - B_X)^2 + (A_Z - B_Z)^2} \quad [mm] \quad (34)$$

- Determinamos la palanca de cierre del portón en el plano XZ

$$Palanca_{cierre} = \sqrt{(C_X - B_X)^2 + (C_Z - B_Z)^2} \quad [mm] \quad (35)$$

Finalmente, determinamos los esfuerzos necesarios a aplicar para la apertura y cierre del portón a lo largo de toda la cinemática con el fin de obtener las gráficas de esfuerzos de accionamiento del portón:

- Determinamos los esfuerzos de apertura del portón

$$Fuerza_{apertura} = \frac{1000 \cdot (Momento_{peso} - Momento_{aper\ XZ})}{Palanca_{apertura}} \quad [N] \quad (36)$$

- Determinamos los esfuerzos de cierre del portón

$$Fuerza_{cierre} = \frac{1000 \cdot (Momento_{cierre\ XZ} - Momento_{peso})}{Palanca_{cierre}} \quad [N] \quad (37)$$

4.2.2. Proceso de cálculo fuerzas de accionamiento portón a alta temperatura

Para la obtención de las gráficas de esfuerzos de accionamiento a alta temperatura, el proceso de cálculo es el mismo que el desarrollado a temperatura ambiente. La única diferencia se encuentra en la fase de cálculo de la fuerza generada por los resortes. De esta manera, el procedimiento sería el siguiente:

Para el cálculo del momento generado por el peso del portón respecto el eje de bisagras y la longitud del muelle de gas a lo largo de toda la cinemática de apertura, seguir el mismo procedimiento que el expuesto a temperatura ambiente.

En este caso, para el cálculo de la fuerza generada por los resortes de gas a lo largo de toda la cinemática de apertura en el plano XZ, se tiene que tener en cuenta la influencia de la temperatura. Para ello hay que determinar la curva característica de los muelles de gas para la condición de alta temperatura:

- Calculamos la pendiente de la recta en la fase de extensión (F_1 / F_2)

$$\tan \alpha = \frac{(F_1 + Tolerancia) \cdot X - (F_1 + Tolerancia)}{(Carrera - 15)} \quad (38)$$

- Calculamos la fuerza generada por el resorte con el vástago totalmente insertado

$$F_{ins} = (F_1 + Tolerancia) \cdot X + \tan \alpha \cdot 5 \quad [N] \quad (39)$$

- Determinamos la fuerza generada por el resorte con el vástago totalmente insertado teniendo en cuenta la condición de temperatura

$$F_{ins AT} = F_{ins} \cdot \frac{T_s + 273,15}{20 + 273,15} \quad [N] \quad (40)$$

- Determinamos la fuerza del muelle de gas en toda la fase de extensión (curva característica)

$$F_{ext AT} = F_{ins AT} - (\tan \alpha \cdot Carrera) \quad [N] \quad (41)$$

- Determinamos la fuerza del muelle de gas en toda la fase de compresión (curva característica)

$$F_{comp AT} = F_{ext AT} + F_r \quad [N] \quad (42)$$

- Determinamos la fuerza de extensión total generada por el número de resortes aplicados

$$F_{ext total AT} = F_{ext AT} \cdot \text{Número de resortes} \quad [N] \quad (43)$$

- Determinamos la fuerza de compresión total generada por el número de resortes aplicados

$$F_{comp total AT} = F_{comp AT} \cdot \text{Número de resortes} \quad [N] \quad (44)$$

- Calculamos las componentes X y Z de la fuerza de extensión total generada por los resortes

$$F_{ext total AT X} = \frac{\sqrt{Longitud_e^2 - (F_{cY} - F_{pYn})^2 - (F_{cZ} - F_{pZn})^2}}{Longitud_e} \cdot F_{ext total AT} \quad [N] \quad (45)$$

$$F_{ext total AT Z} = \frac{\sqrt{Longitud_e^2 - (F_{cX} - F_{pXn})^2 - (F_{cY} - F_{pYn})^2}}{Longitud_e} \cdot F_{ext total AT} \quad [N] \quad (46)$$

- Determinamos la fuerza de extensión total generada por los resortes en el plano XZ

$$F_{ext\ total\ AT\ XZ} = \sqrt{F_{ext\ total\ AT\ X}^2 + F_{ext\ total\ AT\ Z}^2} \quad [N] \quad (47)$$

- Determinamos la fuerza de compresión total generada por los resortes en el plano XZ

$$F_{comp\ total\ AT\ XZ} = \frac{F_{comp\ AT}}{F_{ext\ AT}} \cdot F_{ext\ total\ AT\ XZ} \quad [N] \quad (48)$$

Finalmente, el procedimiento para el cálculo del momento generado por los muelles de gas y la obtención de las fuerzas de accionamiento del portón en condiciones de alta temperatura, es el mismo que el expuesto a temperatura ambiente.

4.2.3. Proceso de cálculo fuerzas de accionamiento portón a baja temperatura

El proceso de cálculo para la obtención de las fuerzas de accionamiento del portón a baja temperatura sigue el mismo procedimiento que el anteriormente desarrollado a alta temperatura. Por este motivo, solo se detallará la parte del proceso de cálculo donde tiene influencia esta nueva condición de temperatura. El procedimiento sería el siguiente:

Para la obtención del momento generado por el peso del portón respecto el eje de bisagras y la longitud del muelle de gas a lo largo de toda la cinemática de apertura, seguir el mismo procedimiento que el expuesto a temperatura ambiente.

El proceso de cálculo de la fuerza generada por los resortes de gas a lo largo de toda la cinemática de apertura en condiciones de baja temperatura es el siguiente:

- Primeramente determinamos la curva característica de los muelles de gas en condición de baja temperatura. Calculamos la pendiente de la recta en la fase de extensión (F_1 / F_2)

$$\tan \alpha = \frac{(F_1 - Tolerancia) \cdot X - (F_1 - Tolerancia)}{(Carrera - 15)} \quad (49)$$

- Calculamos la fuerza generada por el resorte con el vástago totalmente insertado

$$F_{ins} = (F_1 - Tolerancia) \cdot X + \tan \alpha \cdot 5 \quad [N] \quad (50)$$

- Determinamos la fuerza generada por el resorte con el vástago totalmente insertado teniendo en cuenta la nueva condición de temperatura

$$F_{ins BT} = F_{ins} \cdot \frac{T_i + 273,15}{20 + 273,15} \quad [N] \quad (51)$$

- Determinamos la fuerza del muelle de gas en toda la fase de extensión (curva característica)

$$F_{ext BT} = F_{ins BT} - (\tan \alpha \cdot Carrera) \quad [N] \quad (52)$$

- Determinamos la fuerza del muelle de gas en toda la fase de compresión (curva característica)

$$F_{comp BT} = F_{ext BT} + F_r \quad [N] \quad (53)$$

- Determinamos la fuerza de extensión total generada por el número de resortes aplicados

$$F_{ext total BT} = F_{ext BT} \cdot \text{Número de resortes} \quad [N] \quad (54)$$

- Determinamos la fuerza de compresión total generada por el número de resortes aplicados

$$F_{comp total BT} = F_{comp BT} \cdot \text{Número de resortes} \quad [N] \quad (55)$$

- Calculamos las componentes X y Z de la fuerza de extensión total generada por los resortes

$$F_{ext total BT X} = \frac{\sqrt{Longitud_e^2 - (F_{cY} - F_{pYn})^2 - (F_{cZ} - F_{pZn})^2}}{Longitud_e} \cdot F_{ext total BT} \quad [N] \quad (56)$$

$$F_{ext total BT Z} = \frac{\sqrt{Longitud_e^2 - (F_{cX} - F_{pXn})^2 - (F_{cY} - F_{pYn})^2}}{Longitud_e} \cdot F_{ext total BT} \quad [N] \quad (57)$$

- Determinamos la fuerza de extensión total generada por los resortes en el plano XZ

$$F_{ext total BT XZ} = \sqrt{F_{ext total BT X}^2 + F_{ext total BT Z}^2} \quad [N] \quad (58)$$

- Determinamos la fuerza de compresión total generada por los resortes en el plano XZ

$$F_{comp total BT XZ} = \frac{F_{comp BT}}{F_{ext BT}} \cdot F_{ext total BT XZ} \quad [N] \quad (59)$$

Por último, para el cálculo del momento generado por los muelles de gas y la obtención de las fuerzas de accionamiento del portón, seguir el mismo procedimiento que el expuesto a temperatura ambiente.

4.3. Resultados parametrización

El resultado de la parametrización del proceso de cálculo de los esfuerzos de accionamiento del portón es una hoja de cálculo. A continuación, se mostrará su estructuración.

4.3.1. Datos de entrada

Las casillas azules de la Ilustración 40 indican los datos de entrada necesarios a introducir para la obtención de los esfuerzos de accionamiento de portón. Es necesaria la introducción tanto de las características del portón como de los muelles de gas empleados. Cabe destacar que las coordenadas de posición de los parámetros del portón y de los puntos de fijación de los muelles de gas deben corresponder a portón cerrado (ángulo de apertura de 0°).

Muelles de gas			
Portón	Coordenada X	Coordenada Y	Coordenada Z
Posición eje de bisagras [mm]			
Posición centro de gravedad [mm]			
Posición punto de cierre [mm]			
Posición punto de apertura [mm]			
Masa del portón [kg]			
Ángulo de apertura [°]			
Muelle de gas			
Posición fijación carrocería [mm]			
Posición fijación portón [mm]			
Fuerza F1 [N]			
Nº de resortes			
Relación X			
Fuerza rozamiento media [N]			
Temperatura superior [°C]			
Temperatura inferior [°C]			
Tolerancia resorte ± [N]			

Ilustración 40. Datos de entrada parametrización. Fuente: elaboración propia

4.3.2. Proceso

La parametrización contiene tres tablas donde se realizan los cálculos para la obtención de las gráficas de esfuerzos de accionamiento en las tres condiciones de temperatura comentadas anteriormente. La tabla superior es a temperatura ambiente, la segunda a alta temperatura y la última a baja temperatura. El proceso de cálculo es prácticamente el mismo en las tres condiciones, la única variación se encuentra en el cálculo de las fuerzas generadas por los muelles de gas. Dichas fuerzas quedan afectadas por la temperatura a la cual está sometido el resorte, influyendo directamente en su funcionamiento.

Finalmente, las últimas dos columnas en color azul claro de cada tabla, dan como resultado los datos de las curvas de esfuerzos de accionamiento del portón para cada una de las condiciones de temperatura.

The image shows three identical empty tables stacked vertically. Each table has a header row with multiple columns, including labels for 'Temperatura ambiente', 'Temperatura alta', and 'Temperatura baja'. The tables are designed for inputting parameters and calculating effort curves for a vehicle lift gate under different temperature conditions.

Ilustración 41. Tablas de cálculo parametrización. Fuente: elaboración propia

4.3.3. Resultados

En el apartado de resultados, se muestran los esfuerzos de apertura y cierre del portón a diferentes temperaturas. Corresponden a las fuerzas máximas necesarias a aplicar por el usuario para abrir y cerrar el portón. En la Ilustración 42, además de estos esfuerzos, se muestra un momento diferencial mínimo. Este exceso de momento, es un requerimiento de diseño del portón con la finalidad de garantizar que el portón se mantiene abierto con seguridad a una temperatura de -30°C.

Resultados		
Fuerza de apertura max (Tamb)	[N]	
Fuerza de apertura max (Tsup)	[N]	
Fuerza de apertura max (Tinf)	[N]	
Momento diferencial mínimo		
Fuerza de cierre max (Tamb)	[N]	
Fuerza de cierre max (Tsup)	[N]	
Fuerza de cierre max (Tinf)	[N]	

Ilustración 42. Resultados: esfuerzos de accionamiento y exceso de momento. Fuente: elaboración propia

Para evaluar el comportamiento del portón en las diferentes condiciones de temperatura, la parametrización genera las siguientes gráficas:

- Gráfica de esfuerzos de accionamiento del portón a temperatura ambiente. Con este gráfico se puede observar cómo se comportará el portón en condiciones de 20°C.

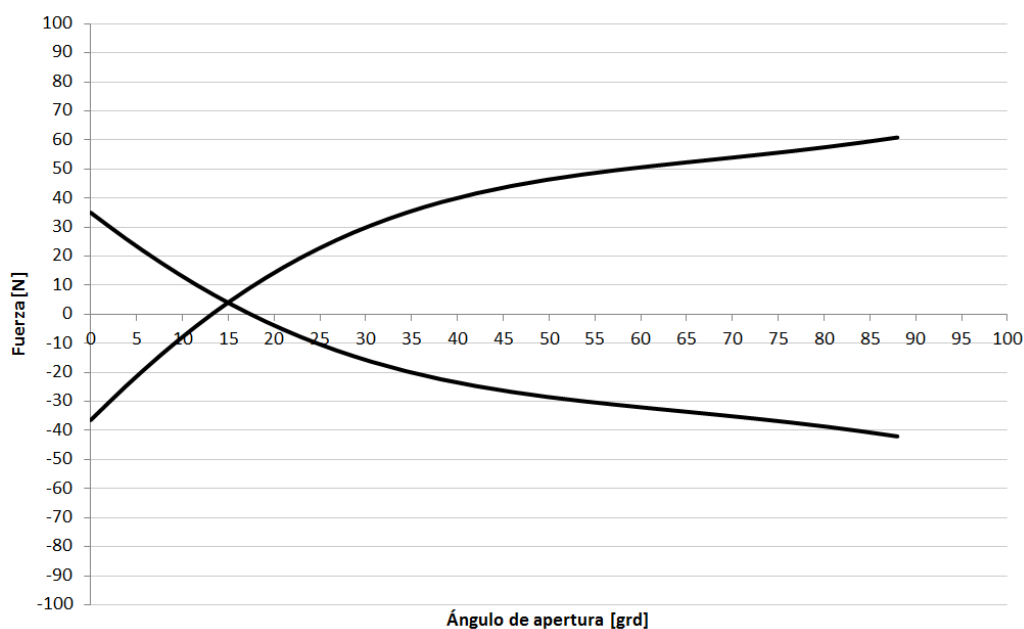


Ilustración 43. Resultados: gráfica de esfuerzos a temperatura ambiente. Fuente: elaboración propia

- Gráfica de esfuerzos de accionamiento del portón a diferentes temperaturas. Con este gráfico se puede observar cómo varía el comportamiento del portón según la temperatura.

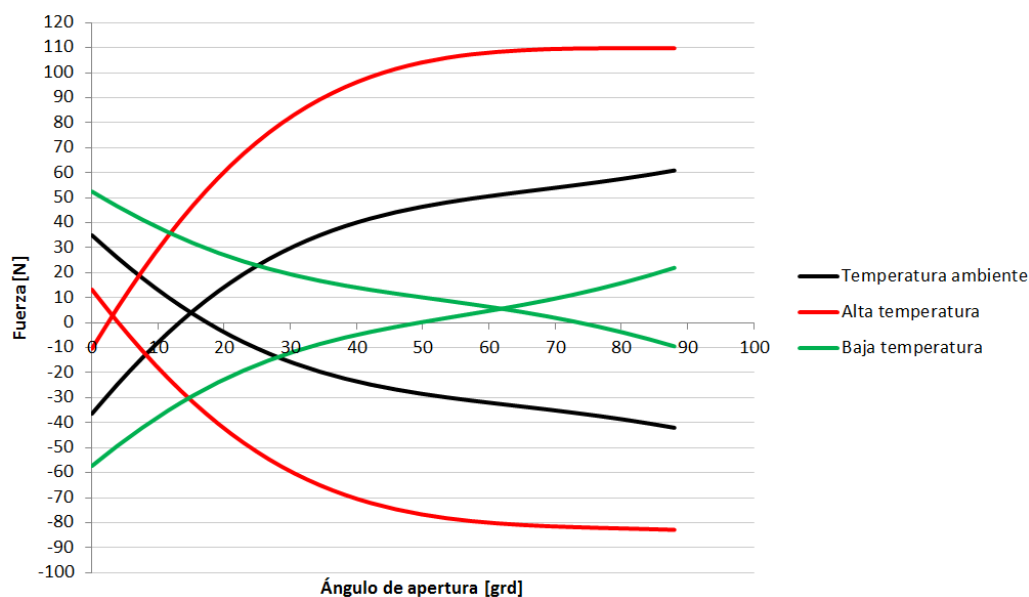


Ilustración 44. Resultados: gráfica de esfuerzos de accionamiento a diferentes temperaturas. Fuente: elaboración propia

- Gráfica de momentos de apertura a diferentes temperaturas y momento generado por el peso del portón. Con ella podemos valorar si se cumple el requerimiento de momento diferencial mínimo. Este momento sería la diferencia entre el momento generado por los muelles de gas en condiciones de baja temperatura (-30°C) y el momento generado por el peso del portón, en la posición de apertura máxima.

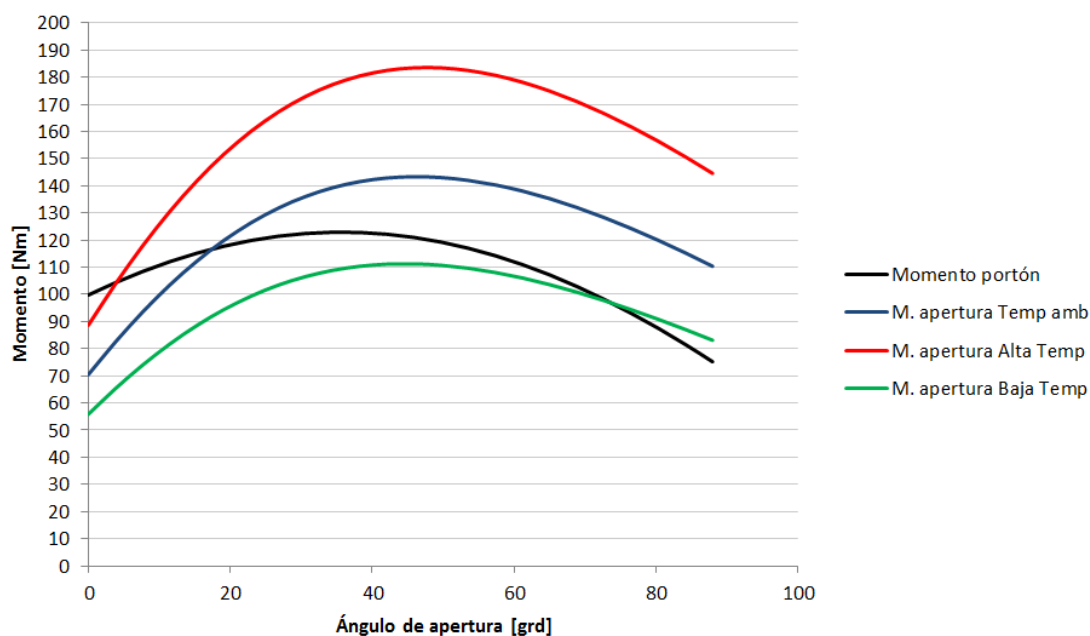


Ilustración 45. Resultados: gráfica de momentos de apertura y peso del portón. Fuente: elaboración propia

5. Estudio de parámetros muelles a gas portón

La implementación de muelles de gas en portones de vehículos no es una tarea sencilla debido a que existen límites constructivos tanto de los resortes como del portón o carrocería. Por este motivo, su posicionamiento, y optimización de los esfuerzos de accionamiento no sigue una pauta fija, ya que en cierta medida, depende del diseño del portón y de la experiencia del constructor.

Cuando se requiere posicionar los muelles de gas en un portón, es necesario tener en cuenta una serie de parámetros iniciales. Es fundamental conocer que influencia tiene cada uno de los parámetros involucrados, por este motivo, el objetivo de este estudio, es entender cómo afecta cada parámetro al comportamiento del portón, con el propósito de optimizar los esfuerzos de accionamiento del mismo y encontrar la configuración ideal para la construcción de un portón.

Además de los parámetros de entrada, existen otros muy diferentes, que influyen en el funcionamiento de los resortes a gas, y por consiguiente, en el comportamiento del portón. Por esta razón, los parámetros sujetos a estudio se clasificarán en tres grupos diferentes, como se muestra en la Ilustración 46.

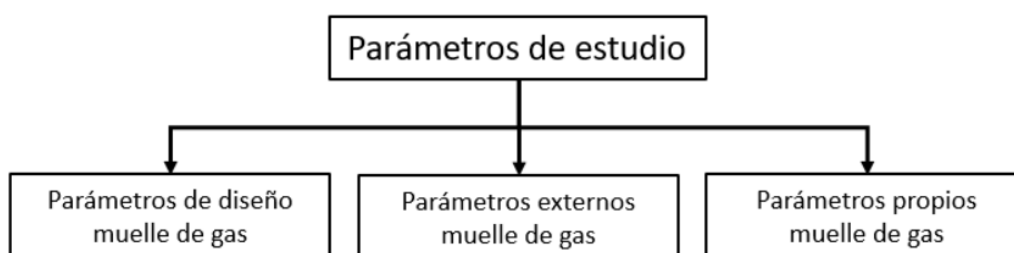


Ilustración 46. Clasificación de los parámetros de estudio. Fuente: elaboración propia

Para la realización de este estudio se tomará como referencia los datos de un vehículo ya desarrollado. Por este motivo, tanto las características del portón, como los puntos de instalación y especificaciones de los resortes a gas pertenecen a un vehículo real.

Datos de referencia

El dimensionado de un vehículo se efectúa mediante un sistema global de coordenadas (cartesiano tridimensional) cuyo origen está especificado en el centro, a la altura del eje delantero del vehículo. En la Ilustración 47 puede verse la ubicación exacta del sistema global de referencia del vehículo.

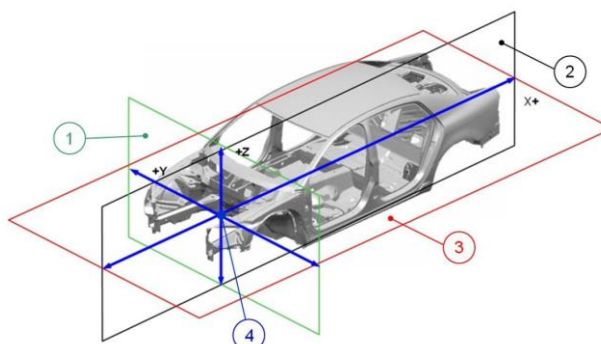


Ilustración 47. Ubicación sistema global de coordenadas del vehículo. Fuente: SEAT

En la Tabla 2 se muestran las coordenadas de los parámetros pertenecientes al portón tomado como referencia para el estudio. Los datos mostrados se corresponden tanto a portón cerrado como abierto. Las especificaciones de los resortes a gas y portón empleados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 2. Coordenadas de los parámetros del portón tomado como referencia

Parámetros	Coordenadas					
	A portón cerrado (muelle comprimido)			A portón abierto (muelle extendido)		
	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
Eje de bisagra	2674,50	335,00	1065,50	2674,50	335,00	1065,50
Centro de gravedad	3058,37	1,36	789,35	2963,23	1,36	1440,00
Punto de cierre	3173,40	243,40	574,74	3181,53	243,40	1547,69
Punto de apertura	3330,00	0,00	545,00	3216,45	0,00	1703,38
Fijación a portón	3063,30	574,50	721,99	3030,71	574,50	1442,70
Fijación a carrocería	2745,70	556,10	939,30	2745,70	556,10	939,30

Tabla 3. Especificaciones resortes a gas y portón de referencia

Parámetro	Valor
Fuerza de extensión F1 [N]	450,00
Factor X	1,22
Fuerza de rozamiento media [N]	30,00
Tolerancia resorte [N]	20,00
Diámetro tubo de presión [mm]	18,00
Diámetro vástago [mm]	8,00
Masa portón [kg]	26,50
Ángulo de apertura [°]	88,00
Cantidad muelles de gas	2,00

Procedimiento

El procedimiento que se empleará para el estudio de cada grupo de parámetros será el siguiente:

- Para los parámetros de diseño se escogerán las coordenadas del portón de referencia según Tabla 2 y Tabla 3, y se modificarán dichas coordenadas en los diferentes ejes del espacio para cada uno de los parámetros sujetos a estudio, manteniendo el resto de parámetros constantes. No se tendrán en cuenta limitaciones constructivas del portón ni carrocería, siendo un estudio teórico. Para cada modificación, se calcularán los esfuerzos de accionamiento, y se realizarán las gráficas de esfuerzos, con el objetivo de analizar cómo afecta al comportamiento del portón dicha modificación. Para el cálculo de los esfuerzos de accionamiento se empleará las bases de cálculo expuestas anteriormente.
- Para los parámetros externos de los muelles a gas, se someterán diferentes muestras de resortes a diferentes temperaturas en una cámara climática, y se colocarán en el portón de un vehículo de prueba para estudiar la afectación de la temperatura al funcionamiento del muelle de gas, y también al comportamiento del portón.
- Para el estudio de los parámetros propios de los muelles de gas, se ensayarán diferentes muestras de resortes según sea el parámetro estudiado con el objetivo de determinar su influencia en la funcionalidad del muelle de gas, y ver que afectación presenta en el portón.

5.1. Parámetros de diseño muelles a gas portón

Los parámetros de diseño son aquellos que definen el posicionamiento de los resortes a gas en el vehículo, y la configuración del portón, en relación a la masa y la posición de los mecanismos que forman parte del mismo, necesarios para el cálculo de los esfuerzos de accionamiento del propio portón. Los parámetros a estudiar son los siguientes:

- Posición punto de apertura
- Posición punto de cierre
- Posición centro de gravedad
- Masa del portón
- Posición eje de bisagras
- Posición fijación a carrocería del muelle de gas
- Posición fijación a portón del muelle de gas

En este apartado se quiere comprobar cómo afecta cada uno de ellos, tanto a los esfuerzos, como a los ángulos de accionamiento del portón. Además, se desea conocer cuáles tienen mayor o menor influencia en el comportamiento del mismo. Es importante destacar que cada portón presenta unas

características concretas, lo cual implica, que modificar las posiciones de los parámetros de diseño de la misma manera en dos portones diferentes, afecten de manera distinta al comportamiento del portón en cuanto a magnitud. Por lo tanto, los resultados mostrados a continuación determinan la tendencia de influencia de cada parámetro al funcionamiento del portón.

5.1.1. Posición punto de apertura

Este parámetro es la posición diseñada para la apertura del portón trasero, y es donde el usuario realizará la fuerza necesaria para su apertura. En el vehículo de referencia empleado para el estudio, el accionamiento se realiza mediante manecilla, situándose en el plano medio de simetría del portón.

El propósito es determinar la importancia de la posición del punto de apertura del portón, y comprobar como la variación de posición de dicho parámetro influye en los esfuerzos y ángulos de accionamiento del mismo. Hay que destacar que la variación del punto de apertura no tiene ninguna influencia en la maniobra de cierre del portón, ya que la posición de cierre difiere de la de apertura, por lo tanto, en este apartado no se tendrá en cuenta la maniobra de cierre del portón.

Para el estudio de este parámetro se escogerá el punto de apertura del vehículo de referencia según Tabla 2, variándose la posición en los ejes de coordenadas X y Z. No se tendrá en cuenta el eje de coordenadas Y, ya que su posición en este eje no tiene ninguna influencia en el cálculo de esfuerzos de accionamiento. Para los ejes de coordenadas considerados, se variará la posición en rangos elevados, con el fin de observar la tendencia que sigue el comportamiento del portón, además de comprobar si existe alguna relación entre el punto de apertura y algún otro parámetro, marcando límites de posición para el parámetro estudiado si los hubiera.

- Eje de coordenadas X

En la Tabla 4 se muestran los resultados al modificar la posición del punto de apertura en el eje de coordenadas X. Con el fin de visualizar mejor la afectación a los esfuerzos de accionamiento, los valores en color verde representan una disminución de los esfuerzos, en cambio, los de color rojo, representan un aumento.

Si observamos los resultados, podemos ver que si desplazamos el punto de apertura del portón en el sentido negativo de las X según el sistema global de referencia del vehículo, los esfuerzos de apertura aumentan progresivamente hasta alcanzar la coordenada del eje de bisagras. En dicho punto, los esfuerzos dejan de aumentar. Cabe destacar que esta situación nunca podrá darse por cuestiones constructivas del portón, siendo un caso puramente teórico. En cambio, si desplazamos el punto de apertura en el sentido positivo de las X, los esfuerzos de apertura disminuyen progresivamente, manteniendo dicho comportamiento incluso en distancias elevadas.

Tabla 4. Resultados modificación posición del punto de apertura en eje de coordenadas X

	-655,5mm	-600mm	-400mm	-200mm	Inicial	+100mm	+200mm	+300mm	+400mm
Posición [mm]	2674,50	2730,00	2930,00	3130,00	3330,00	3430,00	3530,00	3630,00	3730,00
Esfuerzo de apertura [N]	56,30	56,00	50,60	42,40	35,00	32,00	29,30	26,90	24,90
Variación respecto anterior Esf. Apertura [N]	-0,30	-5,40	-8,20	-7,40	-	3,00	2,70	2,40	2,00
Variación total Esf. Apertura [N]	-21,30	-21,00	-15,60	-7,40	-	3,00	5,70	8,10	10,10

Nota. Resultados de esfuerzos de accionamiento obtenidos a temperatura ambiente (20°C)

Esta mejora en los esfuerzos de apertura del portón puede verse de forma más visual en el Gráfico 1. En el gráfico, se comparan las curvas de esfuerzos de los valores extremos de posición estudiados, junto con el de la posición de referencia. Se observa que a medida que se aleja el punto de apertura del portón del eje de bisagras (curva azul), la curva de esfuerzos se suaviza, disminuyendo los esfuerzos de apertura. Es interesante destacar que la modificación de posición del parámetro no afecta al ángulo de apertura del portón, solamente a los esfuerzos.

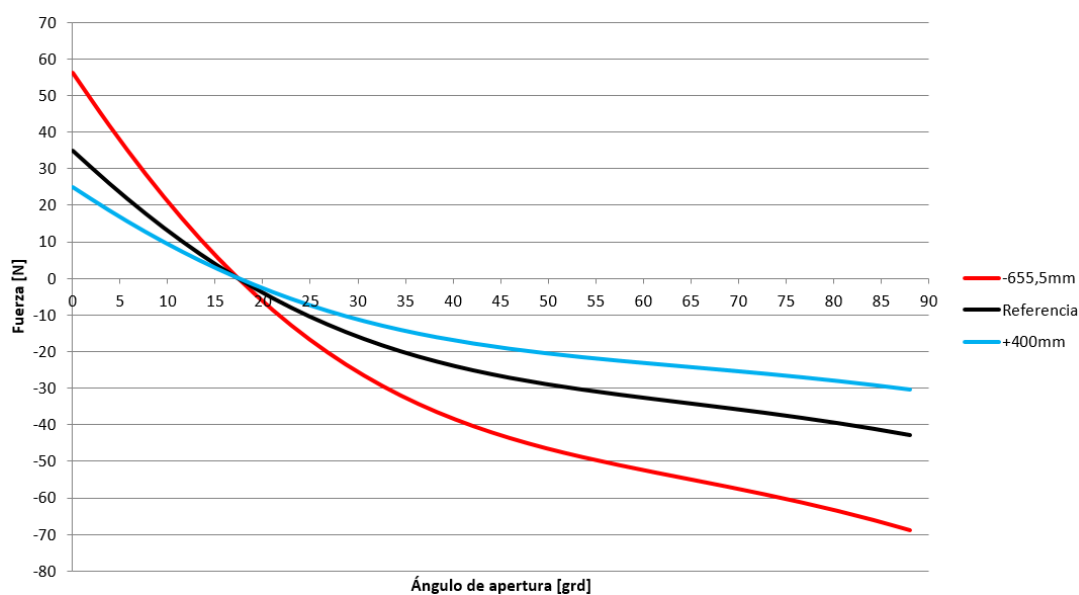


Gráfico 1. Comparativa gráfica de esfuerzos modificación punto de apertura en eje de coordenadas X

Finalmente, podemos concluir que a medida que alejamos el punto de apertura del portón del eje de bisagras, en el sentido positivo del eje de coordenadas X según el sistema global de referencia del vehículo, la curva de esfuerzos de apertura del portón queda beneficiada. Cabe destacar que es necesario desplazar dicho parámetro distancias muy elevadas para que tenga una relevancia importante en el comportamiento del portón, siendo leve su influencia en los esfuerzos en distancias pequeñas.

- Eje de coordenadas Z

Al modificar la posición del punto de apertura en este eje de coordenadas, los esfuerzos de apertura del portón quedan afectados, reduciéndose progresivamente a medida que desplazamos su posición en el sentido negativo de las Z según el sistema global de referencia del vehículo. Esta reducción en los esfuerzos queda reflejada en la Tabla 5 mediante los valores marcados en verde. En cambio, si lo desplazamos en el sentido positivo de las Z, los esfuerzos de apertura aumentan hasta alcanzar la coordenada del eje de bisagras. En dicho punto, los esfuerzos dejan de aumentar. Como ocurrió en el caso anterior, cabe destacar que esta situación nunca podrá darse por cuestiones constructivas del portón.

Tabla 5. Resultados modificación posición del punto de apertura en eje de coordenadas Z

	-300mm	-200mm	-100mm	Inicial	+100mm	+200mm	+300mm	+400mm	+520,5mm
Posición [mm]	245,00	345,00	445,00	545,00	645,00	745,00	845,00	945,00	1065,50
Esfuerzo de apertura [N]	27,90	30,10	32,50	35,00	37,60	40,20	42,40	44,00	44,70
Variación respecto anterior Esf. Apertura [N]	2,20	2,40	2,50	–	-2,60	-2,60	-2,20	-1,60	-0,70
Variación total Esf. Apertura [N]	7,10	4,90	2,50	–	-2,60	-5,20	-7,40	-9,00	-9,70

Nota. Resultados de esfuerzos de accionamiento obtenidos a temperatura ambiente (20°C)

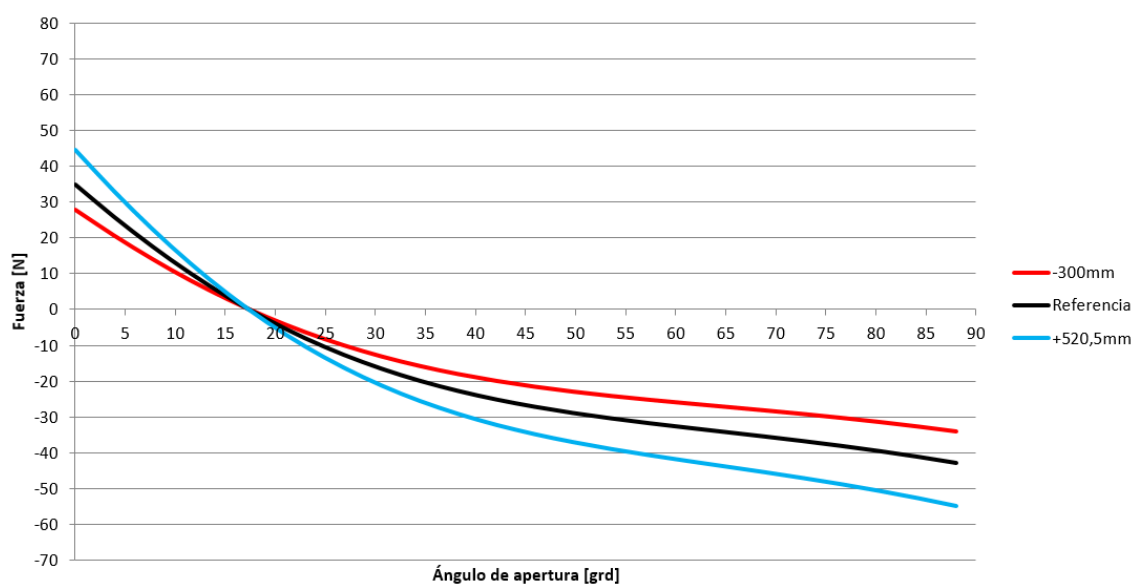


Gráfico 2. Comparativa gráfica de esfuerzos modificación punto de apertura en eje de coordenadas Z

En el Gráfico 2 se observa que a medida que desplazamos el punto de apertura del portón en el sentido negativo de las Z (curva roja), la curva de apertura del portón se suaviza, reduciéndose los esfuerzos de apertura. Del mismo modo que en el eje de coordenadas anterior, dicha modificación no afecta al ángulo de apertura del portón.

Finalmente, se puede llegar a la conclusión de que a medida que desplazamos el punto de apertura del portón en el sentido positivo de las X y en el sentido negativo de las Z, es decir, lo alejamos del eje de bisagras, el comportamiento de apertura del portón queda beneficiado. En cambio, si lo acercamos al eje de bisagras, en los ejes de coordenadas X y Z, el comportamiento de apertura queda perjudicado. Además, la modificación del punto de apertura solo tiene influencia en los esfuerzos, sin afectar al ángulo de apertura del portón. En todo caso, la posición del punto de apertura tiene una influencia leve en los esfuerzos de apertura, ya que es necesario desplazarlo distancias elevadas para que tenga una influencia destacable en el comportamiento del portón. Por este motivo, la decisión principal para su ubicación debe ser con el objetivo de mejorar la ergonomía de apertura del portón.

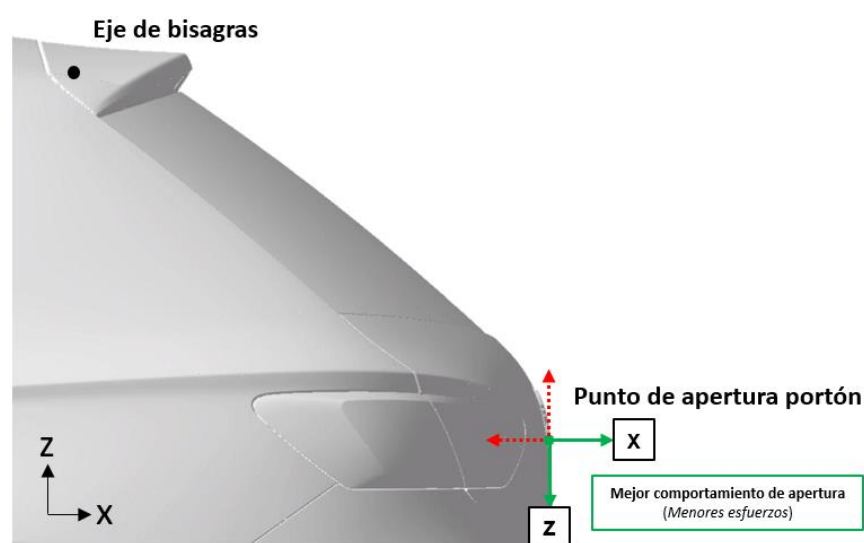


Ilustración 48. Conclusiones punto de apertura portón. Fuente: elaboración propia

5.1.2. Posición punto de cierre

Este parámetro es la posición diseñada para el cierre del portón, y es donde el usuario realizará la fuerza necesaria para su cierre. En el vehículo empleado para el estudio, la posición de cierre se encuentra en el asidero del revestimiento interno del portón. Las coordenadas del punto de cierre del vehículo tomado como referencia se muestran en la Tabla 2.

Con el objetivo de comprobar como la variación de posición de dicho parámetro influye en los esfuerzos y ángulos de accionamiento del portón, se seguirá el mismo procedimiento que el empleado para el estudio del punto de apertura. No se tendrá en cuenta el eje de coordenadas Y, ya que su posición en este eje no tiene ninguna influencia en el cálculo de esfuerzos de accionamiento.

Hay que destacar que la modificación de la posición del punto de cierre no influye en la maniobra de apertura, ya que los puntos de accionamiento para cada maniobra son diferentes, por este motivo, en este apartado no se tendrá en cuenta la apertura del portón.

- Eje de coordenadas X

En la Tabla 6, se muestran los resultados al modificar la posición del punto de cierre en el eje de coordenadas X. Se observa que si desplazamos el punto de cierre en el sentido negativo de las X según el sistema global de referencia del vehículo, los esfuerzos de cierre aumentan. Este crecimiento se detiene cuando se alcanza la coordenada del eje de bisagras. En cambio, si lo desplazamos en el sentido positivo de las X, es decir, alejamos el parámetro del eje de bisagras, los esfuerzos se reducen progresivamente. Esta mejora se ve reflejada en la tabla mediante los valores en color verde.

En el Gráfico 3, se puede observar de forma más visual, como al alejar el punto de cierre del eje de bisagras del portón (curva azul), se suaviza la curva, reduciéndose así, los esfuerzos de cierre del portón. En cambio, al acercarlo al eje de bisagras (curva rojas) el comportamiento de cierre queda perjudicado, aumentando los esfuerzos de cierre del portón. Es interesante destacar que la modificación de la posición del parámetro no afecta al ángulo de cierre del portón, solamente a los esfuerzos.

Tabla 6. Resultados modificación posición del punto de cierre en eje de coordenadas X

	-498,74mm	-450mm	-300mm	-150mm	Inicial	+100mm	+200mm	+300mm	+400mm
Posición [mm]	2674,50	2723,24	2873,24	3023,24	3173,24	3273,24	3373,24	3473,24	3573,24
Esfuerzo de cierre [N]	88,30	87,80	81,80	72,00	61,90	56,00	50,70	46,20	42,30
Variación respecto anterior Esf. Cierre [N]	-0,50	-6,00	-9,80	-10,10	-	5,90	5,30	4,50	3,90
Variación total Esf. Cierre [N]	-26,40	-25,90	-19,90	-10,10	-	5,90	11,20	15,70	19,60

Nota. Resultados de esfuerzos de accionamiento obtenidos a temperatura ambiente (20°C)

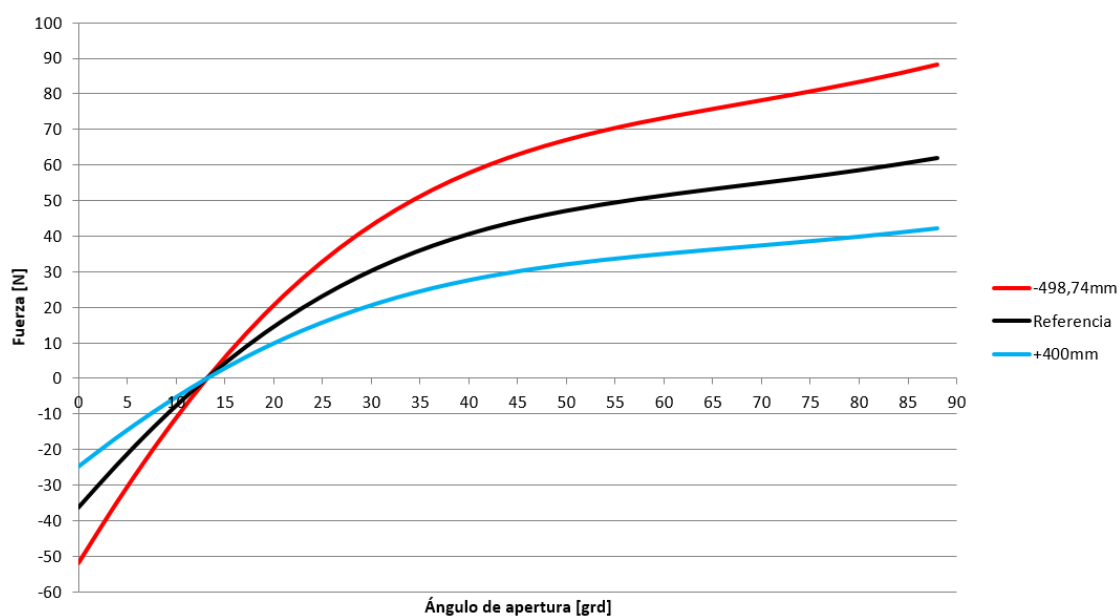


Gráfico 3. Comparativa gráfica de esfuerzos modificación punto de cierre en eje de coordenadas X

- Eje de coordenadas Z

Al modificar la posición de cierre en este eje de coordenadas, los esfuerzos de cierre se reducen gradualmente a medida que desplazamos su posición en el sentido negativo de las Z según el sistema global de referencia del vehículo. Dicho comportamiento se mantiene para variaciones de posición elevadas. En cambio, a medida que acercamos el punto de cierre al eje de bisagras, los esfuerzos aumentan, siendo el límite, la coordenada del eje de bisagras. En dicho punto dejan de aumentar los esfuerzos.

Tabla 7. Resultados modificación posición del punto de cierre en eje de coordenadas Z

	-300m	-200mm	-100mm	Inicial	+100mm	+200mm	+300mm	+400mm	+490,76mm
Posición [mm]	274,74	374,74	474,74	574,74	674,74	774,74	874,74	974,74	1065,50
Esfuerzo de cierre [N]	46,30	50,80	56,00	61,90	68,40	75,00	81,10	85,50	86,90
Variación respecto anterior Esf. Cierre [N]	4,50	5,20	5,90	–	-6,50	-6,60	-6,10	-4,40	-1,40
Variación total Esf. Cierre [N]	15,60	11,10	5,90	–	-6,50	-13,10	-19,20	-23,60	-25,00

Nota. Resultados de esfuerzos de accionamiento obtenidos a temperatura ambiente (20°C)

En el Gráfico 4 puede verse que a medida que alejamos el punto de cierre del eje de bisagras en el sentido negativo de las Z (curva roja), la curva se aplana, reduciéndose así, los esfuerzos de cierre del portón. De igual manera que en el caso anterior, los ángulos de cierre no se ven afectados por la variación de posición.

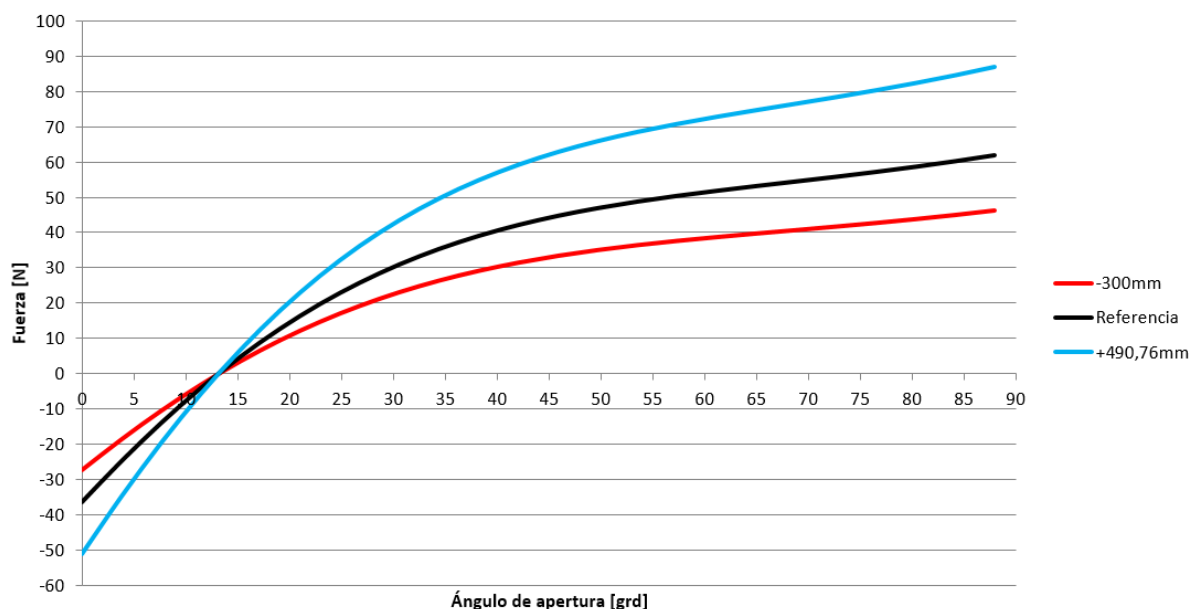


Gráfico 4. Comparativa gráfica de esfuerzos modificación punto de cierre en eje de coordenadas Z

Finalmente, podemos llegar a la conclusión de que a medida que desplazamos la posición del punto de cierre del portón en el sentido positivo de las X y en el sentido negativo de las Z, es decir, lo alejamos del eje de bisagras, el comportamiento de cierre del portón queda beneficiado. En cambio, cuanto más cerca se encuentre del eje de bisagras en X y Z, peor comportamiento de cierre presentará el portón. Cabe destacar que la modificación del parámetro no tiene influencia en el ángulo de cierre del portón, solamente afecta a los esfuerzos.

Por otro lado, se necesita desplazar el punto de cierre distancias muy elevadas para que tenga una relevancia importante en los esfuerzos de accionamiento, teniendo una afectación leve en distancias pequeñas. Por este motivo, la decisión principal de su ubicación en el portón debe ser con el objetivo de mejorar la ergonomía de cierre del portón.

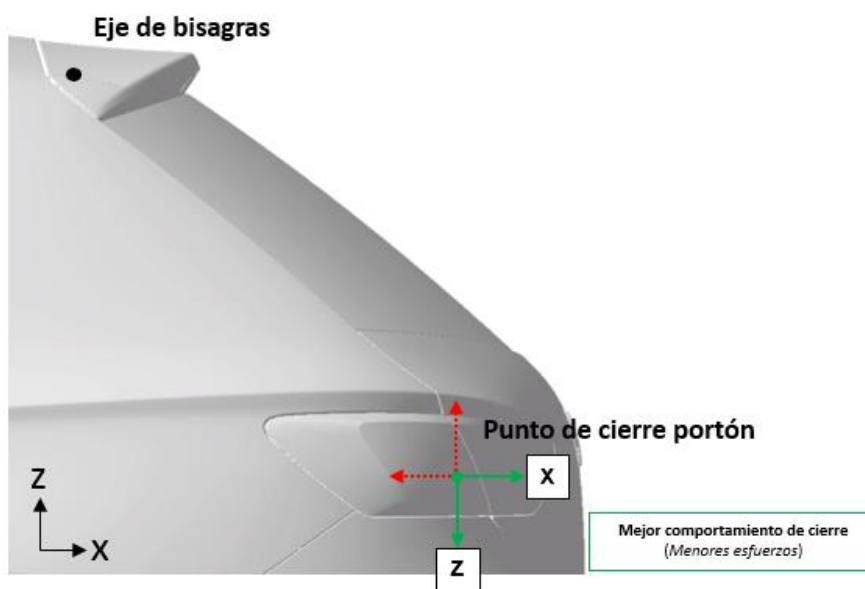


Ilustración 49. Conclusiones punto de cierre portón. Fuente: elaboración propia

5.1.3. Posición centro de gravedad

El centro de gravedad es un parámetro muy importante a tener en cuenta ya que es el punto donde se concentra el peso del portón. Conocer su ubicación es esencial para el cálculo de los esfuerzos de accionamiento del mismo. En este apartado, se va a comprobar de qué manera influye la posición del centro de gravedad en los esfuerzos y ángulos de accionamiento del portón. Para ello, se escogerá la posición del centro de gravedad del vehículo tomado como referencia para el estudio según Tabla 2, y se modificará la posición en los diferentes ejes del espacio. Para el estudio de este parámetro no se tendrá en cuenta el eje de coordenadas Y, ya que su posición en este eje no tiene ninguna influencia en el cálculo de esfuerzos de accionamiento.

- Eje de coordenadas X

Si observamos la Tabla 8 de resultados, vemos que a medida que desplazamos el parámetro en el sentido negativo de las X, es decir, lo acercamos al eje de bisagras, la maniobra de apertura se ve beneficiada. Esto se traduce en la reducción tanto de los esfuerzos como de los ángulos de apertura. Esta situación puede entenderse como un portón vertical como por ejemplo el de una furgoneta. Si nos fijamos en el Gráfico 5 (curvas rojas) comprobamos que un portón vertical favorece la maniobra de apertura, pero por el contrario, perjudicamos el cierre. Esto es debido a que a medida que acercamos el centro de gravedad al eje de bisagras, nos será más fácil abrir el portón, ya que el brazo de palanca del peso se reduce. Pero en la maniobra de cierre esto nos perjudica, ya que el peso al reducirse dicho brazo de palanca, nos ayuda en menor medida a cerrar el portón.

Tabla 8. Resultados modificación centro de gravedad en eje de coordenadas X

	-100mm	-80mm	-60mm	-40mm	-20mm	Inicial	+20mm	+40mm	+60mm	+80mm	+100mm
Posición [mm]	2958,37	2978,37	2998,37	3018,37	3038,37	3058,37	3078,37	3098,37	3118,37	3138,37	3158,37
Esfuerzo de apertura [N]	4,00	10,20	16,40	22,60	28,80	35,00	41,20	47,40	53,70	59,90	66,10
Esfuerzo de cierre [N]	70,90	66,40	62,70	62,40	62,20	61,90	61,60	61,40	61,10	60,90	60,60
Variación respecto anterior Esf. Apertura [N]	6,20	6,20	6,20	6,20	6,20	-	-6,20	-6,20	-6,30	-6,20	-6,20
Variación respecto anterior Esf. Cierre [N]	-4,50	-3,70	-0,30	-0,20	-0,30	-	0,30	0,20	0,30	0,20	0,30
Variación total Esf. Apertura[N]	31,00	24,80	18,60	12,40	6,20	-	-6,20	-12,40	-18,70	-24,90	-31,10
Variación total Esf. Cierre [N]	-9,00	-4,50	-0,80	-0,50	-0,30	-	0,30	0,50	0,80	1,00	1,30

Nota. Resultados de esfuerzos de accionamiento obtenidos a temperatura ambiente (20°C)

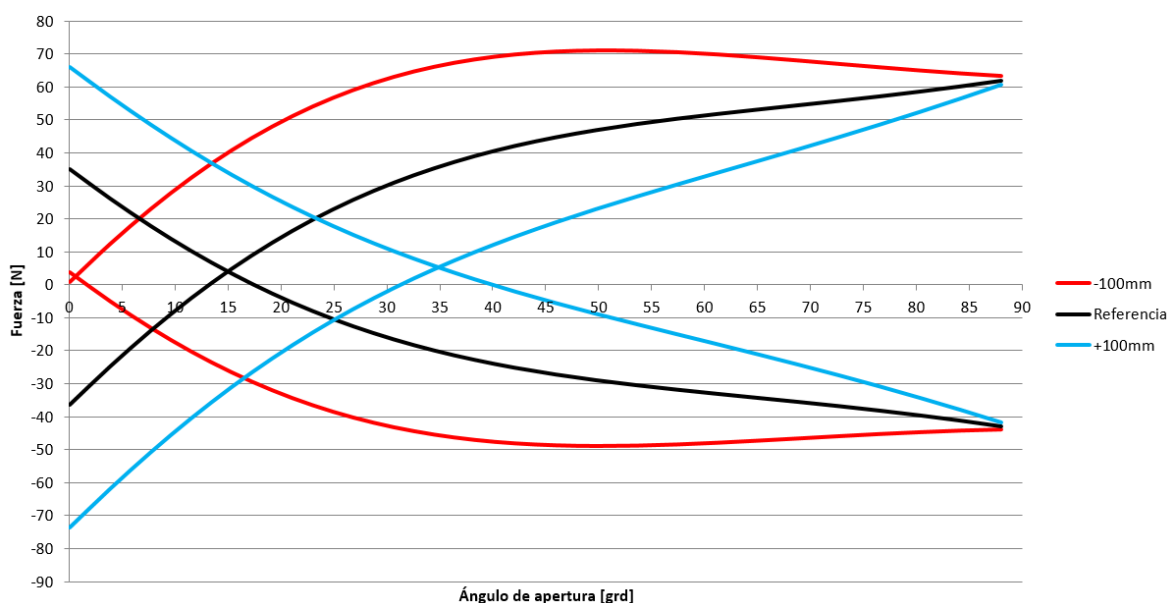


Gráfico 5. Comparativa gráfica de esfuerzos modificación centro de gravedad en eje de coordenadas X

Por otro lado, a medida que alejamos el centro de gravedad del eje de bisagras, la maniobra beneficiada es la de cierre. Esta situación puede entenderse como un portón inclinado como el de un coche deportivo. Esta mejora es debida a que al estar el centro de gravedad más lejos del eje de bisagras, el brazo de palanca del peso es mayor, favoreciendo de esta manera, que el propio peso del portón ayude en el cierre. Si observamos el Gráfico 5 (curvas azules) vemos que los esfuerzos de cierre iniciales prácticamente no varían. Esto es debido a un caso particular de la cinemática del portón del vehículo de referencia. Cuando el portón se encuentra en posición de máxima apertura, la posición del centro de gravedad coincide aproximadamente a la misma distancia del eje de bisagras en los tres casos representados, provocando que la diferencia de esfuerzos sea mínima. Una vez comienza la cinemática de cierre, se observa como los esfuerzos se reducen considerablemente, cerrándose el portón mucho antes en comparación a la referencia.

Finalmente, podemos llegar a la conclusión de que el comportamiento de un portón vertical y el de un portón más inclinado son completamente distintos. A medida que el portón se verticaliza, el comportamiento de apertura queda favorecido. En cambio, cuanto más inclinado sea el portón, mejor se comportará en cuanto a cierre. Por este motivo, según sea el comportamiento deseado, se tendrá que encontrar un compromiso entre las dos configuraciones. Cabe destacar que la modificación de este parámetro en este eje de coordenadas tiene una influencia relevante en los esfuerzos de accionamiento del portón.

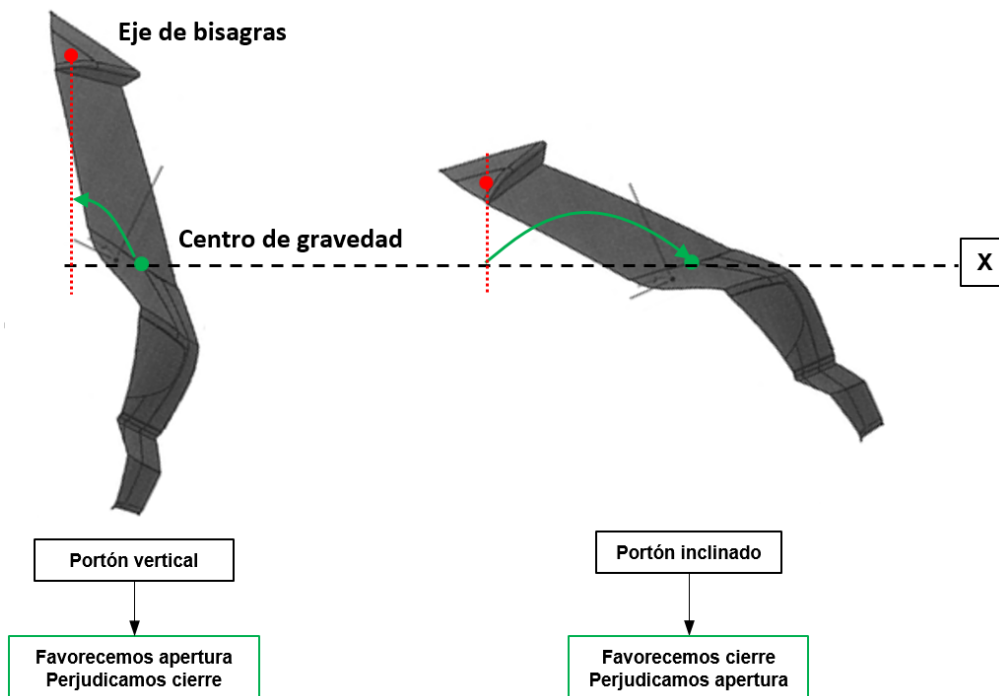


Ilustración 50. Conclusiones centro de gravedad en eje de coordenadas X. Fuente: elaboración propia

- Eje de coordenadas Z

A medida que desplazamos el centro de gravedad del portón en el sentido negativo de las Z, es decir, lo alejamos del eje de bisagras, la maniobra de cierre se ve beneficiada. En el Gráfico 6 (curvas rojas) se observa que el portón cierra antes y con menor esfuerzo, implicando un mejor comportamiento de cierre del portón. Esta situación puede entenderse como un portón de gran tamaño. En cambio, la maniobra de apertura queda perjudicada. Cabe destacar que los esfuerzos de apertura iniciales no varían. Esto es debido a que al modificar la posición del centro de gravedad en el eje Z, el brazo de palanca respecto el eje de bisagras no se ve alterado inicialmente, pero a lo largo de la cinemática, el brazo de palanca aumenta, empeorando los ángulos de apertura. Esta tendencia descrita continúa incluso en distancias mayores a las del intervalo ilustrado.

Tabla 9. Resultados modificación centro de gravedad en eje de coordenadas Z

	-100mm	-80mm	-60mm	-40mm	-20mm	Inicial	+20mm	+40mm	+60mm	+80mm	+100mm
Posición [mm]	689,35	709,35	729,35	749,35	769,35	789,35	809,35	829,35	849,35	869,35	889,35
Esfuerzo de apertura [N]	35	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
Esfuerzo de cierre [N]	24,8	32,20	39,60	47,10	54,50	61,90	69,30	76,80	84,20	91,60	99,00
Variación respecto anterior Esf. Apertura [N]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	–	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Variación respecto anterior Esf. Cierre [N]	7,40	7,40	7,50	7,40	7,40	–	-7,40	-7,50	-7,40	-7,40	-7,40
Variación total Esf. Apertura[N]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	–	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Variación total Esf. Cierre [N]	37,10	29,70	22,30	14,80	7,40	–	-7,40	-14,90	-22,30	-29,70	-37,10

Nota. Resultados de esfuerzos de accionamiento obtenidos a temperatura ambiente (20°C)

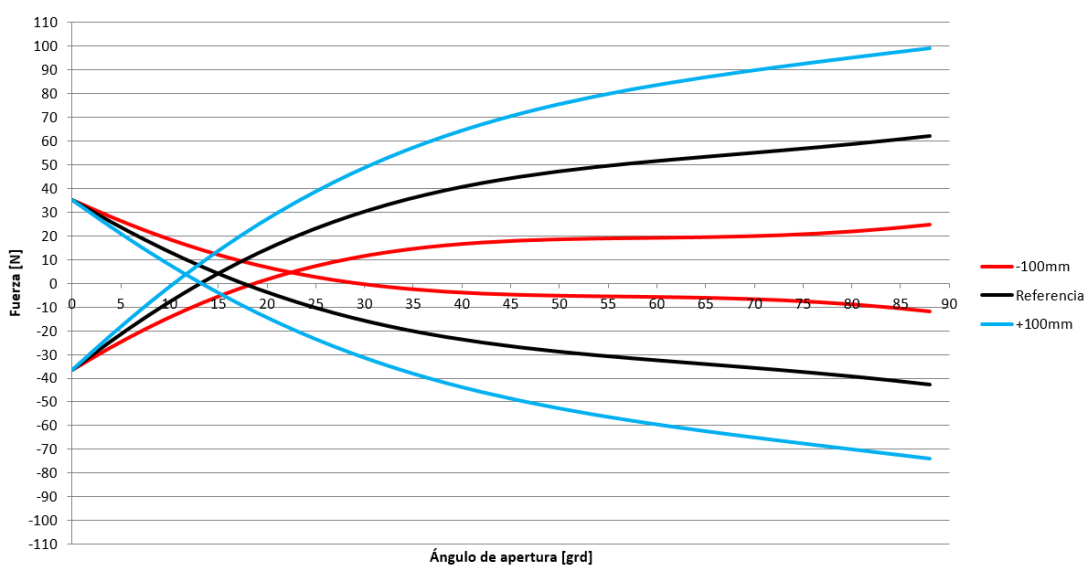


Gráfico 6. Comparativa gráfica de esfuerzos modificación centro de gravedad en eje de coordenadas Z

Por otro lado, si acercamos el centro de gravedad al eje de bisagras, o lo que es lo mismo, un portón más pequeño, se mejora la maniobra de apertura del portón. En el Gráfico 6 (curvas azules), se observa como los ángulos de apertura se reducen, significando que el portón abre antes. Por el contrario, el cierre del portón queda perjudicado, empeorando tanto esfuerzos como ángulos de cierre.

Finalmente, se puede llegar a la conclusión de que un portón de mayor o menor tamaño presenta diferente comportamiento. Un portón más grande, beneficia la maniobra de cierre. En cambio, uno de menor tamaño, favorece la apertura del mismo. Cabe destacar que la modificación del centro de gravedad en este eje de coordenadas también tiene un efecto considerable en los esfuerzos de accionamiento, especialmente en los esfuerzos de cierre del portón. Por este motivo, el centro de gravedad es un parámetro muy importante a tener en cuenta, ya que afecta notablemente al comportamiento del portón.

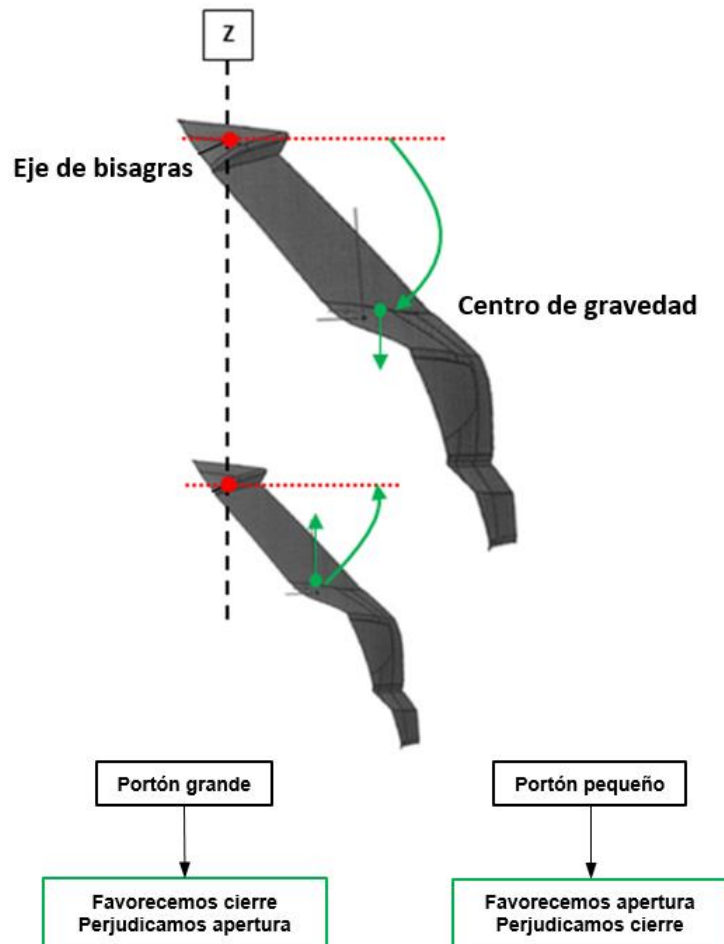


Ilustración 51. Conclusiones centro de gravedad en eje de coordenadas Z. Fuente: elaboración propia

5.1.4. Masa del portón

La masa es un parámetro muy a tener en cuenta en el diseño de un portón. En el proceso de desarrollo, una de las premisas es aligerar todo lo posible el portón trasero, con el objetivo de reducir las emisiones contaminantes del vehículo. En general, el peso total del portón varía en función de las dimensiones del mismo, la configuración empleada y los materiales utilizados para su construcción. Su magnitud repercute directamente en el funcionamiento y en las características constructivas de los resortes a gas a emplear.

El objetivo de este apartado es conocer como de importante es la masa del portón y ver su efecto en el comportamiento del mismo. Por otro lado, también se comprobará cómo influye la masa en las características de los muelles de gas a utilizar.

Para el estudio, se va a coger la masa del vehículo tomado como referencia según Tabla 3, y se va a ir modificando la masa en un intervalo total de 5kg, manteniendo el resto de parámetros constantes. Con esto, se comprobará cómo influye la masa en los esfuerzos y ángulos de accionamiento del portón. Como dato informativo, la masa de un portón ligero se encuentra alrededor de 20kg, y un portón considerado pesado alrededor de 30kg. Los resultados obtenidos al modificar la masa del portón se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Resultados modificación de la masa del portón

	-5kg	-4kg	-3kg	-2kg	-1kg	Inicial	+1kg	+2kg	+3kg	+4kg	+5kg
Masa [kg]	21,50	22,50	23,50	24,50	25,50	26,50	27,50	28,50	29,50	30,50	31,50
Esfuerzo de apertura [N]	12,50	17,00	21,50	26,00	30,50	35,00	39,50	44,00	48,50	53,00	57,50
Esfuerzo de cierre [N]	82,30	78,10	74,10	70,00	66,00	61,90	57,80	53,80	49,70	45,70	41,60
Variación respecto anterior Esf. Apertura [N]	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	–	-4,50	-4,50	-4,50	-4,50	-4,50
Variación respecto anterior Esf. Cierre [N]	-4,20	-4,00	-4,10	-4,00	-4,10	–	4,10	4,00	4,10	4,00	4,10
Variación total Esf. Apertura [N]	22,50	18,00	13,50	9,00	4,50	–	-4,50	-9,00	-13,50	-18,00	-22,50
Variación total Esf. Cierre [N]	-20,40	-16,20	-12,20	-8,10	-4,10	–	4,10	8,10	12,20	16,20	20,30

Nota. Resultados de esfuerzos de accionamiento obtenidos a temperatura ambiente (20°C)

Una vez realizado los cálculos, se observa que la masa del portón es muy influyente en los esfuerzos de accionamiento. Para el caso estudiado, el hecho de reducir o aumentar en 5kg la masa del portón (representando una variación del 18,8% respecto la masa de referencia) implica aproximadamente una variación de 22,50N en las fuerzas de apertura y de 20,30N en las fuerzas de cierre, siendo datos bastante significativos.

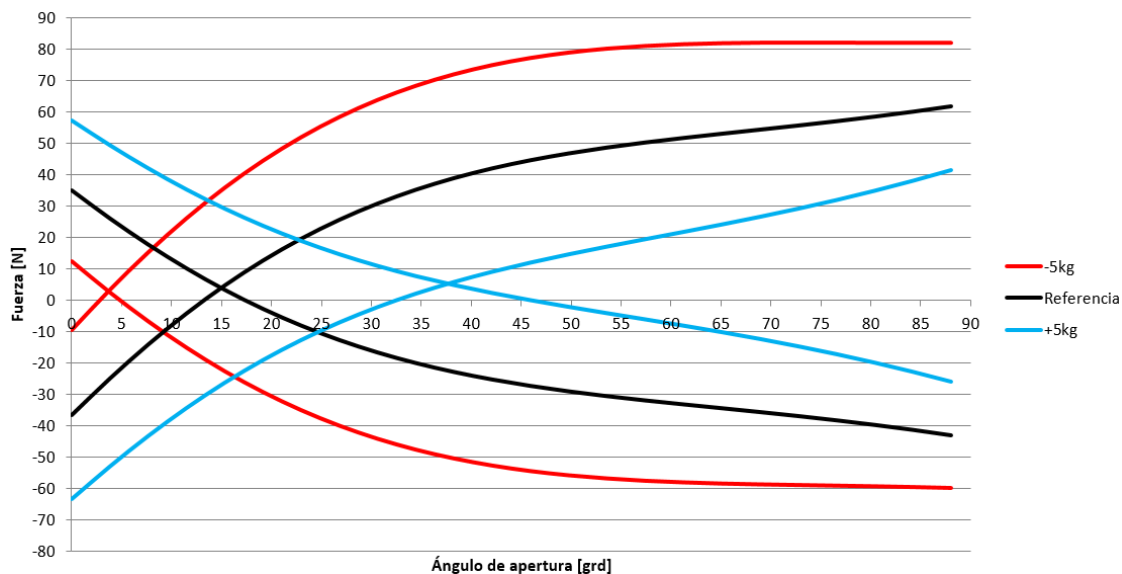


Gráfico 7. Comparativa gráfica de esfuerzos modificando la masa del portón

Si observamos el Gráfico 7, el hecho de reducir la masa del portón (curvas rojas), favorece a la maniobra de apertura. Vemos que la fuerza necesaria para abrir el portón se reduce considerablemente. Además, el ángulo de apertura, a medida que se reduce el peso, se desplaza hacia la izquierda de la gráfica, significando que el portón abre antes. Por lo contrario, se produce una penalización en la maniobra de cierre. Al reducir el peso del portón se requiere más fuerza para el cierre, y los ángulos se desplazan hacia la izquierda implicando un cierre más tardío.

Si aumentamos la masa del portón (curvas azules), ocurre totalmente lo contrario a lo comentado anteriormente. En este caso, la maniobra de cierre es la favorecida, traduciéndose en una disminución de los esfuerzos de cierre y mejorando el ángulo de cierre del portón. En cambio, la maniobra de apertura se ve penalizada. A mayor masa, mayores esfuerzos de apertura y mayores ángulos de apertura, desplazándose a la derecha de la gráfica, lo que implica una apertura más tardía del portón.

Una vez se ha comprobado cómo influye la masa en el funcionamiento del portón, se puede llegar a la conclusión de que el tener un portón más o menos pesado siempre va a penalizar en una de las maniobras, por este motivo, lo ideal sería encontrar un compromiso en la masa para obtener un correcto comportamiento del portón, y conseguir unos esfuerzos y ángulos de accionamientos confortables.

Es importante destacar que por lo general, cuanto mayor sea la masa del portón, mayor fuerza de extensión del resorte se requerirá, tanto para facilitar la apertura como para mantener el portón abierto en la posición de máxima apertura. Eso implicará utilizar muelles a gas de mayor dimensión, con cargas más elevadas. Hay que tener en cuenta que cuanto mayor sea la carga del resorte, la

fuerza que ejercerá cuando se encuentre comprimido, es decir, a portón cerrado, también será mayor, produciendo mayores fuerzas de descolgamiento del portón. Por este motivo, cuanto más pesado sea el portón, mejor trabajado tendrá que estar la estructura del mismo en cuanto a rigidez, con el fin de poder soportar dichas cargas.

5.1.5. Posición eje de bisagras

La bisagra es el mecanismo que permite el giro del portón respecto un eje, facilitando la apertura del mismo. Por norma general, se emplean dos bisagras situadas en el techo de la carrocería. Son elementos muy importantes, ya que condicionan la construcción del portón y de la carrocería. Dependiendo del tipo de bisagra empleada, la geometría y la cinemática del portón son completamente distintas.

Para el estudio de este parámetro se empleará el mismo procedimiento realizado hasta el momento, es decir, se escogerá la posición del eje de bisagras del vehículo tomado como referencia y se modificará su posición en los diferentes ejes del espacio. Con esto, se comprobará su influencia en los esfuerzos y ángulos de accionamiento del portón para las maniobras de apertura y cierre del mismo. En este caso, no se tendrá en cuenta el eje de coordenadas Y, ya que su posición en este eje no tiene ninguna influencia en el cálculo de esfuerzos de accionamiento.

- Eje de coordenadas X

En el Gráfico 8 podemos observar que al desplazar el eje de bisagras en el sentido positivo de las X (curvas azules), las curvas de apertura y cierre se suavizan. Esto implica una reducción tanto de los esfuerzos de apertura como de los de cierre, dándonos a entender que si acercamos el eje de rotación del portón al punto de pivote del muelle de gas (coordenada 2745,70mm), mejoramos el comportamiento general del portón en relación a los esfuerzos de accionamiento. Hay que destacar, que esto es positivo, pero también hay que tener en cuenta que cuanto más próximos se encuentran estos dos parámetros, las curvas de ambas maniobras se aplanan demasiado, penalizando en la velocidad de apertura del portón. Si observamos la curva de apertura del gráfico, el portón abre con muy poco esfuerzo y desde posiciones muy bajas, pero la fuerza generada por el resorte es muy uniforme, implicando que el portón abra demasiado lento, lo cual es negativo. En cuanto al cierre, hay que acompañarlo hasta el final del recorrido prácticamente.

Por otro lado, si alejamos el eje de bisagras de la fijación a carrocería, las curvas de apertura y cierre crecen, implicando un aumento considerable en los esfuerzos de accionamiento de ambas maniobras, pero mejorando la velocidad de apertura del portón y cerrando antes.

Tabla 11. Resultados modificación eje de bisagras en eje de coordenadas X

	-100mm	-80mm	-60mm	-40mm	-20mm	Inicial	+15mm	+30m	+45mm	+60m	+71,2mm
Posición [mm]	2574,50	2594,50	2614,50	2634,50	2654,50	2674,50	2689,50	2704,50	2719,50	2734,50	2745,70
Esfuerzo de apertura [N]	81,25	72,20	62,75	52,95	42,75	35,00	27,25	19,75	12,00	5,50	3,50
Esfuerzo de cierre [N]	105,70	97,05	88,30	79,40	70,55	61,90	55,35	49,25	43,35	37,65	32,45
Variación respecto anterior Esf. Apertura [N]	-9,05	-9,45	-9,80	-10,20	-7,75	-	7,75	7,50	7,75	6,50	2,00
Variación respecto anterior Esf. Cierre [N]	-8,65	-8,75	-8,90	-8,85	-8,65	-	6,55	6,10	5,90	5,70	5,20
Variación total Esf. Apertura [N]	-46,25	-37,20	-27,75	-17,95	-7,75	-	7,75	15,25	23,00	29,50	31,50
Variación total Esf. Cierre [N]	-43,80	-35,15	-26,40	-17,50	-8,65	-	6,55	12,65	18,55	24,25	29,45

Nota. Resultados de esfuerzos de accionamiento obtenidos a temperatura ambiente (20°C)

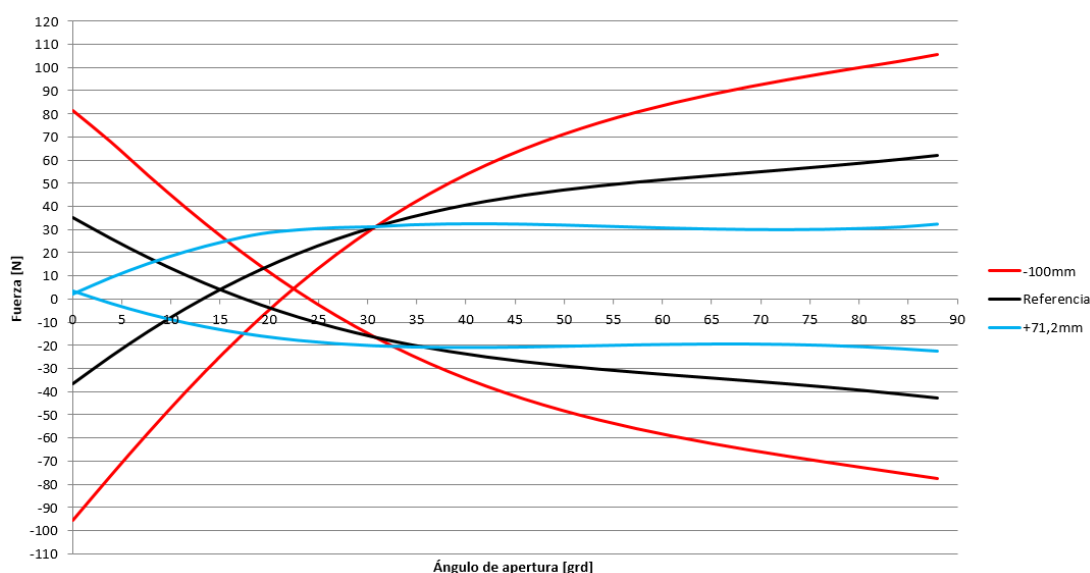


Gráfico 8. Comparativa gráfica de esfuerzos modificación eje de bisagras en eje de coordenadas X

Cabe destacar que la modificación de posición del eje de bisagras en este eje de coordenadas tiene un efecto considerable en los esfuerzos de accionamiento del portón.

Finalmente, se llega a la conclusión de que existe la necesidad de encontrar un compromiso de posición para este parámetro con el fin de equilibrar los esfuerzos de accionamiento y velocidad de apertura del portón.

- Eje de coordenadas Z

Si observamos los resultados mostrados en la Tabla 12, se comprueba que al desplazar el eje de bisagras en este eje de coordenadas, siempre se beneficia y empeora una de las maniobras. Por lo tanto, entramos en un compromiso de posición para este parámetro. Si trasladamos el eje de

bisagras en el sentido positivo de las Z, vemos que la maniobra de apertura queda beneficiada, reduciéndose tanto los esfuerzos como los ángulos de apertura. En cambio, se penaliza el cierre del portón, provocando que el portón cierre más tarde y con un esfuerzo mucho mayor. Esto es debido a que al desplazar el eje de bisagras en este sentido, estamos haciendo el portón más vertical, ayudando a la apertura del mismo.

Tabla 12. Resultados modificación eje de bisagras en eje de coordenadas Z

	-30mm	-24mm	-18mm	-12mm	-6mm	Inicial	+6mm	+12mm	+18mm	+24mm	+30mm
Posición [mm]	1035,50	1041,50	1047,50	1053,50	1059,50	1065,50	1071,50	1077,50	1083,50	1089,50	1095,50
Esfuerzo de apertura [N]	69,10	62,10	55,30	48,50	41,70	35,00	28,40	21,80	15,30	8,90	2,50
Esfuerzo de cierre [N]	52,70	54,50	56,30	58,10	60,00	61,90	63,80	65,70	67,70	70,70	76,30
Variación respecto anterior Esf. Apertura [N]	-7,00	-6,80	-6,80	-6,80	-6,70	-	6,60	6,60	6,50	6,40	6,40
Variación respecto anterior Esf. Cierre [N]	1,80	1,80	1,80	1,90	1,90	-	-1,90	-1,90	-2,00	-3,00	-5,60
Variación total Esf. Apertura [N]	-34,10	-27,10	-20,30	-13,50	-6,70	-	6,60	13,20	19,70	26,10	32,50
Variación total Esf. Cierre [N]	9,20	7,40	5,60	3,80	1,90	-	-1,90	-3,80	-5,80	-8,80	-14,40

Nota. Resultados de esfuerzos de accionamiento obtenidos a temperatura ambiente (20°C)

Por el contrario, si desplazamos el eje de bisagras en el sentido negativo de las Z, en este caso, mejoramos el comportamiento de cierre del portón pero empeoramos el de apertura. Esto se puede observar de forma más visual en el Gráfico 9 (curvas rojas). El motivo de este comportamiento, es debido a que al mover el eje de bisagras en este sentido, estamos haciendo el portón más inclinado, lo cual, favorece al cierre del mismo. Por último, destacar que la modificación del parámetro en este eje de coordenadas también influye considerablemente en los esfuerzos de accionamiento del portón.

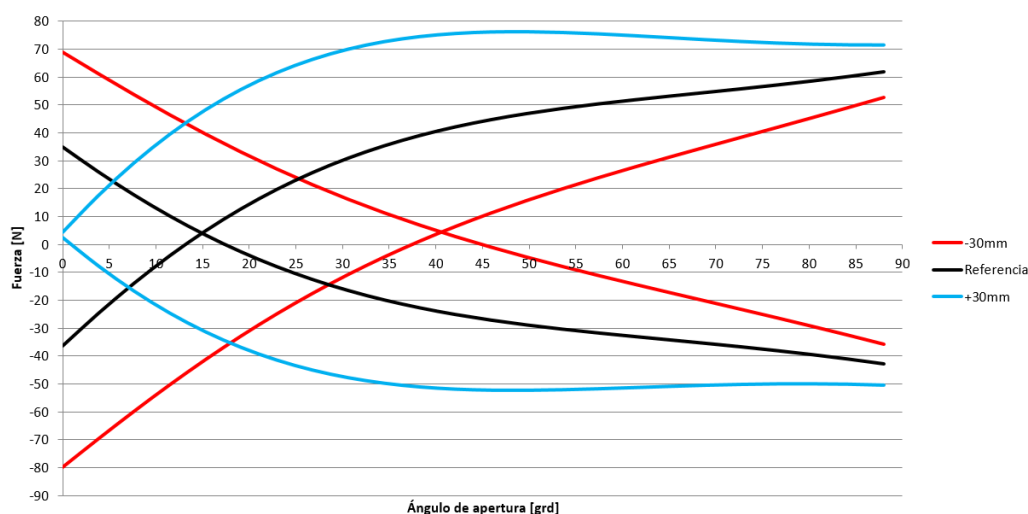


Gráfico 9. Comparativa gráfica de esfuerzos modificación eje de bisagras en eje de coordenadas Z

Finalmente, podemos llegar a la conclusión de que cuanto más próximo se encuentre el eje de bisagras de la fijación a carrocería del muelle de gas en el eje de coordenadas X, mejor será el comportamiento general del portón en relación a los esfuerzos de accionamiento, pero a su vez, se penaliza en la velocidad de apertura del portón. En relación al eje de coordenadas Z, según sea su posición, beneficiará y perjudicará una de las maniobras. Por estos motivos, se debe encontrar un compromiso de posición en ambos ejes de coordenadas para el eje de bisagras según sea el comportamiento deseado. Cabe destacar que el eje de bisagras es un parámetro muy influyente en los esfuerzos de accionamiento del portón, lo cual, hace que sea un parámetro muy a tener en cuenta.

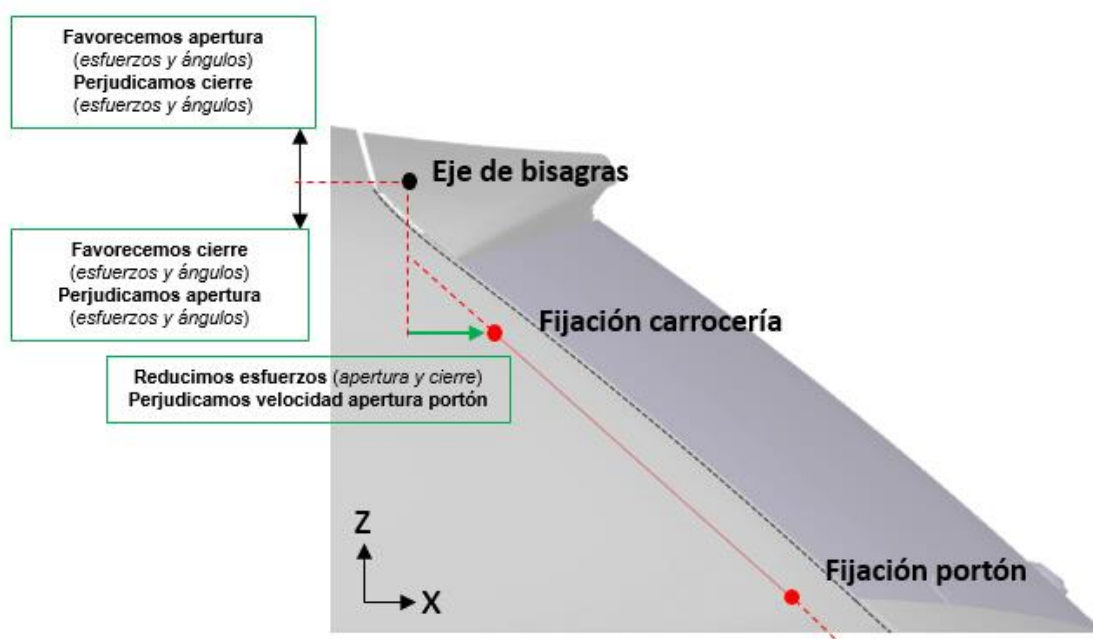


Ilustración 52. Conclusiones parámetro eje de bisagras. Fuente: elaboración propia

5.1.6. Posición fijación a carrocería

El posicionamiento de un muelle de gas en un portón se realiza mediante dos fijaciones, una en la carrocería del vehículo y otra en el portón del mismo. En este apartado se va a estudiar la influencia de la fijación a carrocería del muelle de gas en el comportamiento del portón. A diferencia del resto de parámetros, en las fijaciones de los muelles de gas, se tiene en cuenta la coordenada Y para el cálculo de los esfuerzos de accionamiento del portón. Esto es debido a que su posicionamiento en el vehículo no es en el plano XZ puro, sino que los resortes se encuentran inclinados un cierto grado en la dirección Y. El motivo de esto, es la forma del canal de aguas de la carrocería donde van ubicados, afectando en cierta medida a la fuerza efectiva del muelle de gas. Por lo tanto, para el estudio de este parámetro también se analizará cómo influye al comportamiento del portón la modificación de la fijación a carrocería en este eje de coordenadas.

Hasta el momento, el estudio de cada parámetro se ha realizado manteniendo el resto de parámetros constantes. En este caso, al modificar la posición de las fijaciones del resorte, estamos afectando a la longitud y carrera del mismo. Por consiguiente, es necesario modificar la relación X del resorte. Para cada variación de posición del parámetro, se calcularán los esfuerzos de apertura y cierre del portón, junto con la relación X en función de la carrera. El cálculo de la relación X se realizará de manera aproximada, ya que el valor exacto lo determina el proveedor de desarrollo de los muelles a gas. Para ello, se escogerán diferentes muelles de gas de otros vehículos ya viabilizados, y se obtendrá una función aproximada de la relación X en función de la carrera del resorte.

Tabla 13. Relación X en función de la carrera

Carrera resorte [mm]	Relación X
194	1,22
195	1,23
196	1,24
199	1,27
205	1,31

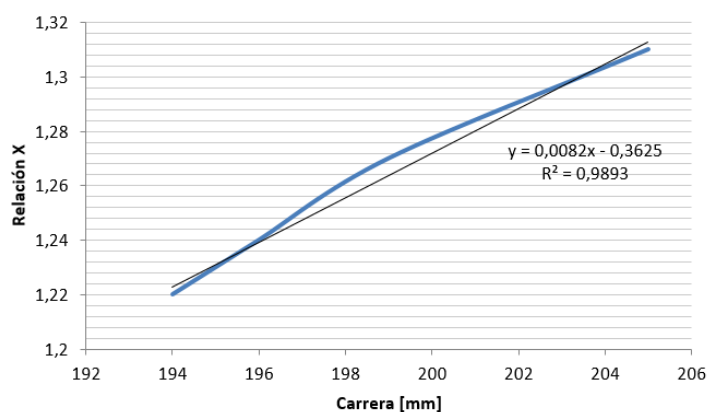


Gráfico 10. Aproximación para la obtención de la relación X en función de la carrera del resorte

- Eje de coordenadas X

Si desplazamos la fijación a carrocería del muelle de gas en el sentido negativo según el sistema global de referencia del vehículo, observamos que los esfuerzos de apertura y de cierre del portón se reducen. Esta disminución en los esfuerzos se refleja en la Tabla 14 de resultados mediante los datos en color verde. En el Gráfico 11 (curvas rojas) se puede comprobar como las curvas de apertura y cierre se suavizan a medida que acercamos el punto de fijación a carrocería del muelle de gas al eje de bisagras del portón, implicando una mejora general en el comportamiento del portón en relación a los esfuerzos. Pero hay que destacar que cuanto más cerca se encuentran estos dos parámetros, las curvas se aplanan demasiado, perjudicando en la velocidad de apertura del portón. Si las curvas son muy planas, los muelles de gas en la apertura generan una fuerza muy uniforme, lo cual, implica en

una apertura lenta del portón. De este modo, la posición límite para la fijación a carrocería será la posición del eje de bisagras.

Por el contrario, a medida que desplazamos el parámetro en el sentido positivo de las X, o lo que es lo mismo, lo alejamos del eje de bisagras, tanto la maniobra de apertura como la de cierre se ven perjudicadas, aumentando los esfuerzos de accionamiento del portón considerablemente. Este comportamiento queda reflejado mediante las curvas azules del Gráfico 11.

Tabla 14. Resultados modificación fijación a carrocería en eje de coordenadas X

	-50mm	-40mm	-30mm	-20mm	-10mm	Inicial	+10mm	+20mm	+30mm	+40mm	+50mm
Posición [mm]	2695,70	2705,70	2715,70	2725,70	2735,70	2745,70	2755,70	2765,70	2775,70	2785,70	2795,70
Carrera [mm]	177,54	180,63	183,77	186,97	190,21	193,51	196,85	200,24	203,67	207,14	210,65
Relación X	1,09	1,12	1,14	1,17	1,20	1,22	1,25	1,28	1,31	1,34	1,36
Esfuerzo de apertura [N]	4,40	8,60	14,60	20,30	26,90	35,00	43,30	52,70	63,10	74,60	87,50
Esfuerzo de cierre [N]	12,50	22,10	31,80	41,70	51,70	61,90	72,20	82,60	93,10	103,70	114,50
Variación respecto anterior Esf. Apertura [N]	4,20	6,00	5,70	6,60	8,10	-	-8,30	-9,40	-10,40	-11,50	-12,90
Variación respecto anterior Esf. Cierre [N]	9,60	9,70	9,90	10,00	10,20	-	-10,30	-10,40	-10,50	-10,60	-10,80
Variación total Esf. Apertura [N]	30,60	26,40	20,40	14,70	8,10	-	-8,30	-17,70	-28,10	-39,60	-52,50
Variación total Esf. Cierre [N]	49,40	39,80	30,10	20,20	10,20	-	-10,30	-20,70	-31,20	-41,80	-52,60

Nota. Resultados de esfuerzos de accionamiento obtenidos a temperatura ambiente (20°C)

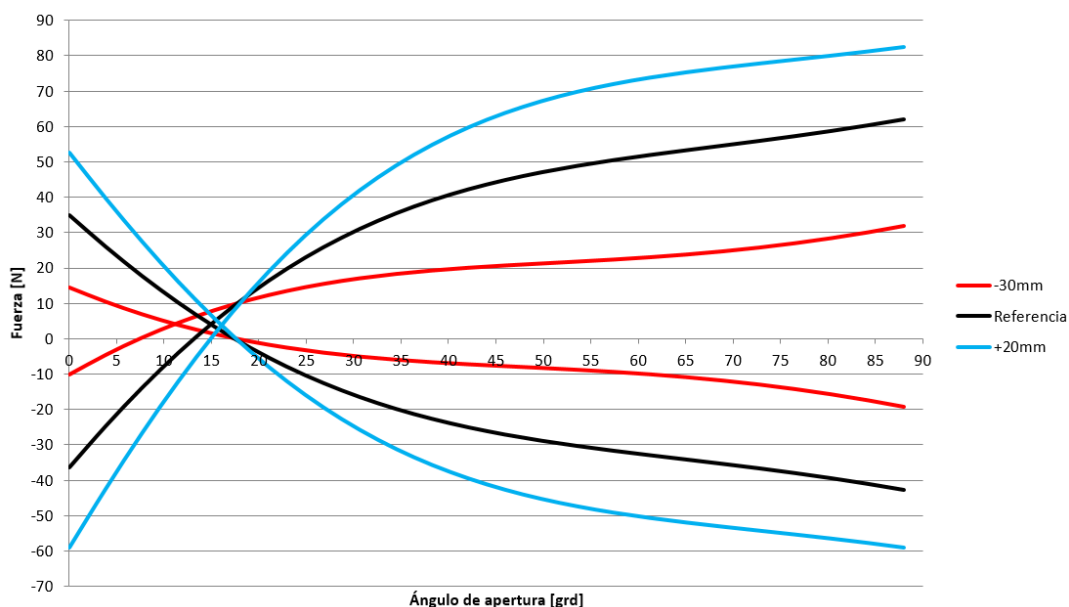


Gráfico 11. Comparativa gráfica de esfuerzos modificación fijación a carrocería en eje de coordenadas X

De este modo, los resultados se corresponden con las conclusiones obtenidas en el análisis del parámetro anterior, a medida que acercamos el punto de pivote del muelle de gas al eje de rotación del portón en el eje de coordenadas X, se mejora el comportamiento del portón en relación a los esfuerzos de accionamiento, pero se penaliza en la velocidad de apertura del mismo. Por tanto, llegamos a la conclusión de que la posición de la fijación a carrocería del muelle de gas no debe encontrarse ni muy cerca del eje de bisagras ni muy lejos, siendo necesario encontrar un compromiso de posición con el fin de equilibrar tanto los esfuerzos de accionamiento como la velocidad de apertura del portón, según sea el comportamiento deseado para el mismo. Finalmente, cabe destacar que la modificación de este parámetro en este eje de coordenadas tiene una gran influencia en los esfuerzos de accionamiento del portón.

- Eje de coordenadas Z

Si observamos los resultados mostrados en la Tabla 15 se comprueba que al desplazar la fijación a carrocería en este eje de coordenadas siempre se beneficia y perjudica una de las maniobras. Si desplazamos la fijación en el sentido negativo de las Z, la maniobra de apertura queda beneficiada, pero la de cierre queda perjudicada. Esto se refleja en el Gráfico 12 (curvas rojas) como una disminución tanto de los esfuerzos como de los ángulos de apertura, pero en cambio, el comportamiento de cierre queda perjudicado, provocando un cierre más costoso y más tardío del portón. Por otro lado, si desplazamos la fijación a carrocería en el sentido positivo de las Z ocurre totalmente lo contrario, la maniobra de cierre se ve beneficiada y la de apertura perjudicada (véase curvas azules del Gráfico 12).

Tabla 15. Resultados modificación fijación a carrocería en eje de coordenadas Z

	-20mm	-16mm	-12mm	-8mm	-4mm	Inicial	+4mm	+8mm	+12mm	+16mm	+20mm
Posición [mm]	919,30	923,30	927,30	931,30	935,30	939,30	943,30	947,30	951,30	955,30	959,30
Carrera [mm]	221,66	216,03	210,38	204,70	199,00	193,51	187,54	181,78	175,99	170,19	164,37
Relación X	1,46	1,41	1,36	1,32	1,27	1,22	1,18	1,13	1,08	1,03	1,01
Esfuerzo de apertura [N]	5,30	11,30	17,30	23,30	29,20	35,00	40,80	46,50	52,20	57,70	63,30
Esfuerzo de cierre [N]	73,60	71,20	68,90	66,60	64,30	61,90	59,50	57,10	54,60	52,10	49,60
Variación respecto anterior Esf. Apertura [N]	6,00	6,00	6,00	5,90	5,80	–	-5,80	-5,70	-5,70	-5,50	-5,60
Variación respecto anterior Esf. Cierre [N]	-2,40	-2,30	-2,30	-2,30	-2,40	–	2,40	2,40	2,50	2,50	2,50
Variación total Esf. Apertura[N]	29,70	23,70	17,70	11,70	5,80	–	-5,80	-11,50	-17,20	-22,70	-28,30
Variación total Esf. Cierre [N]	-11,70	-9,30	-7,00	-4,70	-2,40	–	2,40	4,80	7,30	9,80	12,30

Nota. Resultados de esfuerzos de accionamiento obtenidos a temperatura ambiente (20°C)

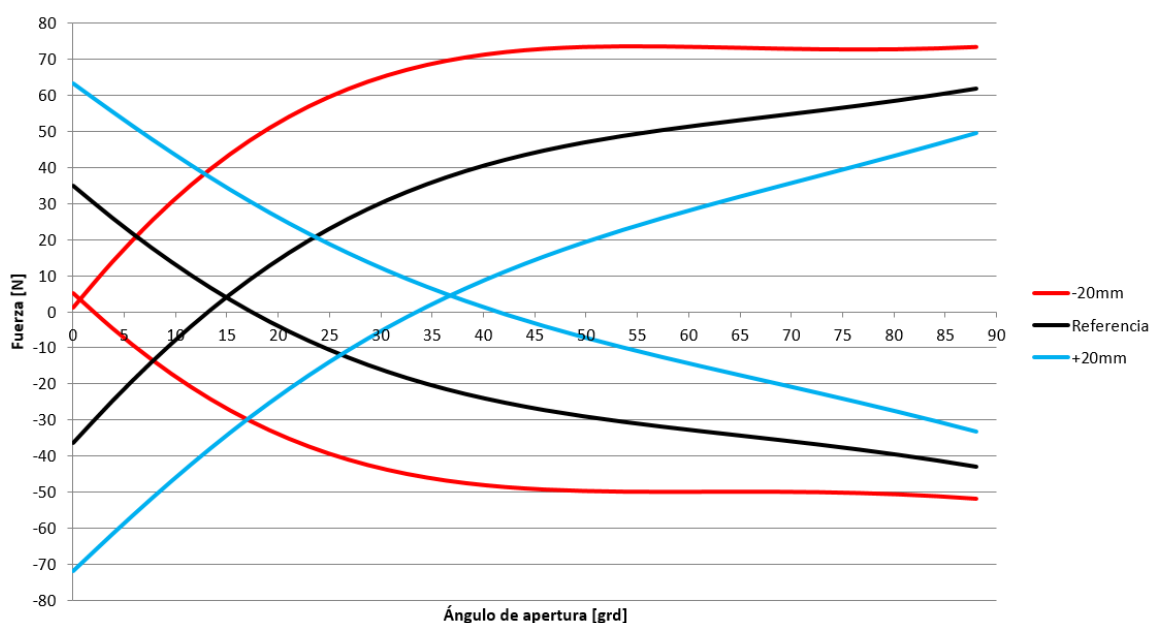


Gráfico 12. Comparativa gráfica de esfuerzos modificación fijación a carrocería en eje de coordenadas Z

Este comportamiento es debido a que al modificar la posición de la fijación a carrocería del muelle de gas en este eje de coordenadas, estamos incidiendo en la inclinación del resorte. Si desplazamos el punto de rotación del resorte en el sentido positivo de las Z, implica tener que abrir mucho más el portón y aplicar mayores esfuerzos hasta el punto donde los resortes ayudan a la apertura del propio portón, penalizando en la apertura. En cambio, al desplazar el punto de rotación del muelle en el sentido negativo de las Z, implica que los resortes ayuden a la apertura del portón en posiciones más bajas, con unos esfuerzos de apertura mucho menores, por lo tanto, se beneficia en la apertura del portón.

Finalmente, podemos concluir que para posicionar la fijación a carrocería del muelle de gas en este eje de coordenadas se debe encontrar un compromiso de posición según el comportamiento deseado. Además, la modificación de este parámetro en este eje de coordenadas tiene una gran influencia en los esfuerzos de accionamiento del portón.

- Eje de coordenadas Y

Como ya se ha comentado anteriormente, debido a la forma del canal de aguas de la carrocería del vehículo donde van ubicados los muelles de gas, normalmente los resortes no están posicionados en el plano XZ, sino que tienen un cierto ángulo de inclinación en el eje de coordenadas Y, puesto que los canales de aguas no suelen ser totalmente rectos. Para el vehículo de referencia, la coordenada en Y de la fijación a carrocería es 556,1mm y la coordenada de la fijación a portón es 574,5mm según Tabla 2, por lo tanto las fijaciones no se encuentran alineadas.

Si observamos los resultados mostrados en la Tabla 16, a medida que desplazamos la fijación a carrocería en el sentido negativo de las Y, es decir, estamos inclinando aún más el muelle de gas, la maniobra de apertura se ve penalizada. Esto es debido a que cuanto más inclinado se encuentre el resorte, se pierde fuerza efectiva para abrir el portón, implicando dificultar la apertura y beneficiar el cierre del mismo. En cambio, a medida que movemos la fijación a carrocería en el sentido positivo de las Y, y lo acercamos a la posición de la fijación a portón, es decir, alineamos las fijaciones haciendo paralelo el muelle de gas con el plano XZ, mejoramos el comportamiento de apertura, ya que toda la fuerza efectiva del resorte ayuda a la apertura del portón.

Tabla 16. Resultados modificación fijación a carrocería en eje de coordenadas Y

	-40mm	-32mm	-24mm	-16mm	-8mm	Inicial	+8mm	+16mm	+24mm	+32mm	+40mm
Posición [mm]	516,10	524,10	532,10	540,10	548,10	556,10	564,10	572,10	580,10	588,10	596,10
Carrera [mm]	191,97	192,30	192,65	192,92	193,13	193,51	193,38	193,43	193,42	193,35	192,23
Relación X	1,21	1,21	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,21
Esfuerzo de apertura [N]	36,50	36,10	35,50	35,30	35,10	35,00	35,00	34,90	34,90	35,00	35,10
Esfuerzo de cierre [N]	61,20	61,40	61,50	61,70	61,80	61,90	62,00	62,00	62,00	61,90	61,90
Variación respecto anterior Esf. Apertura [N]	-0,40	-0,60	-0,20	-0,20	-0,10	-	0,00	0,10	0,00	-0,10	-0,10
Variación respecto anterior Esf. Cierre [N]	0,20	0,10	0,20	0,10	0,10	-	-0,10	0,00	0,00	0,10	0,00
Variación total Esf. Apertura[N]	-1,50	-1,10	-0,50	-0,30	-0,10	-	0,00	0,10	0,10	0,00	-0,10
Variación total Esf. Cierre [N]	0,70	0,50	0,40	0,20	0,10	-	-0,10	-0,10	-0,10	0,00	0,00

Nota. Resultados de esfuerzos de accionamiento obtenidos a temperatura ambiente (20°C)

Observando el Gráfico 13, comprobamos que la modificación de posición de la fijación a carrocería en este eje de coordenadas tiene muy poca influencia en el comportamiento del portón.

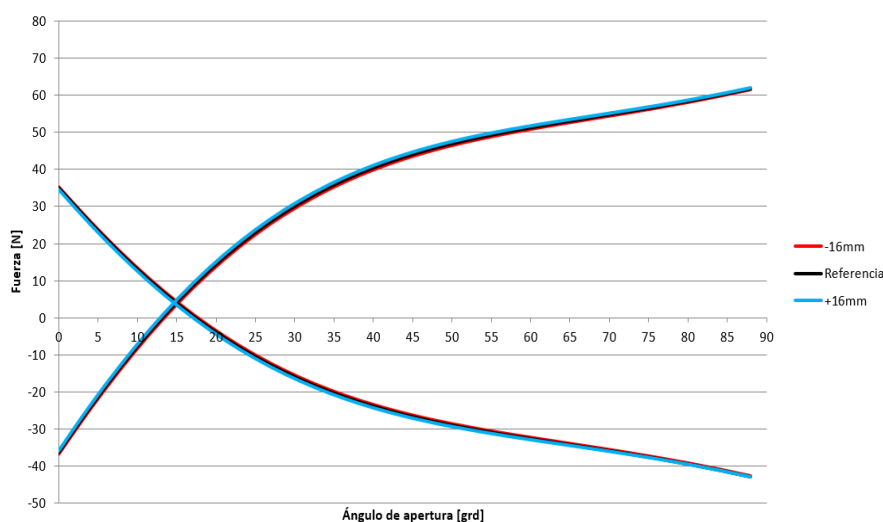


Gráfico 13. Comparativa gráfica de esfuerzos modificación fijación a carrocería en eje de coordenadas Y

Finalmente, podemos llegar a la conclusión de que cuanto más próximos se encuentren la fijación a carrocería del muelle de gas y el eje de bisagras en el eje de coordenadas X, mejor se comportará el portón en relación a los esfuerzos de accionamiento, pero a su vez, penalizamos en la velocidad de apertura del portón. Respecto el eje de coordenadas Z, según sea la posición de la fijación, siempre se beneficia y perjudica a la vez una de las maniobras. Por lo tanto, se debe encontrar un compromiso de posición para el parámetro en ambos ejes de coordenadas según sea el comportamiento deseado para el portón. Cabe destacar que el punto de fijación a carrocería es un parámetro muy influyente en los esfuerzos de accionamiento del portón, por lo que es un parámetro muy a tener en cuenta.

Por último, respecto al posicionamiento en el eje de coordenadas Y, un muelle de gas alineado con el plano XZ favorece la apertura del portón, y en cambio, un muelle de gas desalineado, favorece el cierre del portón. Cabe destacar que su influencia es muy leve, y su coordenada final, la determinará principalmente la forma del canal de aguas de la carrocería.

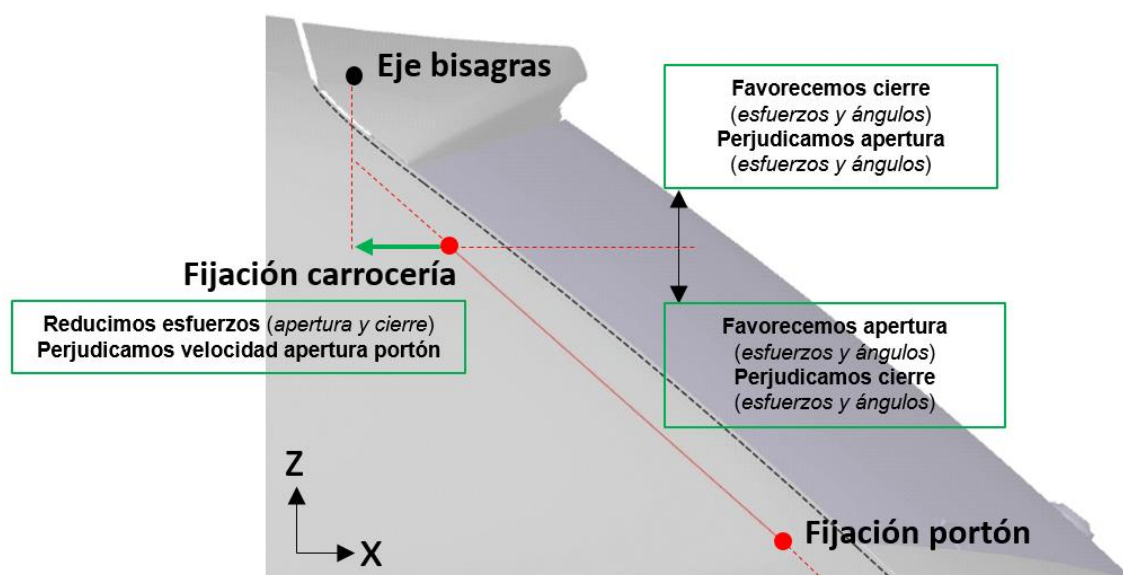


Ilustración 53. Conclusiones parámetro fijación a carrocería muelle de gas. Fuente: elaboración propia

5.1.7. Posición fijación a portón

En este apartado se va a estudiar la influencia de la fijación a portón del muelle de gas en el funcionamiento de apertura y cierre del portón. Como ya sucedió en la fijación a carrocería, para este análisis también es necesario determinar la relación X del muelle de gas, ya que al modificar la posición del parámetro, afectamos a la longitud y carrera del resorte. A continuación, se muestran los resultados obtenidos al modificar la posición de la fijación a portón en los diferentes ejes del espacio.

- Eje de coordenadas X

Si desplazamos la fijación a portón del muelle de gas en el sentido positivo de las X según el sistema global de referencia del vehículo, apreciamos una mejoría en los esfuerzos de accionamiento del portón. Esta mejoría se refleja en la Tabla 17 de resultados mediante los datos en color verde. En el Gráfico 14 (curvas azules) vemos como las curvas de ambas maniobras se suavizan a medida que alejamos la fijación a portón de la fijación a carrocería, implicando una reducción en los esfuerzos de accionamiento. Pero hay que tener en cuenta que cuanto más lejos se encuentren ambos parámetros, las curvas se aplanan demasiado, traduciéndose en una penalización en la velocidad de apertura del portón. Por el contrario, a medida que desplazamos la fijación a portón en el sentido negativo de las X, es decir, acercamos las fijaciones del resorte, el comportamiento de ambas maniobras quedan perjudicadas. Si observamos las curvas rojas del Gráfico 14, comprobamos que tanto los esfuerzos de apertura como los de cierre aumentan. Esto es debido a que al modificar el parámetro en este sentido, la palanca de la fuerza efectiva del muelle de gas a lo largo de la cinemática se reduce.

Tabla 17. Resultados modificación fijación a portón en eje de coordenadas X

	-100mm	-80mm	-60mm	-40mm	-20mm	Inicial	+20mm	+40mm	+60mm	+80mm	+100mm
Posición [mm]	2963,30	2983,30	3003,30	3023,30	3043,30	3063,30	3083,30	3103,30	3123,30	3143,30	3163,30
Carrera [mm]	184,10	186,54	188,63	190,42	191,96	193,51	194,42	195,41	196,26	196,99	197,62
Relación X	1,15	1,17	1,18	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25	1,25	1,26
Esfuerzo de apertura [N]	71,10	62,50	54,70	47,50	40,90	35,00	29,40	25,00	21,00	17,40	11,80
Esfuerzo de cierre [N]	71,00	69,00	67,20	65,30	63,90	61,90	60,30	58,70	57,20	55,80	54,30
Variación respecto anterior Esf. Apertura [N]	-8,60	-7,80	-7,20	-6,60	-5,90	-	5,60	4,40	4,00	3,60	5,60
Variación respecto anterior Esf. Cierre [N]	-2,00	-1,80	-1,90	-1,40	-2,00	-	1,60	1,60	1,50	1,40	1,50
Variación total Esf. Apertura[N]	-36,10	-27,50	-19,70	-12,50	-5,90	-	5,60	10,00	14,00	17,60	23,20
Variación total Esf. Cierre [N]	-9,10	-7,10	-5,30	-3,40	-2,00	-	1,60	3,20	4,70	6,10	7,60

Nota. Resultados de esfuerzos de accionamiento obtenidos a temperatura ambiente (20°C)

Con estos resultados podemos llegar a la conclusión de que a medida que desplazamos la fijación a portón, alejándola de la fijación a carrocería (en eje de coordenadas X) y movemos la fijación a carrocería, acercándola al eje de bisagras (en eje de coordenadas X), o lo que es lo mismo, empleamos un muelle de gas más largo, mejoramos el comportamiento del portón en relación a los esfuerzos de accionamiento, pero penalizamos en la velocidad de apertura del mismo.

Finalmente, se debe encontrar un compromiso de posición de la fijación a portón con el fin de equilibrar los esfuerzos de accionamiento y la velocidad de apertura del portón. Además, se

comprueba que modificar la posición de la fijación a portón en este eje de coordenadas influye en menor medida en el comportamiento del portón que la modificación de la fijación a carrocería.

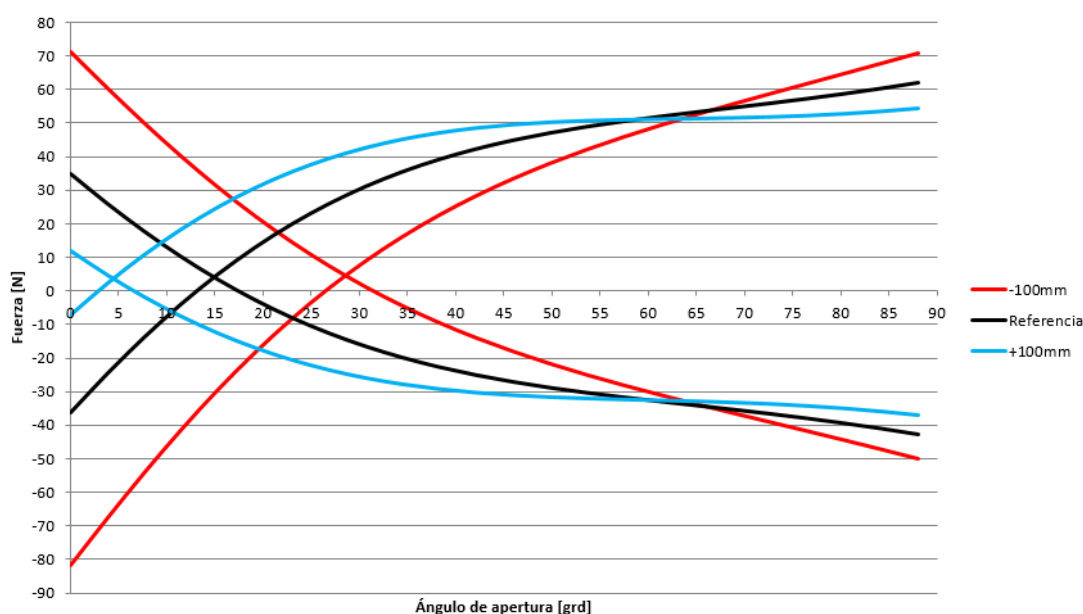


Gráfico 14. Comparativa gráfica de esfuerzos modificación fijación a carrocería en eje de coordenadas X

- Eje de coordenadas Z

En el Gráfico 15 observamos que al desplazar la fijación a portón del muelle de gas en el sentido positivo de las Z (curvas azules), las curvas de apertura y cierre se suavizan, implicando una reducción en los esfuerzos de accionamiento pero penalizando en la velocidad de apertura del portón. Es importante destacar que si acercamos demasiado este parámetro a la fijación a carrocería en el eje de coordenadas Z, inclinando el resorte, llega un punto donde existe un cambio en el comportamiento y los esfuerzos de cierre comienzan a aumentar. Esto puede comprobarse en la Tabla 18. La distancia concreta donde aparece este cambio de comportamiento será diferente para cada portón, dependiendo de sus características. Por el contrario, si desplazamos la fijación a portón en sentido negativo de las Z, los esfuerzos de accionamiento del portón crecen considerablemente, provocando que cueste más abrir y cerrar el portón.

Tabla 18. Resultados modificación fijación a portón en eje de coordenadas Z

	-100mm	-80mm	-60mm	-40mm	-20mm	Inicial	+24mm	+48mm	+72mm	+96mm	+120mm
Posición [mm]	621,99	641,99	661,99	681,99	701,99	721,99	745,99	769,99	793,99	817,99	841,99
Carrera [mm]	181,79	184,24	186,64	188,96	191,19	193,51	195,58	197,57	199,18	200,35	201,00
Relación X	1,13	1,15	1,17	1,19	1,21	1,22	1,24	1,26	1,27	1,28	1,29
Esfuerzo de apertura [N]	71,90	65,40	58,50	51,10	43,20	35,00	27,30	20,50	14,10	7,70	2,00
Esfuerzo de cierre [N]	74,90	72,70	70,40	67,80	64,90	61,90	57,90	53,50	50,80	53,00	56,70
Variación respecto anterior Esf. Apertura [N]	-6,50	-6,90	-7,40	-7,90	-8,20	-	7,70	6,80	6,40	6,40	5,70
Variación respecto anterior Esf. Cierre [N]	-2,20	-2,30	-2,60	-2,90	-3,00	-	4,00	4,40	2,70	-2,20	-3,70
Variación total Esf. Apertura[N]	-36,90	-30,40	-23,50	-16,10	-8,20	-	7,70	14,50	20,90	27,30	33,00
Variación total Esf. Cierre [N]	-13,00	-10,80	-8,50	-5,90	-3,00	-	4,00	8,40	11,10	8,90	5,20

Nota. Resultados de esfuerzos de accionamiento obtenidos a temperatura ambiente (20°C)

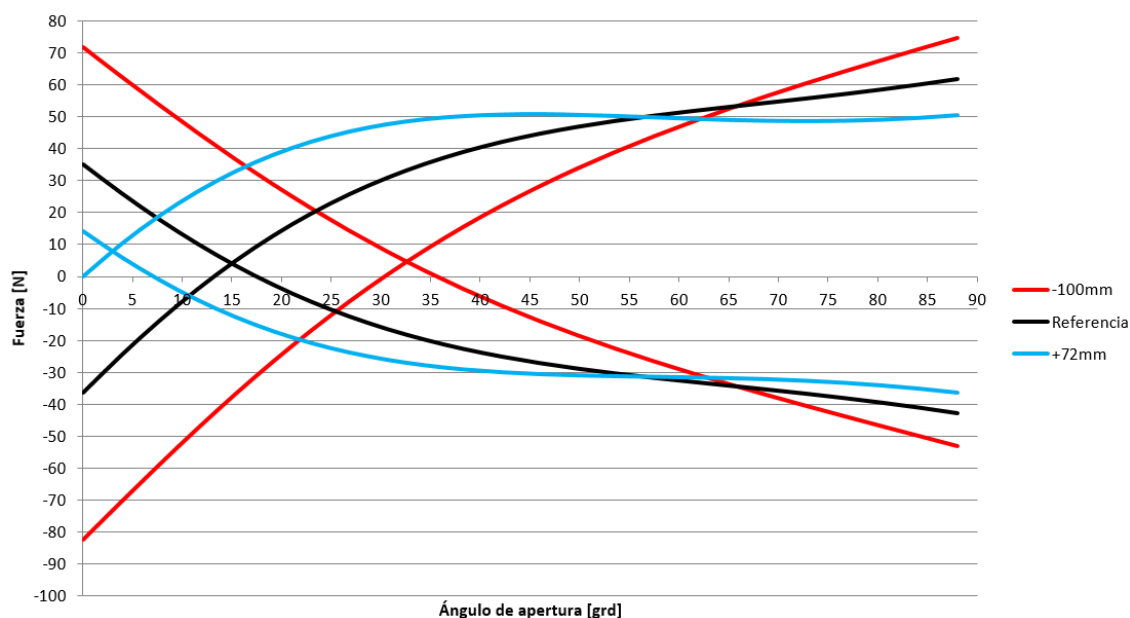


Gráfico 15. Comparativa gráfica de esfuerzos modificación fijación a portón en eje de coordenadas Z

- Eje de coordenadas Y

Las conclusiones al modificar el punto de fijación a portón en este eje de coordenadas son las mismas que en el apartado de fijación a carrocería. El alinear las fijaciones de los resortes posicionando el muelle paralelo al plano XZ, mejoramos el comportamiento de apertura del portón, ya que toda la fuerza efectiva del resorte ayuda a la apertura del mismo. En cambio, cuanto más inclinado se encuentre en este eje de coordenadas, perjudicamos el comportamiento de apertura del portón. Cabe destacar que su influencia en los esfuerzos de accionamiento del portón es poco relevante.

Finalmente, podemos llegar a la conclusión de que la fijación a portón del muelle de gas tiene bastante influencia en el comportamiento del portón, lo cual, hace que sea un parámetro muy a tener en cuenta. Al alejar la fijación a portón de la fijación a carrocería en el sentido positivo del eje de coordenadas X y, desplazarla en el sentido positivo de las Z, se consigue mejorar el comportamiento del portón en cuanto a los esfuerzos de accionamiento, pero se penaliza la velocidad de apertura del mismo, teniendo que encontrar un compromiso de posición con el fin de equilibrar ambos aspectos. En el caso del eje de coordenadas Z, se ha comprobado que inclinar excesivamente el muelle de gas puede penalizar la maniobra de cierre del portón. Por último, la influencia de la fijación a portón en el eje de coordenadas Y es el mismo que el demostrado en la fijación a carrocería, teniendo una influencia muy poco relevante en el comportamiento del portón.

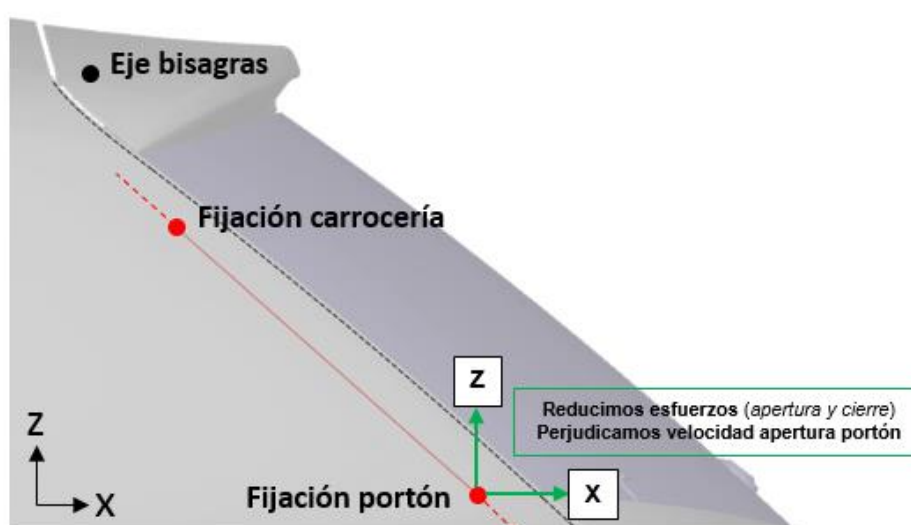


Ilustración 54. Conclusiones parámetro fijación a portón muelle de gas. Fuente: elaboración propia

5.2. Parámetros externos muelles a gas portón

Este apartado del estudio se centra en un parámetro ajeno a los muelles de gas, pero que influye en su funcionamiento y es muy importante su consideración. Hablamos de la temperatura. En el desarrollo de un vehículo, debe tenerse en cuenta que durante su vida útil va a estar sometido a cambios de temperatura, y en el peor de los casos, puede verse involucrado en situaciones de temperaturas extremas tanto de frío como de calor. Aún en estas circunstancias, debe garantizarse un correcto funcionamiento del portón sin comprometer la seguridad del usuario. Por este motivo, se estudiará la influencia de la temperatura en el funcionamiento del resorte a gas, y en el comportamiento del portón.

5.2.1. Temperatura

La temperatura es un factor muy importante a tener en cuenta, ya que puede afectar drásticamente al funcionamiento de un resorte a gas. Para estudiar la influencia de este parámetro, se han sometido cuatro muestras de resortes pertenecientes a dos vehículos diferentes (dos resortes por vehículo) a diferentes temperaturas. Para la diferenciación de cada vehículo se llamarán modelo A y modelo B. Estas muestras, se han introducido a diferentes temperaturas en una cámara climática, y una vez alcanzada la temperatura deseada para la realización del ensayo, se han instalado en su vehículo correspondiente. Una vez instalados, antes de realizar las mediciones, se ha procedido a abrir y cerrar el portón dos veces para que el resorte a gas estuviera lubricado correctamente. Los parámetros medidos para cada temperatura han sido los siguientes:

1. Carga F_1 del resorte a gas
2. Ángulos de apertura y cierre del portón
3. Esfuerzos de apertura y cierre del portón

Los valores de temperatura contemplados van desde los -30°C hasta los $+80^{\circ}\text{C}$. Se ha decidido ensayar los resortes a esta temperatura debido a que para los muelles de gas estándar, corresponde al intervalo de temperatura de trabajo para el cual están diseñados. Además, se han tomado medidas a temperaturas de -10°C , $+20^{\circ}\text{C}$ y $+60^{\circ}\text{C}$.

Los resultados obtenidos para los resortes a gas de los modelos A y B se muestran en la Tabla 19 y Tabla 20 respectivamente.

Tabla 19. Resultados influencia de temperatura en resortes modelo A

Temperatura [$^{\circ}\text{C}$]	F1 Nominal [N]	F1 medida [N]	Áng. Apertura [$^{\circ}$]	Áng. Cierre [$^{\circ}$]	Esf. Apertura [N]	Esf. Cierre [N]
-30,00	285,00	217,00	–	34,00	47,00	23,00
-10,00	285,00	251,00	32,00	16,00	37,00	37,00
+20,00	285,00	285,00	17,00	10,00	29,00	51,00
+60,00	285,00	330,00	9,50	5,00	20,00	70,00
+80,00	285,00	371,00	3,00	4,00	14,00	85,00

Nota. La referencia para los ángulos de apertura y cierre del portón es a portón cerrado (0°)

Tabla 20. Resultados influencia de temperatura en resortes modelo B

Temperatura [$^{\circ}\text{C}$]	F1 Nominal [N]	F1 medida [N]	Áng. Apertura [$^{\circ}$]	Áng. Cierre [$^{\circ}$]	Esf. Apertura [N]	Esf. Cierre [N]
-30,00	465,00	355,00	84,00	53,00	68,00	23,00
-10,00	465,00	406,00	44,00	20,00	55,00	42,00
+20,00	465,00	465,00	18,50	12,50	45,00	62,00
+60,00	465,00	543,00	10,00	6,50	29,00	90,00
+80,00	465,00	602,00	6,00	3,00	18,00	105,00

Nota. La referencia para los ángulos de apertura y cierre del portón es a portón cerrado (0°)

Si tomamos como referencia los valores a temperatura ambiente (20°C), observamos que en los resortes de ambos modelos, a medida que la temperatura desciende, la carga F_1 del resorte a gas se reduce. En cambio, cuando la temperatura se incrementa, la carga aumenta. Esta variación en la carga del resorte es provocada por el gas contenido en su interior. El nitrógeno, al estar contenido en un recipiente de volumen constante, cuando es sometido a cambios de temperatura, éste se expande o contrae, modificando así la presión ejercida en su interior. Cuando el resorte es enfriado, el gas se contrae provocando una disminución de la presión ejercida sobre el émbolo y, por consiguiente, reduciendo la fuerza de extensión del resorte a gas. Por el contrario, cuando el resorte es calentado, el gas se expande, aumentando la presión ejercida sobre el émbolo, provocando un aumento de la fuerza de extensión del resorte.

En el Gráfico 16, se muestra el porcentaje de variación de la carga F_1 de los resortes a gas en función de la temperatura para los modelos A y B estudiados. Observamos que las curvas de variación tienen un comportamiento lineal y son prácticamente iguales para ambos modelos. Si nos centramos en los valores límite de temperatura de trabajo de los resortes a gas, cuando éstos alcanzan temperaturas altas (80°C) la carga del propio resorte se incrementa alrededor de un 28%. En cambio, en condiciones de baja temperatura (-30°C) la carga del resorte se reduce en un 23%. Estas variaciones de carga son considerables, y hay que tenerlas muy en cuenta a la hora de dimensionar los muelles de gas para su colocación en portón.

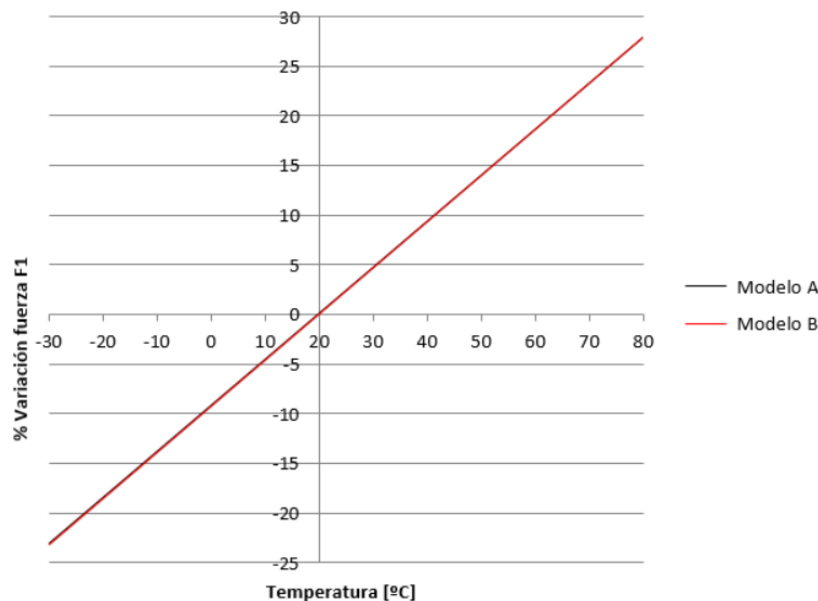


Gráfico 16. Porcentaje variación carga F_1 de los resortes en función de la temperatura para los modelos A y B

Lo anteriormente comentado repercute directamente en el portón. Dependiendo de la temperatura a la que estén sometidos los resortes a gas, las maniobra de apertura y cierre del portón se verán afectadas. A continuación, se detallará cómo repercute esto en el funcionamiento del portón.

- Condiciones de baja temperatura

Como ya se ha demostrado anteriormente, en condiciones de baja temperatura, los muelles de gas tienden a reducir su carga alrededor de un 23%, afectando negativamente a la maniobra de apertura del portón. Esto se ve traducido en aumentos tanto en los ángulos como en los esfuerzos de apertura. Si observamos la Tabla 19 y Tabla 20 de los resortes correspondientes a los modelos A y B respectivamente, vemos que los ángulos de apertura crecen sustancialmente. En condiciones de frío extremo (-30°C), el portón del modelo B abre prácticamente en la posición de máxima apertura, y en el caso del modelo A, el portón no abre solo en ningún momento, teniéndolo que acompañar manualmente en todo su recorrido, debido a que el portón se queda en posición estática. Respecto a los esfuerzos de apertura, éstos también aumentan considerablemente a medida que la temperatura se reduce, llegando a niveles considerados poco confortables.

En cambio, esta reducción de la carga del resorte, favorece en cierta medida, la maniobra de cierre del portón. Si observamos de nuevo las tablas, los ángulos de cierre aumentan, traduciéndose en un mejor cierre, con unos esfuerzos muy inferiores a los medidos a temperatura ambiente. Es cierto que la reducción de los esfuerzos favorece la maniobra de cierre del portón, pero hay que tener en cuenta que dicha reducción es bastante elevada, y puede suponer un problema en términos de seguridad. Es importante, garantizar que en condiciones de frío extremo, el portón se mantenga en su posición de máxima apertura, evitando así, una posible caída sobre la cabeza del usuario poniendo en riesgo su seguridad.

- Condiciones de alta temperatura

En condiciones de alta temperatura, se ha demostrado que los muelles de gas tienden a aumentar su carga. Como ya se comentó anteriormente, para los muelles de gas estudiados, este aumento corresponde alrededor de un 28%. Este incremento afecta favorablemente a la maniobra de apertura del portón pero, por el contrario, la maniobra de cierre se ve penalizada. En la Tabla 19 y Tabla 20 puede observarse que, en condiciones de alta temperatura, los ángulos de apertura del portón se reducen considerablemente, lo cual, se traduce en una apertura desde posiciones muy bajas. A su vez, los esfuerzos de apertura, también se reducen a valores muy confortables. En estas condiciones, el portón abre muy rápido y bruscamente, por este motivo hay que tener cuidado para que el usuario no sea golpeado en el momento de la apertura.

Por el contrario, al aumentar la carga del resorte debido a las altas temperaturas, se hace más difícil cerrar el portón. Los ángulos de cierre del portón para ambos modelos disminuyen respecto los valores de referencia, significando que el portón cierra solo, justo al final de su recorrido, teniéndolo que acompañar para su cierre. Respecto a los esfuerzos de cierre, estos crecen drásticamente hasta valores considerados muy molestos para el usuario.

Finalmente, una vez estudiada la influencia de la temperatura en los resortes a gas del portón, se puede llegar a la conclusión de que la temperatura es un parámetro muy a tener en cuenta en su desarrollo, modificando en grandes rasgos el comportamiento del portón. Además, se ha observado que el portón en condiciones de baja temperatura puede poner en riesgo la seguridad del usuario, por este motivo, es considerado crítico. En estas condiciones, la apertura del portón es costosa, abriéndose prácticamente al final de su recorrido, y existe el riesgo de no sostenerse en la posición de máxima apertura, pudiendo caer sobre la cabeza del usuario. Por esto, se debe garantizar un mínimo momento de retención para mantener el portón en su posición de manera segura, evitando así, un cierre no deseado.

5.3. Parámetros propios muelles a gas portón

En este apartado del estudio se agrupan los parámetros que definen las características de un resorte a gas. Se tratarán parámetros que afectan tanto a las dimensiones constructivas como al funcionamiento del muelle de gas. El objetivo es estudiar cada uno de dichos parámetros para entender qué implicaciones tienen sobre el funcionamiento del resorte, y ver su influencia en el comportamiento del portón. Los parámetros a estudiar son los siguientes:

- Relación X
- Fuerza F1
- Fuerza F4
- Ranura interna o acanalado
- Diámetro resorte

5.3.1. Relación X

La relación X de un muelle de gas, o también llamada progresividad del muelle de gas, es una medida del aumento de la fuerza del resorte a lo largo de su recorrido o carrera, en el sentido de extensión. Puede definirse como el cociente entre la fuerza generada por el resorte con el vástago insertado (F_2) y la fuerza generada por el mismo con el vástago extendido (F_1) en la fase de extensión del muelle de gas (véase Ilustración 22).

$$x = \frac{F_2}{F_1} \quad (60)$$

Además de la progresión de las fuerzas generadas por el muelle, la relación X puede definirse mediante la relación entre el volumen de la cámara interna del tubo de presión con el vástago extendido (V_1) y el volumen de la misma cámara, restándole el volumen ocupado por el vástago insertado ($V_1 - V_2$) (véase Ilustración 21).

$$x = \frac{V_1}{V_1 - V_2} \quad (61)$$

La relación X se encuentra relacionada en cierta medida con la pendiente de la curva característica del muelle de gas. Cuanto menor sea la relación X del resorte, la progresión de fuerza generada por el mismo entre el estado comprimido y el extendido también será menor. Esto se traduce en una curva característica más plana. Por el contrario, cuanto mayor sea esta relación, la progresividad será mayor, provocando un aumento elevado de la fuerza generada por el resorte a medida que este se comprime. En la Ilustración 55 puede verse el comportamiento descrito.

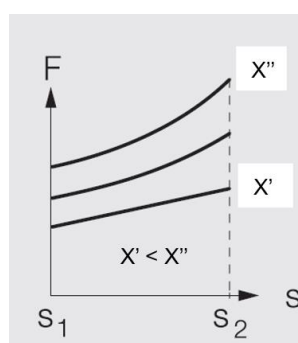


Ilustración 55. Curva característica resorte en función de la relación X. Fuente: Stabilus

Para comprobar que influencia tiene la relación X del muelle de gas en el comportamiento del portón, se va a coger el portón de referencia empleado para el estudio según Tabla 2 y Tabla 3, y se va a ir modificando la magnitud del parámetro X. Con esto, se calcularán los esfuerzos de accionamiento y se obtendrán las gráficas del comportamiento del portón. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21. Resultados al modificar la relación X del muelle de gas

				Inicial			
Relación X	1,16	1,18	1,20	1,22	1,24	1,26	1,28
Esfuerzo de apertura [N]	39,30	37,80	36,40	35,00	33,60	32,20	30,80
Esfuerzo de cierre [N]	62,20	62,10	62,00	61,90	61,80	61,70	61,60
Variación respecto anterior Esf. Apertura [N]	-1,50	-1,40	-1,40	-	1,40	1,40	1,40
Variación respecto anterior Esf. Cierre [N]	-0,10	-0,10	-0,10	-	0,10	0,10	0,10
Variación total Esf. Apertura[N]	-4,30	-2,80	-1,40	-	1,40	2,80	4,20
Variación total Esf. Cierre [N]	-0,30	-0,20	-0,10	-	0,10	0,20	0,30

Nota. Resultados de esfuerzos de accionamiento obtenidos a temperatura ambiente (20°C)

Se observa que a medida que aumentamos la relación X, la maniobra de apertura queda favorecida. En el Gráfico 17 (curvas azules), vemos como la curva de apertura se suaviza, desplazándose hacia la izquierda del gráfico, implicando una reducción tanto de los esfuerzos como de los ángulos de apertura. Por otro lado, se observa un cierre más tardío del portón, con unos esfuerzos levemente inferiores.

Por el contrario, si se reduce la relación X del muelle de gas (curvas rojas), lo que sucede es que se perjudica a la maniobra de apertura, aumentando tanto los esfuerzos como los ángulos. Por otro lado, implica una mejora en el ángulo de cierre, provocando que cierre antes el portón. Cabe destacar que la modificación de la relación X afecta relativamente poco a los esfuerzos de cierre del portón, solo tiene relevancia en los ángulos.

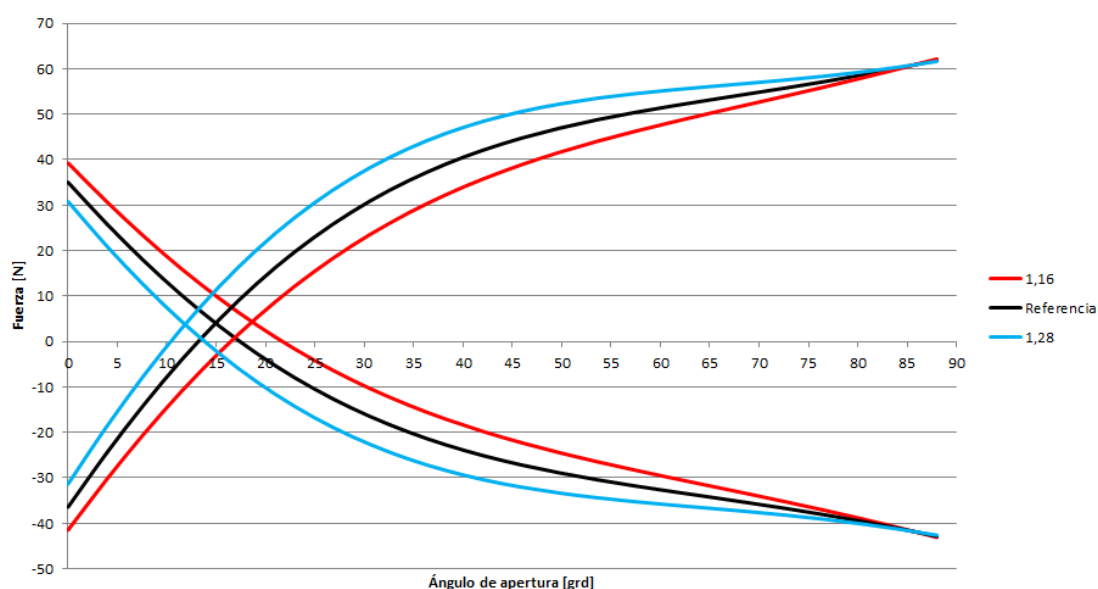


Gráfico 17. Comparativa gráfica de esfuerzos modificando la relación X del muelle de gas

Cuanto mayor sea la relación X, mayor será la fuerza de descolgamiento del portón. Como se ha comentado anteriormente, una relación X elevada implicará mayores fuerzas ejercidas por el resorte en estado comprimido, es decir, a portón cerrado. Esta fuerza se transmitirá al portón mediante la fijación existente en el mismo para la fijación del resorte. Por este motivo, a mayor X mejor trabajado deberá estar el portón en cuanto a rigidez para poder soportar dichas cargas.

Según los requerimientos o necesidades del muelle de gas, es importante conocer que parámetros influyen en la relación X con el fin de obtener la relación adecuada según la aplicación requerida. Por esto, es importante destacar que al modificar la carga del resorte o fuerza F_1 sin variar la geometría del mismo, no afectamos a la relación X. Como se comentó anteriormente, además de la relación entre las fuerzas ejercidas por el muelle, la relación X tiene una correlación con el volumen del gas dentro del tubo de presión. Por lo tanto, cualquier parámetro que modifique el volumen de gas

influye directamente en la relación X. Por ello, la progresividad de un muelle de gas se puede modificar cambiando la combinación de diámetros entre cuerpo y vástago, sus longitudes, la carrera del resorte y la cantidad de aceite dentro del cilindro.

5.3.2. Fuerza F1

La fuerza F_1 o también conocida como carga del resorte, es la fuerza que ejerce el muelle de gas cuando se encuentra extendido. Si observamos la Ilustración 22 del documento, vemos que corresponde con la menor fuerza ejercida por el resorte, siendo ésta, la que permite mantener abierto el portón. La carga se puede ajustar mediante la presión de llenado del gas, y junto con las dimensiones, es el parámetro más importante a describir para la elección del resorte según la aplicación requerida. Para conocer que influencia tiene este parámetro en el comportamiento del portón, se va a proceder a variar la carga del resorte del vehículo tomado como referencia según Tabla 3. Una vez realizado, se calcularán los esfuerzos de accionamiento y se obtendrán las gráficas de esfuerzos para su correspondiente valoración.

Los resultados obtenidos a temperatura ambiente se muestran en la Tabla 22. Se observa que a medida que se reduce la carga del resorte, la maniobra de apertura se ve perjudicada. Esto es debido a que al reducir la carga, la fuerza que ejerce el muelle de gas en todo su recorrido es menor, por lo que la asistencia de apertura del portón se ve penalizada. Como consecuencia de esto, las fuerzas y ángulos de apertura crecen. Esto se ve ilustrado en el Gráfico 18. Si nos fijamos en las curvas rojas, vemos que la curva de apertura se desplaza hacia la derecha de la gráfica. Referente a la maniobra de cierre, ésta se ve beneficiada, ya que los esfuerzos necesarios para el cierre del portón se reducen, y el portón cierra antes.

Tabla 22. Resultados parámetro fuerza F1 a temperatura ambiente (20°C)

	-50N	-40N	-30N	-20N	-10N	Inicial	+10N	+20N	+30N	+40N	+50N
Fuerza [N]	400,00	410,00	420,00	430,00	440,00	450,00	460,00	470,00	480,00	490,00	500,00
Esfuerzo de apertura [N]	44,40	42,50	40,60	38,80	36,90	35,00	33,20	31,30	29,40	27,50	25,70
Esfuerzo de cierre [N]	44,30	47,80	51,30	54,80	58,40	61,90	65,40	69,00	72,50	76,00	79,50
Variación respecto anterior Esf. Apertura [N]	-1,90	-1,90	-1,80	-1,90	-1,90	-	1,80	1,90	1,90	1,90	1,80
Variación respecto anterior Esf. Cierre [N]	3,50	3,50	3,50	3,60	3,50	-	-3,50	-3,60	-3,50	-3,50	-3,50
Variación total Esf. Apertura[N]	-9,40	-7,50	-5,60	-3,80	-1,90	-	1,80	3,70	5,60	7,50	9,30
Variación total Esf. Cierre [N]	17,60	14,10	10,60	7,10	3,50	-	-3,50	-7,10	-10,60	-14,10	-17,60

Por otro lado, si se aumenta la carga del resorte ocurre lo contrario a lo anteriormente comentado. En este caso, estamos facilitando la asistencia de apertura del portón debido al aumento de la fuerza

generada por los resortes. Si observamos las curvas azules del gráfico, nos damos cuenta que la curva de apertura se desplaza hacia la izquierda de la gráfica, traduciéndose en una reducción tanto de los esfuerzos como de los ángulos de apertura. Por contra, la maniobra de cierre queda perjudicada, siendo más costoso su cierre.

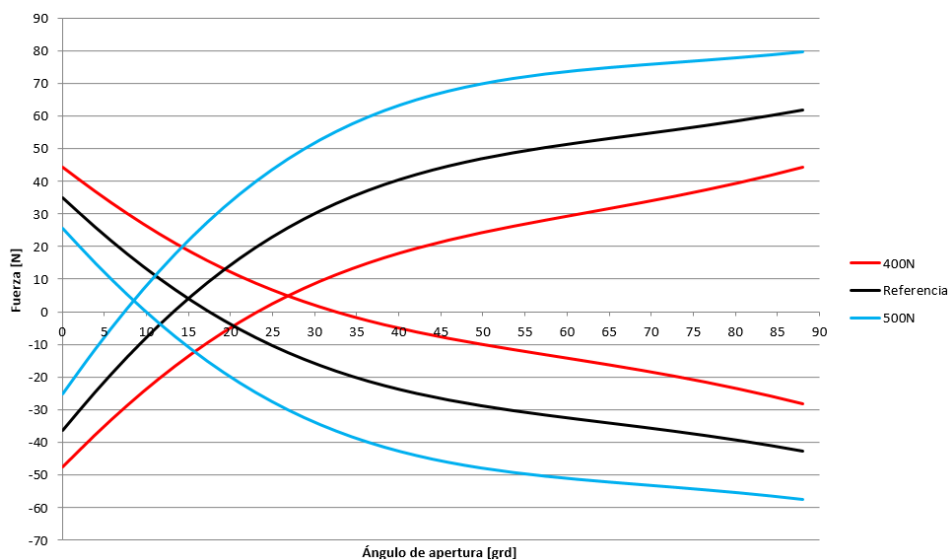


Gráfico 18. Comparativa gráfica de esfuerzos parámetro fuerza F1 a temperatura ambiente

Como ya se demostró anteriormente, la temperatura afecta a la carga del resorte. En condiciones de baja temperatura, la carga del resorte tiende a reducirse. En cambio, en condiciones de alta temperatura tiende a aumentar. Por este motivo, la temperatura es un parámetro muy a tener en cuenta ya que puede alterar el funcionamiento de los muelles a gas, y por consiguiente, del portón. Para comprobar cómo afecta esta disminución o aumento de carga del resorte al funcionamiento del portón, se determinarán los gráficos de esfuerzos de accionamiento a las temperaturas de -30°C y 80°C. Los resultados para ambas condiciones se muestran en la Tabla 23 y Tabla 24 respectivamente.

Tabla 23. Resultados parámetro fuerza F1 a baja temperatura (-30°C)

	-50N	-40N	-30N	-20N	-10N	Inicial	+10N	+20N	+30N	+40N	+50N
Fuerza [N]	400,00	410,00	420,00	430,00	440,00	450,00	460,00	470,00	480,00	490,00	500,00
Esfuerzo de apertura [N]	60,60	59,10	57,50	56,00	54,40	52,90	51,30	49,80	48,20	46,70	45,10
Esfuerzo de cierre [N]	13,40	16,30	19,30	22,20	25,10	28,10	31,00	33,90	36,80	39,80	42,70
Variación respecto anterior Esf. Apertura [N]	-1,50	-1,60	-1,50	-1,60	-1,50	-	1,60	1,50	1,60	1,50	1,60
Variación respecto anterior Esf. Cierre [N]	2,90	3,00	2,90	2,90	3,00	-	-2,90	-2,90	-2,90	-3,00	-2,90
Variación total Esf. Apertura[N]	-7,70	-6,20	-4,60	-3,10	-1,50	-	1,60	3,10	4,70	6,20	7,80
Variación total Esf. Cierre [N]	14,70	11,80	8,80	5,90	3,00	-	-2,90	-5,80	-8,70	-11,70	-14,60

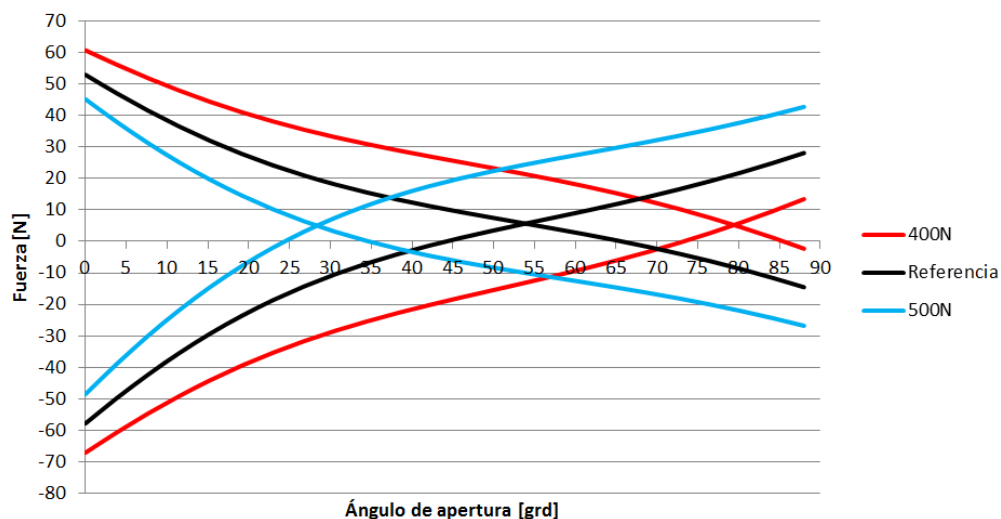


Gráfico 19. Comparativa gráfica de esfuerzos parámetro fuerza F1 a baja temperatura

En condiciones de baja temperatura se observa que la gráfica de esfuerzos de accionamiento difiere bastante de la gráfica a temperatura ambiente. En estas condiciones, a medida que se reduce la carga del resorte la apertura del portón se ve muy perjudicada. Los ángulos de apertura se desplazan hacia la derecha, tomando valores muy elevados. Esto genera que se tenga que acompañar el portón prácticamente hasta su posición final, para su apertura. Además, los esfuerzos de cierre se reducen demasiado. Puede darse el caso de que los muelles de gas no ejerzan la suficiente fuerza para mantener el portón abierto, y este caiga sobre el usuario, poniendo en peligro su seguridad. Por este motivo, es considerada una situación crítica.

Finalmente, en el caso de tener problemas de apertura en frío una de las soluciones es aumentar la carga del resorte. Con esto garantizamos que el portón abra, evitando quedarse en posición estática, y además garantizamos que el portón quede abierto sin riesgo a la caída, a pesar de perjudicar al cierre.

Tabla 24. Resultados parámetro fuerza F1 a alta temperatura (80°C)

	-50N	-40N	-30N	-20N	-10N	Inicial	+10N	+20N	+30N	+40N	+50N
Fuerza [N]	400,00	410,00	420,00	430,00	440,00	450,00	460,00	470,00	480,00	490,00	500,00
Esfuerzo de apertura [N]	24,10	21,80	19,60	17,30	15,10	12,80	10,50	8,30	6,00	3,80	1,50
Esfuerzo de cierre [N]	82,80	87,00	91,30	95,50	99,80	104,70	109,80	115,00	120,20	125,50	130,80
Variación respecto anterior Esf. Apertura [N]	-2,30	-2,20	-2,30	-2,20	-2,30	-	2,30	2,20	2,30	2,20	2,30
Variación respecto anterior Esf. Cierre [N]	4,20	4,30	4,20	4,30	4,90	-	-5,10	-5,20	-5,20	-5,30	-5,30
Variación total Esf. Apertura[N]	-11,30	-9,00	-6,80	-4,50	-2,30	-	2,30	4,50	6,80	9,00	11,30
Variación total Esf. Cierre [N]	21,90	17,70	13,40	9,20	4,90	-	-5,10	-10,30	-15,50	-20,80	-26,10

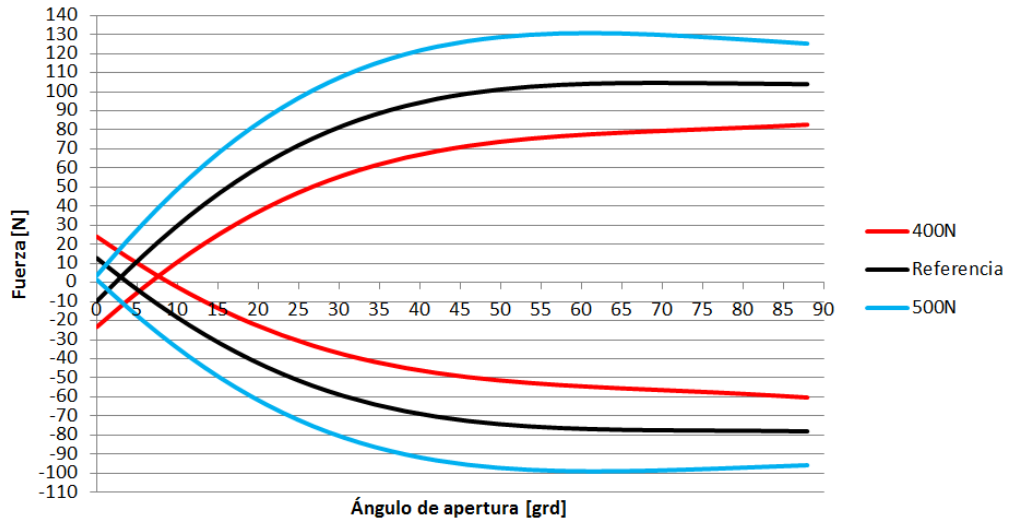


Gráfico 20. Comparativa gráfica de esfuerzos parámetro fuerza F1 a alta temperatura

En condiciones de alta temperatura la carga del resorte tiende a aumentar. Esto favorece la apertura del portón, reduciendo las fuerzas y ángulos de apertura considerablemente. Incluso en ciertas ocasiones, hay que tener cuidado a la hora de abrir el portón ya que éste abre rápida y bruscamente. Pero por contra, el cierre de portón queda muy perjudicado. Esto se traduce en esfuerzos de cierre muy altos considerados molestos para el usuario y, además, se necesita acompañar el portón prácticamente hasta el final del recorrido para poder cerrarlo.

En el caso de que un portón presente esfuerzos de cierre demasiado elevados en este tipo de condiciones, una de las soluciones es reducir la carga del resorte. Con esto mejoramos la maniobra de cierre, evitando valores demasiados altos de esfuerzos, a pesar de perjudicar la apertura del portón.

5.3.3. Fuerza F4

La fuerza F_4 es la fuerza máxima ejercida por el muelle de gas, y se da cuando el resorte se encuentra totalmente comprimido, es decir, a portón cerrado. Esta fuerza se puede calcular de forma aproximada mediante la siguiente ecuación:

$$F_4 = (F_1 + \text{tolerancia superior}) * X + F_r \quad (62)$$

Si observamos la Ilustración 22 del documento, la fuerza F_4 corresponde al punto más alto de la curva característica del resorte. Esto quiere decir que en ese punto del recorrido del vástago, el muelle de gas ejerce la mayor fuerza. Para su cálculo, se tiene en cuenta la fuerza F_1 del resorte con su tolerancia superior multiplicada por la relación X. El resultado de esto sería la fuerza F_2 máxima del resorte. Finalmente, obtenemos la fuerza F_4 sumándole la fuerza de rozamiento del muelle de gas.

Su consideración es muy importante ya que valores demasiados altos de dicha fuerza puede acarrear problemas en la estructura del portón. Cuando el portón se encuentra cerrado, los muelles de gas tiran de él mediante las fijaciones de los mismos situados en el propio portón. Cuanto mayor sea la fuerza F_4 del resorte, este tiraje será más elevado, generando mayores concentraciones de tensiones en las zonas de las fijaciones, y pudiendo producir descolgamiento y deformaciones pronunciadas del portón. Por este motivo, a mayor F_4 es necesario aumentar la rigidez del conjunto portón para poder soportar dichas cargas.

Lo ideal es obtener una fuerza F_4 lo menor posible para evitar problemas estructurales en el portón. Si nos centramos en la ecuación anterior, para reducir esta fuerza se puede influir en tres parámetros. Estos parámetros son la carga del resorte, la relación X y la fuerza de rozamiento. Es cierto que en la fuerza de rozamiento no podemos intervenir, ya que depende de las técnicas de fabricación empleadas por el proveedor de muelles a gas. Por lo tanto, solo podemos mediar en los otros dos parámetros. Una posible solución en caso de tener una fuerza F_4 demasiado alta es reducir la carga del resorte. También se puede reducir la relación X del resorte ya sea modificando la relación de diámetros del resorte, longitudes o carreras del mismo.

5.3.4. Ranura interna o acanalado

Los muelles de gas empleados para la asistencia de apertura del portón de un vehículo utilitario utilizan el sistema de amortiguación dinámica. Esta técnica de amortiguación hace posible que la amortiguación del muelle de gas al final de su recorrido sea independiente de la posición de colocación. Para su funcionamiento, se emplean ranuras longitudinales situadas en la pared del tubo de presión del resorte. Por estas ranuras, como la mostrada en la Ilustración 56, pasa el gas de una cámara a otra cuando es accionado, y su tamaño influye en el caudal de gas que circula a través de él.

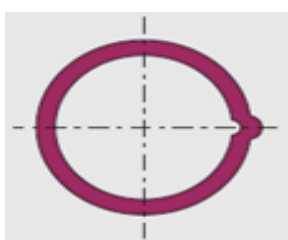


Ilustración 56. Sección tubo de presión de un resorte a gas con acanalado. Fuente: Stabilus

Para estudiar cómo afecta el tamaño de la ranura interna al funcionamiento del resorte a gas, se van a estudiar seis variantes con diferentes profundidades de ranura. La profundidad de acanalado depende del diámetro del resorte y del espesor de la pared del tubo de presión.

Para este análisis se han escogido las siguientes profundidades de acanalado:

- Profundidad de 0,45mm en nominal
- Profundidad de 0,5mm en nominal y tolerancia superior
- Profundidad de 0,55mm en nominal y tolerancias superior e inferior

Para comprobar si la profundidad de la ranura interna influye en la velocidad de extensión del muelle de gas, se han medido las velocidades de extensión sin carga, es decir, sin ser montados en portón. Además, una vez realizado las mediciones correspondientes, se han instalado los resortes en un vehículo de prueba para observar su influencia en el comportamiento del portón. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 25.

Tabla 25. Resultados parámetro ranura interna

nº muestra prototipo	Profundidad ranura [mm]	Velocidad de extensión [mm/s]	Observaciones comportamiento del portón
1	0,45 (Nominal)	260	Apertura lenta
2	0,5 (Nominal)	290	Apertura rápida y progresiva
3	0,5 (Tolerancia superior)	330	Apertura rápida. Rebote en el final del recorrido
4	0,55 (Tolerancia inferior)	275	Apertura rápida
5	0,55 (Nominal)	350	Apertura rápida. Cabeceo al final del recorrido
6	0,55 (Tolerancia superior)	400	Apertura exageradamente rápida y brusca

Nota. Mediciones realizadas a temperatura ambiente 20°C. Tolerancia no especificada por proveedor.

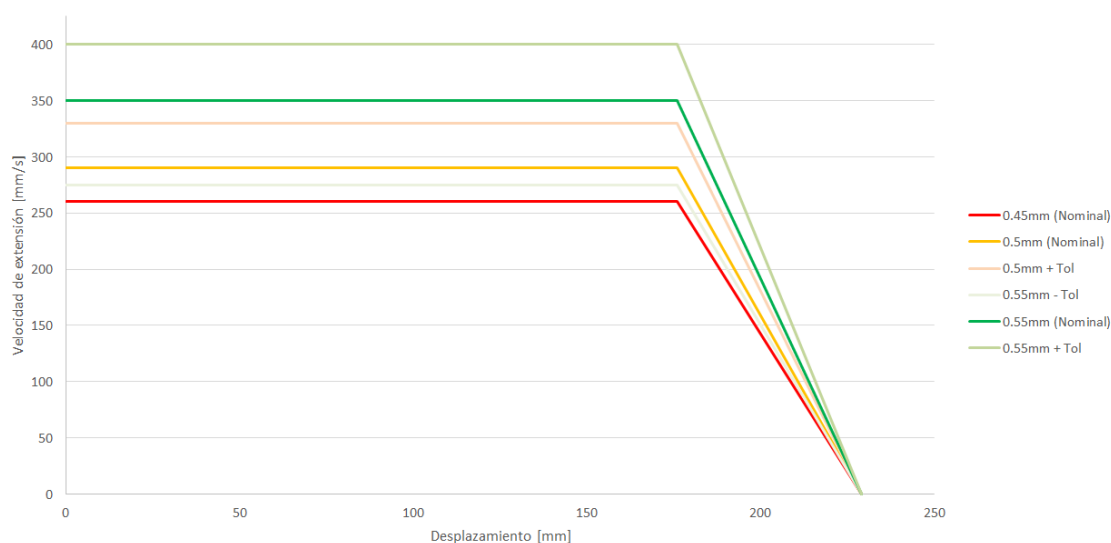


Gráfico 21. Resultados velocidad de extensión según profundidad de ranura

Analizando los resultados, podemos observar que la profundidad de la ranura influye en la velocidad de extensión del muelle de gas. En el Gráfico 21 se muestra una comparativa de las velocidades de extensión obtenidas para cada profundidad de ranura. Cuanto mayor sea la profundidad del acanalado, mayor será la velocidad de extensión. Su influencia es bastante notable, ya que en valores nominales, si aumentamos la profundidad del acanalado 0,1mm, la velocidad de extensión crece en

9cm/s en las muestras analizadas. Esto puede traducirse en problemas de amortiguación en el final del recorrido del muelle de gas. Para comprobar esto, se han instalado los resortes en un vehículo de prueba y se ha observado cómo afecta al comportamiento del portón.

En la Tabla 25 se resumen las observaciones del comportamiento del portón para cada muestra analizada. Se observa que según sean las características del portón, un tamaño demasiado grande de acanalado puede producir problemas en la maniobra de apertura. En las muestras de mayor profundidad, la amortiguación al final del recorrido se ve penalizada, produciéndose rebotes o aperturas muy bruscas.

Cabe destacar que las muestras proporcionadas por el proveedor para este estudio son muestras prototipo. Este tipo de muestras, presentan valores de fuerzas de rozamiento muy bajos, por lo tanto, los resultados de velocidad son los ideales. En cambio, cuando se producen resortes en fase de serie, las fuerzas de rozamiento son muy variadas, provocando unas velocidades de extensión muy dispares para cada resorte. Por este motivo, el proveedor de muelles de gas, según el tamaño de la ranura interna, proporciona unos límites de velocidad de extensión. Para las profundidades de ranura analizadas, estos límites se muestran en el Gráfico 22. Esto quiere decir que la curva de velocidad de extensión del resorte debe encontrarse dentro de dichos límites.

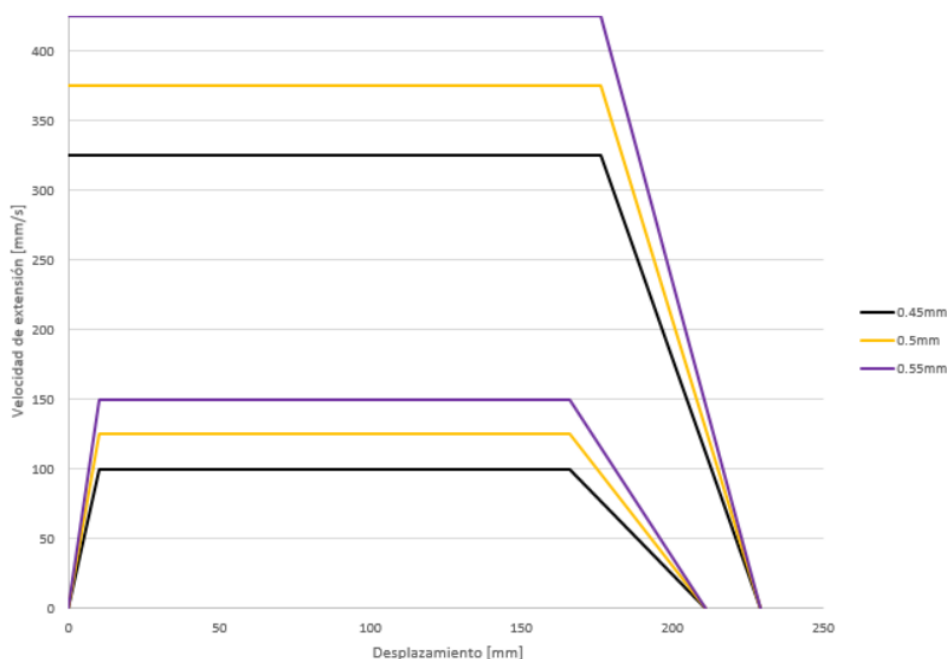


Gráfico 22. Valores límite de velocidad de extensión para los resortes analizados

El aumentar la profundidad de la ranura interna puede ser una solución en los vehículos donde el portón abre demasiado lento. Si es necesaria mayor velocidad de apertura, existe la posibilidad de emplear varios acanalados en el tubo de presión.

5.3.5. Diámetro resorte

Cuando se dimensionan los muelles de gas para su aplicación en portón, uno de los parámetros constructivos a definir es la relación de diámetros entre cuerpo y vástago. Esta relación depende de las características del portón, ya que aspectos como la geometría o el propio peso del portón, influyen directamente en las dimensiones del muelle de gas a emplear. Por otro lado, según sea la relación de diámetros, también tiene su influencia en otros parámetros del resorte que pueden determinar su funcionamiento.



Ilustración 57. Combinación de diámetros cuerpo y vástago. Fuente: www.cromparts.com

Se pueden combinar diferentes diámetros de cuerpo y vástago según la aplicación al cual estén destinados. Una mayor relación de diámetros permite un muelle de gas con mayor carga. En portón, cuanto mayor sea el peso del mismo, se necesitará mayor fuerza de extensión para abrir y mantener el portón abierto. Esto implicará emplear muelles de gas de mayor tamaño. Por otro lado, dependiendo de cuál sea la relación de diámetros entre cuerpo y vástago, también influirá en los siguientes parámetros:

- Ranura interna o acanalado

Como ya se comentó anteriormente, el acanalado es una ranura longitudinal en el tubo de presión del resorte. Su profundidad depende del diámetro y espesor del tubo de presión. Por este motivo, tener un diámetro mayor o menor del cuerpo del resorte, posibilita emplear acanalados más o menos profundos influyendo en la velocidad de apertura del portón y en la amortiguación en la fase final del recorrido.

- Fuerza de rozamiento

Otro punto a destacar es su influencia en el rozamiento. El emplear muelles de gas con mayor diámetro de cuerpo y vástago, implicará aumentar la fuerza de rozamiento del mismo. Esto es debido a que las superficies de contacto entre el cuerpo y el émbolo, y también entre el elemento guía y el vástago serán mayores, provocando un aumento de las fuerzas de fricción entre los elementos internos del muelle de gas.

- Relación X

Uno de los aspectos más importantes es su influencia en la relación X del muelle de gas. Esto es debido a que la relación de diámetros influye directamente en el volumen de la cámara interna del gas en el interior del resorte. En la Ilustración 58, se muestra un resumen de cómo afectan los diámetros de cuerpo y vástago a la relación X. Si se mantiene el diámetro del tubo de presión constante (A_R), y solamente variamos el diámetro del vástago (A_K), vemos que un menor diámetro del mismo implica una menor relación X, y viceversa. En cambio, si mantenemos el diámetro del vástago constante, y solamente variamos el del cuerpo del resorte, con un mayor diámetro del mismo obtenemos una menor relación X. Por el contrario, si reducimos el diámetro del tubo, obtenemos una mayor relación X.

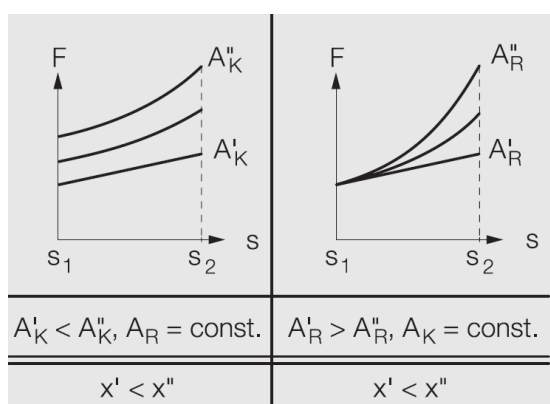


Ilustración 58. Influencia diámetro cuerpo y vástago en relación X. Fuente: Stabilus

La conclusión que obtenemos es que el diámetro del tubo de presión influye en mayor medida en la relación X del muelle de gas. Esto es provocado por la compresión del gas en su interior. Si mantenemos constante el diámetro del vástago y reducimos el diámetro del cuerpo, estamos comprimiendo en mayor medida el gas cuando el vástago es insertado en el tubo de presión, y por consiguiente, la fuerza del muelle en estado comprimido aumenta, implicando un incremento de la relación X. Por el contrario, si se aumenta el diámetro del cuerpo, el gas se comprime menos, reduciendo así la relación X.

Para comprobar que implicaciones tiene en el comportamiento del portón, se va a coger dos muestras de resortes con las mismas características pero con diámetros de cuerpo diferentes. Se va a proceder a instalar en su vehículo de prueba correspondiente, y se va a medir tanto los esfuerzos como los ángulos de apertura y cierre del portón. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 26.

Tabla 26. Influencia diámetro resorte en el comportamiento del portón

Diámetro resorte [mm]	Fuerza apertura [N]	Fuerza de cierre [N]	Ángulo de apertura [°]	Ángulo de cierre [°]	Relación X
18,00	43,90	63,00	22,00	16,00	1,21
22,00	47,40	63,40	26,00	19,00	1,16

Nota. Mediciones realizadas a temperatura ambiente 20°C.

Se observa que al aumentar el diámetro del cuerpo, se reduce la relación X, y la maniobra de apertura queda perjudicada ya que aumentan los esfuerzos y los ángulos de apertura. Esto quiere decir que cuesta más abrir el portón, y abre más tarde. En cambio, se mejora el ángulo de cierre del portón. Cabe destacar que a la hora de realizar el ensayo, se apreció que al abrir el portón con los muelles de gas de mayor diámetro, la velocidad de apertura era menor, siendo una apertura más lenta.

Finalmente, podemos concluir que la decisión de la relación de diámetros del muelle de gas a emplear vendrá dada por la carga del resorte requerida para la aplicación, y la relación X que se ajuste a las necesidades. El determinar una relación de diámetros para obtener una relación X menor implicará beneficiar la maniobra de cierre, pero a su vez, se perjudicará la apertura del portón. En cambio, con una relación X mayor, se favorecerá la apertura, provocando que el portón abra antes y con menos fuerza requerida, pero por el contrario, se empeorará el cierre del portón.

6. Configuración ideal de un portón manual

Anteriormente, se ha realizado el estudio de todos los parámetros involucrados en el diseño de los muelles a gas para su implementación en un portón de vehículo utilitario. Este estudio ha servido para entender cómo influye cada uno de los parámetros tanto a las características de los resortes como al comportamiento del portón. A continuación, el objetivo es determinar la configuración ideal de un portón, con el propósito de conocer la tendencia para la construcción de futuros portones que ofrezcan un comportamiento de apertura y cierre correctos en todo el rango de temperaturas para el cual están diseñados.

Antes de determinar la configuración ideal para la construcción de un portón, hay que conocer cuál es el comportamiento deseado para el mismo. Este comportamiento que consideraremos ideal, será el que se tome como referencia para el desarrollo de futuros proyectos.

6.1. Gráfica ideal de esfuerzos de accionamiento

Para determinar la gráfica ideal de esfuerzos de accionamiento en la cual nos vamos a basar para determinar la configuración ideal del portón, se va a tener en cuenta la opinión de los clientes. El objetivo es basar la construcción de nuestros portones en el deseo de los clientes y en lo que ellos consideran un buen comportamiento del mismo. Con esta finalidad, se reunirán cinco vehículos actualmente comercializados, y se realizará una encuesta. Los clientes darán su opinión sobre las sensaciones obtenidas al realizar las maniobras de apertura y cierre de cada uno de los portones analizados. Posteriormente, mediante los vehículos mejor valorados, se determinará la gráfica ideal de esfuerzos de accionamiento de un portón.

6.1.1. Base de la encuesta

Los clientes valorarán cinco vehículos del mercado, los cuales, forman parte del Grupo Volkswagen. En la Ilustración 59 se muestran los vehículos analizados.

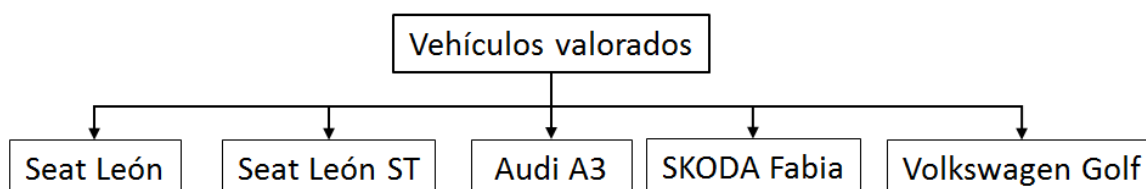


Ilustración 59. Vehículos sujetos a valoración. Fuente: elaboración propia

De cada vehículo se van a valorar cuatro aspectos referentes al comportamiento del portón. Los puntos a analizar son los siguientes:

- Fuerza de apertura del portón
- Fuerza de cierre del portón
- Ángulo de apertura del portón
- Ángulo de cierre del portón

6.1.2. Valoraciones de los clientes

En la encuesta han participado un total de 25 personas. Con el fin de evitar crear algún tipo de competencia entre vehículos, los resultados de las valoraciones de cada modelo serán anónimos. A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos de la encuesta realizada.

6.1.2.1. Resultados valoraciones de cada vehículo

- Modelo A

De la valoración obtenida del portón de este vehículo cabe destacar que ha recibido buenas críticas tanto en la maniobra de apertura como en cierre. Los clientes han destacado un buen comportamiento para ambas maniobras, siendo un comportamiento bastante equilibrado. Los resultados de dicha valoración se muestran en el Gráfico 32 del Anexo A1.

- Modelo B

Se ha valorado positivamente el comportamiento de cierre del portón. Por el contrario, la maniobra de apertura ha recibido mayores críticas, debido a un esfuerzo de apertura bastante elevado. Los resultados de la valoración se muestran en el Gráfico 33 del Anexo A1.

- Modelo C

La maniobra de apertura del portón ha recibido buenas críticas debido a un buen ángulo de apertura del mismo. Por otro lado, el comportamiento de cierre, no ha gustado demasiado a los clientes, obteniendo bastantes críticas por esfuerzos de cierre demasiado altos. Los resultados de dicha valoración se muestran en el Gráfico 34 del Anexo A1.

- Modelo D

De la valoración obtenida del portón de este vehículo cabe destacar que ha sido muy criticada la maniobra de cierre del portón debido a una mala ergonomía de cierre. El vehículo empleaba un

tirador como mecanismo de cierre, el cual, no ha gustado en general a los clientes. Los resultados de la valoración se muestran en el Gráfico 35 del Anexo A1.

- Modelo E

El comportamiento de cierre del portón ha recibido buenas críticas. En cambio, la maniobra de apertura ha sido muy criticada debido a una apertura muy tardía del portón, y la necesidad de aplicar esfuerzos bastante elevados para su apertura. Los resultados de la valoración se muestran en el Gráfico 36 del Anexo A1.

6.1.2.2. Comparativa de resultados

En el Gráfico 23 se muestra una comparativa de todos los vehículos, con el fin de conocer cuál es el mejor valorado en cada aspecto.

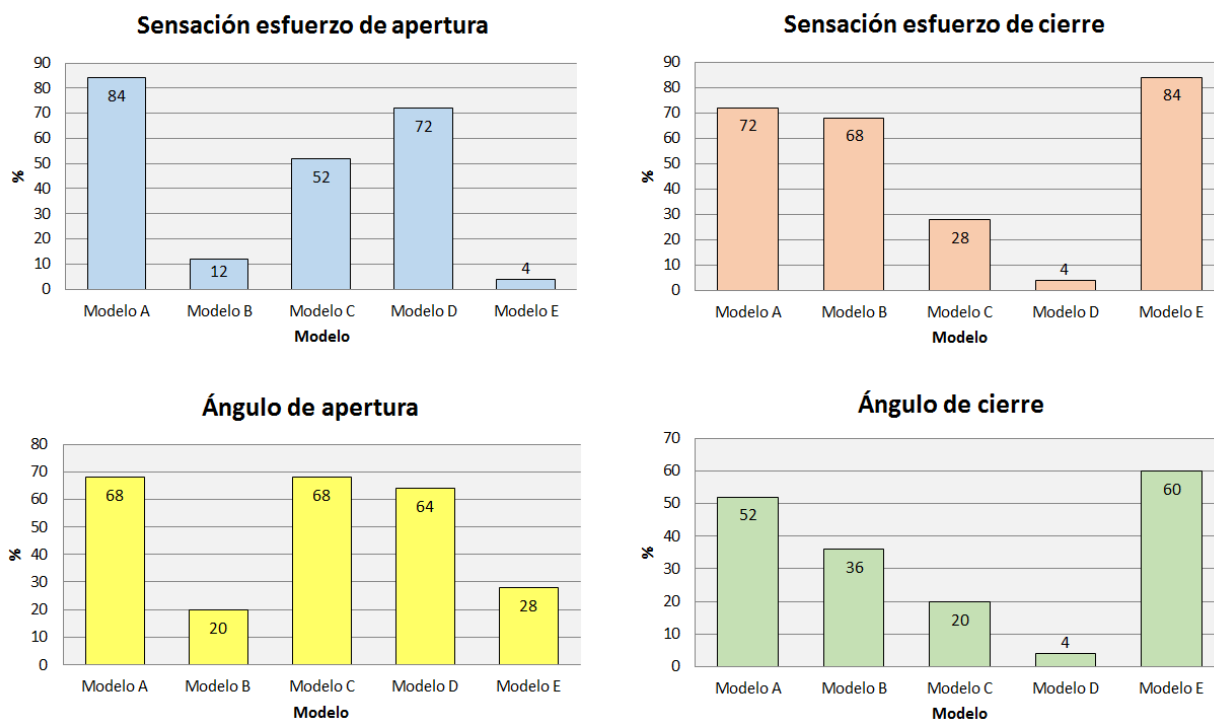


Gráfico 23. Vehículos mejor valorados por los clientes en cada aspecto

Finalmente, de la encuesta realizada, se han obtenido los siguientes resultados:

- Sensación esfuerzo de apertura del portón: mejor valorado Modelo A
- Sensación esfuerzo de cierre del portón: mejor valorado Modelo E
- Ángulo de apertura del portón: mejor valorado Modelo A y Modelo C
- Ángulo de cierre del portón: mejor valorado Modelo E

6.1.3. Obtención de las gráficas de esfuerzos de cada vehículo

A continuación, se procederá a realizar las mediciones de esfuerzos y ángulos de apertura y cierre del portón de cada vehículo, con el fin de poder compararlos entre ellos, y comprobar si se corresponde con los resultados obtenidos de la encuesta realizada. Mediante los resultados de las mediciones y las valoraciones de los clientes, se obtendrá la gráfica ideal de esfuerzos de accionamiento de un portón manual. Las gráficas de esfuerzos de accionamiento de cada vehículo se muestran en el apartado 2 del Anexo A1.

Tabla 27. Mediciones de esfuerzos y ángulos de accionamiento de cada vehículo

Vehículo	Fuerza apertura [N]	Fuerza de cierre [N]	Ángulo de apertura [°]	Ángulo de cierre [°]
Modelo A	46,50	55,80	25,00	14,80
Modelo B	55,20	52,80	18,50	17,30
Modelo C	49,00	60,50	18,10	13,90
Modelo D	48,50	56,50	21,70	15,80
Modelo E	59,20	69,80	26,80	17,60

Nota. Mediciones realizadas a temperatura ambiente 20°C.

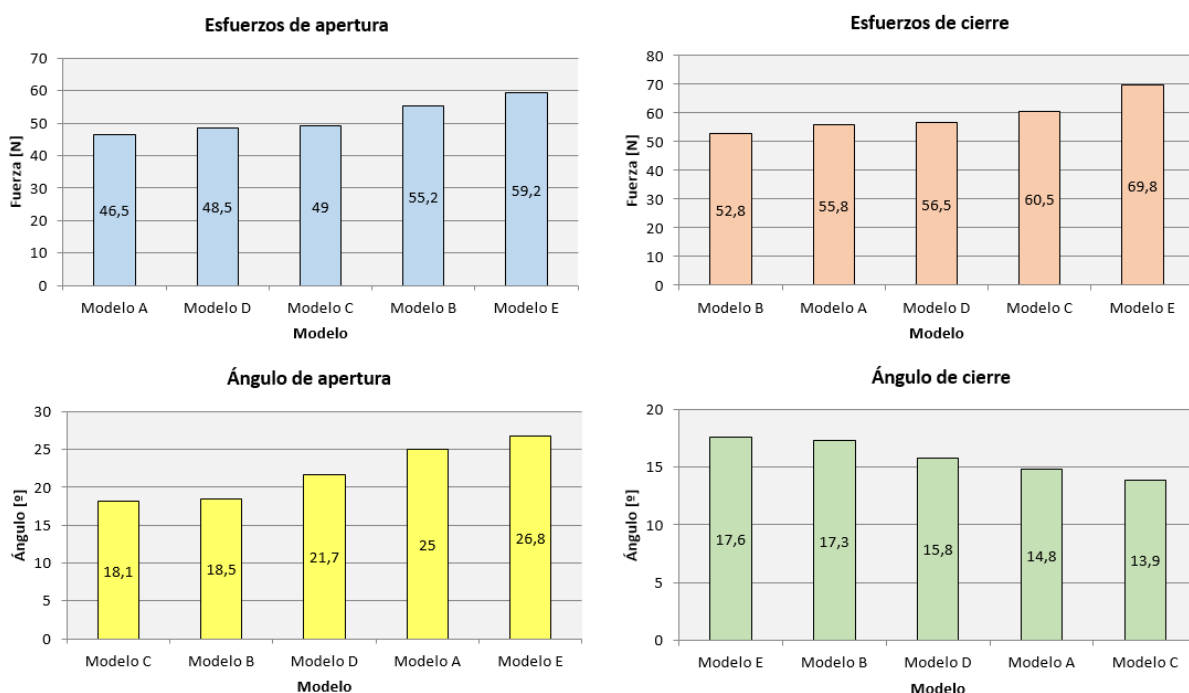


Gráfico 24. Comparativa mediciones obtenidas de cada vehículo

Finalmente, de las mediciones realizadas se han obtenido los siguientes resultados:

- Menor fuerza de apertura del portón: Modelo A
- Menor fuerza de cierre del portón: Modelo B

- Menor ángulo de apertura del portón: Modelo C
- Mayor ángulo de cierre del portón: Modelo E

6.1.4. Gráfica ideal de esfuerzos de accionamiento portón manual

Mediante las valoraciones de los clientes y las mediciones realizadas, se determinará la gráfica ideal de esfuerzos de accionamiento de portón a temperatura ambiente. El comportamiento del portón del Modelo A ha obtenido buenas críticas en general, destacando por un comportamiento bastante equilibrado. Por este motivo, se tomará como base para la determinación del perfil de la gráfica ideal.

- Curva de apertura portón

Para la maniobra de apertura, el mejor valorado, en cuanto a sensación de esfuerzo de apertura es el Modelo A, y en relación al ángulo de apertura, son el Modelo A junto con el Modelo C. Si observamos los resultados de las mediciones realizadas, el vehículo con menor esfuerzo de apertura y ángulo de apertura son el Modelo A y el Modelo C respectivamente. Ambos coinciden con las valoraciones de los clientes, por lo tanto, tomaremos estos datos como base para la gráfica ideal.

- Curva de cierre portón

En la maniobra de cierre, el portón mejor valorado en cuanto a sensación de esfuerzo y ángulo de cierre es el Modelo E en ambos casos. Las mediciones realizadas nos indican que el vehículo con menor esfuerzo de cierre es el Modelo B, y el vehículo con mejor ángulo de cierre el Modelo E. En relación a los esfuerzos de cierre, existe una discrepancia entre los datos obtenidos de las mediciones y lo valorado por los clientes. A pesar de haber obtenido una buena valoración en sensación de esfuerzo de cierre, muchos de los clientes recalcaron un buen cierre del portón pero con un esfuerzo demasiado alto. Por este motivo, se tomará como referencia para el esfuerzo de cierre el segundo mejor valorado, siendo el Modelo A.

Finalmente, para la progresión de la gráfica ideal de esfuerzos nos basaremos en la gráfica del portón del Modelo A, pero con los datos de los portones mejor valorados por parte de los clientes:

- Fuerza de apertura portón: 45-50N
- Fuerza de cierre portón: 50-55N
- Ángulo de apertura portón: 18º
- Ángulo de cierre portón: 18º

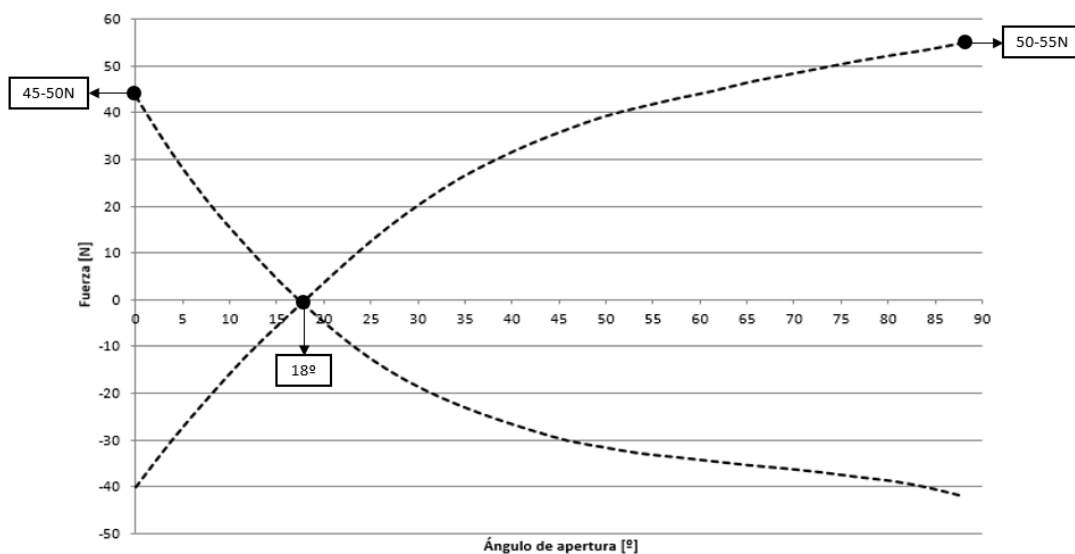


Gráfico 25. Gráfica ideal de esfuerzos de accionamiento portón manual a temperatura ambiente

6.2. Configuración ideal de portón a temperatura ambiente

Una vez conocido el comportamiento que debe adoptar un portón según el criterio de los clientes, el siguiente paso, es determinar el tipo de configuración que mejor se adapta a dichos requerimientos.

Se han establecido tres configuraciones totalmente distintas para comprobar cual se ajusta mejor al comportamiento deseado. La primera propuesta se trata de un portón vertical, la segunda, de un portón inclinado y, por último, una configuración muy inclinada del portón. Cabe destacar que estas configuraciones son teóricas, es decir, se considera que existe libertad total en el diseño del portón sin tener en cuenta limitaciones constructivas del mismo.

La gráfica ideal de esfuerzos de accionamiento se ha obtenido en condiciones de temperatura ambiente, por lo tanto, las configuraciones propuestas se han determinado teniendo en cuenta estas condiciones. Posteriormente, se comprobará cómo se comportan las diferentes configuraciones en condiciones de baja y alta temperatura.

6.2.1. Configuración vertical de portón

Para la obtención de esta configuración se ha empleado el estudio de parámetros anteriormente realizado. Se han ido modificando los diferentes parámetros referentes al portón hasta obtener una configuración verticalizada del mismo que se adapte lo mejor posible a la gráfica ideal de esfuerzos de accionamiento. Las coordenadas de los parámetros, las características del portón y muelles de gas que definen la configuración verticalizada se muestran en la Tabla 30 y Tabla 31 del Anexo A2 respectivamente. El resultado ha sido una configuración con una distancia entre el eje de bisagras y el

punto de apertura del portón de 53,14cm según Tabla 32 del Anexo A2. Esto hace que sea un portón de vehículo utilitario bastante compacto y vertical. La configuración obtenida se asemejaría a un portón como el del vehículo Volkswagen Polo mostrado en la Ilustración 60.



Ilustración 60. Ejemplo de configuración vertical. Fuente: www.carmania.mx

La gráfica de esfuerzos de accionamiento de la configuración verticalizada a temperatura ambiente se muestra en el Gráfico 26. Como puede observarse en el gráfico, la curva de apertura de esta configuración consigue adaptarse bastante bien a la curva ideal, obteniendo unos esfuerzos de apertura de 40,5N con un ángulo de apertura de 18º aproximadamente. Por lo que respecta a la curva de cierre del portón, se ha obtenido un esfuerzo de cierre de 49,3N con un ángulo de cierre cercano a 15º. Cabe destacar que en este caso, no se consigue adaptar del todo a la curva ideal, puesto que es muy complicado, por no decir imposible, conseguir que tanto la curva de apertura como la de cierre sean las óptimas, debido al compromiso entre parámetros. A pesar de esto, se ha conseguido obtener una curva de cierre con un esfuerzo ligeramente inferior al de la gráfica ideal, lo cual es positivo, penalizando ligeramente el ángulo de cierre.

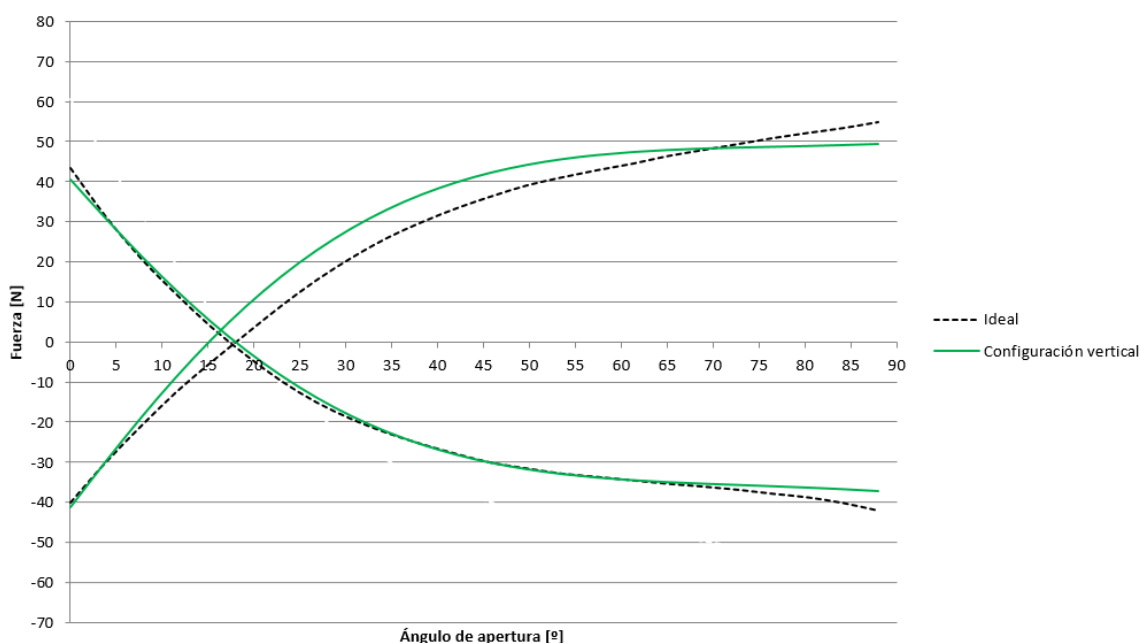


Gráfico 26. Gráfica de esfuerzos configuración vertical junto a gráfica ideal a temperatura ambiente

Finalmente, desde un punto de vista global, se puede llegar a la conclusión de que una configuración verticalizada del portón se puede llegar a ajustar correctamente a la gráfica ideal de esfuerzos de accionamiento en condiciones de temperatura ambiente.

6.2.2. Configuración inclinada de portón

A continuación, se comprobará si una configuración más inclinada del portón se consigue adaptar de igual o mejor manera al comportamiento ideal que la versión verticalizada anterior.

El portón inclinado resultante, presenta una longitud de 72cm entre el eje de bisagras y el punto de apertura del mismo según Tabla 35 del Anexo A2. Este tipo de configuración se asemejaría al portón del vehículo Audi A4 Avant mostrado en la Ilustración 61, siendo un portón más alargado que la versión verticalizada.



Ilustración 61. Ejemplo de configuración inclinada. Fuente: www.enganchesaragon.com

En el Gráfico 27 podemos comprobar como con este tipo de configuración, el funcionamiento de la misma, se aleja ligeramente del comportamiento ideal deseado. La curva de apertura, concretamente en el primer tercio del rango de apertura, se consigue adaptar bastante bien a la gráfica ideal, pero a partir de los 30º aproximadamente, se distancia ligeramente de la curva objetivo. Referente a la maniobra de cierre del portón, la curva se desplaza hacia arriba, alejándose del comportamiento deseado. Esto implica que tanto los esfuerzos como el ángulo de cierre del portón empeoren. Como resultado, la configuración inclinada obtenida presenta un comportamiento de apertura caracterizado por un esfuerzo de 38,9N y un ángulo de apertura de 18º aproximadamente. En cuanto al cierre, el esfuerzo necesario para el cierre del portón es de 62,3N con un ángulo cercano a los 15º.

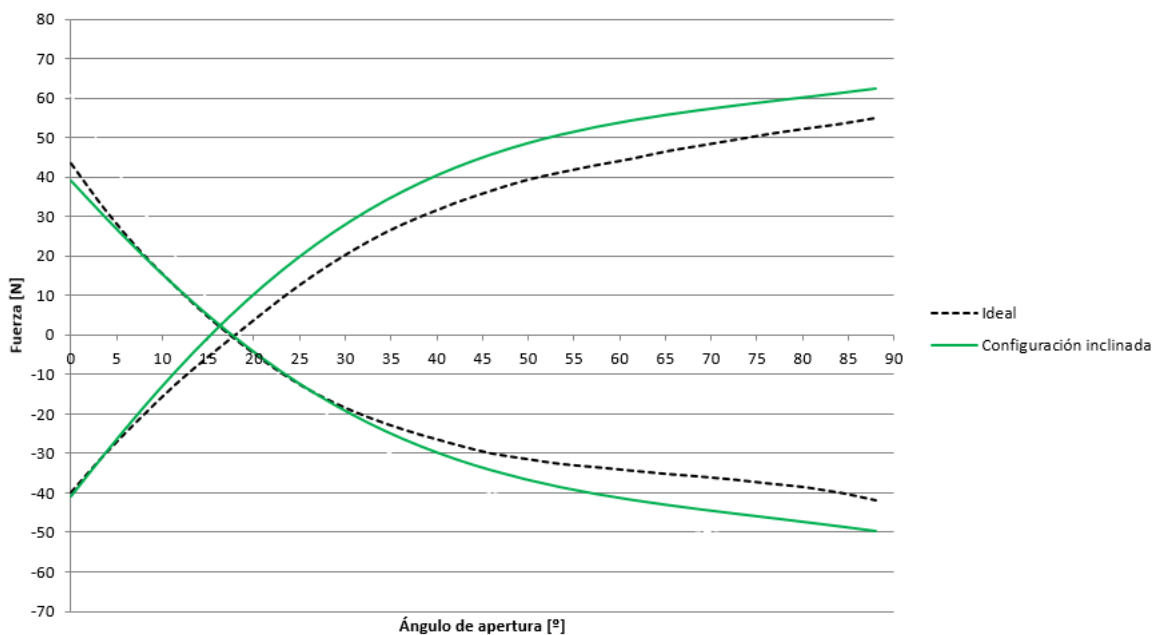


Gráfico 27. Gráfica de esfuerzos configuración inclinada junto a gráfica ideal a temperatura ambiente

Con estos resultados podemos llegar a pensar que con una configuración más inclinada del portón, es más complicado adaptar su funcionamiento al comportamiento objetivo. Para comprobar esto, se realizará una configuración de portón mucho más inclinada que la actual, llevándola al extremo.

Las coordenadas de los parámetros y características del portón y muelles de gas que definen la configuración inclinada se muestran en la Tabla 33 y Tabla 34 del Anexo A2 respectivamente. Las dimensiones de la configuración se muestran en la Tabla 35 del Anexo A2.

6.2.3. Configuración muy inclinada de portón

La configuración presentada a continuación, hace referencia a un portón muy alargado en comparación con las configuraciones mostradas anteriormente. En concreto, presenta una distancia entre el punto de apertura y el eje de bisagras de 126,23cm según Tabla 38 del Anexo A2. Este portón podría asemejarse al portón de un Volkswagen Arteon como el de la Ilustración 62.



Ilustración 62. Ejemplo de configuración muy inclinada. Fuente: www.jarmauto.es

Su comportamiento de apertura y cierre se muestra en el Gráfico 28, donde puede observarse que se aleja bastante del funcionamiento objetivo. Esta configuración presenta un comportamiento de apertura caracterizado por un esfuerzo de 40,4N con un ángulo de 18º aproximadamente. Respecto al cierre, el esfuerzo es de 90,2N con un ángulo de cierre cercano a 15,5º. Este esfuerzo de cierre es muy elevado llegando a niveles considerados molestos para el usuario.

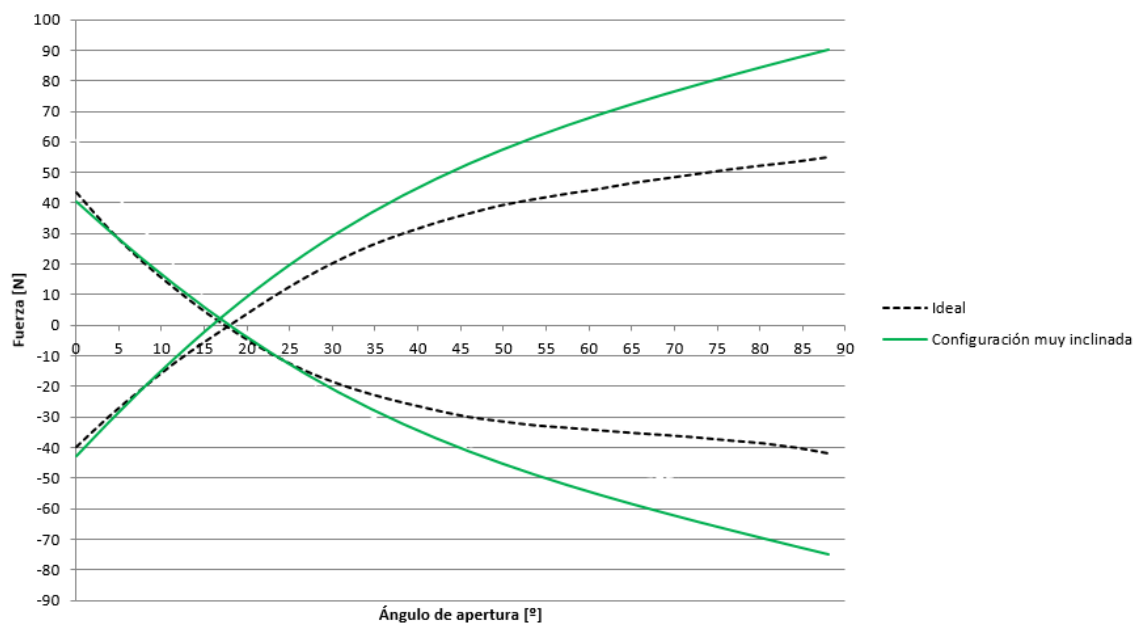


Gráfico 28. Gráfica de esfuerzos configuración muy inclinada junto a gráfica ideal a temperatura ambiente

Analizando los resultados, podemos comprobar que cuanto más inclinado es la configuración de un portón manual, más difícil es conseguir adaptar su funcionamiento de apertura y cierre al comportamiento ideal deseado. Esto es debido a que con este tipo de configuraciones, es decir, portones muy alargados e inclinados, se necesita emplear muelles de gas con mayor longitud con el fin de mejorar la palanca del mismo, junto con cargas de resorte mucho más elevadas, para compensar el momento generado por la masa del portón. Como consecuencia de esto, las curvas de apertura y cierre se alejan del comportamiento ideal, provocando un aumento elevado de las fuerzas de cierre del portón.

Hay que destacar que si tenemos en cuenta la relación carga de resorte y masa del portón, una configuración muy inclinada de portón con un peso mayor al empleado en las tres configuraciones, implicaría un aumento de la carga del resorte para dicha configuración, provocando que la curva de cierre crezca aún más, alejándose en mayor medida del comportamiento objetivo. Por lo tanto, un portón muy inclinado con un peso elevado quedaría aún más penalizado.

Finalmente, podemos llegar a la conclusión de que un portón manual asistido por muelles de gas con una configuración verticalizada del mismo, se consigue adaptar mejor al comportamiento ideal deseado por los clientes. Por este motivo, se considerará este tipo de configuración como el idóneo para la construcción de futuros portones de vehículo.

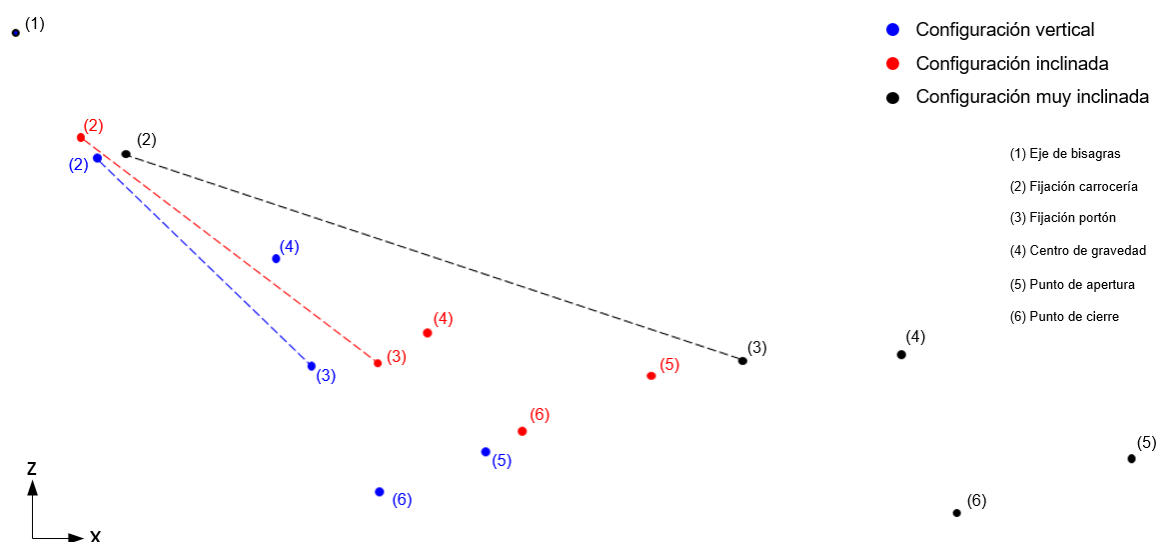


Ilustración 63. Esquema a escala de las tres configuraciones. Fuente: elaboración propia

6.3. Configuración ideal de portón en todo el rango de temperaturas

En el apartado anterior, se ha determinado que tipo de configuración de portón manual es el idóneo para llegar a proporcionar el comportamiento ideal considerado. Hay que tener en cuenta que tanto el comportamiento como la configuración consideradas ideales, son en condiciones de temperatura ambiente. Cuando se desarrolla un portón de vehículo se tiene que garantizar un correcto funcionamiento del mismo en todo el rango de temperaturas para el cual están diseñados. A continuación, se comprobará cómo se comportan las tres configuraciones anteriores en condiciones de baja y alta temperatura, con el fin de ver la influencia de la temperatura en el funcionamiento de cada una de ellas.

Si tenemos en cuenta el factor temperatura, el comportamiento de cada uno de los portones queda totalmente alterado. En el Gráfico 29 se muestra el comportamiento de la configuración verticalizada en condiciones de baja y alta temperatura, es decir, a -30°C y $+80^{\circ}\text{C}$ respectivamente. Anteriormente, esta configuración se adaptaba correctamente al comportamiento ideal deseado, pero en estas nuevas condiciones se observa como el comportamiento del portón difiere completamente del comportamiento ideal (curvas negras). En alta temperatura, los esfuerzos de cierre llegan a ser de 89,4N a diferencia de los 49,3N obtenidos a temperatura ambiente, llegando a

niveles muy molestos para el usuario. Por otro lado, en condiciones de frío, es necesario acompañar el portón para su apertura distancias muy elevadas, y además, los esfuerzos de cierre se reducen considerablemente, pudiendo provocar problemas en términos de seguridad.

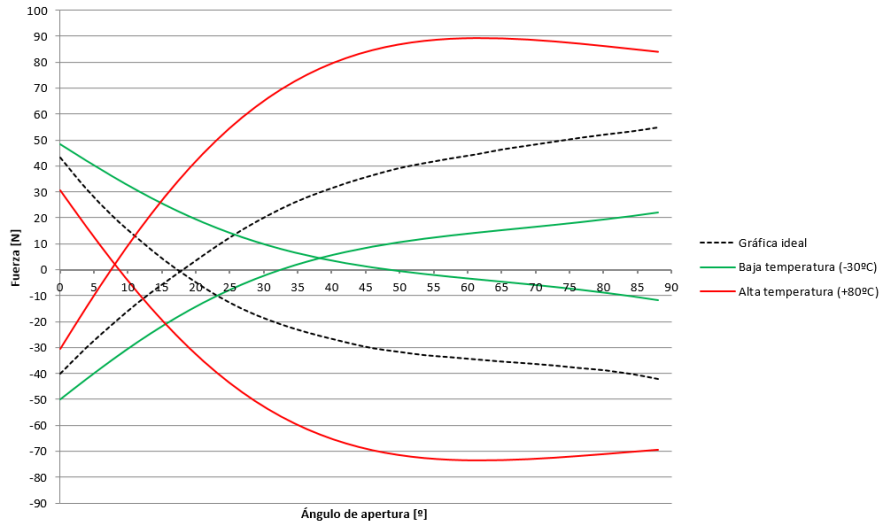


Gráfico 29. Gráfica de esfuerzos de accionamiento configuración vertical a diferentes temperaturas

Si tenemos en cuenta estas condiciones en las configuraciones más inclinadas, el comportamiento de cierre se agrava. En el Gráfico 30 y Gráfico 31 se muestran las gráficas de esfuerzos de accionamiento de las configuraciones inclinada y muy inclinada, respectivamente. En ellas se puede observar como los esfuerzos de cierre son aún más elevados que en la configuración verticalizada. En el caso de la configuración menos inclinada, los esfuerzos de cierre llegan a ser de 101,5N, y en el caso del portón más alargado de 126,5N, siendo valores muy por encima del ideal y considerados muy molestos. Además, los ángulos de cierre son muy bajos, implicando que haya que acompañar el portón prácticamente hasta su cierre.

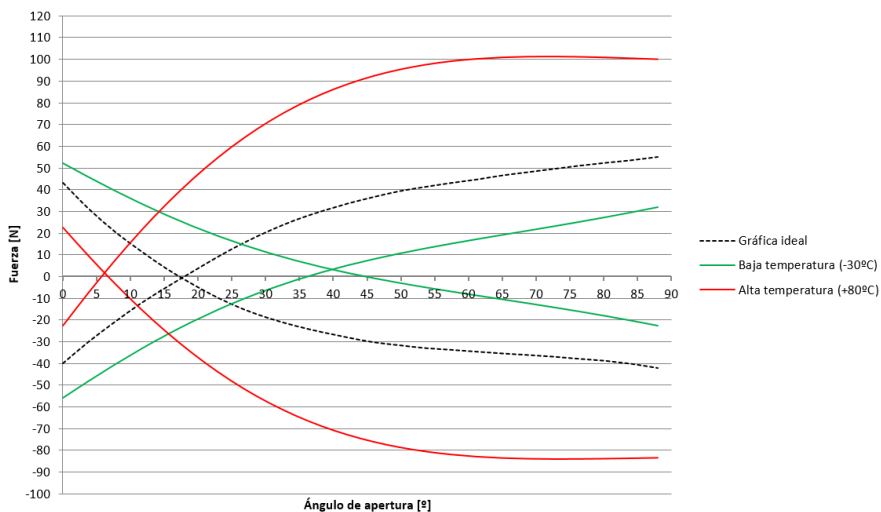


Gráfico 30. Gráfica de esfuerzos de accionamiento configuración inclinada a diferentes temperaturas

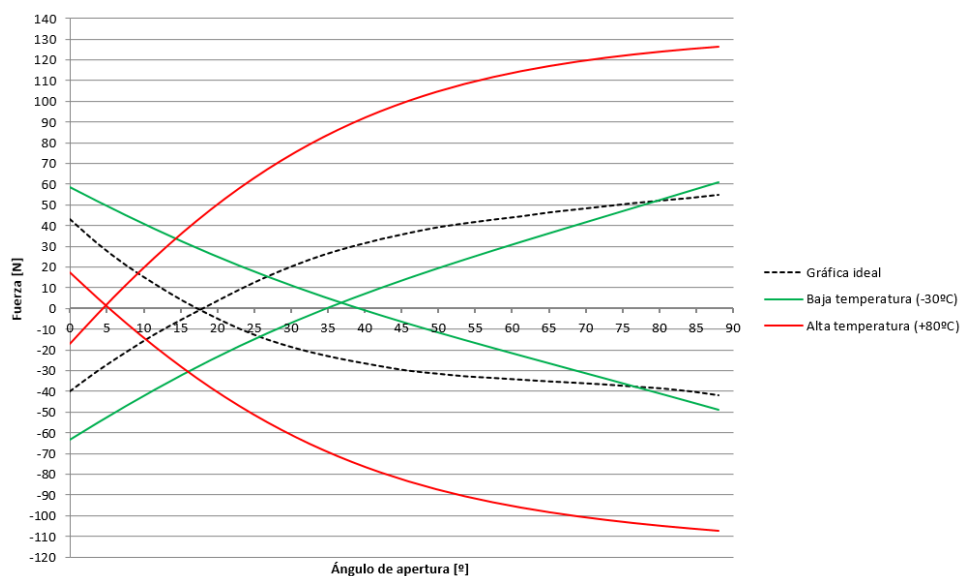


Gráfico 31. Gráfica de esfuerzos de accionamiento configuración muy inclinada a diferentes temperaturas

Finalmente, podemos llegar a la conclusión de que los portones manuales asistidos por muelles de gas pueden presentar un comportamiento ideal en condiciones de temperatura ambiente, pero si se someten a otro tipo de condiciones, no pueden garantizar un funcionamiento óptimo del mismo en todo el rango de temperaturas, puesto que el gas contenido en los resortes siempre va a quedar influenciado por la misma, alterando considerablemente el comportamiento de apertura y cierre del portón. Por este motivo, los muelles de gas a pesar de cumplir su función, la cual es principalmente asistir a la apertura del portón, no son los tipos de resortes ideales para garantizar un correcto funcionamiento del portón en todo tipo de condiciones. Por esta razón, se va a proponer una alternativa a los muelles de gas estándar empleados en portones de vehículos con el fin de minimizar este efecto.

7. Alternativa muelles de gas

Como ya se ha demostrado anteriormente, los portones manuales asistidos por muelles de gas, los cuales, son muy comunes en el mercado de vehículos utilitarios, solamente pueden presentar el comportamiento ideal deseado en condiciones de temperatura ambiente. El gran problema que presentan estos resortes, es que quedan muy influenciados por la temperatura, alterando con creces, el funcionamiento de apertura y cierre del portón. A continuación, se dará a conocer una alternativa a los muelles de gas, que progresivamente está tomando fuerza en el mercado, utilizándose cada vez más como mecanismo de apertura de portones traseros de vehículos.

7.1. Muelle eléctrico

Es un tipo de resorte de accionamiento electromecánico que permite abrir y cerrar el portón del vehículo de manera automática, sin necesidad de aplicar ningún tipo de esfuerzo. Los portones eléctricos son capaces de abrirse y cerrarse tan solo pulsando un botón, ya sea del propio portón o de la llave del vehículo, incluso en ciertos casos, deslizando el pie por debajo del parachoques. De esta manera, un portón eléctrico supera a un portón manual en cuanto a confort se refiere. Por otro lado, este tipo de accionamiento hace que los portones sean mucho más seguros en comparación a uno manual, ya que están diseñados para soportar cargas muy superiores, y además, permiten paradas automáticas en posiciones intermedias programables.



Ilustración 64. Muelle eléctrico. Fuente: www.skodacommunity.de

Pese a esto, este tipo de resortes conllevan una serie de inconvenientes. Los muelles eléctricos presentan dimensiones mayores en cuanto a diámetro, siendo más crítico su implementación en el vehículo, pues es necesario mayor espacio en el canal de aguas de la carrocería. Además, su

estructura es mucho más compleja que un muelle de gas estándar, incluyendo conexiones eléctricas como las mostradas en la Ilustración 64. Esto provoca que su montaje en el vehículo sea un poco más costoso y lento en comparación con el otro tipo de resorte.

En los últimos años, el empleo de muelles eléctricos en los portones traseros ha ido en aumento. La gran ventaja de este tipo de resortes es que omiten completamente la necesidad de aplicar algún tipo de esfuerzo por parte del usuario para su accionamiento, minimizando también el factor temperatura, ya que los resortes abrirán y cerrarán el portón en todo tipo de condiciones sin que el usuario lo perciba. El gran inconveniente que presentan es su alto coste en comparación a un muelle de gas estándar, pudiendo llegar a ser entre 10 y 12 veces más caro en términos de coste por pieza. Además, es necesario utilizar un pequeño motor eléctrico que ayude en el cierre del portón, ya que en el caso de portón manual, este esfuerzo lo realiza la persona.

Finalmente, los muelles eléctricos son la alternativa ideal a los resortes de gas como solución al factor temperatura que tantos problemas genera en el comportamiento de un portón manual. En la Ilustración 65 se muestra un resumen de las ventajas y desventajas que ofrece un muelle eléctrico en comparación a un muelle de gas.



Ilustración 65. Comparativa muelle eléctrico y muelle de gas. Fuente: elaboración propia

8. Análisis del impacto ambiental

Los muelles de gas son mecanismos que para una correcta funcionalidad deben mantenerse estancos durante toda su vida útil. Si en algún momento, debido a un mal uso o avería del mismo, el nitrógeno contenido en su interior se escapa de la cavidad interior, no implicaría ningún riesgo, ya que se trata de un gas inerte.

Si por alguna razón es necesario deshacerse del muelle de gas, se deben seguir una serie de pasos para su desguace. Primeramente, se debe perforar el tubo de presión con cuidado para que escape el nitrógeno a presión contenido en el interior. Además del gas, contiene aceite, el cual, debe reciclarse correctamente, vertiéndolo en un recipiente apropiado y desechándolo en lugares específicos que establezca la legislación nacional. Por último, debe separarse el resorte en partes según el material. En el caso de los aceros, es posible su reutilización para otro tipo de aplicaciones, y las piezas plásticas deben reciclarse en lugares apropiados.



Conclusiones

Una vez finalizado el proyecto podemos llegar a la conclusión de que el posicionamiento de los muelles de gas en un portón de vehículo es una tarea particular, puesto que cada uno presenta unas características concretas, teniendo que adaptarse a las mismas con el fin de obtener un comportamiento óptimo del portón. Si además, se tiene en cuenta las limitaciones constructivas que suelen presentar la carrocería y el portón del vehículo, la tarea de posicionamiento de los muelles de gas no sigue una pauta fija, siendo necesario modificar continuamente los diferentes parámetros hasta obtener el comportamiento deseado para el portón.

Por otro lado, se ha comprobado que cuanto más alargada es la configuración de un portón manual, peor es el comportamiento del mismo en relación a los esfuerzos de accionamiento, siendo la configuración verticalizada del portón la que mejor se adapta a los requerimientos de los usuarios.

También se ha comprobado que un portón manual asistido por muelles de gas puede llegar a presentar el comportamiento requerido por los usuarios, pero solo en unas condiciones de temperatura concretas, siendo completamente imposible mantener dicho comportamiento ideal en todo el rango de temperaturas para el cual están diseñados. Este problema provoca que los muelles de gas estándar no sean los tipos de resortes óptimos para la asistencia de apertura y cierre del portón, puesto que en ciertas circunstancias, pueden ocasionar denuncias por parte de los clientes debido a un funcionamiento no deseado por los usuarios.

Finalmente, en el mercado actual existen variantes muy diferentes a este tipo de resortes que pueden mejorar el comportamiento de un portón manual, y además, garantizar un correcto funcionamiento del portón en condiciones donde los resortes a gas no son capaces. Por este motivo, cada vez son más los vehículos que emplean un accionamiento automático del portón, debido a que ofrecen mayor confort al usuario, y garantizan un correcto accionamiento del portón en todo tipo de condiciones.

Presupuesto

En este apartado se determinará el presupuesto necesario para la realización de este proyecto. Al tratarse de un proyecto basado en un estudio teórico, y no se desarrolla ningún tipo de producto, solamente se tendrán en cuenta los costes de ingeniería asociados al mismo.

- **Coste de ingeniería**

El coste de ingeniería se realizará en función de las horas dedicadas al presente proyecto. La facturación por hora aplicada serán los honorarios de un ingeniero junior.

Tabla 28. Costes de ingeniería

<i>Concepto</i>	<i>Tiempo dedicado [h]</i>	<i>Precio [€/h]</i>	<i>Coste total [€]</i>
Búsqueda de información	50	30	1.500
Parametrización	198	30	5.940
Estudio teórico	252	30	7.560
Encuesta	20	30	600
Configuraciones	65	30	1.950
Memoria proyecto	85	30	2.550
TOTAL	670	-	20.100

- **Coste total del proyecto**

El coste total asociado al presente trabajo corresponde solamente a la parte de ingeniería siendo un total de 20.100€.

Tabla 29. Coste total del proyecto

<i>Concepto</i>	<i>Coste [€]</i>
Coste de ingeniería	20.100
TOTAL	20.100

Bibliografía

Edscha. [Consulta: Mayo 2019]. Disponible en: <https://edscha.com>

Gaysan Gas Springs. [Consulta: Mayo 2019]. Disponible en: <https://gaysanamortisor.com/en-US/?page=welcome&right=news>

Stabilus. [Consulta: Abril 2019]. Disponible en: <https://www.stabilus.com/es/>

Suspa. [Consulta: Abril 2019]. Disponible en: <https://www.suspa.com/global/>

Vapsint. *Resortes a gas, resortes hidráulicos y deceleradores*. [Consulta: Abril 2019]. Disponible en: <https://www.vapsint.com/es/>

Stabilus. *Resortes de gas y amortiguadores para aplicaciones industriales*. [Consulta: Abril 2019]. Disponible en: https://www.stabilus.com/fileadmin/download/Stabilus_Industrie_12_05_span.pdf

Stabilus. *Gas springs and Dampers*. [Consulta: Abril 2019]. Disponible en: https://www.stabilus.com/fileadmin/download/Vehicle_GB_12_01.pdf

Suspa. *Resortes a gas Lockline*. [Consulta: Abril 2019]. Disponible en: https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/175337/SUSPA-Resortes-de-gas-con-Bloqueo.pdf

Tech Briefs. *Understanding the Basics of Gas Spring Application*. [Consulta: Marzo 2019]. Disponible en: <https://www.techbriefs.com/component/content/article/tb/supplements/md/features/34117>

Anexo

A1. Datos para la obtención de la gráfica ideal de esfuerzos

1. Resultado de las valoraciones de los clientes

A continuación, se muestran los resultados de las valoraciones por parte de los clientes de los cinco portones de vehículos del Grupo Volkswagen utilizados en la encuesta realizada.

- Modelo A

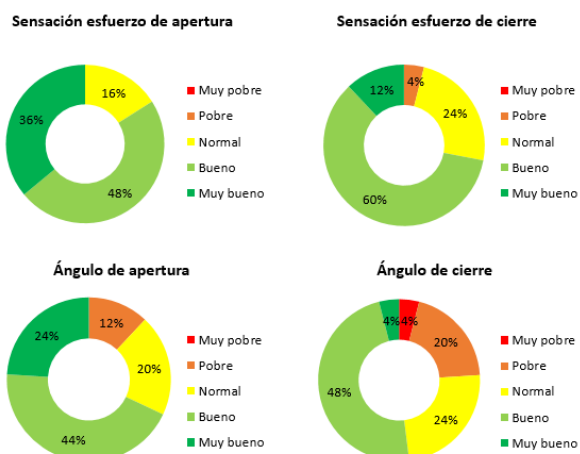


Gráfico 32. Resultados valoración portón Modelo A

- Modelo B

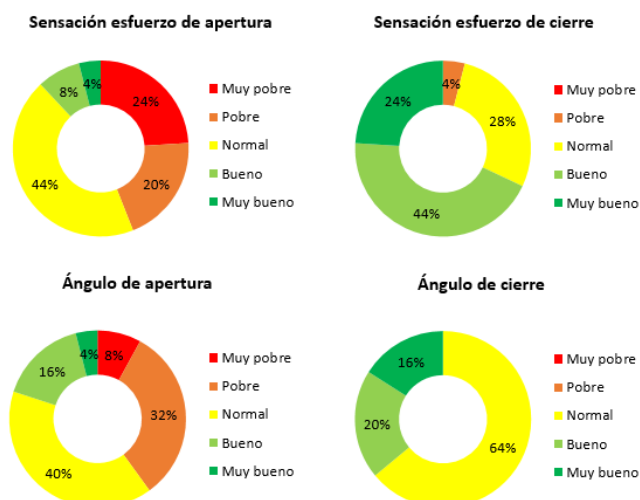


Gráfico 33. Resultados valoración portón Modelo B

• Modelo C

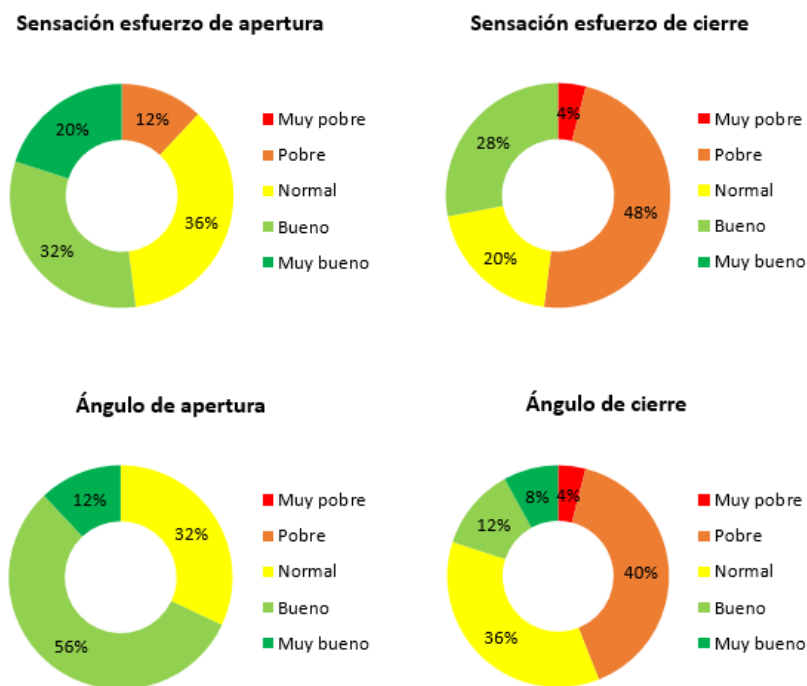


Gráfico 34. Resultados valoración portón Modelo C

• Modelo D

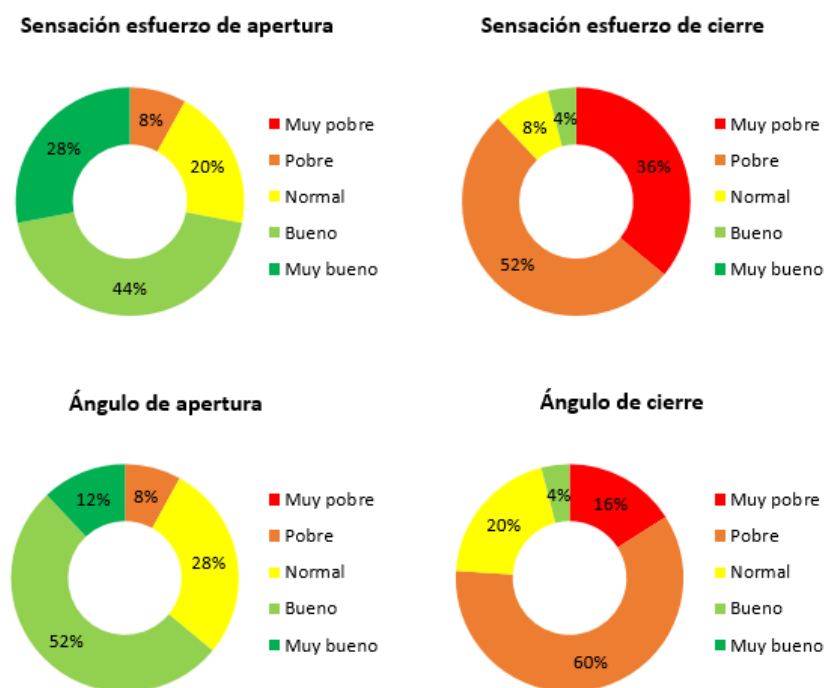


Gráfico 35. Resultados valoración portón Modelo D

- Modelo E

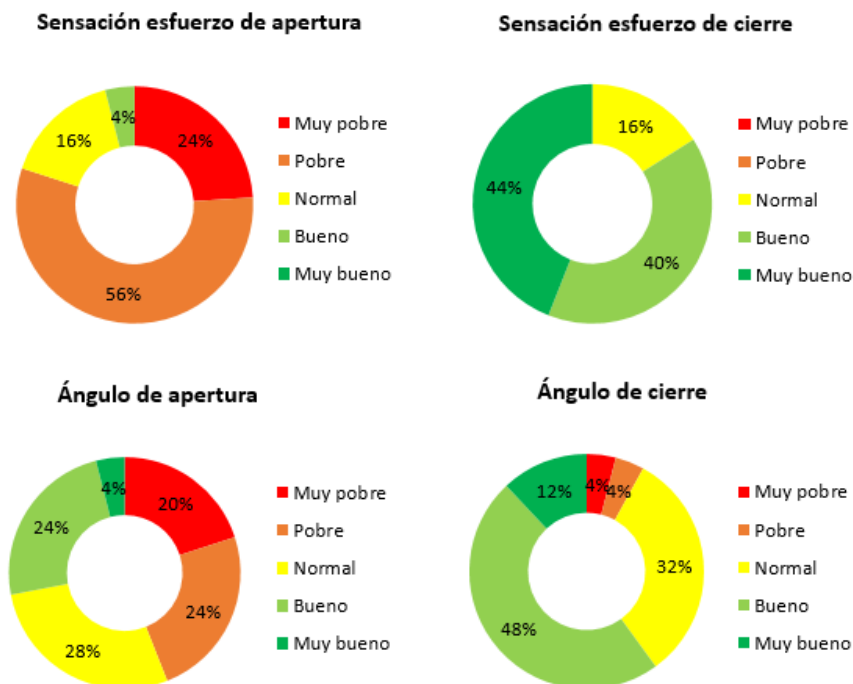


Gráfico 36. Resultados valoración portón Modelo E

2. Gráficas de esfuerzos de accionamiento de cada vehículo

A continuación, se muestran las gráficas de esfuerzos de accionamiento de cada portón obtenidas tras realizar las mediciones correspondientes.

- Modelo A

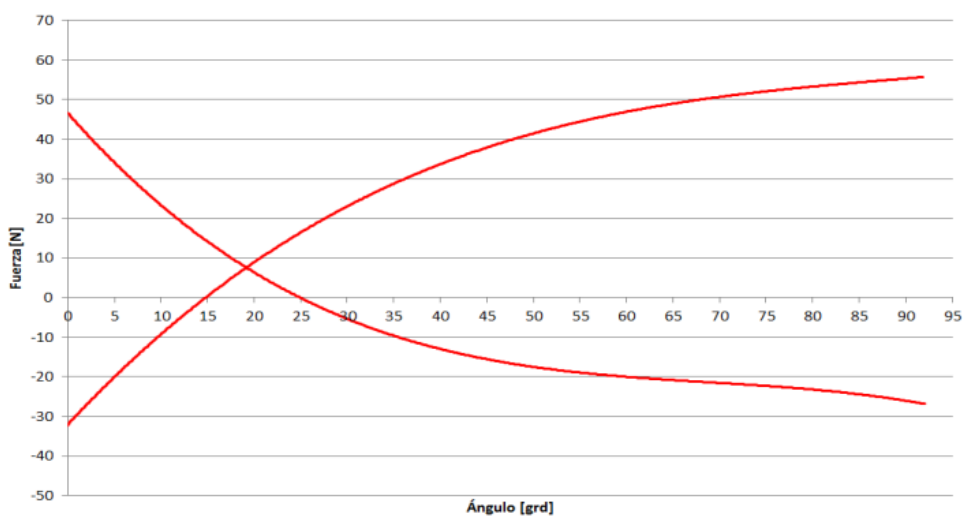


Gráfico 37. Gráfica de esfuerzos de accionamiento portón Modelo A

- Modelo B

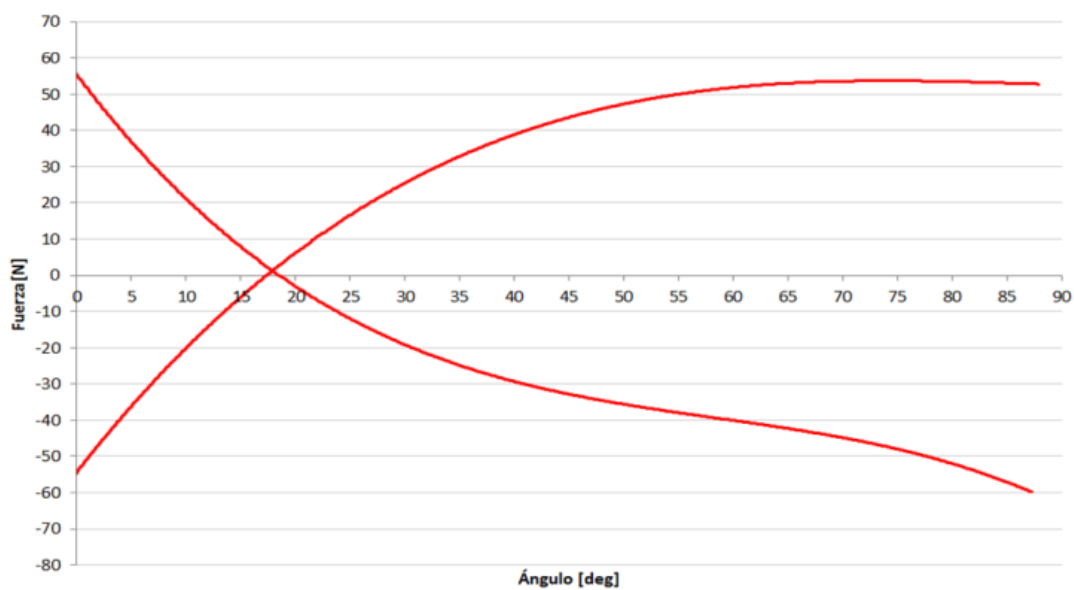


Gráfico 38. Gráfica de esfuerzos de accionamiento portón Modelo B

- Modelo C

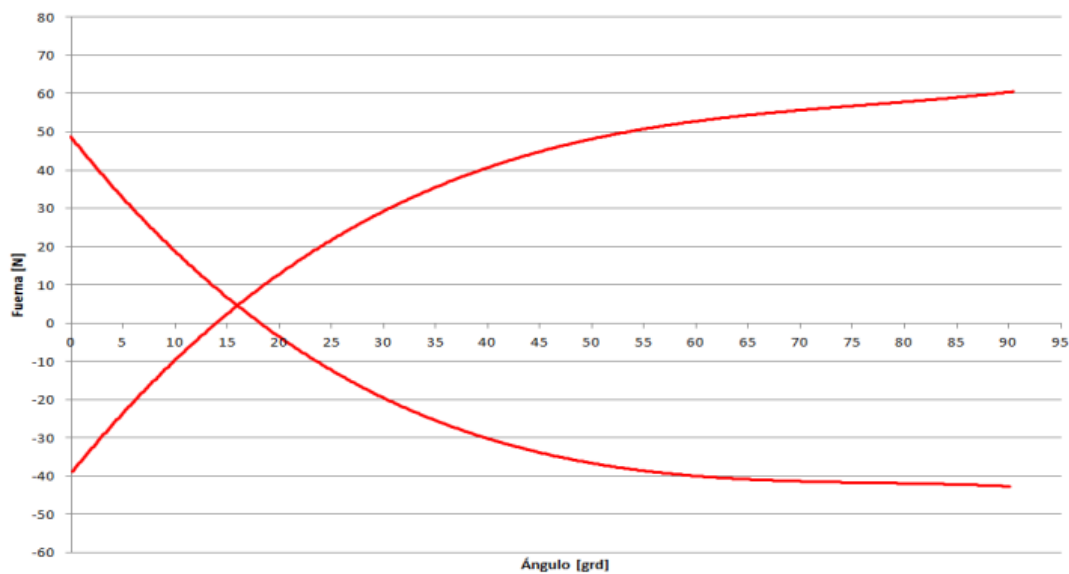


Gráfico 39. Gráfica de esfuerzos de accionamiento portón Modelo C

- Modelo D

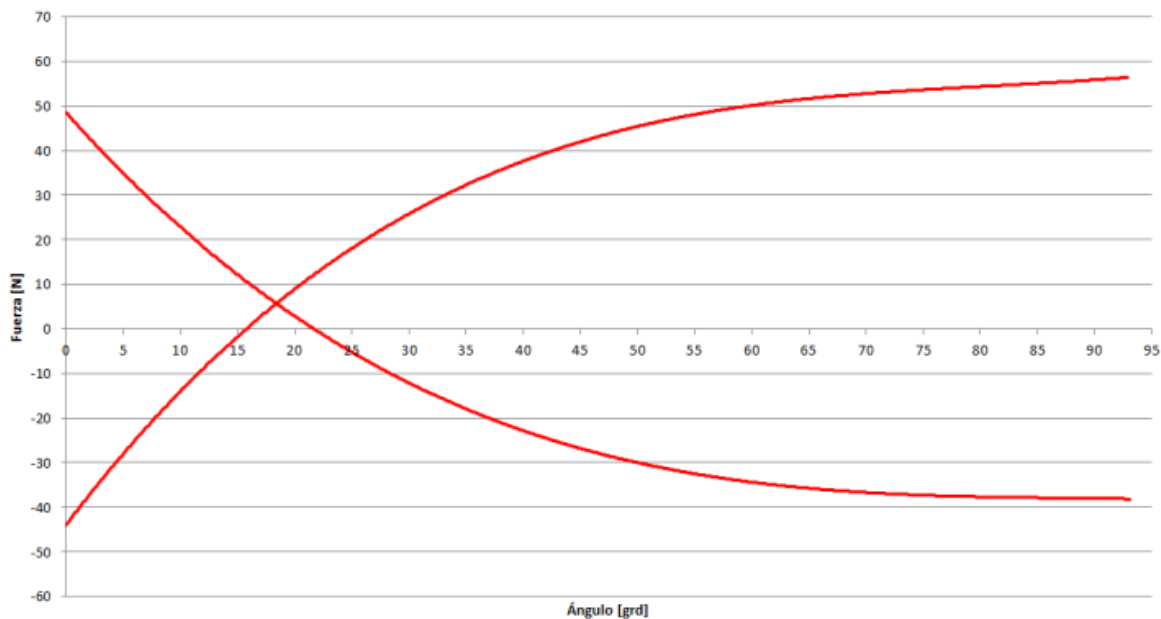


Gráfico 40. Gráfica de esfuerzos de accionamiento portón Modelo D

- Modelo E

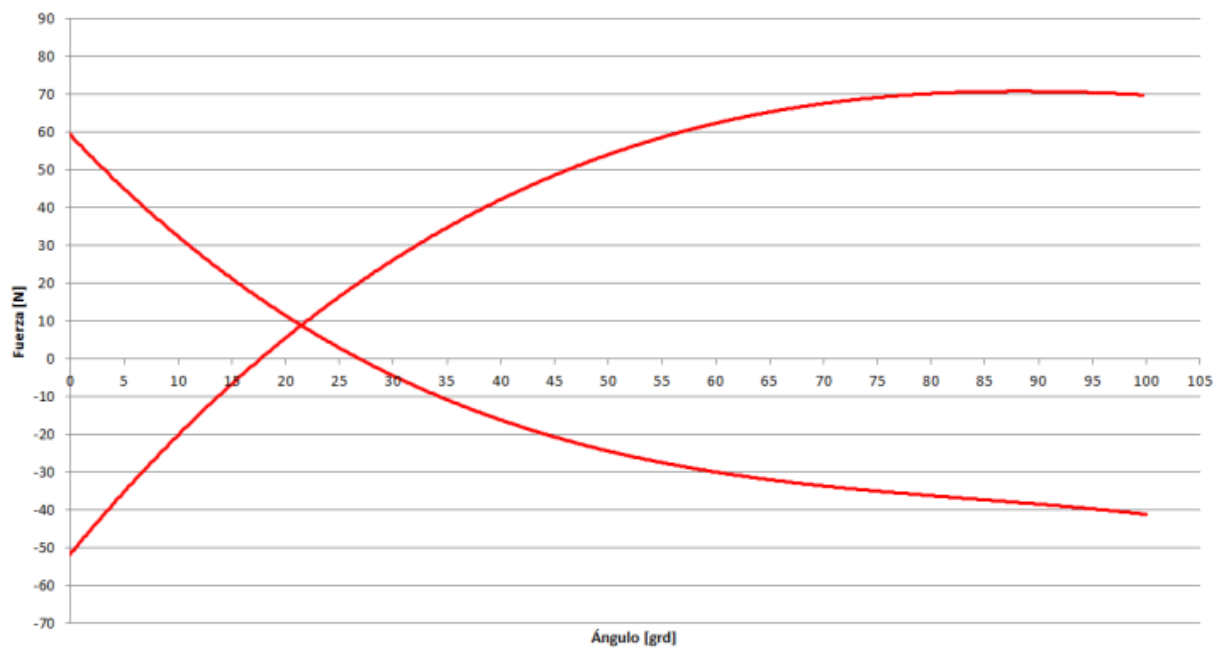


Gráfico 41. Gráfica de esfuerzos de accionamiento portón Modelo E

A2. Datos referentes a las configuraciones propuestas

1. Configuración vertical de portón

En la Tabla 30 se muestran las coordenadas de los parámetros que definen la configuración verticalizada del portón. La Tabla 31 recoge las características del portón junto con los muelles de gas empleados para dicha configuración.

Tabla 30. Coordenadas parámetros de la configuración vertical

Parámetro	Coordenada X [mm]	Coordenada Y [mm]	Coordenada Z [mm]
Eje de bisagras	2539,50	–	1065,50
Centro de gravedad	2833,85	–	810,00
Punto de apertura	3070,93	–	590,00
Punto de cierre	2950,26	–	545,93
Fijación a carrocería	2632,00	552,42	923,50
Fijación a portón	2875,00	590,62	688,00

Tabla 31. Características portón y muelles de gas de la configuración vertical

Parámetro	Valor
Fuerza de extensión F1 [N]	240,00
Factor X	1,28
Fuerza de rozamiento media [N]	20,00
Tolerancia resorte [N]	20,00
Masa portón [kg]	18,00
Ángulo de apertura [°]	88,00
Cantidad muelles de gas	2,00

En la Ilustración 66 e Ilustración 67 se reflejan las distancias de cada parámetro respecto el eje de bisagras en los ejes de coordenadas X y Z respectivamente. Los valores concretos de dichas distancias se recogen en la Tabla 32 y proporcionan información sobre las dimensiones de la configuración.

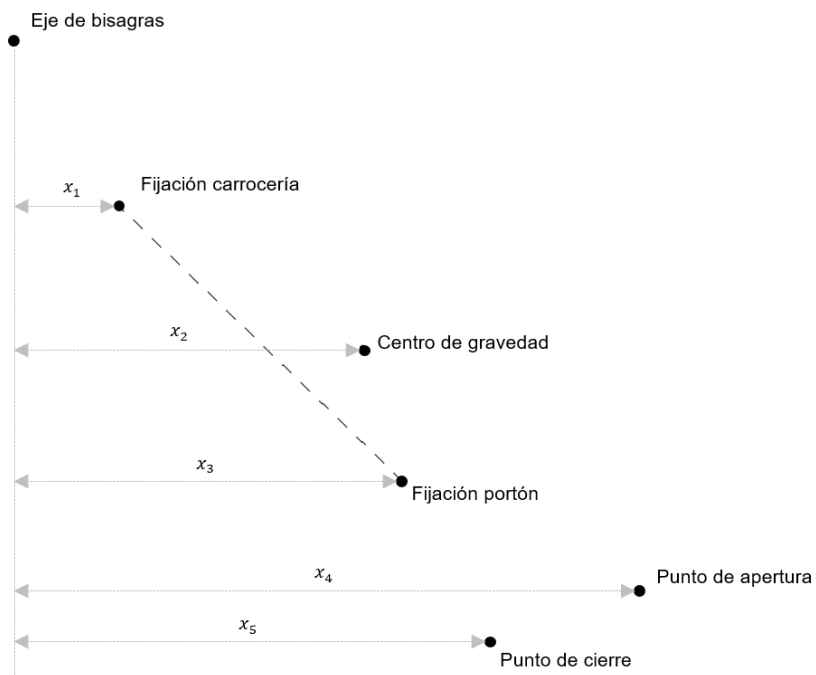


Ilustración 66. Distancias parámetros respecto eje de bisagras en X de la configuración vertical. Fuente: elaboración propia

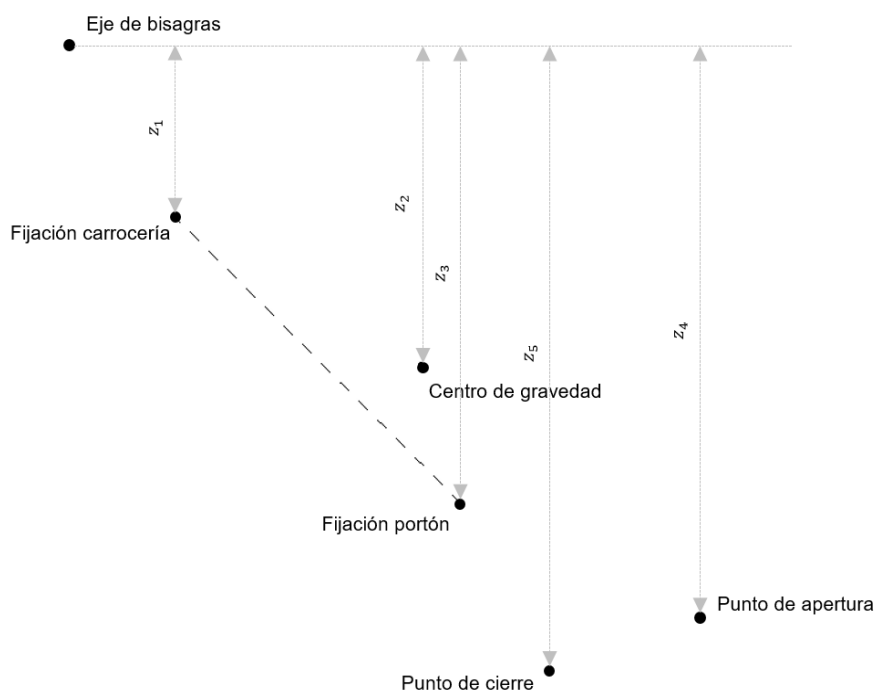


Ilustración 67. Distancias parámetros respecto eje de bisagras en Z de la configuración vertical. Fuente: elaboración propia

Tabla 32. Distancias parámetros respecto eje de bisagras en ejes de coordenadas X y Z de la configuración vertical

Cota	Valor [mm]
x_1	92,50
x_2	294,35
x_3	335,50
x_4	531,43
x_5	410,76
z_1	142,00
z_2	255,50
z_3	377,50
z_4	475,50
z_5	519,57

2. Configuración inclinada de portón

En la Tabla 33 se muestran las coordenadas de los parámetros que definen la configuración inclinada del portón. La Tabla 34 recoge las características del portón junto con los muelles de gas empleados para dicha configuración.

Tabla 33. Coordenadas parámetros de la configuración inclinada

Parámetro	Coordenada X [mm]	Coordenada Y [mm]	Coordenada Z [mm]
Eje de bisagras	2539,50	–	1065,50
Centro de gravedad	3005,00	–	725,00
Punto de apertura	3259,50	–	676,00
Punto de cierre	3112,96	–	612,93
Fijación a carrocería	2614,15	552,42	948,00
Fijación a portón	2950,00	590,62	690,00

Tabla 34. Características portón y muelles de gas de la configuración inclinada

Parámetro	Valor
Fuerza de extensión F1 [N]	418,00
Factor X	1,26
Fuerza de rozamiento media [N]	20,00
Tolerancia resorte [N]	20,00
Masa portón [kg]	18,00
Ángulo de apertura [°]	88,00
Cantidad muelles de gas	2,00

En la Ilustración 68 e Ilustración 69 se reflejan las distancias de cada parámetro respecto el eje de bisagras en los ejes de coordenadas X y Z respectivamente para la configuración inclinada. Los valores concretos de dichas distancias se recogen en la Tabla 35 y proporcionan información sobre las dimensiones de la configuración.

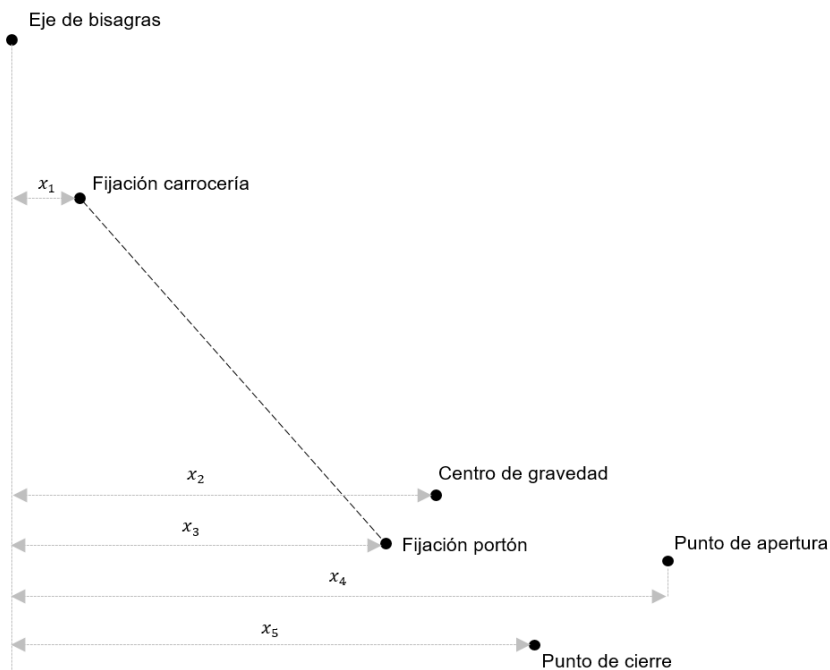


Ilustración 68. Distancias parámetros respecto eje de bisagras en X de la configuración inclinada. Fuente: elaboración propia

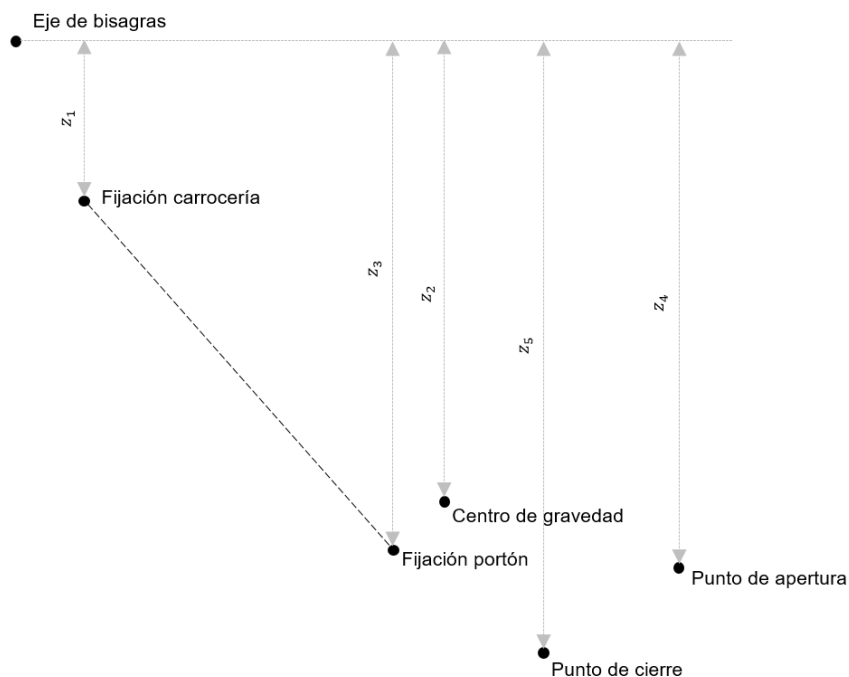


Ilustración 69. Distancias parámetros respecto eje de bisagras en Z de la configuración inclinada. Fuente: elaboración propia

Tabla 35. Distancias parámetros respecto eje de bisagras en ejes de coordenadas X y Z de la configuración inclinada

Cota	Valor [mm]
x_1	74,65
x_2	465,50
x_3	410,50
x_4	720,00
x_5	573,46
z_1	117,50
z_2	340,50
z_3	375,50
z_4	389,50
z_5	452,57

3. Configuración muy inclinada de portón

En la Tabla 36 se muestran las coordenadas de los parámetros que definen la configuración muy inclinada del portón. La Tabla 37 recoge las características del portón junto con los muelles de gas empleados para dicha configuración.

Tabla 36. Coordenadas parámetros de la configuración muy inclinada

Parámetro	Coordenada X [mm]	Coordenada Y [mm]	Coordenada Z [mm]
Eje de bisagras	2539,50	–	1065,50
Centro de gravedad	3540,90	–	700,58
Punto de apertura	3801,82	–	580,36
Punto de cierre	3603,95	–	520,00
Fijación a carrocería	2664,54	552,42	928,25
Fijación a portón	3363,56	590,62	692,00

Tabla 37. Características portón y muelles de gas de la configuración muy inclinada

Parámetro	Valor
Fuerza de extensión F1 [N]	546,00
Factor X	1,24
Fuerza de rozamiento media [N]	20,00
Tolerancia resorte [N]	20,00
Masa portón [kg]	18,00
Ángulo de apertura [°]	88,00
Cantidad muelles de gas	2,00

En la Ilustración 70 e Ilustración 71 se reflejan las distancias de cada parámetro respecto el eje de bisagras en los ejes de coordenadas X y Z respectivamente para la configuración muy inclinada.

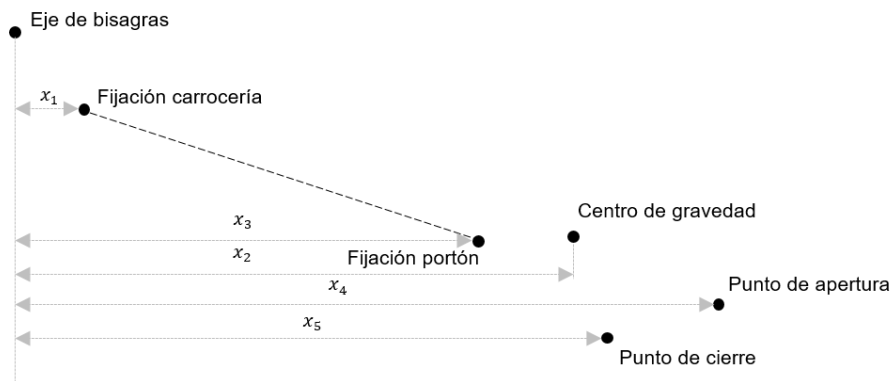


Ilustración 70. Distancias parámetros respecto eje de bisagras en X de la configuración muy inclinada. Fuente: elaboración propia

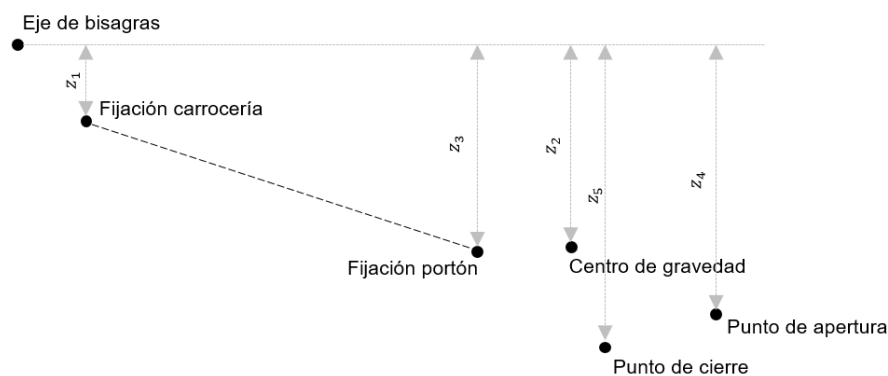


Ilustración 71. Distancias parámetros respecto eje de bisagras en Z de la configuración muy inclinada. Fuente: elaboración propia

Los valores concretos de dichas distancias se recogen en la Tabla 38 y proporcionan información sobre las dimensiones de la configuración.

Tabla 38. Distancias parámetros respecto eje de bisagras en ejes de coordenadas X y Z de la configuración muy inclinada

Cota	Valor [mm]
x_1	125,04
x_2	1001,40
x_3	824,06
x_4	1262,32
x_5	1064,45
z_1	137,25
z_2	364,92
z_3	373,50
z_4	485,14
z_5	545,50