



DISEÑO DE UN COMPENSER CERÁMICO

SIX 500 – Trabajo Fin de Máster

Alumno: Javier Cruz Pérez

Titulación: Master en Diseño y Fabricación

Tutor: Antonio Pérez González

Noviembre de 2015

Índice

MEMORIA.....	1
1. Introducción	3
1.1 Antecedentes	4
1.2 Justificación	5
1.3 Objeto.....	5
2. Análisis del producto.....	6
2.1 Definición y estructura del producto	6
2.2 Estructura del producto y especificaciones técnicas	6
2.3 Análisis metodológico de soluciones existentes	7
2.3.1 Análisis de mercado	7
3. Resumen del diseño conceptual y preliminar de la máquina	9
3.1 Diseño conceptual de la máquina	9
3.1.1 Definición metodológica de los objetivos y las especificaciones técnicas definidas con anterioridad	9
3.1.2 Definición de funciones y estructura básica	10
3.1.3 Propuesta conceptual de soluciones.....	11
3.2 Diseño preliminar de la máquina	12
3.2.1 Estructura del conjunto.....	12
3.2.2 Selección de materiales y procesos de fabricación.....	3
4. Memoria descriptiva de la máquina	7
4.1 Sistema mecánico.....	8
4.1.1 Sistema de elevación.....	9
4.1.2 Estructura portante.....	18
4.1.3 Carcasas y soportes	19
4.2 Sistema eléctrico	22
5. Viabilidad técnica y económica.....	29
6. Conclusiones.....	30
7. Bibliografía	31
8. Anexos	34
8.1 Anexo I. Cálculos para la selección de componentes mecánicos.....	34
8.1.1 Sistema de elevación.....	34
8.1.2 Estructura portante.....	72
8.2 Anexo II. Lista de componentes comerciales y a fabricar	95
8.2.1 Comerciales	95
8.2.2 A fabricar	98

8.3	Anexo III. Seguridad, ergonomía y mantenimiento	100
8.3.1	Seguridad.....	100
8.3.2	Ergonomía	101
8.3.3	Mantenimiento	101
8.4	Anexo IV. Programación de la máquina en lenguaje LD	102
	PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS	109
9.	Pliego de condiciones técnicas.....	111
9.1	Objeto.....	111
9.2	Disposiciones generales	111
9.2.1	Normas de ejecución del proyecto	111
9.2.2	Control de calidad	111
9.2.3	Condiciones de garantía otorgadas por el diseñador	112
9.2.4	Condiciones de uso, mantenimiento e instalación	112
9.3	Interpretación de documentos y planos y de ejecución	112
9.3.1	Procedencia y clasificación de los materiales	112
9.3.2	Cambios en el diseño	112
9.3.3	Conflicto entre normativa	112
9.4	Pliego de prescripciones técnicas particulares	113
9.4.1	Tornillería	113
9.4.2	Condiciones de ejecución.....	113
9.4.3	Maquinaria y herramientas.....	113
9.4.4	Uniones Roscadas.....	114
9.4.5	Conexión a otras máquinas.....	114
9.4.6	Transporte y montaje.....	114
9.4.7	Instalación eléctrica.....	114
9.4.8	Puesta en funcionamiento	114
9.4.9	Identificación de la máquina	114
9.4.10	Listado de componentes y materiales	115
	PRESUPUESTO ECONÓMICO	121
10.	Presupuesto económico.....	123
10.1	Presupuesto de todos los componentes.....	123
10.2	Presupuesto desglosado	127
10.2.1	Componentes comercieles.....	127
10.2.2	Componentes a fabricar	130
10.3	Resumen del precio de la máquina	132
	PLANOS.....	133

Figuras

Figura 1. Cerámica griega ornamentada con la técnica del engobe.....	4
Figura 2. Proceso de fabricación de una línea cerámica.....	5
Figura 3. Partes Sistema Mecánico	6
Figura 4. Compensers de aletas	7
Figura 5. Compensers de barras o varillas	8
Figura 1. Compenser de aletas autoajustable.....	8
Figura 2. Caja negra de la máquina	10
Figura 3. Caja trasparente de la máquina	10
Figura 4. Propuesta 1	11
Figura 5. Propuesta 2	11
Figura 6. Sistema mecánico.....	12
Figura 7. Sistema de elevación.....	13
Figura 8. Estructura portante.....	14
Figura 9. Esquema de funcionamiento	15
Figura 10. Grafcet de puesta en marcha.....	16
Figura 11. Grafcet modo manual	17
Figura 12. Grafcet principal.....	17
Figura 13. Circuito de potencia	19
Figura 14. Circuito de mando.....	20
Figura 15. Cuadro eléctrico	1
Figura 16. Esquema de bornes.....	1
Figura 17. Esquema de fuerzas en una aleta.....	3
Figura 18. Aplicación de la “metodología Ashby”	4
Figura 19. Coeficientes de flecha y ángulo de giro	4
Figura 20. Aplicación de la “metodología Ashby”	5
Figura 21. Soluciones obtenidas mediante la “metodología Ashby”	6
Figura 22. Soluciones obtenidas mediante la “metodología Ashby”	6
Figura 23. Imagen del conjunto.....	7
Figura 24. Sistema mecánico.....	8
Figura 25. Sistema de elevación.....	9
Figura 26. . Motor-freno.....	10
Figura 27. Reductor	10
Figura 28. Eje superior.....	11
Figura 29. Elementos ligados al eje.....	11

Figura 30. Sistema piñón-cadena	12
Figura 31. Partes del sistema piñón	13
Figura 32. Eje inferior	13
Figura 33. Montaje Eje Inferior	14
Figura 34. Barra Elevación.....	15
Figura 35. Guiado Barra Elevación	15
Figura 36. Barras Aletas.....	16
Figura 37. Montaje Barras Aletas.....	17
Figura 38. Tapa Barra Aletas	17
Figura 39. Aletas.....	18
Figura 40. Estructura portante.....	19
Figura 41. Carcasa Protectora	20
Figura 42. Disposición General Soporte Sensores.....	20
Figura 43. Vista Frontal Disposición Soportes Sensores	21
Figura 44. Vista Lateral Disposición Soportes Sensores.....	21
Figura 45. Esquema de funcionamiento	22
Figura 46. Circuito de potencia	24
Figura 47. Circuito de mando.....	25
Figura 48. Cuadro Eléctrico Exterior.....	26
Figura 49. Ilustración 17. Esquema de bornes	27
Figura 50. Esquema de esfuerzos en la aleta	34
Figura 51. Esquema simplificado de fuerzas del sistema.....	34
Figura 52. Pieza cerámica.....	35
Figura 53. Esquema simpificado de fuerzas de la pieza	36
Figura 54. Esquema simpificado de fuerzas en la aleta	36
Figura 55. Diseño preliminar de una aleta	36
Figura 56. Propiedades físicas de la aleta	37
Figura 57. Sección crítica de la aleta	37
Figura 58. Análisis estático de la aleta en Solidworks.....	38
Figura 59. Esquema de esfuerzos en la barra de las aletas.....	39
Figura 60. Esquema de fuerzas en la sección crítca de la barra de las aletas.....	39
Figura 61. Sección dela barra de aletas.....	40
Figura 62. Dimensiones requeridas de la barra de las aletas.....	40
Figura 63. Sección de la barra de las aletas	41
Figura 64. Análisis estático de la barra de aletas en SolidWorks	42
Figura 65. Esquema de esfuerzos en la barra de elevación	43

Figura 66. Esquema simplificado de esfuerzos en la barra de elevación.....	43
Figura 67. Diagrama de esfuerzos de la barra de elevación con AMEB.....	44
Figura 68. Análisis estático de la barra de elevación en SolidWorks	45
Figura 69. Factor de seguridad de la barra de elevación	45
Figura 70. Esquema de esfuerzos en la cadena	46
Figura 71. Esquema de funcionamiento caso más desfavorable.....	46
Figura 72. Perfil de velocidades del motor.....	47
Figura 73. Fuerza de inercia durante el frenado	48
Figura 74. Gráfica de selección de la cadena	53
Figura 75. Gráfica de selección de la cadena	55
Figura 76. Características de la cadena	56
Figura 77. Expectativa de vida del sistema piñón-cadena	58
Figura 78. Gráfica del factor de servicio de la máquina.....	59
Figura 79. Gráfica del rendimiento en función de la relación de transmisión	60
Figura 80. Posición de montaje.....	62
Figura 81. Tipo de lubricación para el reductor	64
Figura 82. Dimensiones del reductor	65
Figura 83. Dimensiones de la brida de acoplamiento	65
Figura 84. Tipo de construcción y montaje	68
Figura 85. Dimensiones del motor-freno	68
Figura 86. Dimensiones del eje superior	70
Figura 87. Sujeciones y esfuerzos en Solidworks	70
Figura 88. Características del análisis.....	71
Figura 89. Tensión en el eje obtenida con Solidworks	71
Figura 90. Factor de seguridad obtenida con Solidworks	71
Figura 91. Ilustración 48. Estructura portante	73
Figura 92. Conexiones para el análisis estático en Solidworks	73
Figura 93. Sujeciones para el análisis estático en Solidworks.....	74
Figura 94. Cargas para el análisis estático en Solidworks	74
Figura 95. Cargas para el análisis estático en Solidworks	75
Figura 96. Cargas para el análisis estático en Solidworks	75
Figura 97. Cargas para el análisis estático en Solidworks	75
Figura 98. Características de la malla en Solidworks	76
Figura 99. Resumen del análisis estático en Solidworks	77
Figura 100. Factor de seguridad en el análisis estático en Solidworks	78
Figura 101. Tensión en el análisis estático en Solidworks	78

Figura 102. Desplazamientos en el análisis estático en Solidworks.....	79
Figura 103. Fuerzas Cizalladura Chaveta.....	79
Figura 104. Modelos de reductores del catálogo.....	80
Figura 105. Dimensiones chavetas y chaverteros según DIN.....	81
Figura 106. Características acero AISI/SAE 304.....	82
Figura 107. Tolerancias impuestas para el acoplamiento del reductor.....	83
Figura 108. Tolerancias dimensionales.....	85
Figura 109. Dimensiones Chaveta central eje-reductor.....	88
Figura 110. Dimensiones del chavetero del reductor.....	88
Figura 111. Dimensiones chavetero del centro del eje.....	89
Figura 112. Dimensiones chavetas laterales piñón-eje.....	89
Figura 113. Dimensiones Chaveteros laterales del eje.....	90
Figura 114. Dimensiones Chavetero del piñón.....	90
Figura 115. Ilustración 44. Sujeciones y esfuerzos en Solidworks.....	91
Figura 116. Simplificación del esquema de fuerzas en la barra.....	91
Figura 117. Características del soporte de rodamiento SY 35 TF.....	92
Figura 118. Características Cojinete Bronce Sólido.....	94
Figura 119. Modelos de cojinete de bronce sólido del catálogo.....	94

Tablas

Tabla 1. Especificaciones del promotor.....	9
Tabla 2. Objetivos y especificaciones de los usuarios.....	9
Tabla 3. Tabla variables entrada y salida del sistema preliminar.....	16
Tabla 4. Componentes eléctricos diseño preliminar.....	2
Tabla 5. Tabla variables entrada y salida del sistema preliminar.....	22
Tabla 6. Variables de entrada y salidas del sistema de control.....	23
Tabla 7. Componentes eléctricos.....	28
Tabla 8. Características de azulejos.....	34
Tabla 9. Características de la Fundición gris.....	38
Tabla 10. Tubos cuadrados comerciales.....	43
Tabla 11. Selección del número de dientes.....	49
Tabla 12. Selección del piñón.....	50
Tabla 13. Factor debido a cargas dinámicas.....	51
Tabla 14. Selección del piñón.....	54

Tabla 15. Factor de corrección Selección Reductor	60
Tabla 16. Modelos de reductores del catálogo.....	61
Tabla 17. Relaciones de transmisión posibles para el acoplamiento motorreductor.....	64
Tabla 18. Medidas del acoplamiento	66
Tabla 19. Modelos de reductores del catálogo.....	66
Tabla 20. Modelos de motores del catálogo.....	67
Tabla 21. Formas constructivas, posición y montaje	67
Tabla 22. Tubos rectangulares comerciales	72
Tabla 23. Tubos cuadrados comerciales	72
Tabla 24. Ajustes Recomendados ISO	85
Tabla 25. Listado de componentes comerciales del sistema mecánico	96
Tabla 26. Listado de componentes comerciales del sistema eléctrico	97
Tabla 27. Listado de componentes a fabricar	99
Tabla 28. Listado de componentes comerciales del sistema mecánico	116
Tabla 29. Listado de componentes comerciales del sistema eléctrico	117
Tabla 30. Listado de componentes a fabricar	119
Tabla 31. Presupuesto de todos los componentes	126
Tabla 32. Presupuesto Componentes comerciales sistema mecánico	128
Tabla 33. Presupuesto componentes comerciales sistema eléctrico	129
Tabla 34. Presupuesto piezas a fabricar.....	131
Tabla 35. Precio de venta de la máquina	132

MEMORIA

1. Introducción

El presente documento es objeto de la asignatura SIX-500 “Trabajo Fin de Máster”, y aborda todo el proceso de diseño de un “compenser cerámico” perteneciente al curso 2015-2016 del Máster de Diseño y Fabricación asistidos por computador, especialidad de maquinaria, de la Universidad Jaume I. Este es el documento siguiente al entregado para la asignatura SIX-350 “Anteproyecto II de final de Máster”, donde se desarrolla el diseño preliminar.

En este trabajo se expone un resumen de los procesos de diseño conceptual y preliminar de la máquina, y se obtiene un desarrollo de la solución definitiva, realizando el diseño de detalle o diseño final de la máquina.

1.1 Antecedentes

Ya en la antigüedad los hombres primitivos supieron hacer uso de la arcilla, mezclando la tierra que obtenían del suelo con agua. Estos hombres se dieron cuenta que podían moldear fácilmente esta mezcla pastosa y que al secar obtenía cierta consistencia, fabricando así utensilios de cocina como cuencos o vasijas. Posteriormente descubrieron, seguramente por accidente, que estas piezas calentadas al fuego adquirirían consistencia y dureza, con lo que inventaron la alfarería. Este suceso, por las excavaciones encontradas hasta ahora, se puede situar entre los 10.000 a 6.000 años antes de Cristo.

Durante siglos la cerámica iría dando pasitos muy pequeños en el proceso de elaboración de piezas, ya que las investigaciones no reflejan un adelanto hasta que la civilización babilónica. Esta civilización hacía unos azulejos vidriados, utilizando una técnica totalmente innovadora que permite darle al azulejo un brillo y una resistencia nuevas, a principios del siglo VI a. C.

Por otro lado los griegos, que por aquella época eran los más evolucionados en todas las áreas de la cultura, también conocían la cerámica. Ellos fueron quienes introdujeron la técnica del engobe.

Esta técnica consistía en las bañar las piezas horneadas en una mezcla de arcilla muy fina y líquida, mezclada con óxido de hierro. Cuando esta mezcla secaba un poco, se le hacían dibujos con unos punzones o peines, levantando el engobe. Después de una segunda cocción aparecen dos tonos en las piezas: uno más oscuro y el otro rojizo, debido al óxido de hierro.



Figura 1. Cerámica griega ornamentada con la técnica del engobe.

Durante la dominación romana, el arte de la alfarería avanzó bastante, ya que salían barcos de los puertos del Mediterráneo con ánforas llenas de aceite y vino para otros puertos; se utilizaba revestimiento cerámico en palacios, tanto en el suelo como en las paredes, etc. Se empleaban baldosas policromadas utilizando, además del óxido de hierro, el óxido de cobre que le confería a las piezas un tono azul turquesa. Esto lo aprendieron de los egipcios, que muchos años antes ya sabían policromar las baldosas y que decoraban sus templos con unos colores que han perdurado hasta nuestros días.

1.2 Justificación

Hoy en día la industria cerámica ha llegado a límites insospechables hace cincuenta años. Ésta abarca un sinfín de campos en los que se incluyen la química, el diseño, el comercio y el que da lugar éste proyecto: la tecnología. No es descubrimiento señalar que la tecnología en, estos últimos años, ha dado salto sin precedentes. Esto se ha traducido en el intento de automatización de todo el proceso de fabricación.

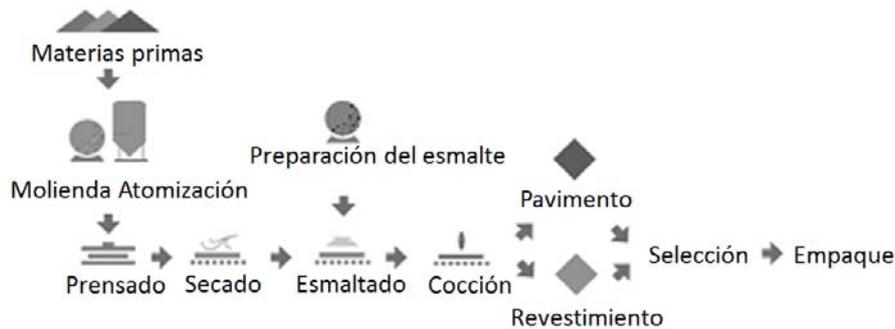


Figura 2. Proceso de fabricación de una línea cerámica.

La gran oportunidad de negocio que ofrecía este sector en sus inicios, hizo que se crearan muchas empresas hace ya unas cuantas décadas. Un ejemplo claro es la provincia de Castellón con más de doscientas empresas fabricantes de cerámica. Esto ha generado una competencia feroz en todos los ámbitos del sector, incluido el de la tecnología.

Un ejemplo, en una línea de producción desde el prensado hasta el empaque (todo el proceso excepto la preparación de las materias primas, que hace veinticinco años, se requerían aproximadamente unas cincuenta personas y hace diez años veinticinco. Hoy en día es suficiente con unas cuatro o cinco personas para controlar toda la línea. Por otro lado, la incorporación de la impresión digital en el mundo de la cerámica revolucionó el sector. Esta tecnología permite imprimir cualquier diseño un una pieza cerámica.

En el caso que nos abarca, la introducción del compenser en las líneas de producción supuso una ayuda para que el flujo de piezas en la línea fuera continuo. Éste funciona como “pulmón”, acumulando y suministrando piezas según convenga en el proceso. Gracias a su utilidad, este sistema está instalado en todas las partes de la línea (esmaltado, horneado y selección).

Por esta razón hay que optimizar al máximo el diseño compenser, al igual que ocurre con todas las máquinas, y conseguir así una ventaja competitiva tan necesaria hoy en día.

1.3 Objeto

El objetivo del proyecto consiste en diseñar un compenser para líneas de fabricación de cerámica que cumpla con los siguientes requisitos:

- Capacidad de acumulación para 30 piezas en disposición vertical
- Formato de las piezas entre 25x25 cm y 50x50 cm.
- Posibilidad de cambio de formato mediante regulación manual en la máquina.
- Sistema de control mediante PLC con pantalla táctil.
- Velocidad de línea máxima de 75 m/min.
- Modos de funcionamiento automático, semiautomático y manual.

2. Análisis del producto

2.1 Definición y estructura del producto

El compenser se encarga de acumular y suministrar piezas en caso de averías leves, como enganchedos, etc. Por ejemplo el horno, que es un componente crítico para el proceso, lleva instalado uno en la entrada para que el flujo de entrada sea constante ya que si cambia éste; el consumo de energía por pieza también variaría y produciría una ristra de piezas defectuosas. Si se engancha una pieza o hay una pequeña avería aguas arriba de la entrada, el compenser suministrará piezas, previamente acumuladas, hasta que se restablezca el problema.

2.2 Estructura del producto y especificaciones técnicas

La máquina se compone de tres partes fundamentales.

- Sistema mecánico, formado principalmente por el motor-reductor, el eje, las cadenas, los piñones, las barras del sistema de elevación y las aletas.

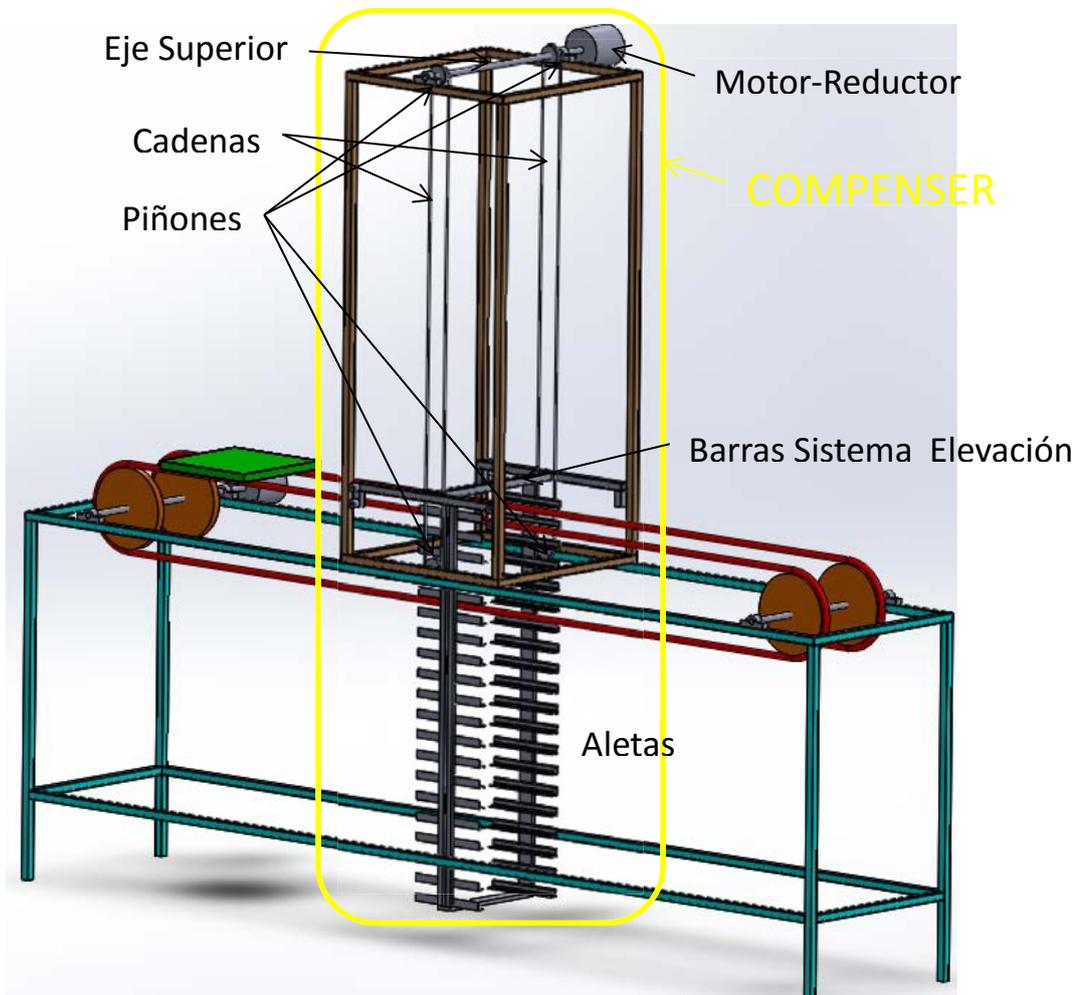


Figura 3. Partes Sistema Mecánico

- Estructura portante, encargada de soportar el peso de las partes móviles de la máquina
- Sistema eléctrico, que incluye el cuadro eléctrico, sensores y cableado.

2.3 Análisis metodológico de soluciones existentes

2.3.1 Análisis de mercado

En el estudio de mercado realizado se ha observado que se utilizan básicamente tres tipos tecnología:

- Compenser de aletas, que recogen las piezas mediante aletas. Proporciona las ventajas de simplicidad de funcionamiento y que es más económico. El inconveniente es que necesita adaptación en los cambios de formato, y ésta hay que hacerla manualmente



Figura 4. Compensers de aletas

- Compenser de barras o varillas, en el que se recogen las piezas mediante barras o unas varillas conectadas en los extremos por cadenas. Este sistema de varillas y cadenas pliega las cadenas en la descarga, lo que permite instalar muchas más pisos, al no requerir espacio por debajo de la altura de recogida de las piezas. Los de aletas por ejemplo, pueden llegar a requerir un foso, para un número elevado de pisos. Por el contrario, son más caros, necesitan mayor mantenimiento y tienen más problemas con atascos y enganches. Además se requieren dos motores en lugar de uno.



Figura 5. Compensers de barras o varillas

- Compenser de aletas autoajustable, también recogen las piezas con aletas, pero el sistema de elevación es diferente.



Figura 1. Compenser de aletas autoajustable

3. Resumen del diseño conceptual y preliminar de la máquina

3.1 Diseño conceptual de la máquina

En este apartado se realiza un resumen de la primera fase del trabajo: diseño conceptual, centrándose en la parte de metodologías de diseño.

3.1.1 Definición metodológica de los objetivos y las especificaciones técnicas definidas con anterioridad

Las primeras especificaciones vienen dadas por parte del promotor, y por tanto se convierten automáticamente en restricciones (R):

ESPECIFICACIONES DEL PROMOTOR	
Capacidad de acumulación para 30 piezas en disposición vertical	R
Formato de las piezas entre 25x25 cm y 50x50 cm	R
Posibilidad de cambio de formato mediante regulación manual en la máquina	R
Sistema de control mediante PLC con pantalla táctil	R
Velocidad de línea máxima de 75 m/min	R
Modos de funcionamiento automático y semiautomático	R

Tabla 1. Especificaciones del promotor

Por otra parte, se realizó un encuentro con varias personas encargadas del mantenimiento de empresas cerámicas, obteniendo los siguientes objetivos y especificaciones.

OBJETIVOS Y ESPECIFICACIONES OBTENIDOS DE LOS USUARIOS		
OBJETIVOS	ESPECIFICACIONES	
Seguro	Imposibilidad de electrocución, evitar enganchones y lesiones en los dedos	R
Alta durabilidad	Tiempo de vida del producto superior a 15 años	R
Máxima eficiencia	Máximo rendimiento global de la máquina	O
Económico	Menor precio posible.	O
Fiabilidad	Máxima continuidad de funcionamiento y mínima probabilidad de fallo	O
Equipamiento compacto	El compenser debe ocupar el menor espacio posible	O
Ningún o bajo mantenimiento	Hermetizar las partes convenientes e utilizar materiales anticorrosivos en partes expuestas	D

Tabla 2. Objetivos y especificaciones de los usuarios

3.1.2 Definición de funciones y estructura básica

Para realizar un análisis funcional se va a utilizar el método de la caja negra y la caja transparente. En la caja negra se muestra la función general del diseño y las principales entradas-salidas, entendiendo como tales los flujos de material, energía o información.

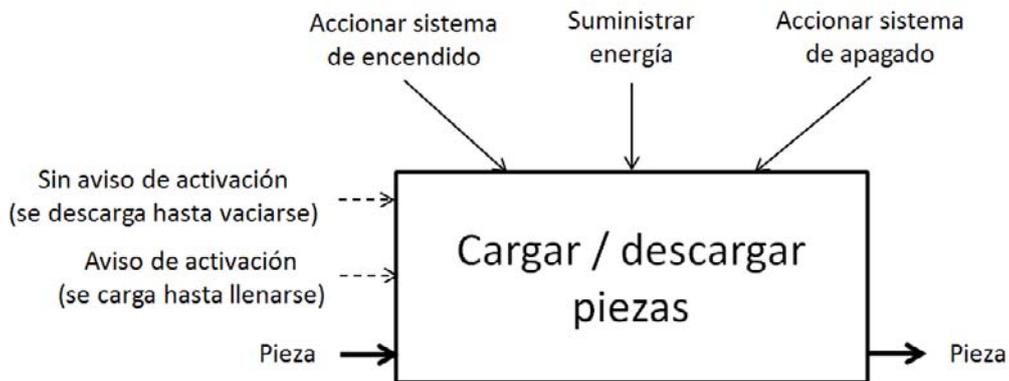


Figura 2. Caja negra de la máquina

En la caja transparente se identifican las subfunciones y también los flujos de material, energía o información.

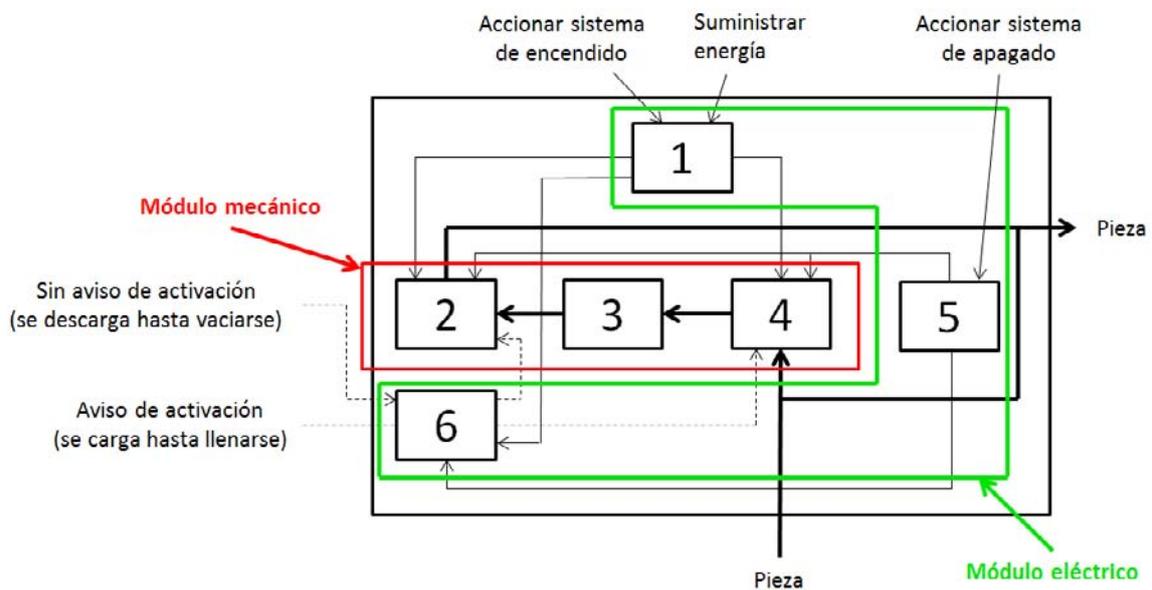


Figura 3. Caja transparente de la máquina

Subfunciones:

1. Encender la máquina
2. Descargar piezas
3. Almacenar piezas
4. Cargar piezas
5. Apagar la máquina
6. Controlar y ejecutar actuadores (sistema de control y automatización)

3.1.3 Propuesta conceptual de soluciones

La propuesta conceptual, es la de cambiar el mecanismo de carga y descarga de las piezas. La idea es cambiar el movimiento lineal, típico en este tipo de máquinas, por uno circular. Esto permite que el motor solo gire en una dirección tanto en la carga como en la descarga.

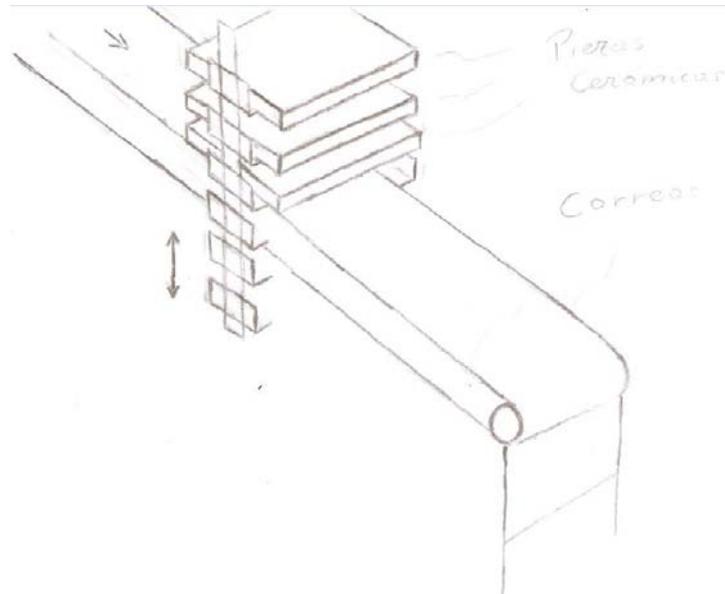


Figura 4. Propuesta 1

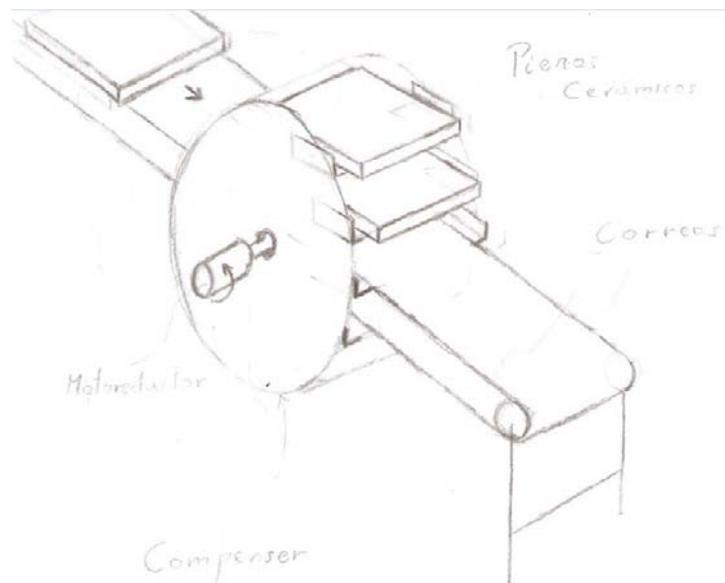


Figura 5. Propuesta 2

La desventaja es la cantidad de espacio que necesita, para la misma capacidad, en comparación con el de movimiento lineal. Por esta razón se descarta la propuesta y por tanto, la próxima parte del proyecto empezará con el desarrollo de la primera propuesta.

3.2 Diseño preliminar de la máquina

En el siguiente punto se realiza un resumen del diseño preliminar de la máquina, indicando las modificaciones que se realizan para el diseño final o de detalle.

3.2.1 Estructura del conjunto

Para realizar un diseño estructurado de la máquina, se va a analizar el sistema mecánico por un lado y el sistema eléctrico por otro.

Sistema mecánico

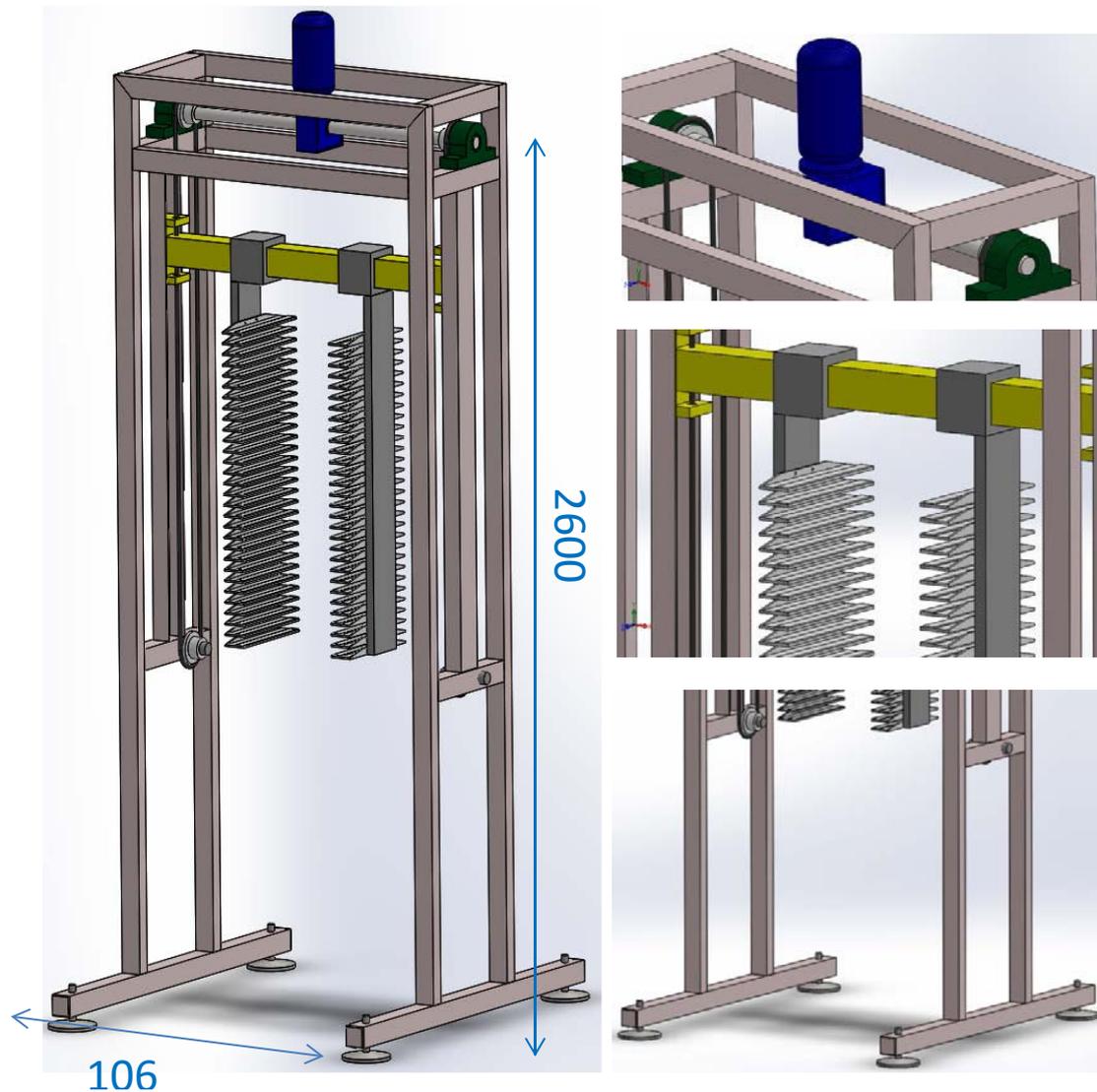


Figura 6. Sistema mecánico

Con el mismo criterio de estructurar el diseño, éste se divide en tres partes:

- Sistema de elevación
- Estructura portante
- Carcasa y soportes



Figura 8. Estructura portante

- Carcasas y soportes

Se coloca una carcasa que cubre la parte superior y dos partes laterales, con el objetivo de proteger el sistema de elevación y evitar accidentes. La mayoría de los soportes pertenecen a los sensores, y su ubicación no es definitiva todavía. Por esta razón se diseñan en la fase de detalle. Lo mismo ocurre con las carcasas y otros soportes, ya que dependen del diseño de detalle de la estructura.

- Modificaciones del sistema mecánico

No se realizan modificaciones para el diseño de detalle, ya que se considera que es un diseño apto. En el diseño de detalle, se detallan los componentes descritos y se añaden los componentes que faltan.

Sistema eléctrico

Para diseñar el sistema eléctrico se ha descrito la máquina en términos eléctricos y de programación:

El objetivo del compenser es acumular piezas que circulan en la línea de fabricación cuando el tramo siguiente se para, y evitar así que se pare el tramo anterior. En el diseño preliminar del sistema se obtiene el siguiente esquema de funcionamiento:

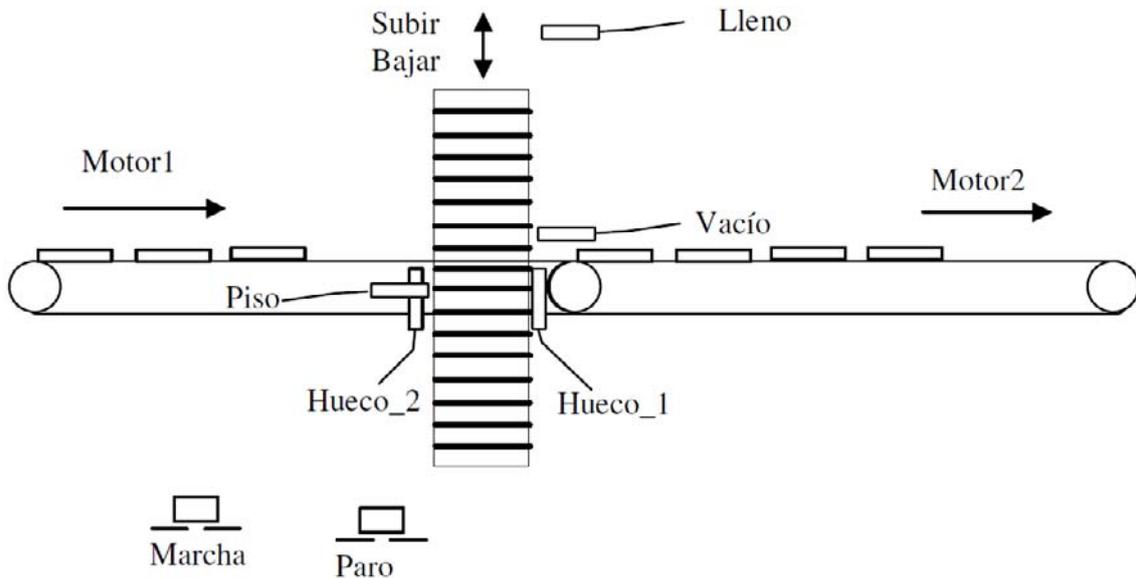


Figura 9. Esquema de funcionamiento

Siendo las variables del sistema de control:

ENTRADAS	
Hueco_1	Detector situado después del compenser
Hueco_2	Detector situado antes del compenser
Piso	Detector que controla si el compenser está exactamente en un piso
Lleno	Detector que controla cuando el compenser está lleno (llega a la posición más elevada)
Vacío	Detector que controla cuando el compenser está vacío (llega a la posición más baja)
Motor2	Señal que indica el estado del motor del siguiente tramo (activo o no)
Marcha	Pulsador de marcha
Paro	Pulsador de paro

SALIDAS	
Motor1	Pone en marcha el motor de la cinta anterior al compenser
Subir	Activa el motor del compenser para movimiento de subida
Bajar	Activa el motor del compenser para movimiento de bajada

Tabla 3. Tabla variables entrada y salida del sistema preliminar

- Descripción del funcionamiento del proceso

Estando el sistema en reposo, al pulsar Marcha debe ponerse en funcionamiento. En funcionamiento normal, Motor2 está activo, y Motor1, también. Si se desactiva Motor2 (debido a un fallo en el tramo posterior de la línea), el compenser debe empezar a cargar piezas. Para ello, cuando se active Hueco 2 el compenser debe subir un piso (sin parar Motor1). Esta carga continuará hasta que se active Lleno (en cuyo caso se debe desactivar Motor1) o hasta que se active de nuevo Motor2.

Si el compenser se ha llenado, el sistema permanecerá parado hasta que se active Motor2. Cuando se vuelva a activar el Motor2, el Motor1 debe activarse, y el compenser debe empezar a descargar.

Para descargar una pieza tiene que haber detectado un hueco suficiente. Habrá un hueco suficiente si cuando se desactiva Hueco 2 (al salir la pieza), Hueco 1 no está activo (no hay una pieza llegando). Para descargar, simplemente bajará un piso.

La descarga seguirá hasta que se active Vacío o hasta que se desactive Motor2, en cuyo caso se procederá a cargar piezas tal y como se ha explicado arriba.

Si en funcionamiento normal se pulsa Paro, el sistema debe detenerse hasta que se pulse Marcha.

La programación de la máquina se compone de tres GRAFCETs independientes:

- Grafcet de puesta en marcha

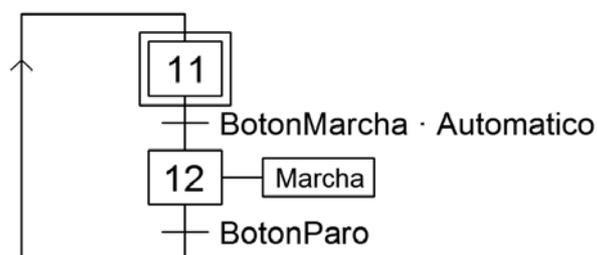


Figura 10. Grafcet de puesta en marcha

El funcionamiento de la máquina se inicia con el botón de marcha, enclavando la variable interna Marcha, y se detiene con el pulsador de paro. Éste paro no detiene la máquina hasta que no se haya vaciado el compenser y se quede en su posición de inicio.

- Grafcet modo manual

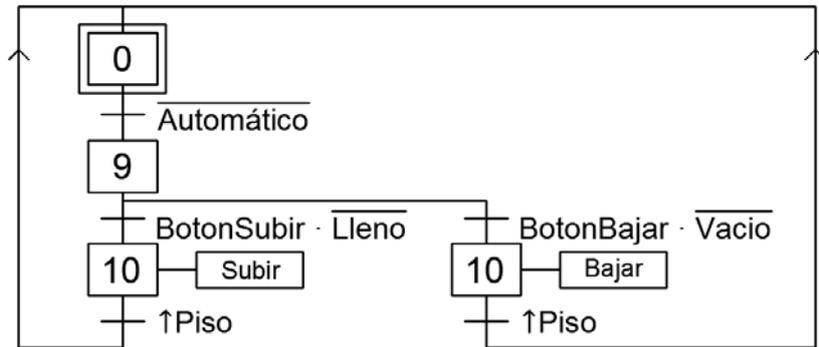


Figura 11. Grafcet modo manual

Con el conmutador en modo manual (no automático), el compenser sube o baja un piso al pulsar los botones de subir o bajar. Esta función es útil ya que en caso de desconexión de la red, se puede descargar el compenser manualmente y dejarlo así en su posición de inicio.

- Grafcet principal

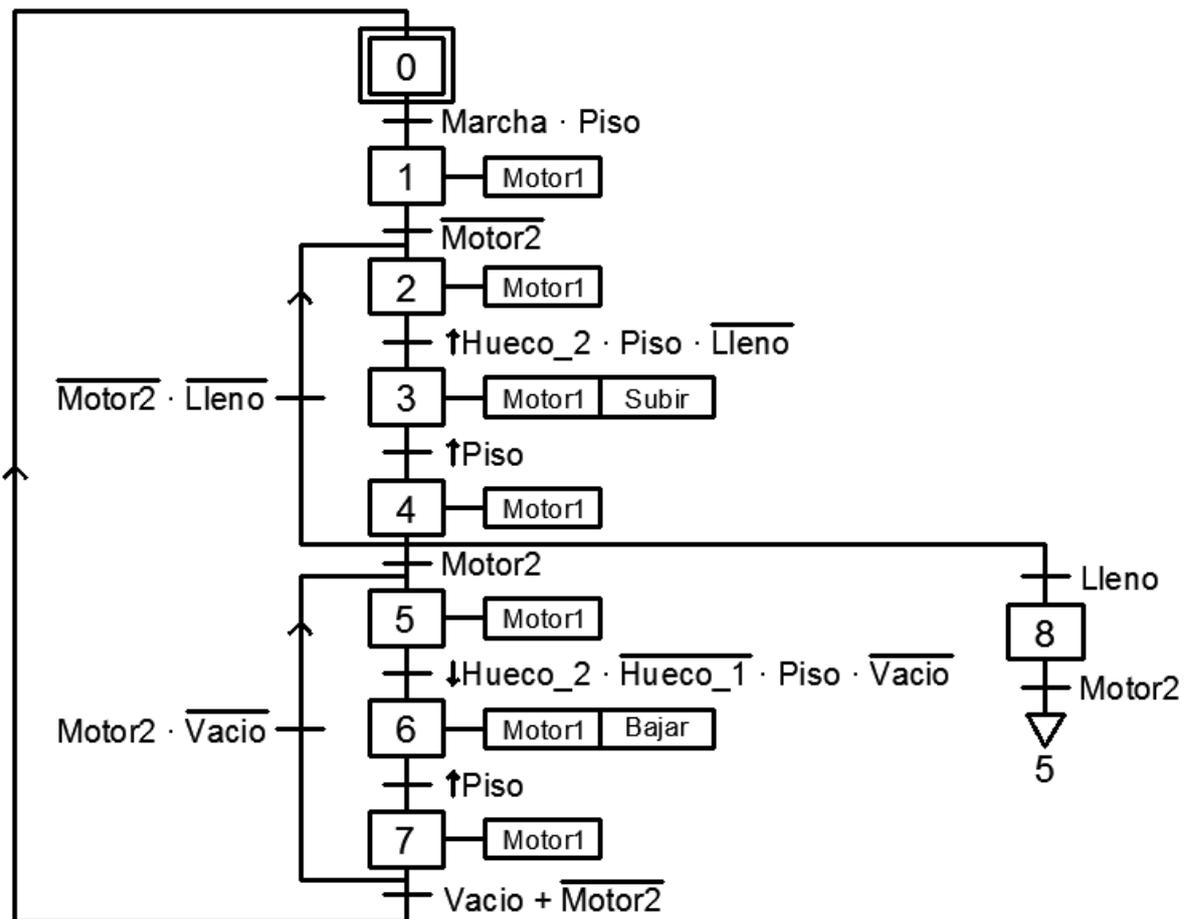


Figura 12. Grafcet principal

Cuando se activa la variable interna Marcha y el detector Piso está activo, se conecta el motor de la cinta del tramo Motor1 (el detector Piso indica que se está en la posición vertical de recogida y deposición de las piezas). Si el motor del tramo siguiente Motor2 deja de funcionar, el motor de la cinta Motor1 sigue funcionando y la máquina sube instantáneamente cuando el detector Hueco_2 genera un pulso de subida, Piso está activo y el compenser no está lleno. La máquina se deja de subir cuando Piso da un pulso, indicando que ha subido un piso. El proceso se repite hasta que se repara la incidencia y Motor2 vuelve a funcionar, o el compenser se llena. En ese caso se detiene Motor1 hasta que se restaure Motor2.

Si se restaura el funcionamiento de Motor2, el compenser se descarga. Esto ocurre cuando la máquina detecta un flanco de bajada de Hueco_2 (indicando que la pieza acaba de pasar), Hueco_1 no está activa (porque no pasa pieza en ese instante), Piso está activo y el compenser no se ha vaciado del todo. La máquina deja de bajar cuando Piso da un pulso, indicando que bajado un piso. El proceso se repite hasta que se vacía (quedándose en estado de espera de fallo de Motor2) o el Motor2 vuelve a dejar de funcionar, y empieza otra vez a cargar piezas.

Una vez obtenida la programación preliminar, se plantea el esquema eléctrico:

-Circuito de potencia:

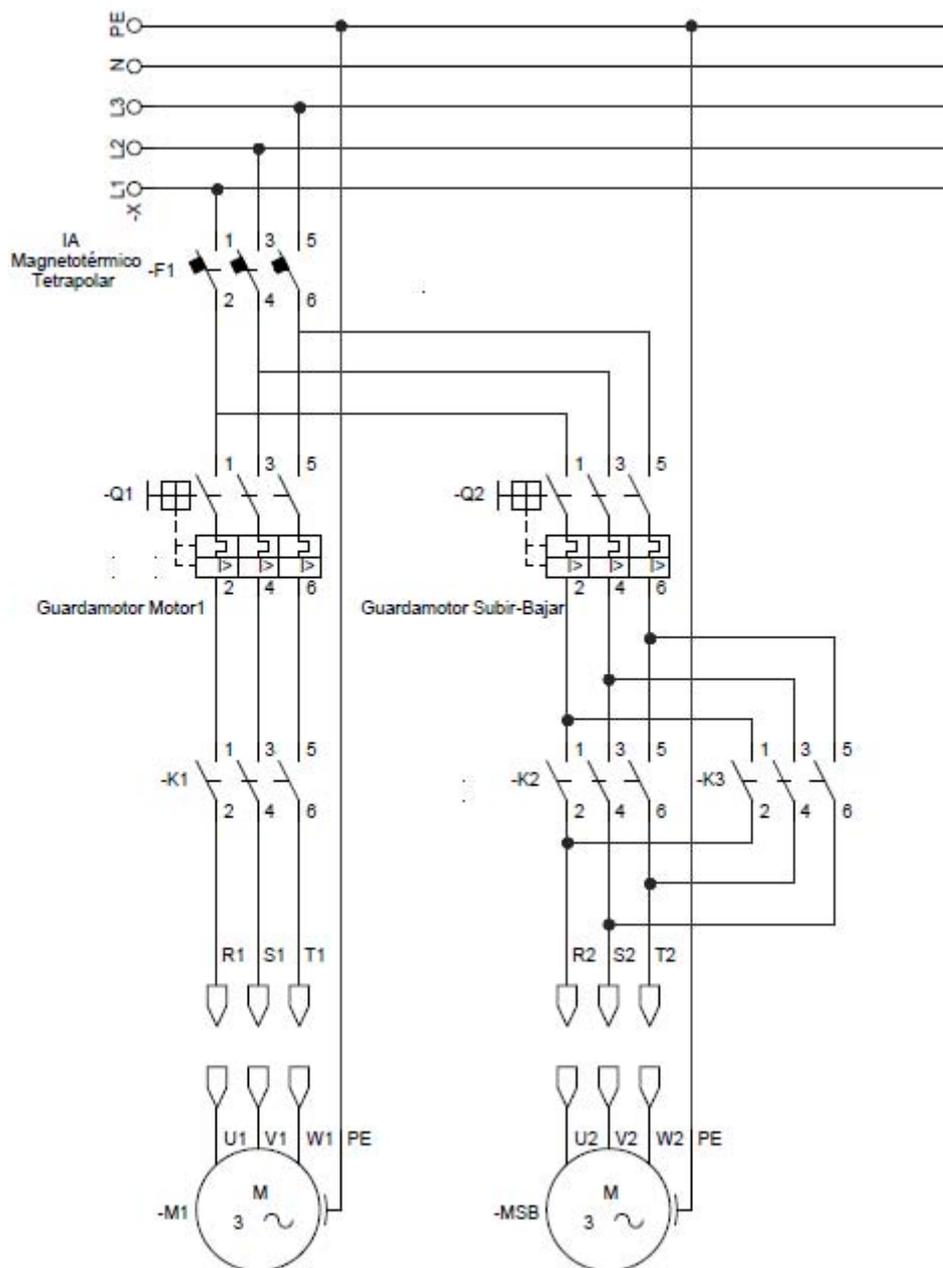


Figura 13. Circuito de potencia

Los IAs magnetotérmicos se colocan justo a la entrada de cables del armario, normalmente en la parte superior, para evitar electrocuciones cuando se desconecta el interruptor.

-Circuito de mando

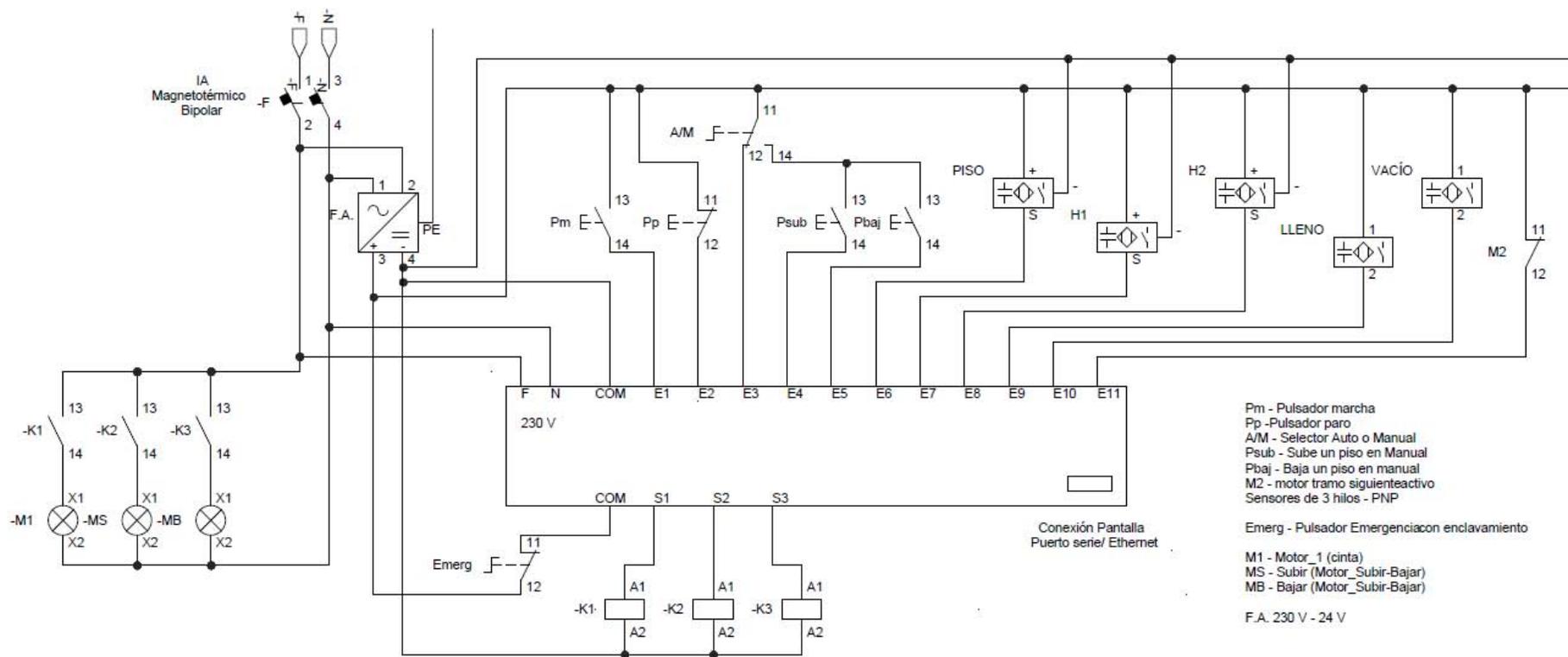


Figura 14. Circuito de mando

En la tapa del armario, por la parte exterior, se instalan los pulsadores de marcha, paro y el selector automático-manual. También se instalan 3 pilotos de luz que indican si el motor 1 está activo, cuando el motor está subiendo y cuando está bajando, además de la pantalla. Ésta permite regular tiempos de los sensores, conocer el número de piezas almacenadas, entre otras funciones. El pulsador de emergencia se instala fuera del armario, en la parte superior.

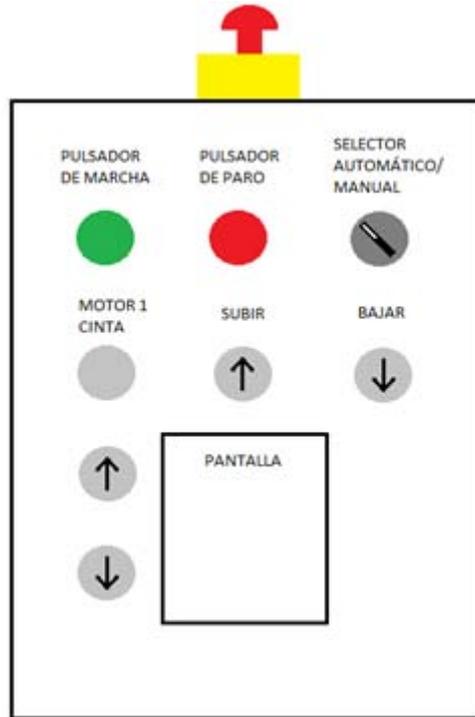


Figura 15. Cuadro eléctrico

Esquema de bornes:

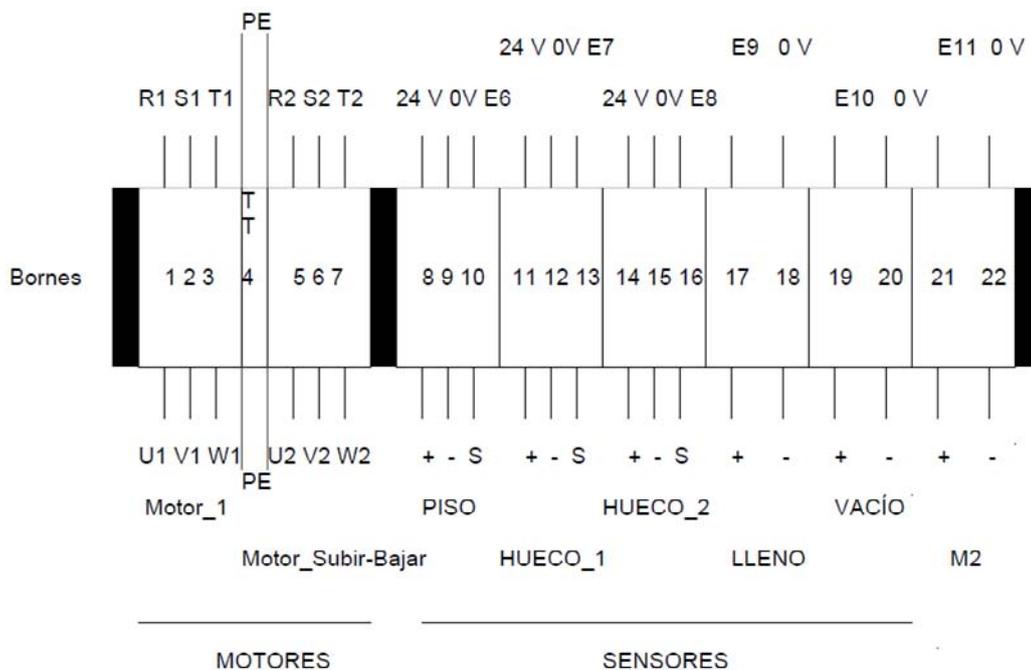


Figura 16. Esquema de bornes

Se recomienda colocar el regletero en la parte inferior del armario (dentro), para facilitar la conexión con los componentes externos.

A continuación se muestra el listado de componentes eléctricos necesarios para la instalación

Unds	Componente
1	IA Magnetotérmico Tetrapolar
1	IA Magnetotérmico Bipolar
2	Guardamotor
3	Contactos auxiliares 24 V CC NA
1	Pulsador color verde
1	Pulsador color rojo
1	Selector de 2 posiciones
2	Pulsador
3	Sensor de 3 hilos PNP
2	Sensor de 2 hilos
1	Contactos auxiliares 24 V CC NC
3	Pilotos
1	Pulsador de emergencia
1	Fuente de alimentación 230-24 V
1	Autómata programable
1	Pantalla
1	Armario
-	Regletas
-	Cable
-	Varios (guías, placas, soportes, etc)

Tabla 4. Componentes eléctricos diseño preliminar

- Modificaciones del sistema eléctrico

La principal modificación es la selección de un autómata que no permite la programación en Grafset. Esto se realiza debido a que se quiere fabricar una máquina robusta y fiable, pero a un precio mínimo; un producto de calidad pero económico, que se sitúe en la gama media del mercado. La diferencia de precio con respecto al modelo que permite la programación en Grafset es más del doble, y los dos cumplen sobradamente las funciones, para esta aplicación. Por tanto se realiza una programación en lenguaje "LD", llamado también de contactos, la cual se adjunta en los anexos.

También se realiza un cambio de nomenclatura, ya que se tuvo la ocasión de probar la programación en un prototipo de la máquina, y resultaba más cómodo. En el apartado de [sistema eléctrico](#) de la memoria descriptiva (diseño de detalle) se muestra toda la información.

3.2.2 Selección de materiales y procesos de fabricación

A continuación se muestra la selección preliminar de materiales, componentes comerciales y piezas de fabricación propia. En estas últimas se indica el proceso de fabricación de la pieza.

Para la selección de materiales, hay que tener en cuenta que la mayoría de componentes son comerciales, y son los fabricantes los que determinan el material. Por ejemplo, la estructura portante se compone de barras de perfiles comerciales, y el material para perfiles estructurales suele ser acero AISI 1020. En cuanto a los ejes, se busca un acero con buena resistencia a la corrosión y al desgaste. Por tanto se requiere un acero inoxidable, y un acero inoxidable típico para ejes es el acero AISI 304.

Por otro lado, las aletas son un componente a fabricar en las se requiere un proceso de selección de materiales. Para ellos se utiliza la “metodología Ashby” y el software de selección de materiales CES, que proporciona ésta.

Es sistema equivalente de los esfuerzos a los que está sometida la aleta, es una barra empotrada con una carga puntual.

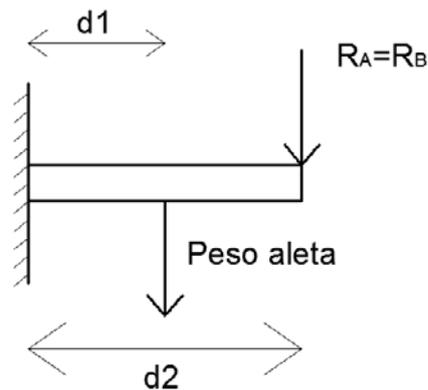


Figura 17. Esquema de fuerzas en una aleta

Aunque escoger un material más ligero puede ahorrar costes en términos energéticos, se opta por dar prioridad al cote (€/kg), ya que la máquina no tiene un funcionamiento continuo.

La obtención del índice de material para este caso, está resuelta en el manual del software.

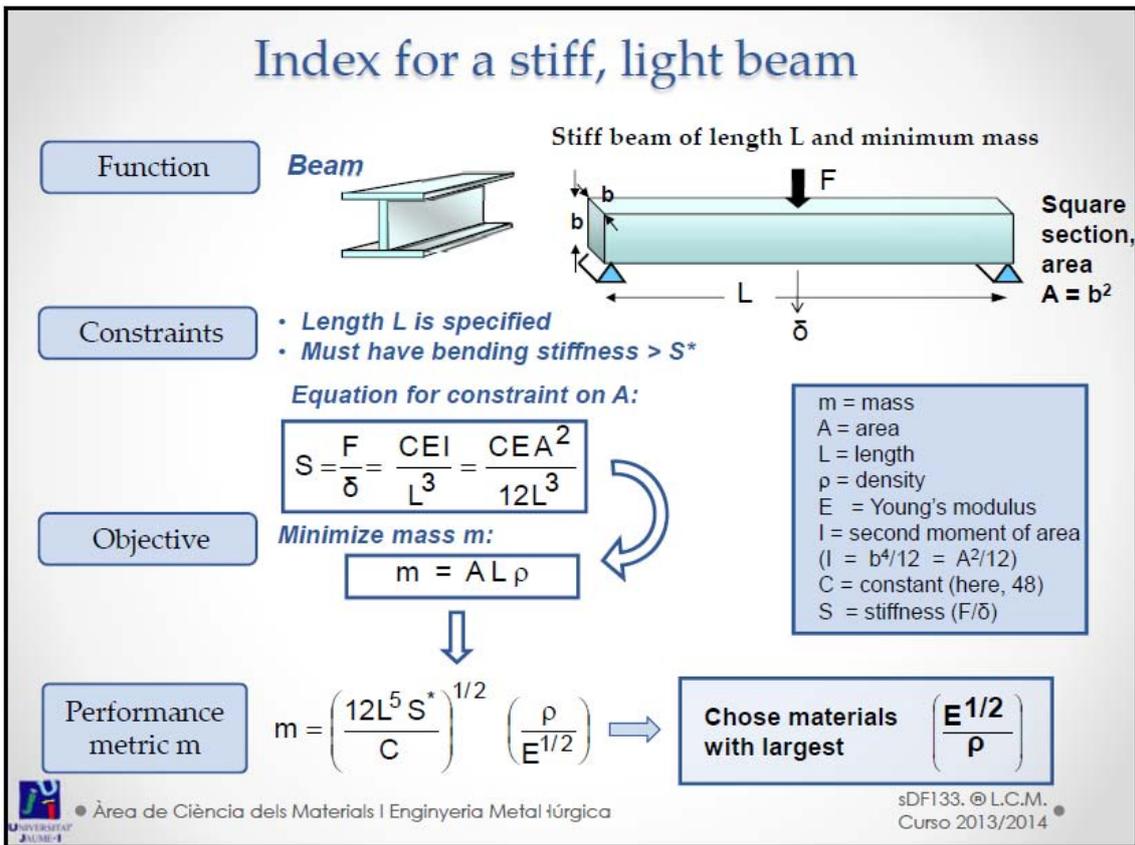


Figura 18. Aplicación de la “metodología Ashby”

Aunque este ejercicio está resuelto para una barra biarticulada, el índice de material no varía ya que lo único que cambia es el valor de C , y este no influye en el índice del material

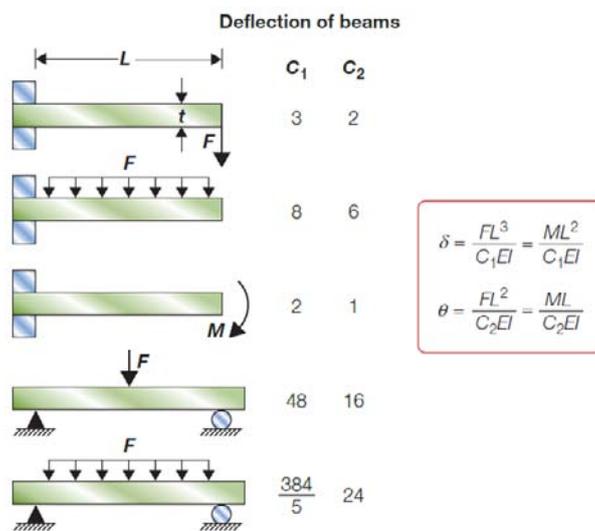


Figura 19. Coeficientes de flecha y ángulo de giro

Por tanto se obtiene un índice de material $E^{1/2}/\rho$, con lo que se obtiene una pendiente de 2.

$$M = \frac{E^{1/2}}{\rho} \rightarrow m = 2$$

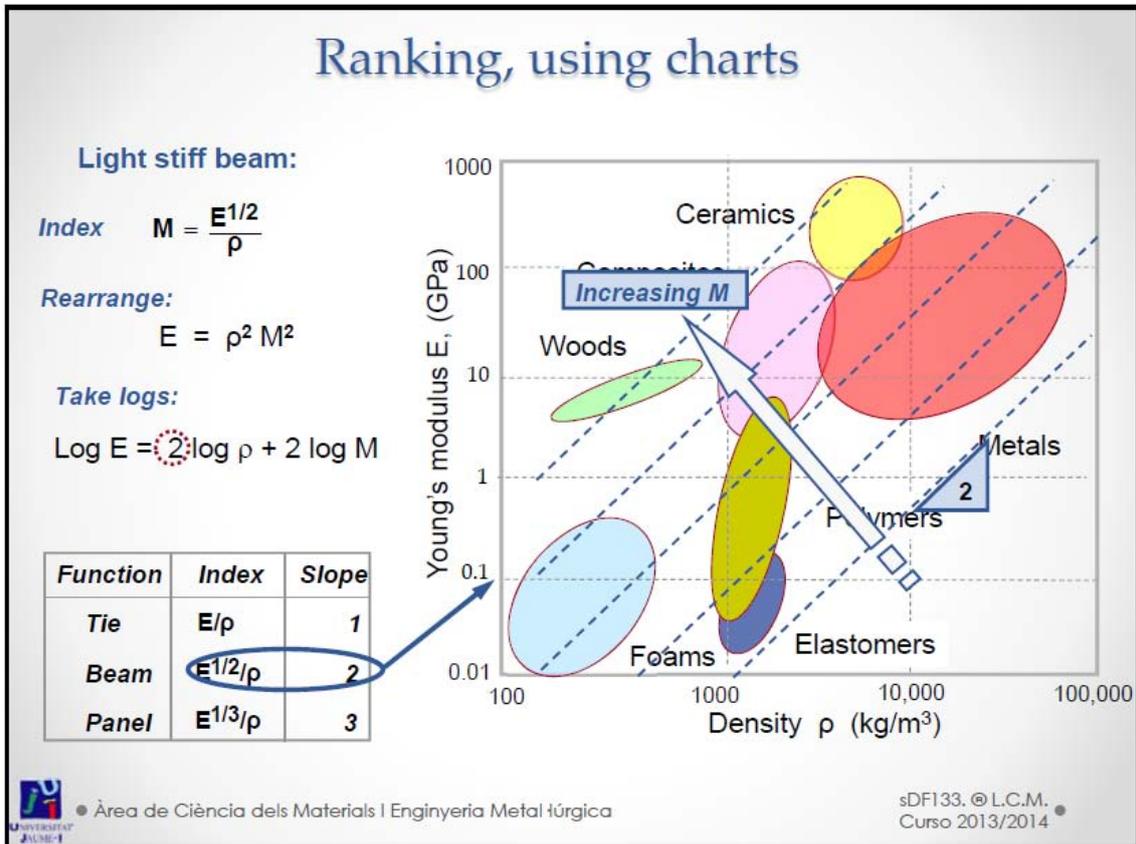


Figura 20. Aplicación de la “metodología Ashby”

Además del índice del material, se imponen las restricciones de que sea un material metálico, ya que se requiere sea moldeable, buena maquinabilidad y alta resistencia al desgaste. También se impone la condición de precio mínimo. Estos son los resultados obtenidos:

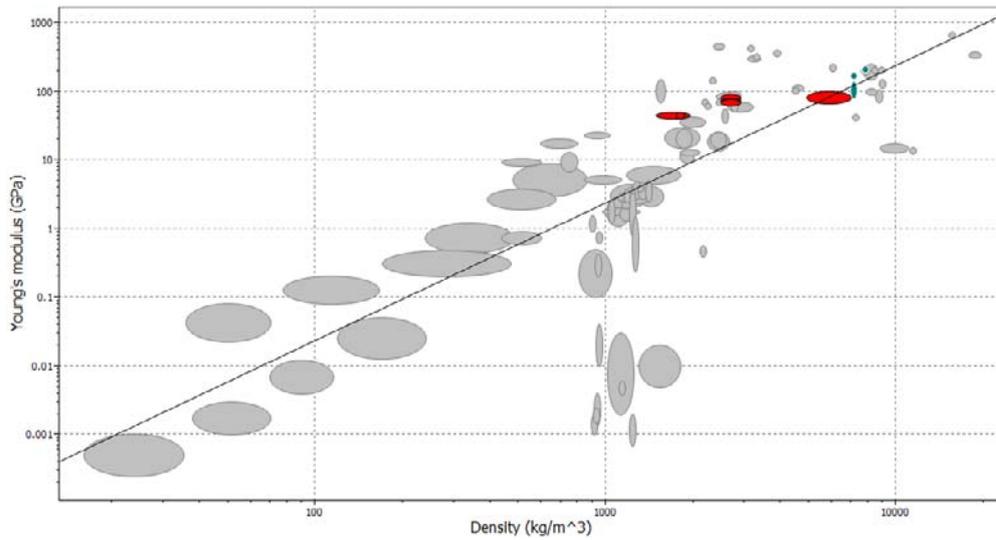


Figura 21. Soluciones obtenidas mediante la “metodología Ashby”

El listado obtenido, en orden de precio decreciente, indica que la mejor opción es la fundición gris.

Selection Project ✕

1. Selection Data

Database: CES EduPack 2011 Levels 1 & Change...

Select from: Edu Level 2: Materials

2. Selection Stages

Graph Limit Tree

Stage 1: Young's modulus (GPa) vs. Density (kg/m³)

Stage 2: Tree

Stage 3: Limit

3. Results: 12 of 98 pass

Show: Pass all Stages

Rank by: Stage 3: Price (EUR/kg)

Name	Price (EUR/kg)
Cast iron, gray	0.417 - 0.458
Cast iron, ductile (nodular)	0.476 - 0.524
Low carbon steel	0.49 - 0.539
Medium carbon steel	0.518 - 0.57
High carbon steel	0.557 - 0.612
Low alloy steel	0.655 - 0.72
Age-hardening wrought Al-alloys	1.72 - 1.89
Non age-hardening wrought Al-all...	1.76 - 1.93
Zinc die-casting alloys	1.77 - 1.95
Cast Al-alloys	1.79 - 1.96
Wrought magnesium alloys	3.44 - 3.79
Cast magnesium alloys	3.49 - 3.83

Figura 22. Soluciones obtenidas mediante la “metodología Ashby”

4. Memoria descriptiva de la máquina

Para la descripción de la máquina en el diseño de detalle, se va a proceder de la misma manera que en el diseño preliminar.

Por tanto, se va a realizar una descripción detallada del sistema mecánico por un lado y el sistema eléctrico por otro.



Figura 23. Imagen del conjunto

4.1 Sistema mecánico

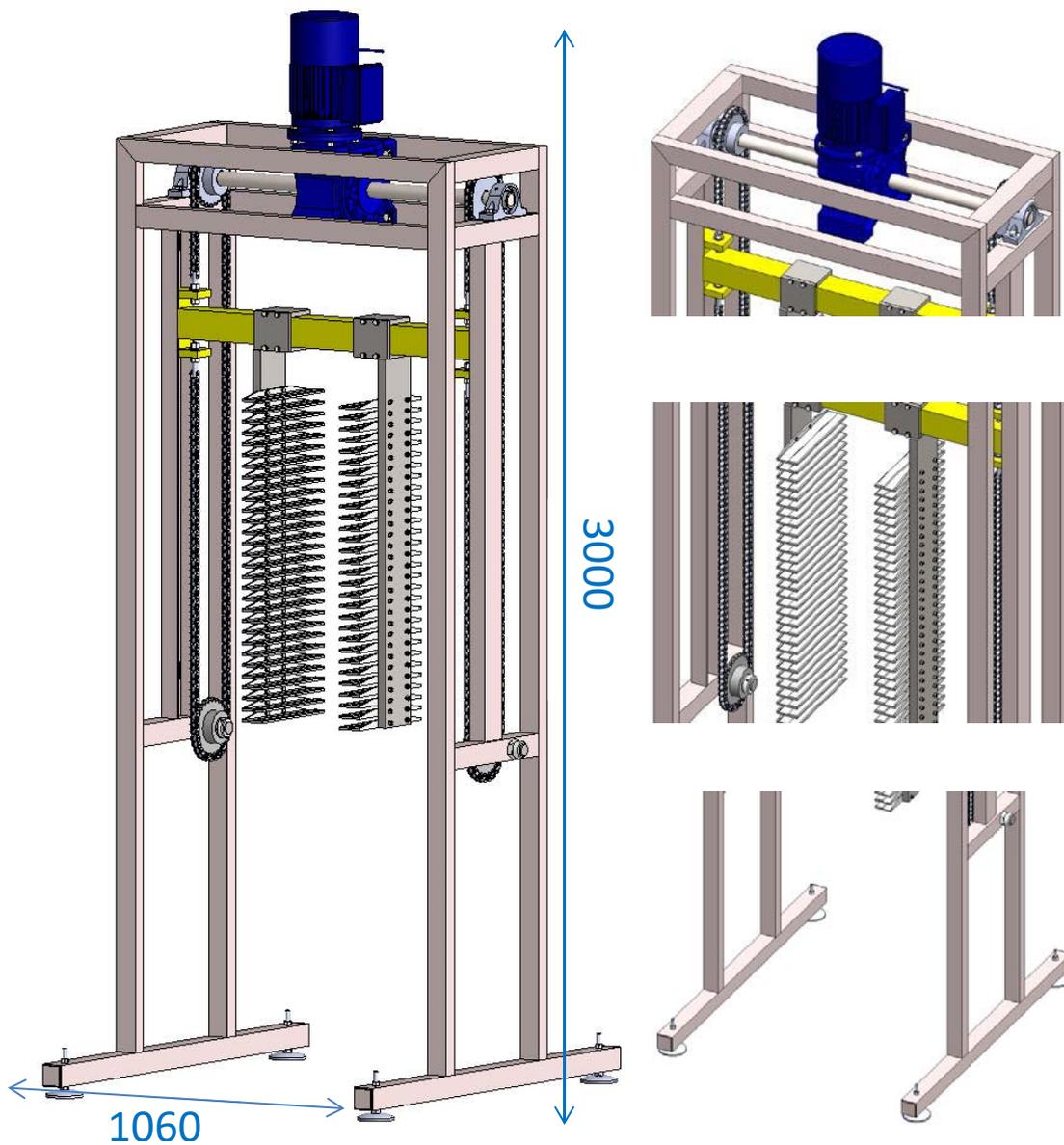


Figura 24. Sistema mecánico

El sistema mecánico se divide en tres partes:

- Sistema de elevación
- Estructura portante
- Carcasa y soportes

El orden de diseño es importante ya que el sistema de elevación es el que proporciona las cargas para el dimensionado de la estructura portante y por último, se obtiene la forma de la carcasa y los soportes.

4.1.1 Sistema de elevación

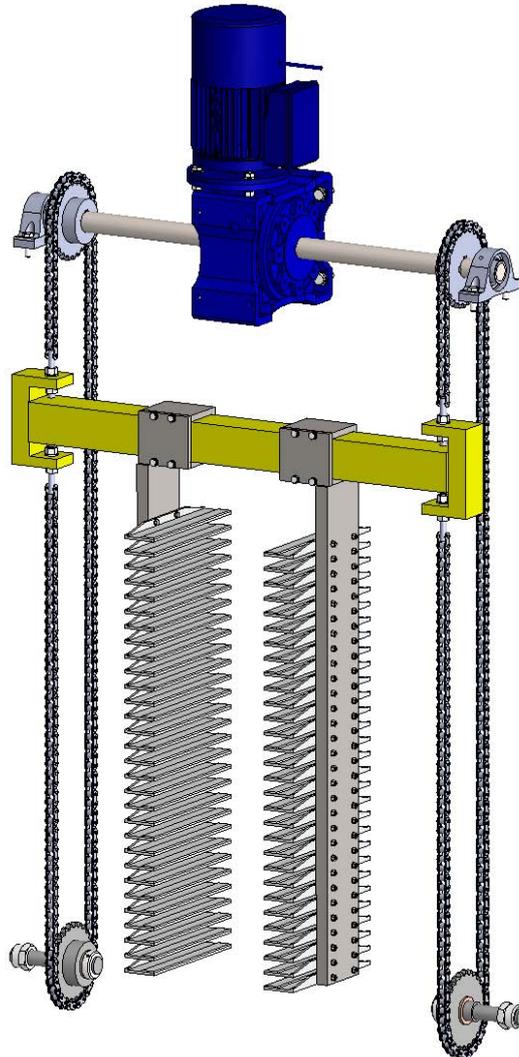


Figura 25. Sistema de elevación

El sistema de elevación es la parte móvil de la máquina, y se encarga de cargar y descargar las piezas mediante un movimiento lineal de subida o de bajada. Este movimiento se genera a través del motor y los sistemas de transmisión. Se compone de los siguientes elementos:

-Motor-freno

Es el elemento que va introducir potencia al sistema. Tiene que suministrar la potencia suficiente al reductor a una velocidad de giro adecuada. También tiene que tener un sistema de frenado bastante preciso ya que el sistema lo requiere.

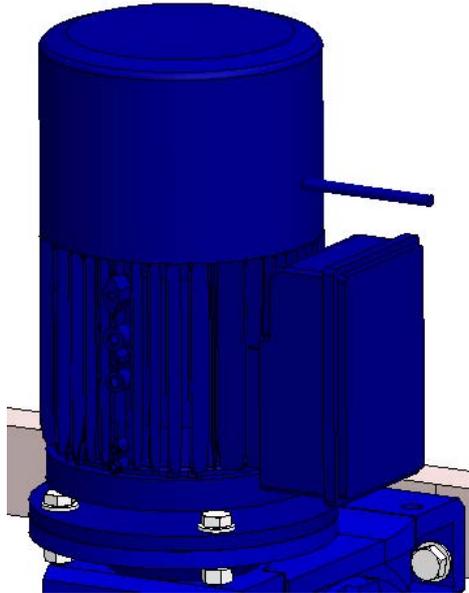


Figura 26. . Motor-freno

Se escoge un motor-freno eléctrico trifásico asíncrono de la marca MGM modelo:

BA 90 0.04-1,5 kW, 230/400V 50 Hz, class F, IP 54, IM V1, AC brake coil, single terminal board box

El motor se sujeta mediante 4 juegos de tornillo-arandela-arandela-tuerca, de métrica 12, con el reductor.

-Reductor

La función de éste es transmitir la potencia del motor al eje, obteniendo un aumento de par por un lado, y una reducción de velocidad de giro por otro.

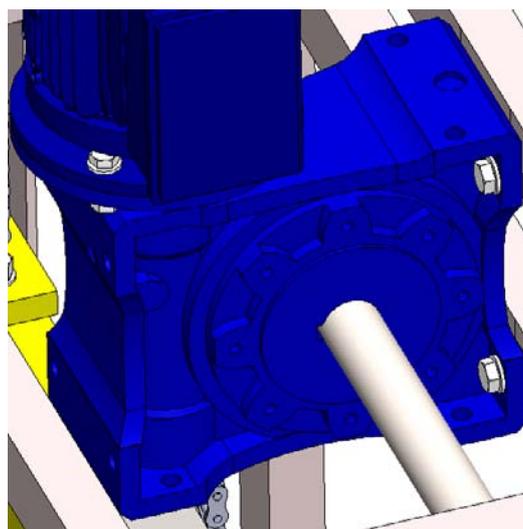


Figura 27. Reductor

Se escoge un reductor de tornillo sinfín, de la marca Bonfiglioli modelo:

BA W 110 U D42 69 P90 B5 V6

El reductor se sujeta mediante 4 juegos de tornillo-arandela, de métrica 14, roscados directamente en estructura portante.

-Eje superior

Trasmite el par de giro que proporciona el reductor a los dos sistemas de piñón-cadena, además soportar las cargas producidas por el peso del conjunto.

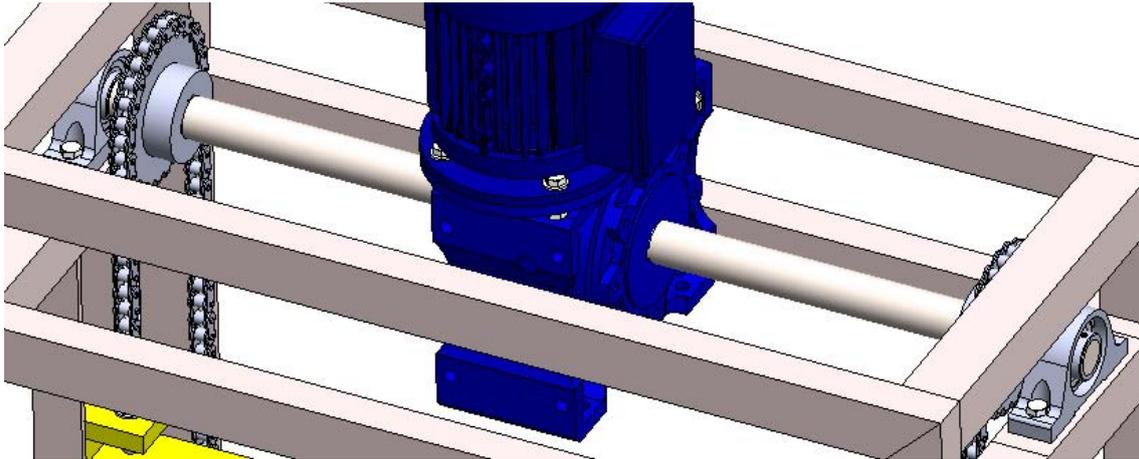


Figura 28. Eje superior

Se sujeta mediante dos soportes de rodamiento instalados en los extremos, y se fija al rodamiento mediante dos tornillos prisioneros a 90°. Para transmitir el par, se instala una chaveta de 12x8x125 mm en el reductor, y dos chavetas en cada piñón de 12x8x32 mm.

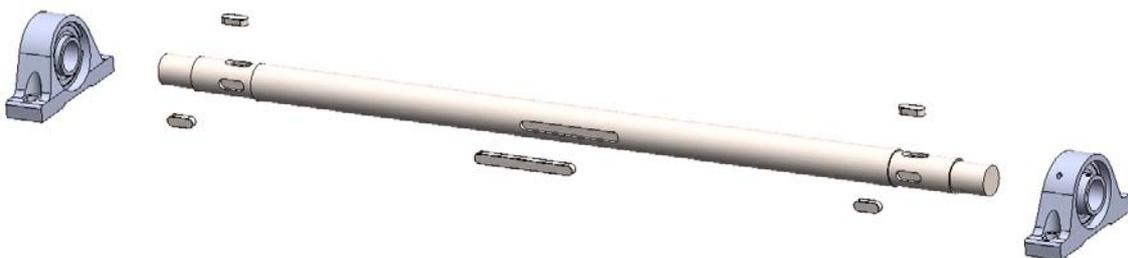


Figura 29. Elementos ligados al eje

-Sistema piñón-cadena

Permite transformar el movimiento circular del eje, en el movimiento lineal de sube y baja del sistema.

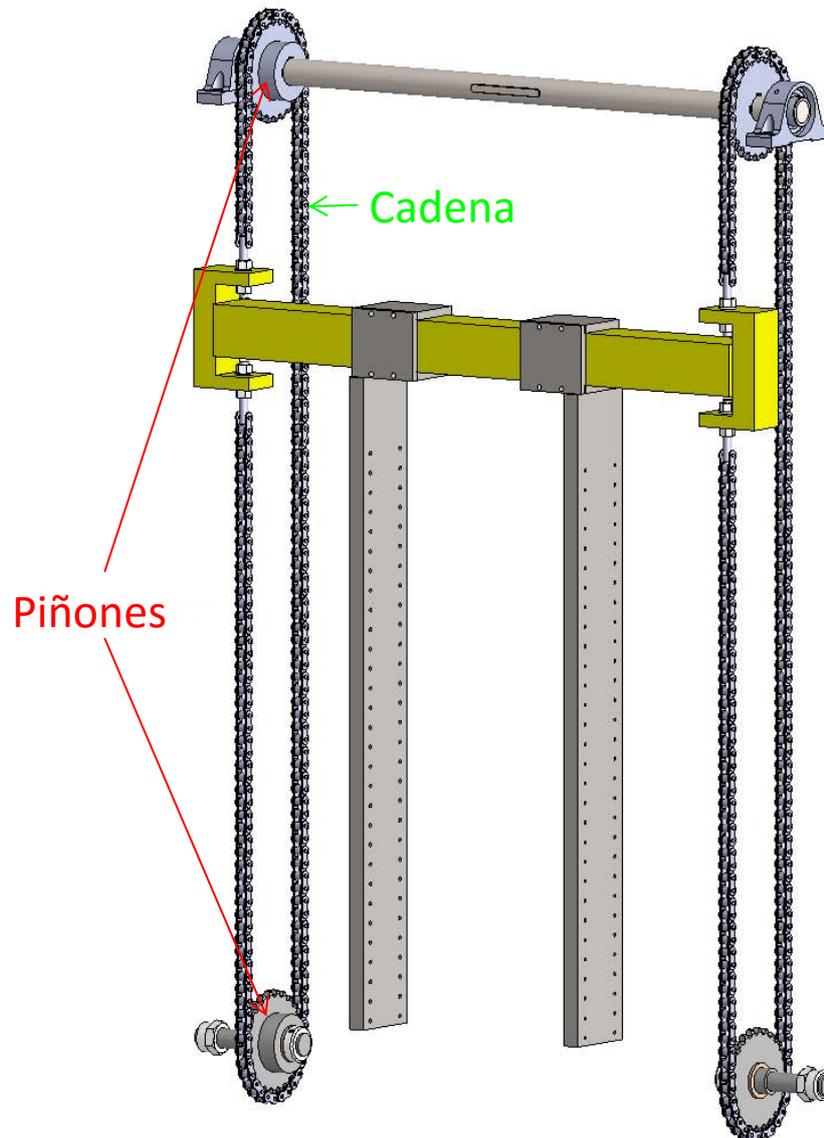


Figura 30. Sistema piñón-cadena

El sistema piñón-cadena va unido a la barra de elevación por medio de espárragos insertados en los extremos de la cadena, junto con las tuercas y arandelas correspondientes. Se utiliza un juego varilla-tuerca-arandela-arandela-tuerca, todo de métrica 14, en cada extremo de la cadena, y a la varilla se realiza un taladro de diámetro 8,52 mm, para introducir el bulón. Este sistema permite tensar y destensar la cadena para el correcto funcionamiento de la máquina. A continuación se muestran unas figuras aclaratorias.

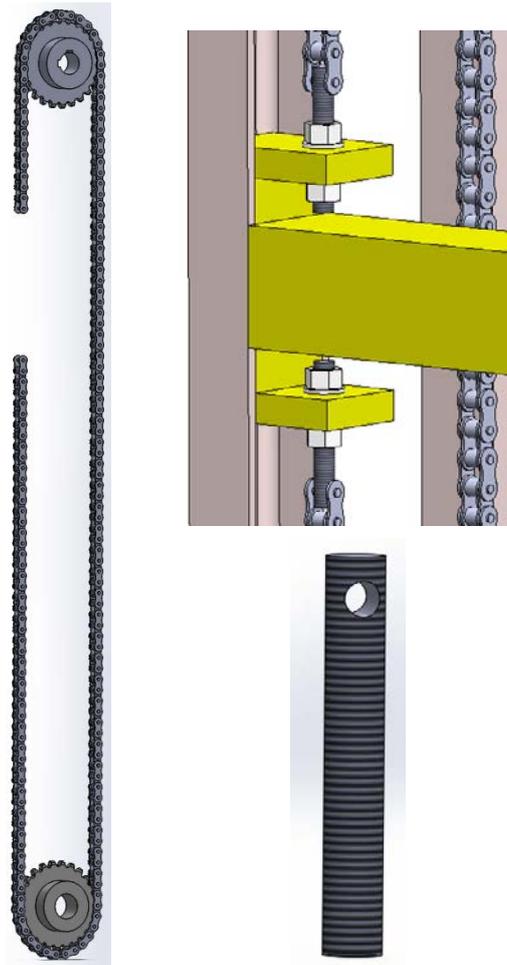


Figura 31. Partes del sistema piñón

Ejes inferiores

Se encargan de sujetar los piñones inferiores, soportando las cargas generadas por la tensión de la cadena.

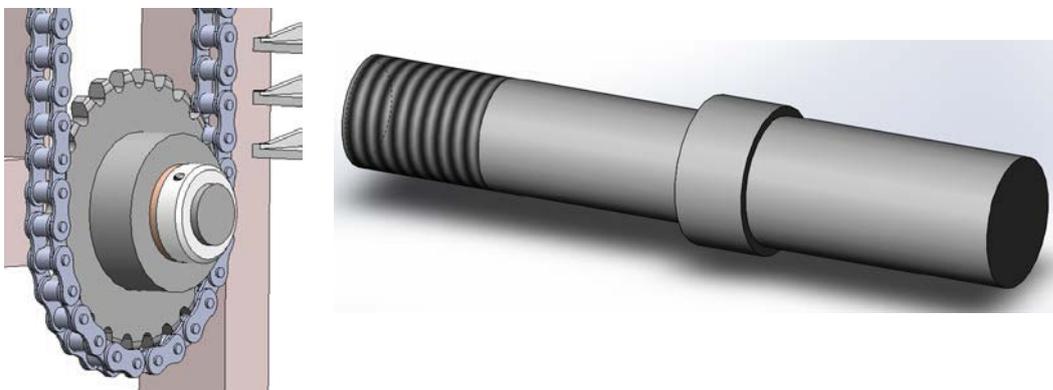


Figura 32. Eje inferior

Estos ejes se sujetan atravesando la barra de la estructura portante, obteniendo una fijación axial por medio de un hombro mecanizado, por un lado, y por una tuerca autoblocante de métrica 30, por otro.

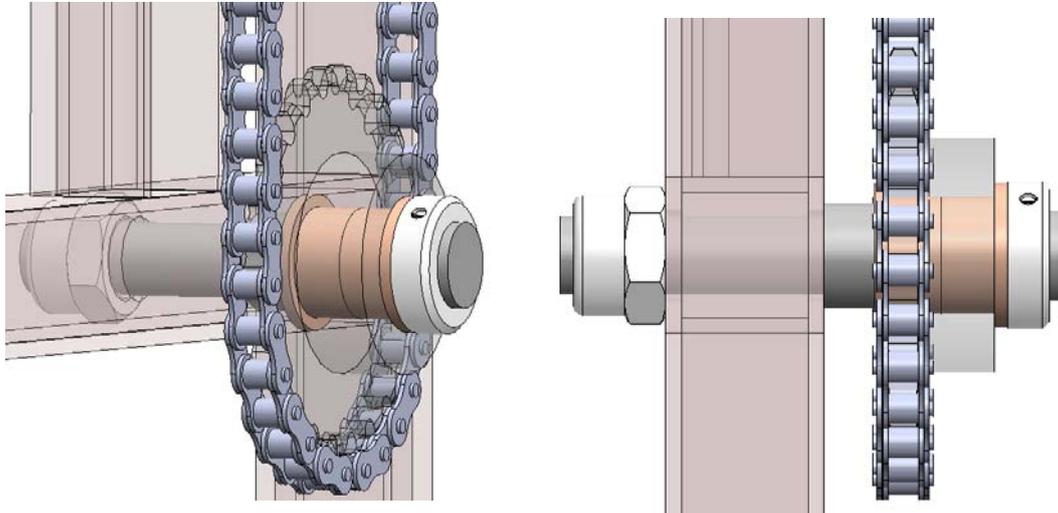


Figura 33. Montaje Eje Inferior

Para rotación del piñón, se optado por fijar el eje e instalar unos cojinetes autolubricantes de bronce, ya que para instalar rodamientos se hubiera tenido que disminuir mucho el diámetro del eje.

El piñón se fija axialmente por medio de un hombro por un la lado, y por un anillo de retención DIN 705 de métrica 35, por otro.

-Barra de elevación

Esta barra va enganchada a las dos cadenas mediante el sistema de tuercas y espárragos que permite regular la tensión de la cadena, comentada en el punto anterior. De ella cuelgan las dos barras con treinta aletas cada una, y tendrá que soportar el peso cuando éstas estén cargadas de piezas.

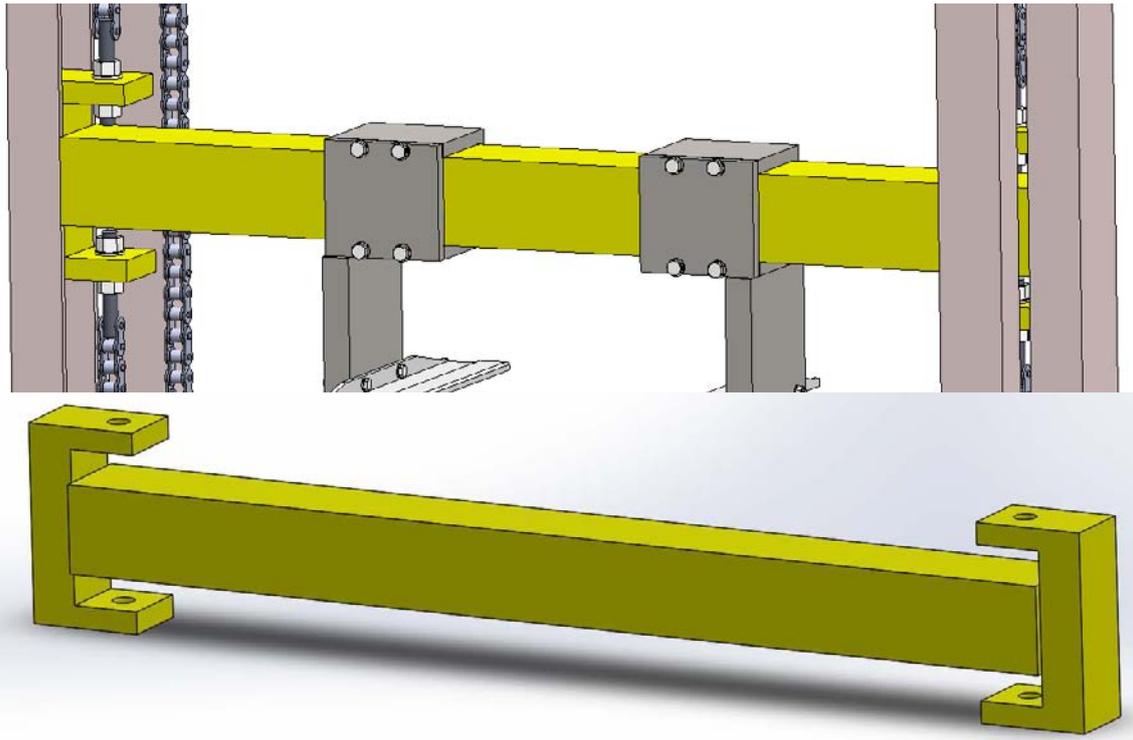


Figura 34. Barra Elevación

Es importante la forma de los extremos de la barra, ya que realizan una función de guiado restringiendo el movimiento en dos direcciones, y permitiendo solo el movimiento vertical. Las superficies en la que se produce el deslizamiento, tienen que estar lubricadas.

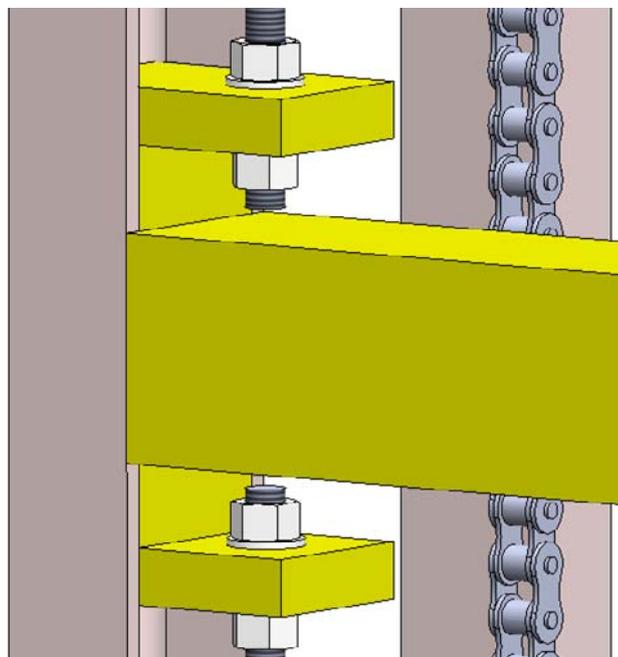


Figura 35. Guiado Barra Elevación

-Barras de las aletas

Son barras macizas que cuelgan de la barra de elevación, mediante un sistema que permite desplazar y fijar las barras para los distintos formatos.

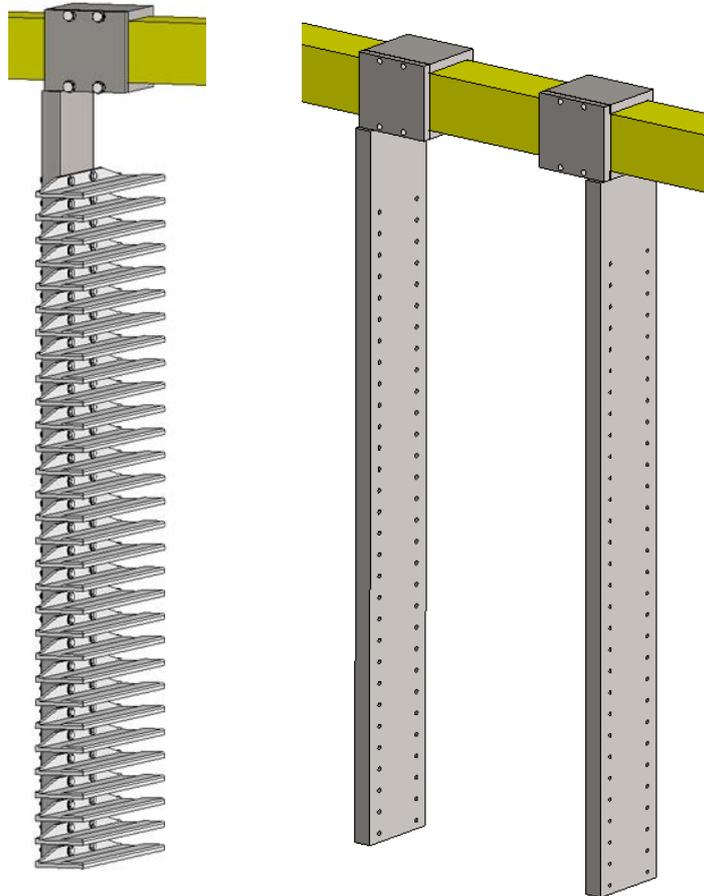


Figura 36. Barras Aletas

Se colocan las tapas en el lateral para facilitar el montaje y el desplazamiento de las barras. Se intenta que haya el menor número de tornillos en la tapa, también para que el desplazamiento de las barras sea rápido y cómodo a la hora de hacer los cambios de formato.

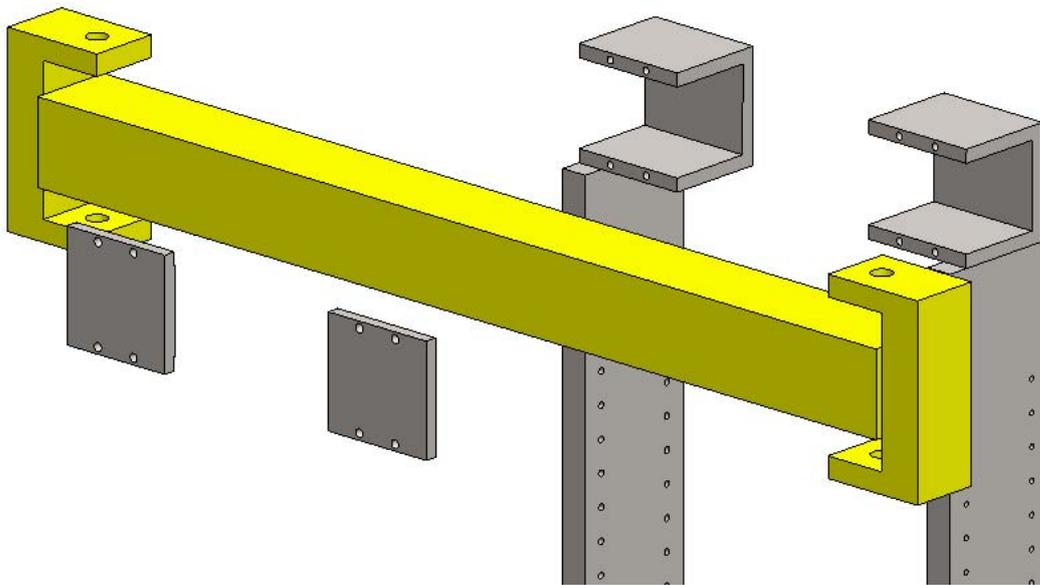


Figura 37. Montaje Barras Aletas

Las tapas tienen un rebaje de 1 mm en las franjas donde van los tornillos para evitar juego entre la barra de elevación y la de las aletas.

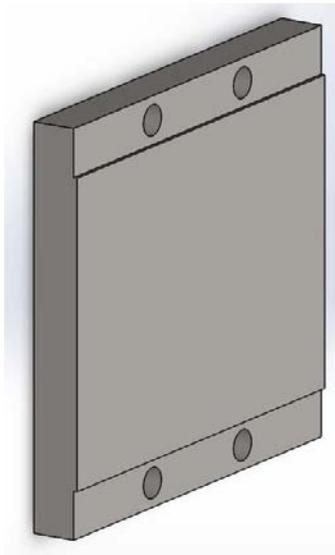


Figura 38. Tapa Barra Aletas

-Aletas

Se encargan recoger, alojar y soltar las piezas.

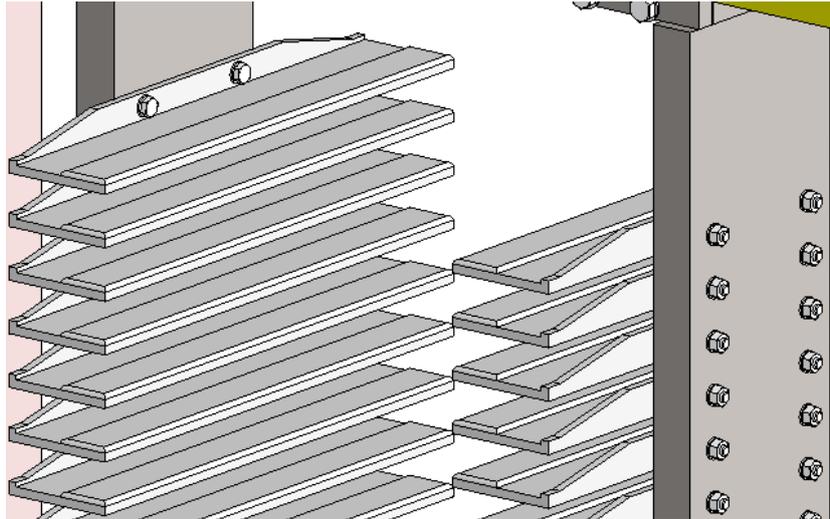


Figura 39. Aletas

Se sujetan a las barras de las aletas mediante dos juegos tornillo-arandela-arandela-tuerca, de métrica 6.

4.1.2 Estructura portante

Se encarga de aguantar el peso del conjunto, además soportar los esfuerzos que genera el sistema de elevación debido a las fuerzas de inercia. Está formada perfiles soldados, de secciones: rectangulares de 60x40x6 mm, cuadrada 60x60x6 mm, UPE 80 y cuatro patas con una base 100 mm de diámetro. A continuación se muestra la disposición de la estructura:

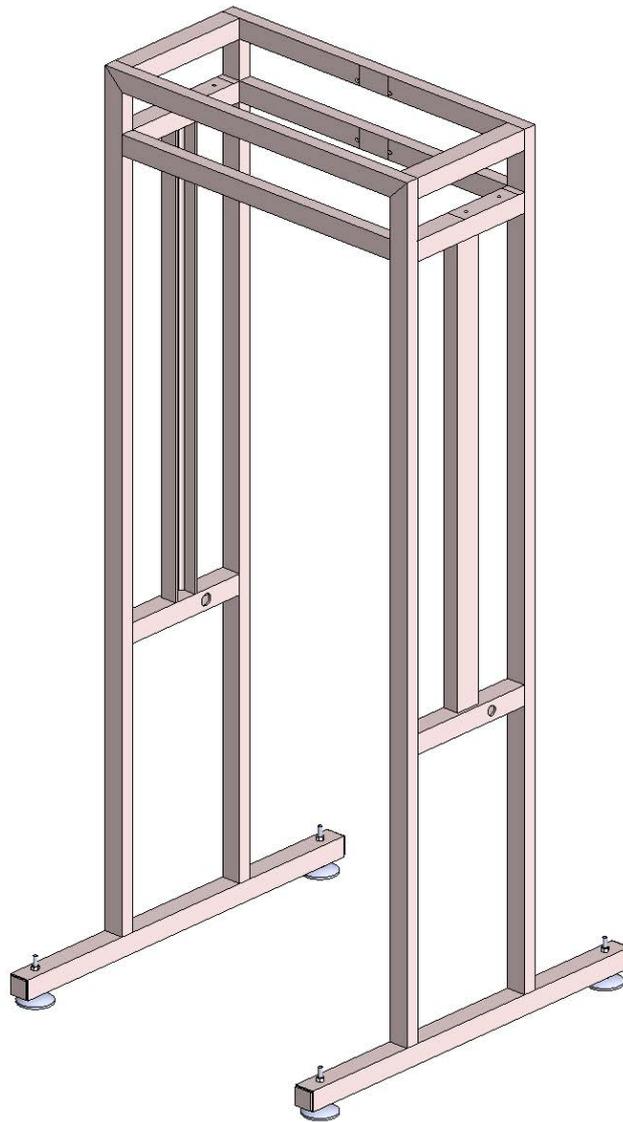


Figura 40. Estructura portante

4.1.3 Carcasas y soportes

Se coloca una carcasa de chapa metálica de 2mm de espesor. Esta carcasa recubre la parte superior y tapa las partes laterales, con el objetivo de proteger el sistema de elevación y evitar accidentes



Figura 41. Carcasa Protectora

Los soportes se encargan de posicionar los sensores: Fotocélula, Fotocélula Piso y Detector capacitivo. Están formados por una combinación de escuadras, varillas, tuercas y arandelas de métricas 6 y 8 mm

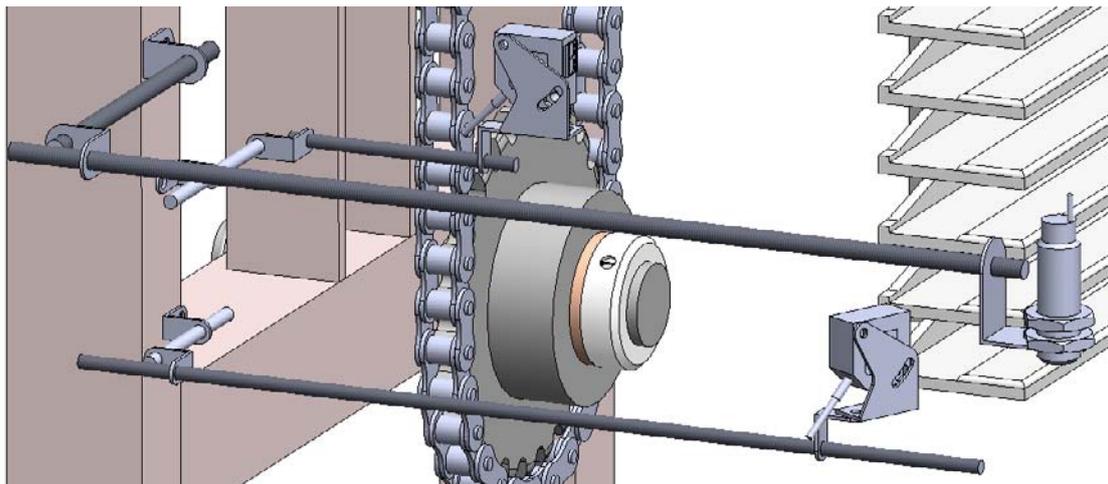


Figura 42. Disposición General Soporte Sensores

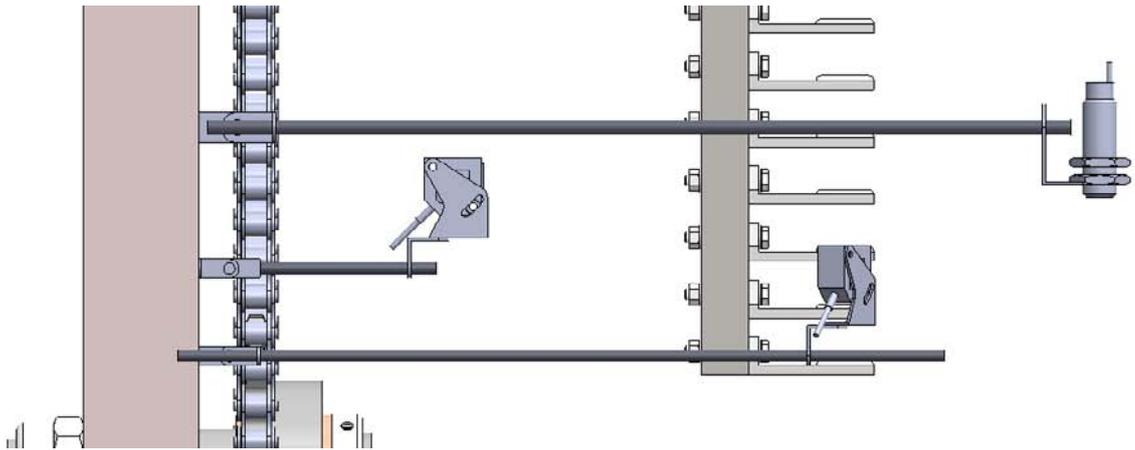


Figura 43. Vista Frontal Disposición Soportes Sensores

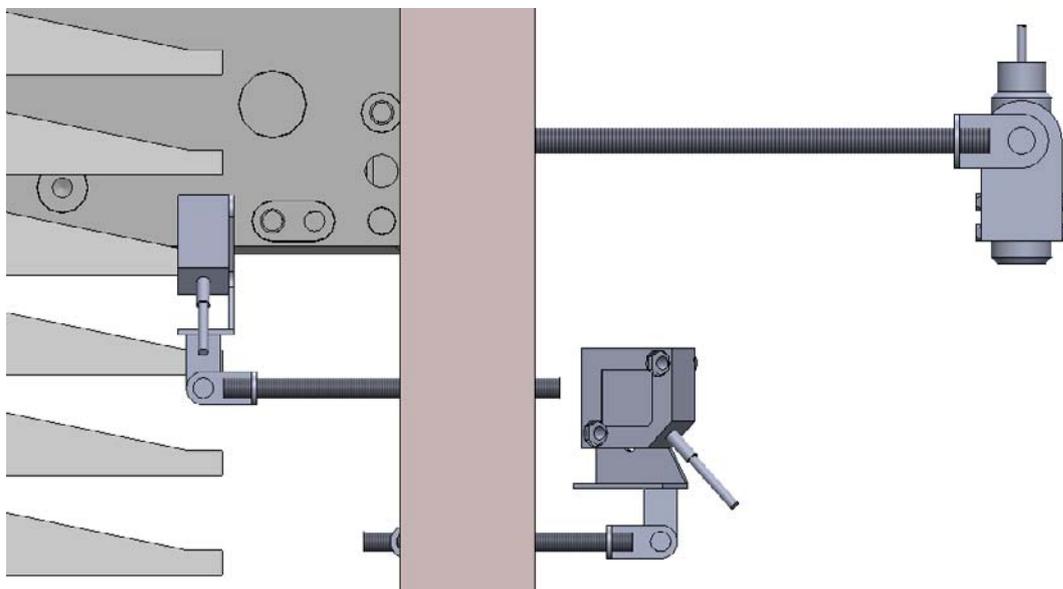


Figura 44. Vista Lateral Disposición Soportes Sensores

4.2 Sistema eléctrico

Para diseñar el sistema eléctrico se ha descrito la máquina en términos eléctricos y de programación:

Como ya se explicó en diseño preliminar, el objetivo del compenser es acumular piezas que circulan en la línea de fabricación cuando el tramo siguiente se para, y evitar así que se pare el tramo anterior.

Para el diseño definitivo, se ha optado por hacer la programación mediante el lenguaje de contactos “LD”, ya que al querer situar la máquina en una gama económica del mercado, se va a instalar un autómata de gama baja, que no permite la programación en Grafset. Éste, será el modelo CPM1 de la marca Omron, que tiene unas características que cumplen sobradamente para esta aplicación. Lo mismo ocurre con la pantalla, encarece mucho la máquina, y por tanto será opcional con su respectivo aumento en el precio. La pantalla básicamente permite modificar los temporizadores, que evita tener que ajustar los sensores de forma manual en los cambios de formato. En los anexos se adjunta la programación en lenguaje de contactos “LD” realizada en el Software de Omron CX-Programer. Aun así, se recomienda consultar la descripción del funcionamiento en la fase preliminar (hacer click en

Tabla 5. Tabla variables entrada y salida del sistema preliminar

Descripción), ya que básicamente se ha pasado la programación en Grafset a “LD”, añadiendo temporizadores a las variables de entrada Piso y Hueco_2.

El esquema de funcionamiento final es el siguiente:

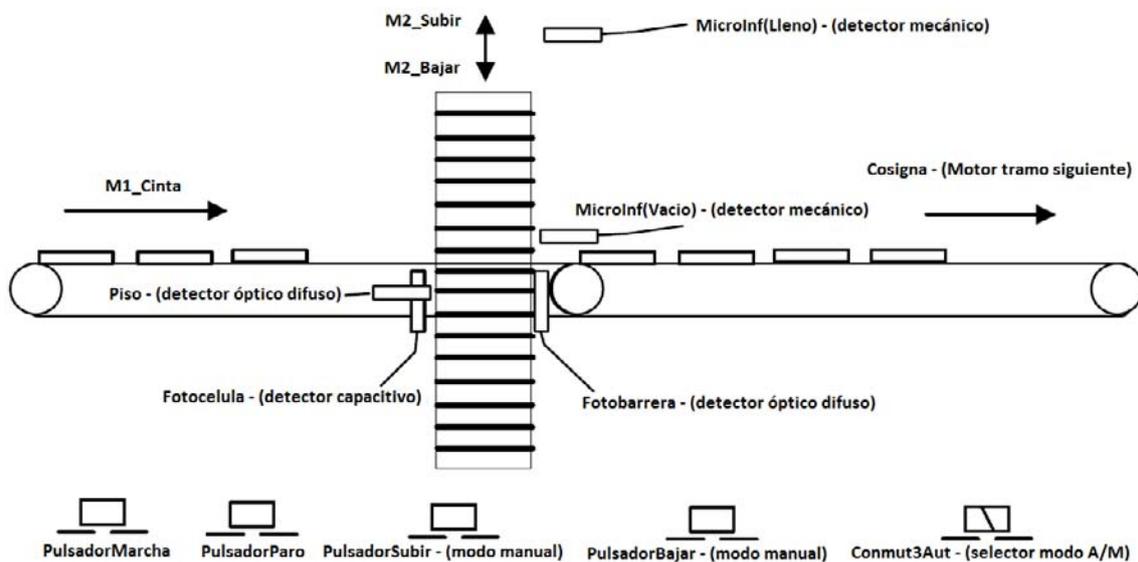


Figura 45. Esquema de funcionamiento

Siendo las variables del sistema de control:

ENTRADAS		
PulsadorParo	Pulsador de paro	0.00
PulsadorMarcha	Pulsador de marcha	0.01
Conmut3Aut	Conmutador modo automático o manual	0.02
PulsadorSubir	Pulsador de subida en modo manual	0.03
PulsadorBajar	Pulsador de bajada en modo manual	0.04
Piso	Detector que controla si el compenser está exactamente en un piso	0.05
Fotocélula	Detector capacitivo situado antes del compenser	0.06
Fotobarrera	Detector óptico difuso que cruza la pieza de esquina a esquina	0.07
MicroInf(Vacio)	Detector que controla cuando el compenser está vacío (llega a la posición más baja)	0.09
MicroInf(Lleno)	Detector que controla cuando el compenser está lleno (llega a la posición más elevada)	0.10
Consigna	Señal que indica el estado del motor del siguiente tramo (activo o no)	0.11

SALIDAS		
M1_Cinta	Pone en marcha el motor de la cinta anterior al compenser	10.00
M2_Subir	Activa el motor del compenser para movimiento de subida	10.01
M2_Bajar	Activa el motor del compenser para movimiento de bajada	10.02

Tabla 6. Variables de entrada y salidas del sistema de control

-Circuito de potencia

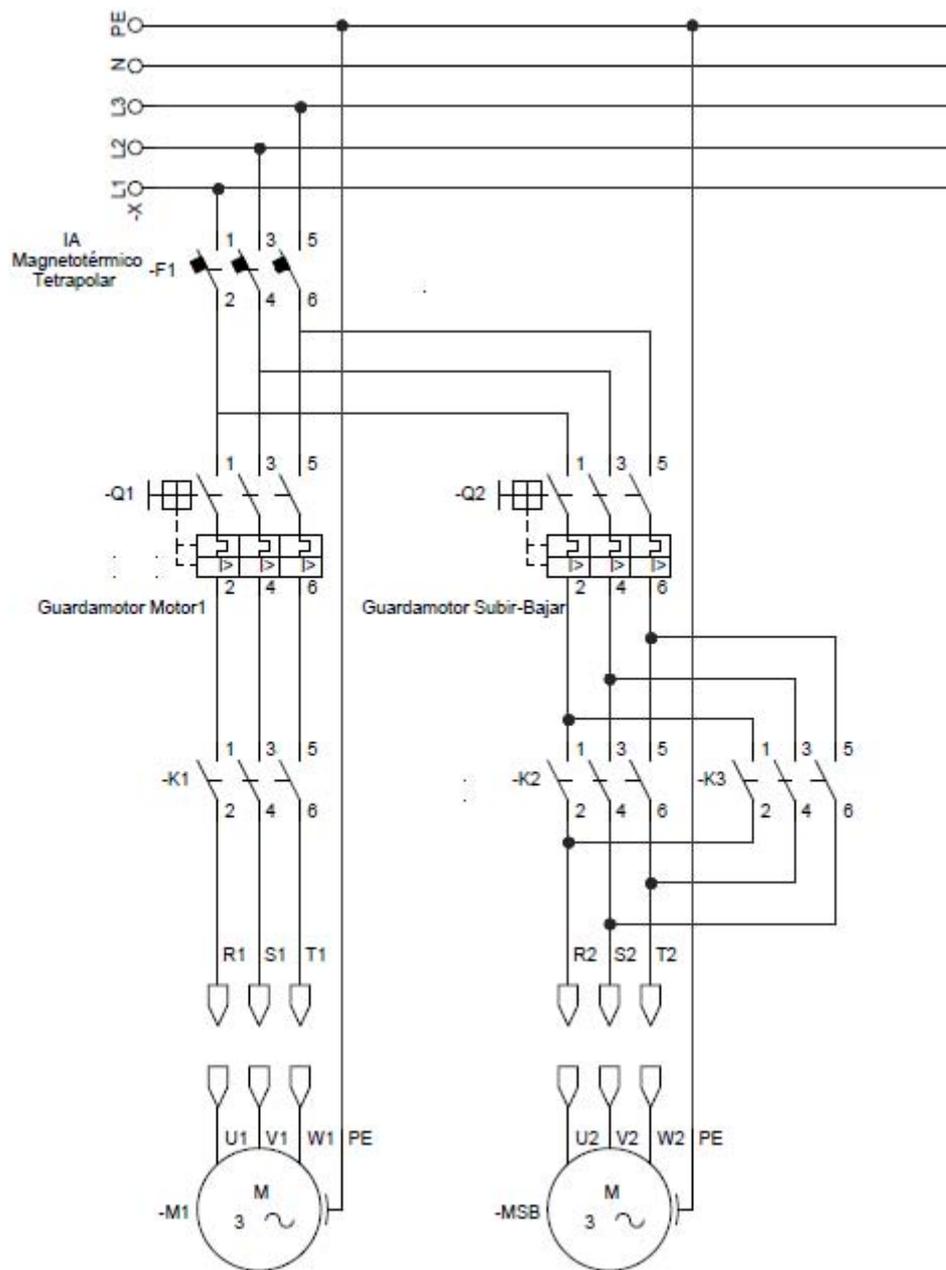


Figura 46. Circuito de potencia

Los IAs magnetotérmicos se colocan justo a la entrada de cables del armario, normalmente en la parte superior, para evitar electrocuciones cuando se desconecta el interruptor.

-Circuito de mando

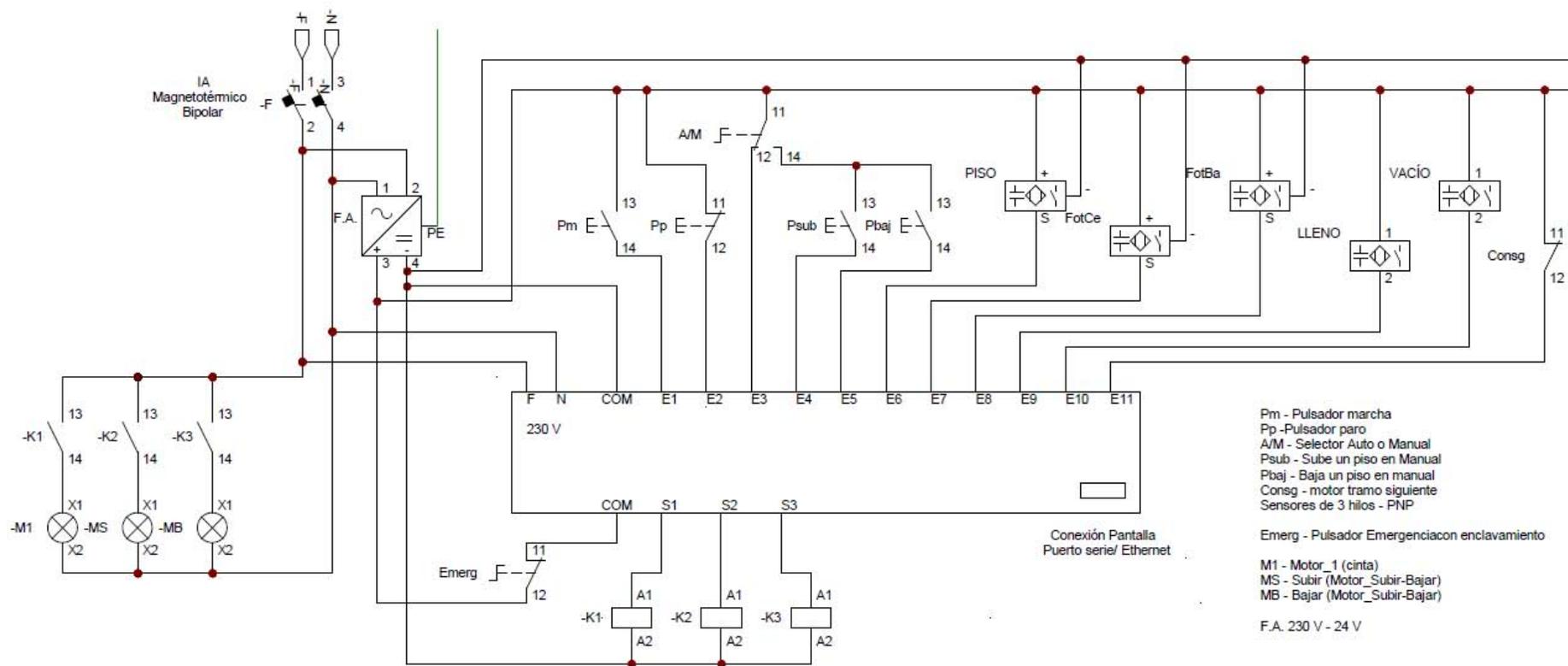


Figura 47. Circuito de mando

En la tapa del armario, por la parte exterior, se instalan los pulsadores de marcha, paro y el selector automático-manual. También se instalan 3 pilotos de luz que indican si el motor 1 está activo, cuando el motor está subiendo y cuando está bajando, además de la pantalla. Ésta permite regular tiempos de los sensores, conocer el número de piezas almacenadas, entre otras funciones. El pulsador de emergencia se instala fuera del armario, en la parte superior.

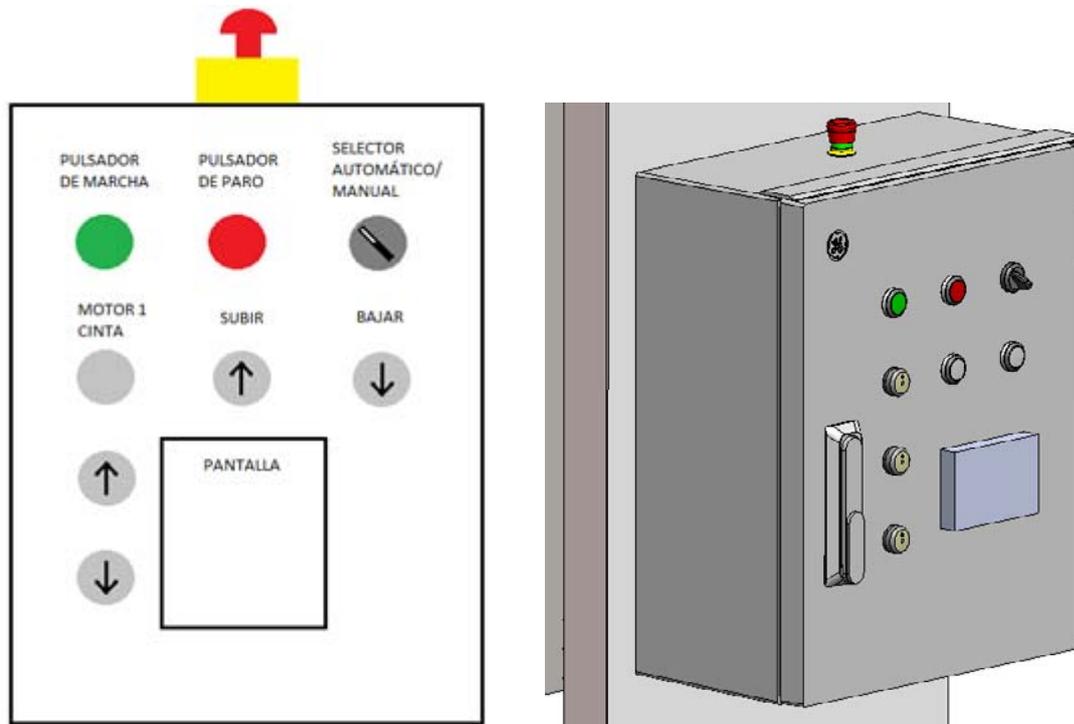


Figura 48. Cuadro Eléctrico Exterior

Esquema de bornes:

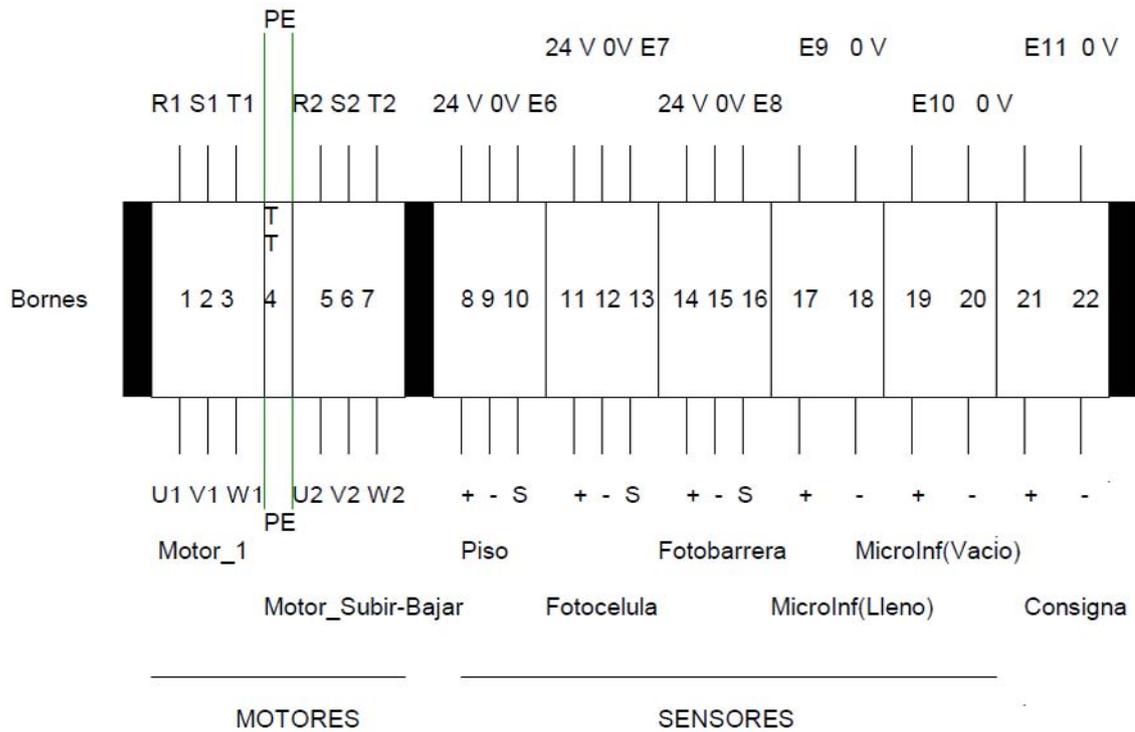


Figura 49. Ilustración 17. Esquema de bornes

Se recomienda colocar el regletero en la parte inferior del armario (dentro), para facilitar la conexión con los componentes externos.

A continuación se muestra el listado de componentes eléctricos necesarios para la instalación

Unds.	Componente
1	Armario eléctrico
1	IA Magnetotérmico Tetrapolar
1	IA Magnetotérmico Bipolar
3	Guardamotor
1	Contactador
1	Pulsador color verde
1	Pulsador color rojo
1	Selector de 2 posiciones
1	Contactador
3	Pilotos
1	Pulsador de emergencia
1	Fuente de alimentación 230-24 V
1	Autómata programable
1	Suministros eléctricos típicos
2	Detector Mecánico
2	Sensor Óptico Difuso_ Itk-3030-101
1	Detector Capacitivo M18

Tabla 7. Componentes eléctricos

5. Viabilidad técnica y económica

Como se puede comprobar en el documento, se ha intentado seleccionar elementos comerciales a lo largo de todo el diseño. Además, también se ha procurado que las piezas a fabricar, partan de productos estándar que necesiten pocas modificaciones para cumplir con sus requisitos de diseño.

La máquina es totalmente viable tanto técnica como económicamente, ya que los procesos de fabricación de las piezas no estándar son relativamente sencillos, y los componentes no son excesivamente caros. Esto es debido a que se pretende que la máquina se sitúe en una gama media del mercado, en la que compita por la calidad asociada con el precio.

Además se ha realizado un prototipo en el que se ha probado la programación de la máquina, lo que demuestra su viabilidad técnica.

En cuanto a la viabilidad económica, se necesitará una nave donde se realizará el ensamblaje de las piezas, con dos operarios. Las operaciones de mecanizado y moldeo se contratan a una empresa externa. El precio de estas operaciones, ya está incluido en el presupuesto de la máquina.

Es salario de los dos operarios más precio del alquiler de la nave tiene un coste de

	Coste mensual (€)	Unids.	
Operario	1200	2	2400
Alquiler nave	1300	1	1300
		Total (€)	3700

Esta nave y los operarios, no solo se van a dedicar solamente al compenser, por lo que se considera que la proporción de gasto que genera es del 10 % es estos recursos. Por tanto el coste que se genera por máquina es de:

$$3700 \times 0.10 = 370 \text{ €}$$

Se estima que se van a vender 24 máquinas al año, durante los próximos 3 años. Esto hace una media de 2 máquinas al mes. Por lo que hay que añadir al coste de la máquina.

Si se estima un gasto de 300 € de ingeniería por cada máquina, se obtiene un valor de 21600 € en los tres años, por lo que se considera que 300 € de ingeniería, por cada máquina, se considera un valor aceptable.

El presupuesto de la máquina es de 3970,61 €, añadiendo los costes anteriores y los costes de ingeniería, que ascienden a 200 € por máquina, se obtiene un precio de la máquina de

$$3970,61 + 370 + 300 = 4640,61 \text{ €}$$

Si se añade el 20 % de beneficios a obtener

$$4940,61 \times 1,2 = 5968,732 \text{ €}$$

Este es el precio de la máquina para obtener la rentabilidad deseada.

6. Conclusiones

El diseño de la máquina ha supuesto un desafío personal, en el que se ha puesto en práctica los conocimientos adquiridos en el master de: diseño, fabricación, seguridad, ergonomía, mecánica, eléctrica y programación, entre otros.

Este trabajo, también ha permitido desarrollar el proceso de creación de una máquina desde su fase inicial, pasando por todas las fases, hasta llegar al diseño definitivo. Esto implica se han adquirido conocimientos que pueden resultar muy útiles para las empresas del sector, y en el mundo laboral en general.

7. Bibliografía

- Cross, N Engineering Design Methods: Strategies for Product Design (third edition), John Wiley and Sons Ltd., Chichester, (2000).
- Pahl and Beitz. Engineering Design. A systematic Approach. (1996) Springer.
- Westhämper, E., "New Trends in Production". Capítulo 2 del libro "Reconfigurable Manufacturing Systems and Transformable Factories", Springer, 2006.
- Ferrer, I. y otros, "Flujo de información en el proceso de diseño". Riba C. y Molina (editores), Edicions UPC, 2006.
- Armstrong, S.C., "Engineering and Product Development Management. The Holistic Approach". Cambridge University Press, 2001.
- McGrath, M.E., "Next Generation Product Development". McGraw-Hill Companies, 2004.
- Ulrich, K.T y Eppinger S.D., "Diseño y Desarrollo de Productos. Enfoque multidisciplinario", McGraw-Hill Interamericana, 2004.
- Yang K, El-Haik B.; "Design for Six Sigma", McGraw-Hill, 2003.
- McGrath M.E., "Setting the PACE in product development. A guide to Product and Cycle times Excellence", Butterworth-Heinemann , 1996.
- Belliveau P., Griffin A., Somermeyer S., "The PDMA Toolbok for de New product Development", JohnWiley and Sons, 2002.
- Bonsiepe, Gui Diseño Industrial: artefacto y proyecto. Madrid Alberto Corazón, 1975. EXP29500. 252 p.; 21 cm. ISBN 8470531425.
- Savransky, Semyon D. Engineering of creativity : introduction to TRIZ methodology of inventive problem solving
- Boca Raton, Fla. [etc.] : CRC Press, cop. 200
- COTEC 1999. Vigilancia Tecnológica
- COTEC. 2005. Creatividad e innovación en la práctica empresarial.
- De Bono, E. El pensamiento lateral: manual de creatividad. Ediciones Paidós Ibérica, S.A.
- Diseño industrial en España. Madrid, 13 de mayo de 1998-31 de agosto de 1998 / editores Daniel Giralt-Miracle, Juli Capella, Quim Larrea. Madrid: Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, cop. 1998. TS87 .D57 1998 c.2.
- Gómez, S. SolidWorks Práctico I Pieza, Ensamblaje y Dibujo.

- Company, P., Vergara, M., Mondragón, S. Dibujo Industrial. Colección "TREBALLS D'INFORMATICA I TECNOLOGIA" Núm. 27
- Félez, J., Martínez, M^a Luisa. Ingeniería gráfica y diseño.
- Abellán, J.V, Vila, C., Estruch, A. Fabricación asistida por ordenador. Colección Materials UJI nº 355
- Amirouche, F. Principles of Computer-Aided Design and Manufacturing. Pearson Prentice Hall, 2004.
- Cruz, F. Control numérico y programación. Curso práctico. Marcombo, 2005
- Sánchez Marín, F. T. et al. Mantenimiento Mecánico de Máquinas. Ed. Universitat Jaume I. Castellón, 2006.
- Sánchez Marín, F. T. et al. Mantenimiento Mecánico de Máquinas. Ed. Universitat Jaume I. Castellón, 2006. (Colección "Trabajos de Informática y Tecnología", nº 25)
- Accionamientos eléctricos a velocidad variable. Jean Bonal. Tec&Doc
- Los motores eléctricos ... mejorando su control y protección. Cuaderno Técnico nº 207. Etienne Gaucheron «Biblioteca Técnica» de Schneider Electric España S.A.
- Arrancadores y variadores de velocidad electrónicos. Cuaderno Técnico nº 208. Daniel Clenet. «Biblioteca Técnica» de Schneider Electric España S.A.
- Riba Romeva, C. Disseny de màquines II. Estructura constructiva. Ed. UPC, 1997.
- J. Nieto Nieto, Síntesis de mecanismos, AC, 1978.
- A. G. Erdman, Diseño de Mecanismos: Análisis y Síntesis, Prentice Hall, 1998
- Pérez, A. Dinámica y Vibraciones. Publicacions de la Universitat Jaume I, Castelló, 2000.
- Normes UNE de seguretat i ergonomia
- Díaz López, V., San Román García, J.L. Técnicas de Seguridad aplicadas en máquinas, Ed. La ley-actualidad. 1999
- AENOR. Seguridad de las máquinas. 3^a ed. 2005.
- Mondelo P.R., Gregori E., Blasco J., Barrau P. Ergonomía (3). Diseño de puestos de trabajo. Edicions UPC, 1998
- RSM. Reglamentación de seguridad en las máquinas. CEYSA. Editorial técnica. 2001
- Sanchis Llopis, R., Romero Pérez, J.A., Ariño Latorre, C.V. Automatización Industrial

- Roque Calero Pérez, J.A. Carta González, Fundamentos de mecanismos y máquinas para ingenieros, MC. Graw-Hill, 1999.
- Shigley, J.E.; Mischke, C.R. Diseño en Ingeniería Mecánica. Ed. McGraw-Hill. 1997.
- Norton, R.L., Machine Design, an integrated approach, Prentice-Hall, 1996.
- Mott, R.L. Diseño de Elementos de Máquinas. Ed. Prentice Hall. 1995.
- Apuntes del Master en Diseño y Fabricación asistidos por computador de la UJI
- Mecapedia
<http://www.mecapedia.uji.es/>

Catálogos

- Hiescosa (barras)
http://www.hiescosa.com/pdf/hiescosa_pront_09.pdf
- Renold (cadena y piñones)
<http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/cadena/renold.1.pdf>
<http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/cadena/renold.2.pdf>
- Tecnotrans (reductor)
<http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/engranaje/tecnotrans.5.pdf>
<http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/engranaje/tecnotrans.8.pdf>
- Mgm (motor)
http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/motor_electrico/mgm.1.pdf

8. Anexos

8.1 Anexo I. Cálculos para la selección de componentes mecánicos

8.1.1 Sistema de elevación

Aletas

El requerimiento de las aletas es aguantar el peso de las piezas y de las fuerzas de inercia, que para el primer cálculo estimativo no se van a tener en cuenta. El caso más desfavorable es para piezas del mayor formato (50 x 50 mm) y en crudo, ya que hay que añadir el peso del agua. El sistema a analizar es el siguiente:

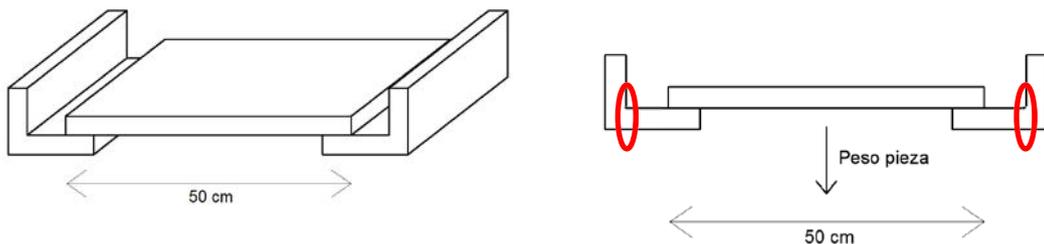


Figura 50. Esquema de esfuerzos en la aleta

Por tanto se calcula la reacción en la punta de la aleta y con éste, se obtiene el momento flector en la sección más crítica.

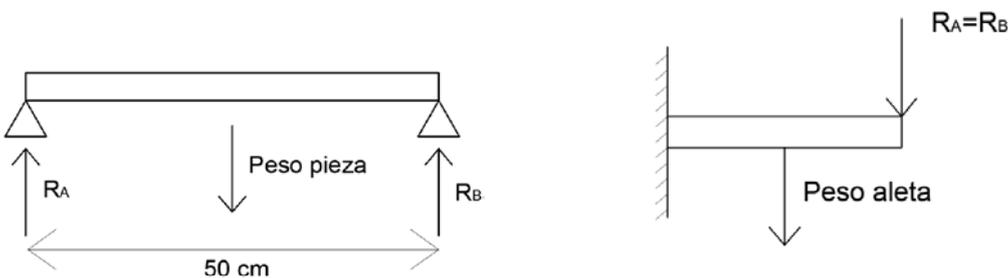


Figura 51. Esquema simplificado de fuerzas del sistema

El peso de la pieza se estima mediante la tabla de pesos de un fabricante (Porcelanato):

SIZE (cm)	PACKING DETAILS		
	m2/ctn	pc/ctn	kg/c
30*30	1.08	12	22
40*40	1.60	10	32
50*50	1.75	7	33
60*60	1.44	4	28
80*80	1.92	3	48
100*100	2.00	2	65
120*120	1.44	1	48
30*60	1.44	8	30
40*80	3.84	6	48
50*100	4.00	4	65
60*90	1.62	3	41
60*120	1.44	2	45

m2/ctn: metros cuadrados por caja.
pc/ctn: placas por caja.
kg/c: kilogramos por caja.

Tabla 8. Características de azulejos

La caja de 50x50 cm, contiene 1,75 m² de material y pesa 33 kg. Se obtiene un peso por pieza:

$$50 \cdot 50 = 2500 \text{ cm}^2 = 0,25 \text{ m}^2$$

$$0,25 \text{ m}^2 \cdot \frac{33 \text{ kg}}{1,75 \text{ m}^2} = 4,7 \text{ kg} \approx 5 \text{ kg}$$

Se añade el contenido de agua, ya que el peor caso sería en crudo (sin hornear) y por tanto lleva un contenido de agua de 5 al 7 %, ya que el peso calculado es para piezas cocidas y por tanto llevan una cantidad de agua despreciable.

Se estima que el espesor de la pieza es de 2 cm (en realidad es algo menor pero aumentamos el coeficiente de seguridad de la máquina). El volumen de la pieza es:

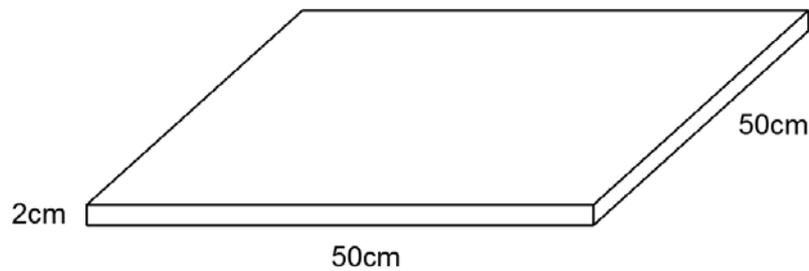


Figura 52. Pieza cerámica

$$50 \cdot 50 \cdot 2 = 5000 \text{ cm}^3 = 0,005 \text{ m}^3$$

Sabiendo que la densidad del agua es $\rho=1000 \text{ kg/m}^3$ y el volumen de agua que es el 7% del total de la pieza, se puede calcular el peso del agua que contiene la pieza:

$$\text{Peso Agua Pieza} = 0,005 \text{ m}^3 \cdot 0,07 \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,35 \text{ kg}$$

Por tanto el peso total estimado de la pieza es:

$$\text{Peso pieza} = 5 + 0,35 = 5,35 \text{ kg} \approx 5,5 \text{ kg}$$

Y las reacciones que provoca:

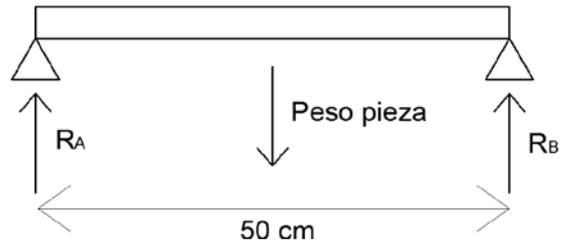


Figura 53. Esquema simplificado de fuerzas de la pieza

$$R_A = R_B = 2,75 \text{ kg}$$

Con este valor, se puede dimensionar la sección de la aleta.

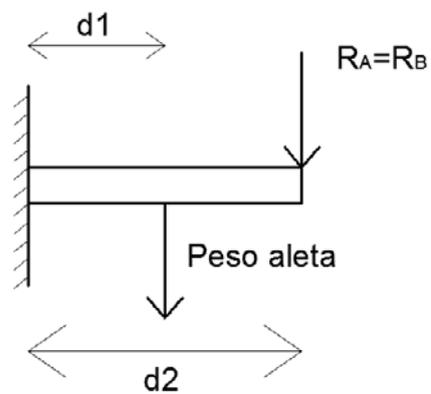


Figura 54. Esquema simplificado de fuerzas en la aleta

En una estimación inicial, se ha optado por una aleta con la siguiente geometría, siendo la fundición gris el material escogido como se indica en el apartado de selección de materiales.

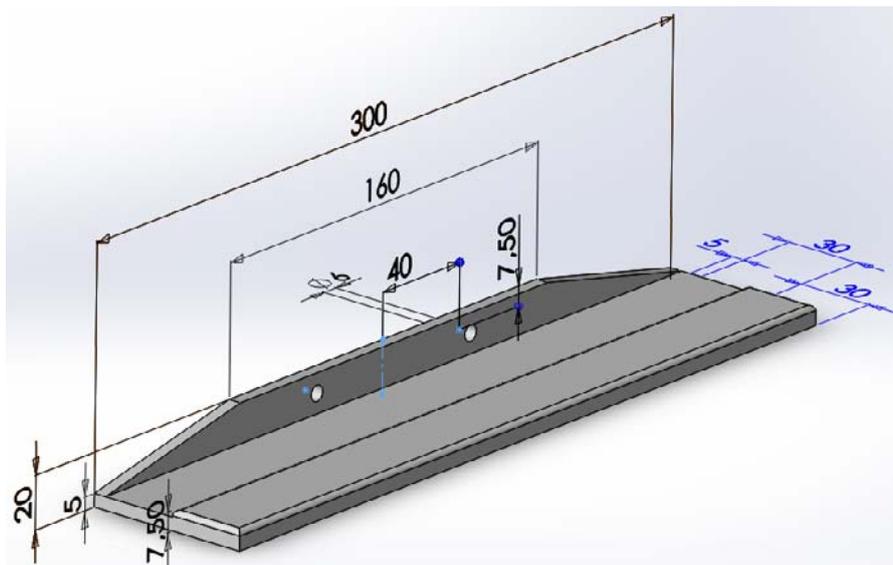


Figura 55. Diseño preliminar de una aleta

Si se corta por la sección más desfavorable:



Figura 56. Propiedades físicas de la aleta

Se utiliza la Ley de Navier para a la tensión a la que está sometida la sección:

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M \cdot y_{max}}{I_z} = 0 \pm \frac{M \cdot y_{max}}{I_z}$$

$$M = -d_1 \cdot \text{PesoAleta} - d_2 \cdot R_A = -0,03996 \text{ m} \cdot 0,968 \text{ kg} \cdot 9,81 - 0,06 \text{ m} \cdot 2,75 \text{ kg} \cdot 9,81$$

$$M = -2 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$y_{max} = \frac{5 \text{ mm}}{2} = 2,5 \text{ mm} = 0,0025 \text{ m}$$

El momento de inercia de una sección rectangular es:

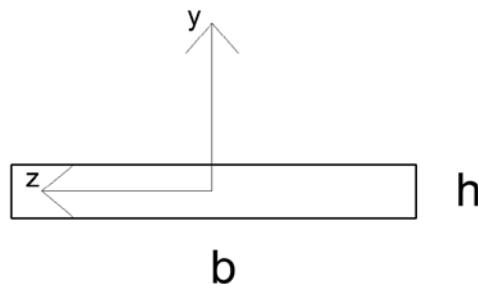


Figura 57. Sección crítica de la aleta

$$I_z = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{30 \text{ cm} \cdot (0,5 \text{ cm})^3}{12} = 0,3125 \text{ cm}^4 = 3,125 \cdot 10^{-9} \text{ m}^4$$

Por tanto:

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M \cdot y_{max}}{I_z} = 0 \pm \frac{2 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot 0,0025 \text{ m}}{3,125 \cdot 10^{-9} \text{ m}^4} = 1\,600\,000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1,6 \text{ MPa}$$

El límite elástico de la fundición gris a tracción es de 151 MPA (se compara con el límite a tracción, ya que es más restrictivo).

Módulo elástico	66178.1	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.27	N/D
Módulo cortante	50000	N/mm ²
Densidad de masa	7200	kg/m ³
Límite de tracción	151.66	N/mm ²
Límite de compresión	572.17	N/mm ²
Límite elástico		N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica	1.2e-005	/K
Conductividad térmica	45	W/(m·K)
Calor específico	510	J/(kg·K)
Cociente de amortiguamiento del material		N/D

Tabla 9. Características de la Fundición gris

Pese a que el factor es muy elevado, no se va a redimensionar ya que se busca un aspecto robusto de de la máquina.

El resultado utilizando el software solidworks es bastante similar. La tensión máxima obtenida es de 1,1 MPa, en el empotramiento:

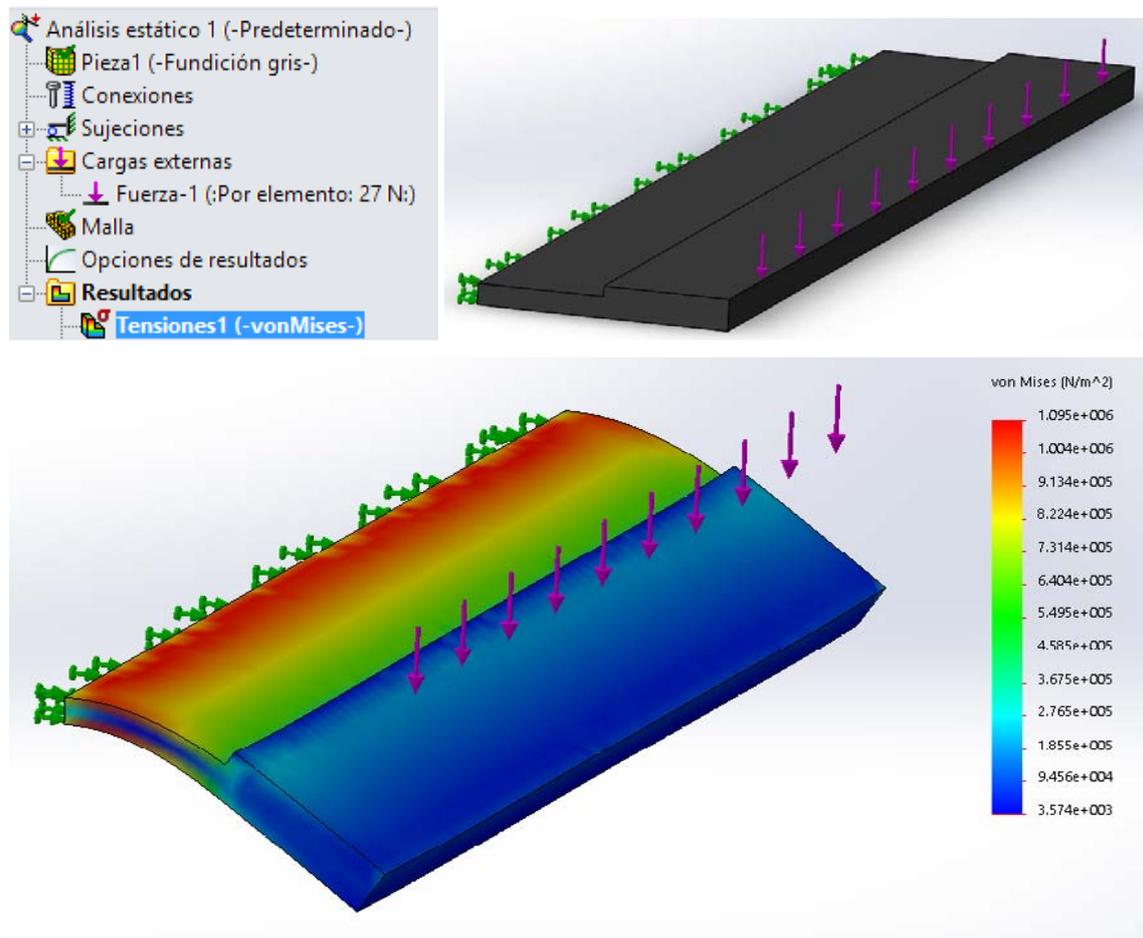


Figura 58. Análisis estático de la aleta en Solidworks

Barras de las aletas

Estas barras han de soportar las cargas originadas por aletas, las piezas cerámicas y las fuerzas de inercia, que igual que en el caso anterior, no las vamos a considerar todavía. El sistema a analizar es el siguiente:

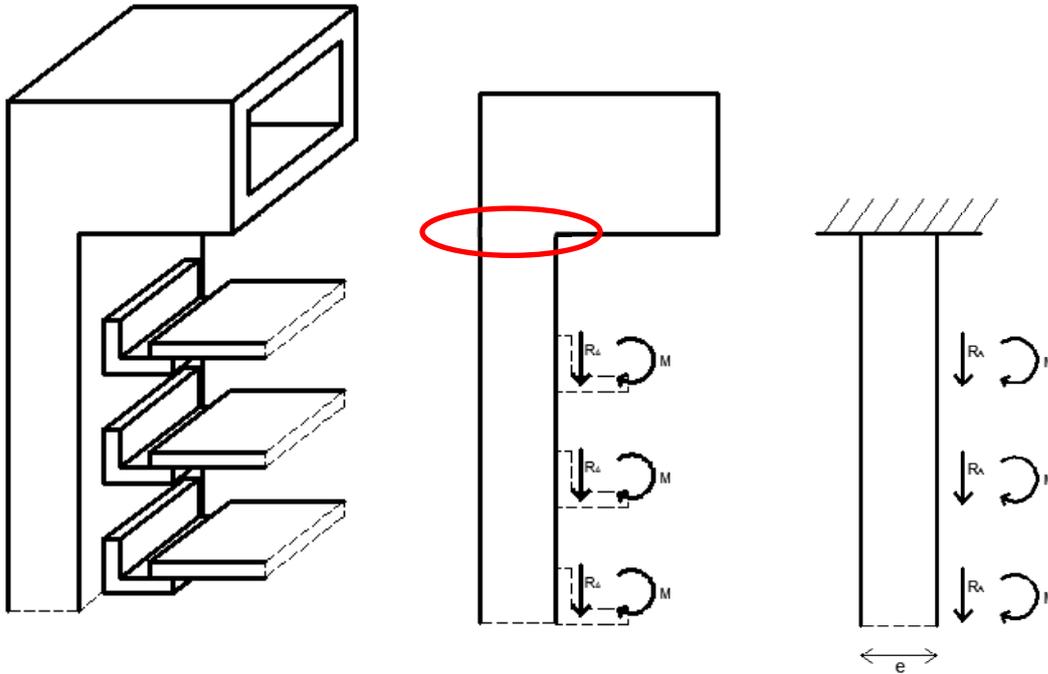


Figura 59. Esquema de esfuerzos en la barra de las aletas

Los momentos y las reacciones son las calculadas para el dimensionamiento de la aleta. Por tanto hemos de trasladar una vez los esfuerzos a la sección más crítica señalada en la imagen.

Además las reacciones R_A también ejerce un momento sobre la sección de valor:

$$M_2 = n^{\circ}aletas \cdot \frac{e}{2} \cdot R_A$$

Resumen de esfuerzos

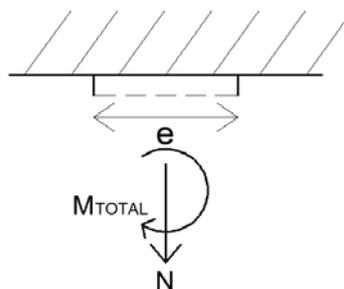


Figura 60. Esquema de fuerzas en la sección crítica de la barra de las aletas

$$M_{TOTAL} = M_1 + M_2$$

$$M_1 = n^{\circ}aletas \cdot M = 30 \cdot 2 \text{ N} \cdot \text{m} = 60 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_2 = n^{\circ}aletas \cdot \frac{e}{2} \cdot R_A = 30 \cdot \frac{2,5 \text{ cm}}{2} \cdot 2,75 \text{ kg} \cdot 9,81 = 10,12 \text{ N} \cdot \text{m}$$

En una primera estimación se impone un valor de sección de la barra de 10 x 2,5 cm.

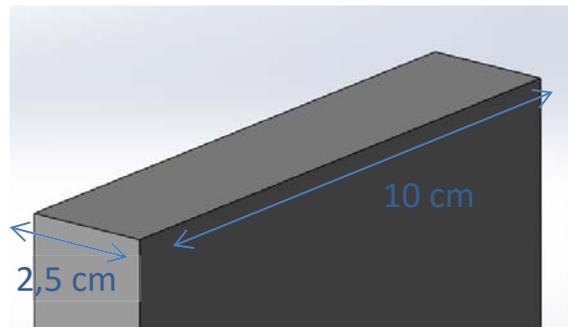


Figura 61. Sección de la barra de aletas

$$M_{TOTAL} = M_1 + M_2 = 60 + 10,12 = 70,12 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$N = n^{\circ}aletas \cdot R_A + \text{PesoBarra}$$

Para calcular el peso de la barra, hay que determinar la longitud de la barra. Se ha tenido especialmente cuidado con esta longitud, ya que está determinada por la altura de la cinta por donde circulan las piezas. Desde la altura de la cinta hasta el suelo, han de caber todas las aletas, con su espacio de separación, para que no sobrepase el suelo y se requiera un foso.

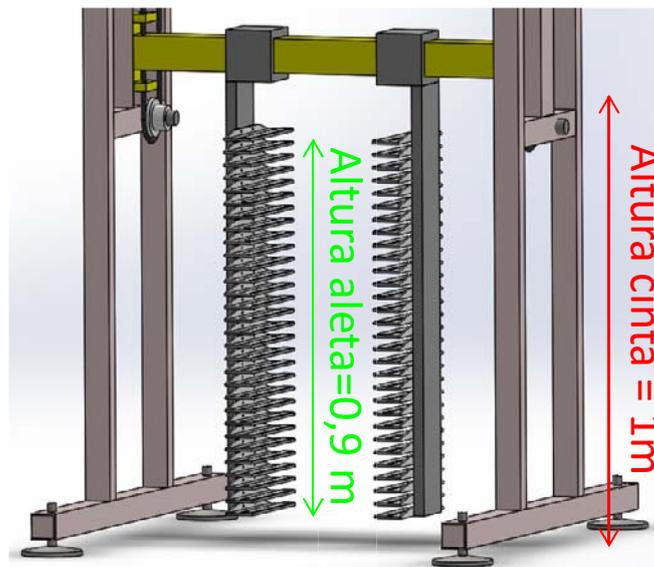


Figura 62. Dimensiones requeridas de la barra de las aletas

Por tanto, se estima que la altura de la cinta es de 1m, y por otro lado imponemos la condición de colocar una aleta cada 3 cm, con lo que las aletas ocupan un total de 90 cm y cumplimos así nuestro objetivo.

$$3 \text{ cm} \cdot 30 \frac{\text{aletas}}{\text{barra}} = 90 \frac{\text{cm}}{\text{barra}}$$

La longitud total de la barra serán los 90 cm más 10 cm de separación entre la primera aleta y la barra superior

$$L_{BARRA} = 90 + 10 = 100 \text{ cm}$$

Escogido el material (acero) y con estos datos se obtiene un valor del peso de la barra de:

$$p_{BARRA} = \rho \cdot V = 7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot (10 \cdot 2,5 \cdot 100) \text{ cm}^3 \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1 \cdot 10^6 \text{ cm}^3} = 19,5 \text{ kg}$$

$$N = n^{\circ} \text{aletas} \cdot R_A + \text{PesoBarra} = 30 \cdot 2,75 \cdot 9,81 + 19,5 \cdot 9,81 = 1000,62 \text{ N}$$

Se utiliza la Ley de Navier para a la tensión a la que está sometida la sección:

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M \cdot y_{max}}{I_z}$$

$$M = M_{TOTAL} = 70,12 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$y_{max} = \frac{25 \text{ mm}}{2} = 12,5 \text{ mm}$$

El momento de inercia de una sección rectangular es:

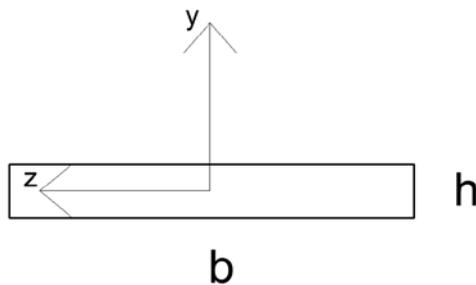


Figura 63. Sección de la barra de las aletas

$$I_z = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{10 \text{ cm} \cdot (2,5 \text{ cm})^3}{12} = 13,02 \text{ cm}^4 = 1,302 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4$$

Por tanto:

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M \cdot y_{max}}{I_z} = \frac{1000,62}{10 \cdot 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} + \frac{70,12 \text{ N} \cdot 0,0125 \text{ m}}{1,302 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4} = 400248 + 6731950,84 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma = 7132198,84 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 7,13 \text{ MPa}$$

Comprobando los cálculos mediante el software Solidworks se obtienen resultados bastante similares (el valor de la carga es de $2,75 \text{ kg} \times 9,81 = 27 \text{ N}$ por aleta):

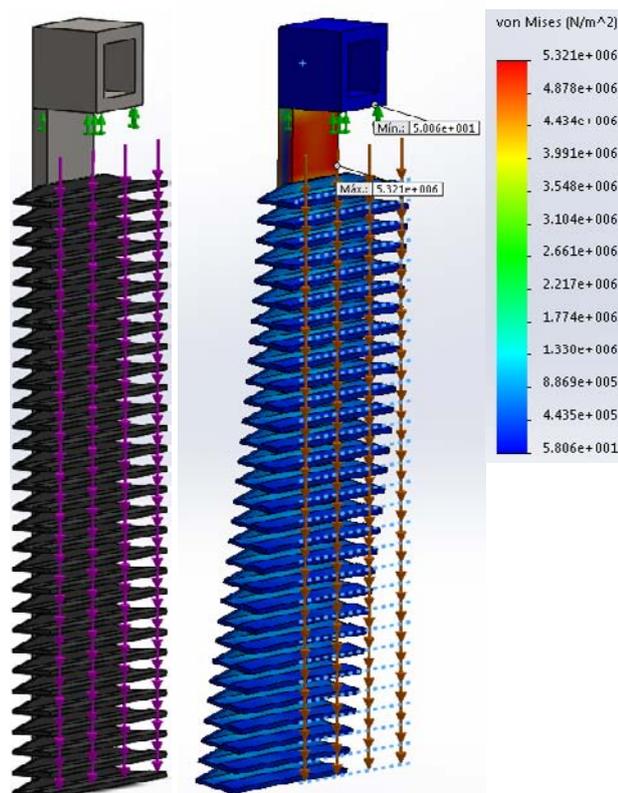


Figura 64. Análisis estático de la barra de aletas en SolidWorks

Barra de elevación

Esta barra engancha con las cadenas en los extremos de la barra, y soporta el peso de las barras con aletas más el de las piezas cerámicas. El peor de los casos es cuando el compenser está completamente cargado, el esquema es el siguiente:

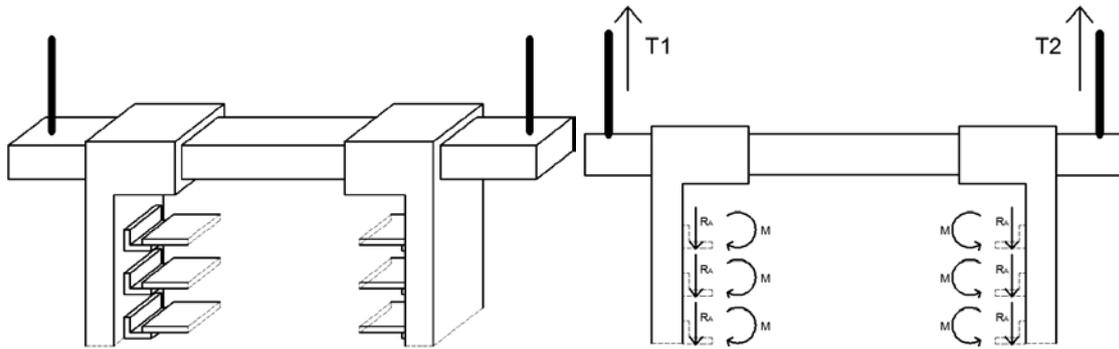


Figura 65. Esquema de esfuerzos en la barra de elevación

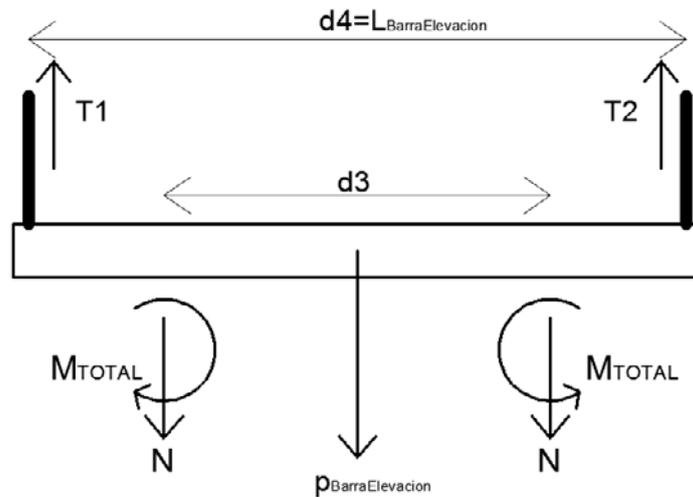
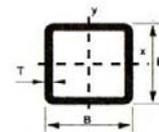


Figura 66. Esquema simplificado de esfuerzos en la barra de elevación

$$T_1 = T_2 = T = N + \frac{p_{BarraElevacion}}{2}$$

Para el diseño preliminar, se escoge una barra cuadrada hueca de sección 60x60 de 6 mm de espesor y 1 m de longitud:

TUBOS CUADRADOS ESTRUCTURALES



Tamaño	Espesor	Masa lineal	Área de la sección	Momento de inercia	Radio de giro	Módulo elástico
B mm	T mm	M kg/m	A cm ²	I cm ⁴	i cm	W _{el} cm ³
50	3	4,25	5,41	19,5	1,90	7,79
50	4	5,45	6,95	23,7	1,85	9,49
50	5	6,56	8,36	27,0	1,80	10,8
50	6	7,56	9,63	29,5	1,75	11,8
60	3	5,19	6,61	35,1	2,31	11,7
60	4	6,71	8,55	43,6	2,26	14,5
60	5	8,13	10,4	50,5	2,21	16,8
60	6	9,45	12,0	56,1	2,16	18,7
70	3	6,13	7,81	57,5	2,71	16,4
70	4	7,97	10,1	72,1	2,67	20,6
70	5	9,70	12,4	84,6	2,62	24,2
70	6	11,3	14,4	95,2	2,57	27,2

Tabla 10. Tubos cuadrados comerciales

$$p_{\text{BarraElevacion}} = 9,45 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 1\text{m} = 9,45 \text{ kg} = 92,7 \text{ N}$$

$$T_1 = T_2 = T = N + \frac{p_{\text{BarraElevacion}}}{2} = 1000,62 \text{ N} + \frac{92,7 \text{ N}}{2} = 1047 \text{ N}$$

Mediante el software AMEB, se obtiene el siguiente diagrama de momentos flectores:

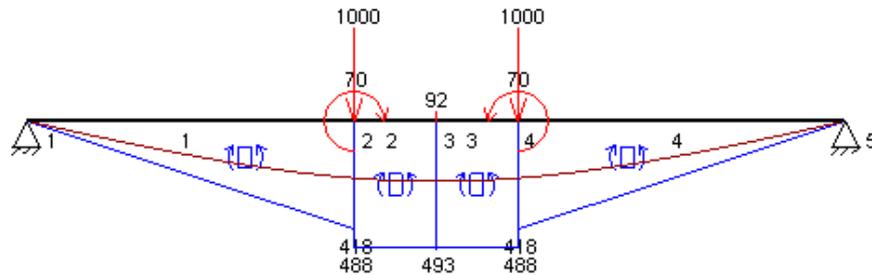


Figura 67. Diagrama de esfuerzos de la barra de elevación con AMEB

La sección más crítica es justo la del centro con un momento flector de 493 N·m. Se utiliza la Ley de Navier para a la tensión a la que está sometida la sección:

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M \cdot y_{\max}}{I_z}$$

Al no haber axiles y sabiendo que el modulo resistente es:

$$W_{el_z} = \frac{I_z}{y_{\max}}$$

Tomando el momento flector del diagrama y el módulo resistente de la tabla 8 se obtiene:

$$\sigma = \frac{M}{W_{el_z}} = \frac{493 \text{ N} \cdot \text{m}}{18,7 \text{ cm}^3} \cdot \frac{1 \cdot 10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} = 26363636,36 \text{ N} \cdot \text{m} = 26,36 \text{ MPa}$$

Se comprueban los resultados mediante el software solidworks:

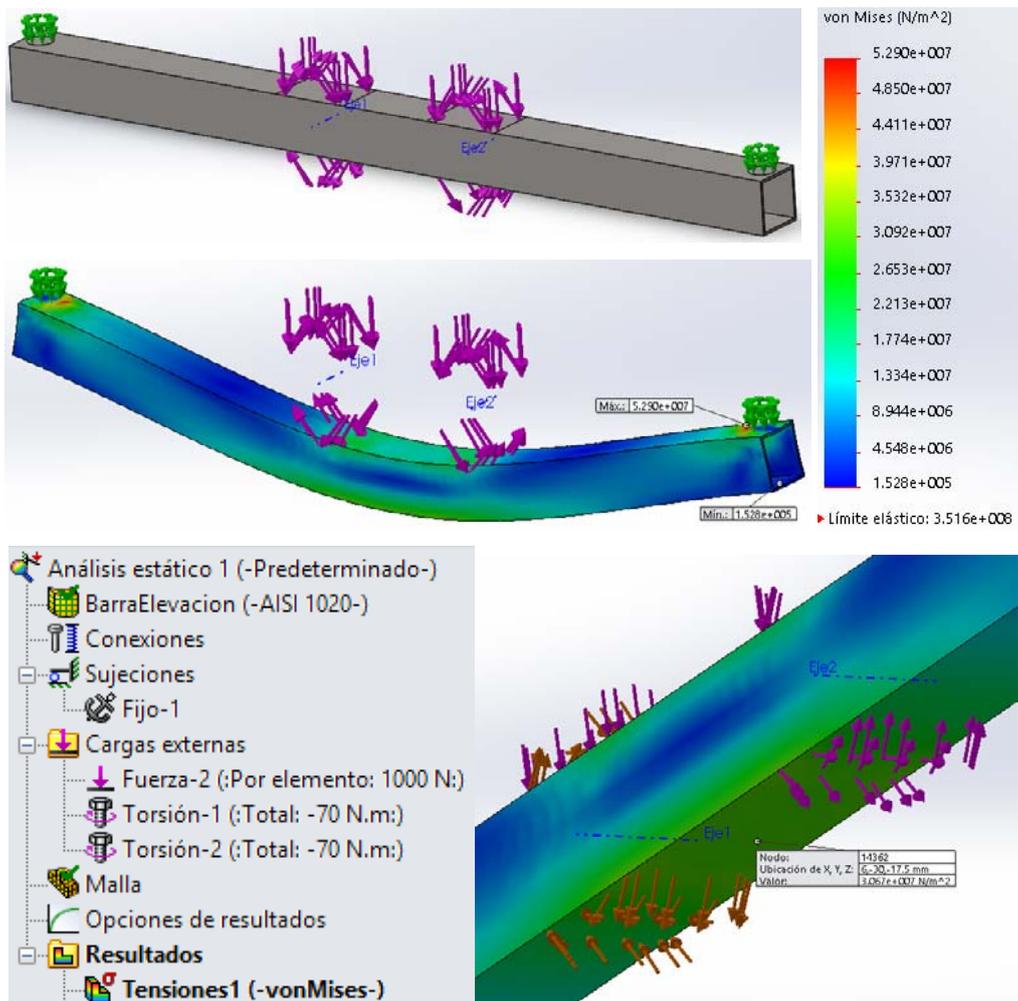


Figura 68. Análisis estático de la barra de elevación en SolidWorks

La última imagen de la figura muestra una tensión en el centro de la barra de 30,68 MPa, que es un valor próximo al calculado de 23,36 MPa. Por otro lado, las tensiones máximas no se dan en este punto. Esto es debido a que en simulaciones con sujeciones y cargas más reales, aparecen concentraciones de tensiones. Aun así, no se sobrepasa el límite elástico en ninguno de los puntos, obteniendo un factor de seguridad mínimo de 6,6:

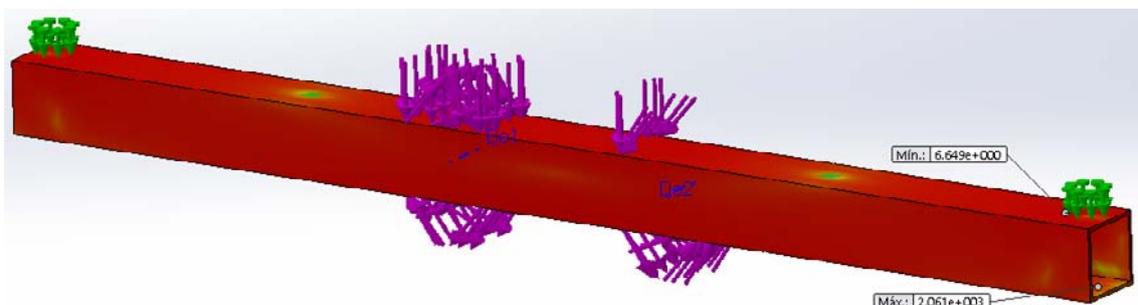


Figura 69. Factor de seguridad de la barra de elevación

Una vez obtenidas todas las cargas de los elementos a elevar, podemos estimar la potencia del motor necesaria:

$$P = F \cdot v = M \cdot \omega$$

La fuerza mínima de elevación es la que provoca peso, y es la suma de las tensiones de las dos cadenas:

$$F_{\text{peso}} = \text{Peso} = 2 \cdot T = 2 \cdot 1047 \text{ N} = 2094 \text{ N}$$

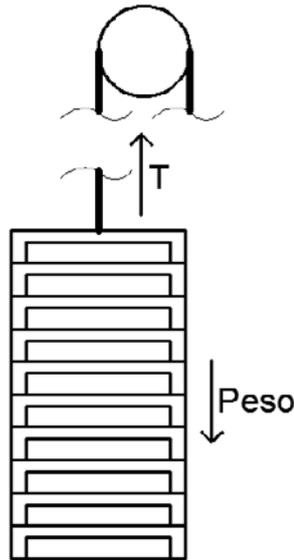


Figura 70. Esquema de esfuerzos en la cadena

Para el cálculo de la velocidad se realizan una serie de estimaciones, siempre desde el lado de la seguridad:

Suponemos que las piezas circulan por la cinta a una velocidad de 1 m/s. El caso más desfavorable, en cuanto a la velocidad de subida-bajada del sistema de elevación, es cuando pasan dos piezas pegadas y del formato más pequeño:

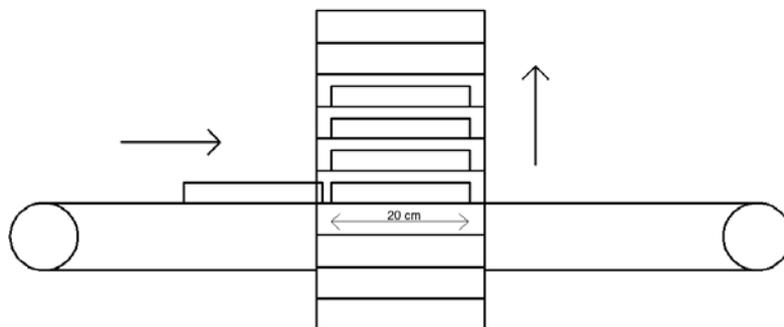


Figura 71. Esquema de funcionamiento caso más desfavorable

Con la velocidad de la cinta y el espacio que tiene que recorrer, se obtiene el mínimo tiempo de subida necesario:

$$t = \frac{e}{v} \rightarrow t = \frac{20 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{1 \text{ m/s}} = 20 \cdot 10^{-2} \text{ s}$$

En este tiempo, hay que subir la separación entre aletas de 3 cm, obteniendo así la velocidad de subida (se escoge la subida para el dimensionamiento ya que es más desfavorable levantar la carga):

$$v = \frac{e}{t} \rightarrow v_{subida} = \frac{3 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{20 \cdot 10^{-2} \text{ s}} = 0,15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La potencia necesaria en el sistema de elevación se puede obtener de la tensión a la que están sometidas las dos cadenas (2·T) más la carga que proporciona la inercia, y la velocidad de subida:

$$P = (F_{\text{peso}} + F_I) \cdot v_{\text{subida}} = (2 \cdot T + F_I) \cdot v_{\text{subida}}$$

Influencia de la inercia del sistema

El perfil de velocidades del motor es el siguiente:

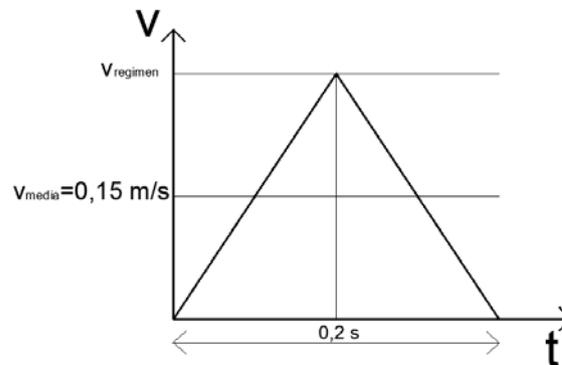


Figura 72. Perfil de velocidades del motor

Se considera que al ser un tiempo tan corto de accionamiento del motor, éste no va a tener tiempo a alcanzar el régimen de velocidad constante, y de ahí la forma triangular del perfil.

$$v_{\text{regimen}} = 2 \cdot 0,15 = 0,3 \text{ m/s}$$

El valor de la aceleración en el arranque y el frenado, es la misma pero de signo contrario:

$$a_{\text{arranque}} = \frac{v_{\text{regimen}} - 0}{0,1 \text{ s}} = \frac{0,3 \text{ m/s}}{0,1 \text{ s}} = 3 \text{ m/s}^2$$

$$a_{\text{frenado}} = -a_{\text{arranque}} = -3 \text{ m/s}^2$$

Al ser un movimiento lineal, la fuerza de inercia es:

$$F_I = -m \cdot a_G = \frac{2094 \text{ N}}{9,81} \text{ kg} \cdot 3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = -640,4 \text{ N} = -65,28 \text{ kg}$$

Esta fuerza, que va en contra del arranque y a favor en el frenado, hay que incluirla en el cálculo de potencia. En este caso, se analiza el arranque que es más desfavorable:

$$F_{TOTAL} = (F_{peso} + F_I) = (2094 + 640,4)N = 2734,4 N$$

$$P_{subida} = (F_{peso} + F_I) \cdot v_{subida} = 2734,4 N \cdot 0,15 \frac{m}{s} = 410,2 W$$

Ésta es la potencia necesaria para elevar el sistema (potencia a la salida del reductor dividida por el rendimiento de la transmisión):

$$P_{subida} = 410,2 W$$

$$P_{SalidaReductor} = P_{r2}$$

$$P_{r2} = \frac{P_{subida}}{\eta_{PiñonCadena}}$$

La fuerza total F_{TOTAL} determina el momento de salida del reductor, una vez seleccionado los piñones:

$$M_{SalidaReductor} = \frac{F_{TOTAL} \cdot \frac{\Phi_{Piñon}}{2}}{\eta_{PiñonCadena}}$$

También es importante comprobar si las piezas saltan en el momento de frenado. Para ello, se calcula la fuerza de inercia que actúan sobre ellas y se compara con su peso:

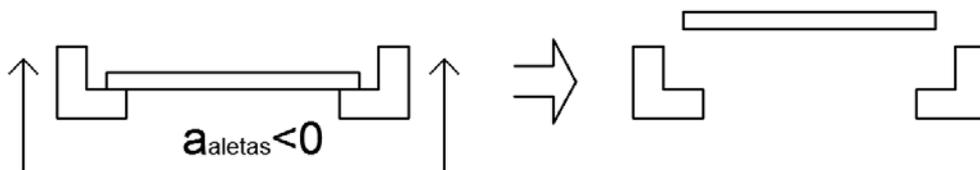


Figura 73. Fuerza de inercia durante el frenado

$$F_{InerciaPieza} < PesoPieza$$

$$m_{Pieza} \cdot a_{frenado} < m_{Pieza} \cdot g$$

Como la aceleración de frenado (3 m/s^2) es 3,27 veces menor que la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$), no se produce el salto.

Sistema piñón-cadena

Como se ha mencionado en el punto anterior, para estimar el momento de salida del reductor M_{r2} hay que obtener el diámetro del piñón:

$$M_{SalidaReductor} = M_{r2} = \frac{F_{TOTAL} \cdot \frac{\phi_{Piñon}}{2}}{\eta_{PiñonCadena}}$$

Este diámetro influye en la reducción de velocidad, de manera que cuanto menor sea el diámetro del piñón, mayor va a ser la velocidad de éste y por tanto, se requiere de una menor reducción, cosa que interesa a la hora de seleccionar el reductor:

$$r_{Piñon} = \frac{\phi_{Piñon}}{2}$$

$$v_{subida} = \omega_{Piñon} \cdot r_{Piñon} \rightarrow v_{subida} = cte \rightarrow si \downarrow r_{Piñon} \rightarrow \uparrow \omega_{Piñon}$$

También hay que tener en cuenta que ruedas pequeñas implican dientes más pequeños, y por tanto menor resistencia. Hay que comprobar si el sistema piñón-cadena resiste la carga.

Por ello, la selección se realiza siguiendo las indicaciones del fabricante Renold, y se comprueba que se adecúa a nuestras necesidades:

1.- Selección de la relación de transmisión y piñones.

Se recomienda utilizar:

- Número impar de dientes combinado a un número par de pasos
- Número mínimo de 19 dientes y 25 (con tratamiento térmico) para cargas impulsivas
- Ángulo de contacto mínimo del piñón motriz de 120 °

Se selecciona un piñón de 25 dientes ya que en nuestro caso existen cargas impulsivas, y además es el valor recomendado en la tabla 25 para una relación $i=1$, que es el requerido. Con esta relación se obtiene un ángulo de contacto de 180 °, por lo que también cumple con el ángulo de contacto mínimo.

No. of Teeth Driven Sprocket Z2	No. of Teeth Drive Sprocket Z1					
	15	17	19	21	23	25
25	-	-	-	-	-	1.00
38	2.53	2.23	2.00	1.80	1.65	1.52
57	3.80	3.35	3.00	2.71	2.48	2.28
76	5.07	4.47	4.00	3.62	3.30	3.04
95	6.33	5.59	5.00	4.52	4.13	3.80
114	7.60	6.70	6.00	5.43	4.96	4.56

Tabla 11. Selección del número de dientes

$$z_1 = z_2 = 25 \text{ dientes}$$

$$i = \frac{z_2}{z_1} = 1$$

Antes de seguir con el proceso de selección, se va a realizar una estimación de la reducción con un piñón de 25 dientes. Del catálogo se obtiene el diámetro:

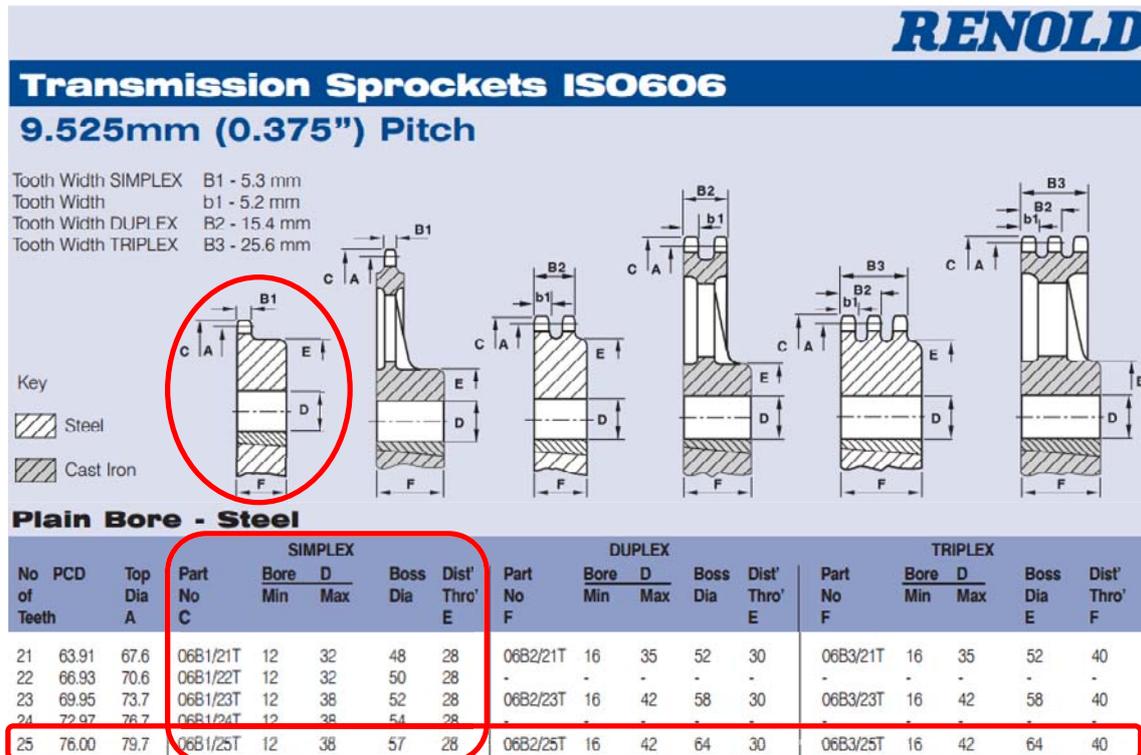


Tabla 12. Selección del piñón

Se selecciona el sistema piñón cadena simplex, si se comprueba que aguanta la carga, y de menor paso para obtener el mínimo diámetro posible. Pese a ello, la oscilación cordal no será un problema ya que $z > 19$.

Se obtiene un diámetro primitivo $A=79,7$ mm:

$$\begin{aligned} \phi_{\text{piñon}} &= 79,7 \text{ mm} = 0,0797 \text{ m} \\ r_{\text{piñon}} &= \frac{\phi_{\text{piñon}}}{2} = \frac{0,0797 \text{ m}}{2} = 0,0399 \text{ m} \end{aligned}$$

La velocidad de subida del sistema de elevación es:

$$v_{\text{subida}} = \omega_{\text{piñon}} \cdot r_{\text{piñon}} \rightarrow \omega_{\text{piñon}} = \frac{v_{\text{subida}}}{r_{\text{piñon}}} = \frac{0,15 \text{ m/s}}{0,0399 \text{ m}} = 3,76 \text{ rad/s}$$

$$\omega_{\text{piñon}} = 3,76 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot \frac{60}{2 \cdot \pi} = 35,89 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

$$n_{\text{piñon}} = 35,89 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

El piñón gira solidario con eje, por tanto ésta es velocidad angular a la salida del reductor:

$$n_{\text{piñon}} = n_{\text{Eje}} = n_{\text{SalidaReductor}} = n_{r2}$$

Si se selecciona un motor de 4 polos (n=1500 rpm), para obtener un giro más suave, se obtiene una relación de trasmisión:

$$i = \frac{1500}{35,89} = 41,7$$

Nos interesa una relación de este orden de magnitud, ya que se va a instalar un reductor sinfín y éstos suelen llegar hasta i=100, sin prerreducciones o más de una etapa, en los catálogos. Por tanto se considera que el tamaño piñón seleccionado es óptimo, pero hay que comprobar la resistencia.

2.- Determinar el factor de selección

Factor de aplicación f_1

Con este factor se toma en consideración las cargas dinámicas.

DRIVEN MACHINE CHARACTERISTICS		CHARACTERISTICS OF DRIVER		
		SMOOTH RUNNING Electric Motors, Steam and Gas Turbines, Internal Combustion Engines with Hydraulic coupling	SLIGHT SHOCKS Internal Combustion Engines with 6 cyls or more with mechanical Coupling, Electric Motors with frequent starts	MODERATE SHOCKS Internal Combustion Engines with less than 6 cyls, with mechanical coupling
SMOOTH RUNNING	Centrifugal Pumps and Compressors, Printing Machines, Paper Colanders, Uniformly Loaded Conveyors, Escalators, Liquid Agitators and Mixers, Rotary Driers, Fans	1	1.1	1.3
MODERATE SHOCKS	Pumps and Compressors (3+ cyls), Concrete Mixing Machines, Non uniformly Loaded Conveyors, Solid Agitators and Mixers	1.4	1.5	1.7
HEAVY SHOCKS	Planers, Excavators, Roll and Ball Mills, Rubber Processing Machines, Presses and Shears 1 & 2 Cyl Pumps and Compressors, Oil Drilling Rigs	1.8	1.9	2.1

Tabla 13. Factor debido a cargas dinámicas

Factor de diente f_2

Toma en consideración la influencia del número de dientes con la potencia. Un piñón de diámetro pequeño reducirá la capacidad máxima de potencia a transmitir, al aumentar la carga en la cadena.

El factor f_2 se calcula utilizando la ecuación

$$f_2 = \frac{19}{z_1}$$

Aunque el 19 se refiere a ensayos experimentales basados en piñones de 19 dientes, y en nuestro caso se ha partido de un piñón de 25. Por tanto:

$$f_2 = \frac{25}{z_1} = \frac{25}{25} = 1$$

3.- Cálculo para la selección de potencia

$$P_{\text{SeleccionCadena}} = P_{r2} = P_{\text{subida}} \cdot f_1 \cdot f_2 = 410,2 \text{ W} \cdot 1,4 \cdot 1 = 574,28 \text{ W}$$

4.- Seleccionar cadena

Se selecciona la cadena utilizando la gráfica del catálogo (figura 74), con una potencia de 574,28 W y una velocidad angular de 35,89 rev/min:

European Standard Chain Drives

Rating Chart using 19T Driver Sprocket

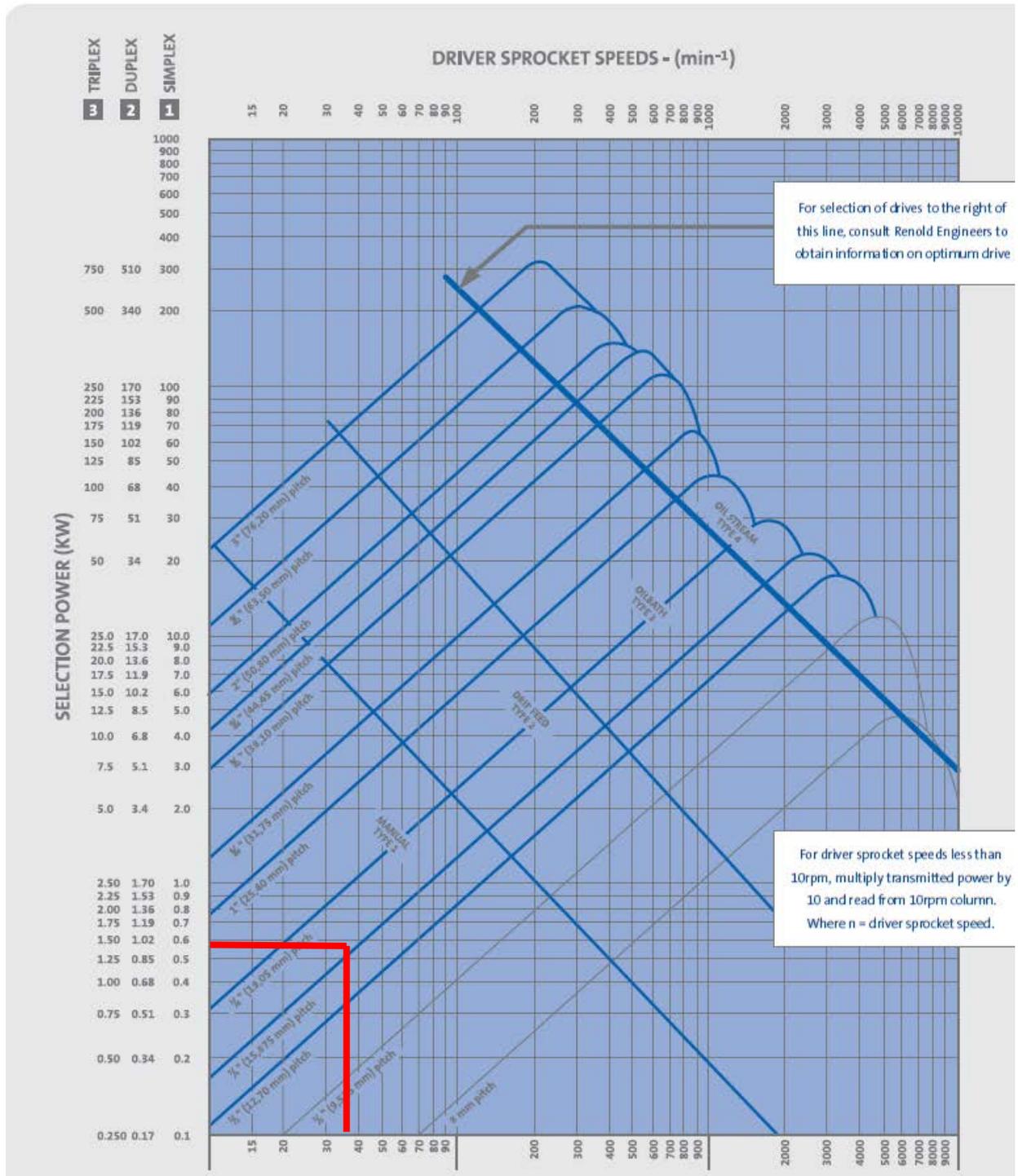


Figura 74. Gráfica de selección de la cadena

Se obtiene una cadena de paso mínimo de 3/4" =19,05 mm, y no la 3/8" =9,525 mm que habíamos seleccionado. Por tanto, hay que obtener el nuevo diámetro de piñón y volver a comprobar la resistencia:

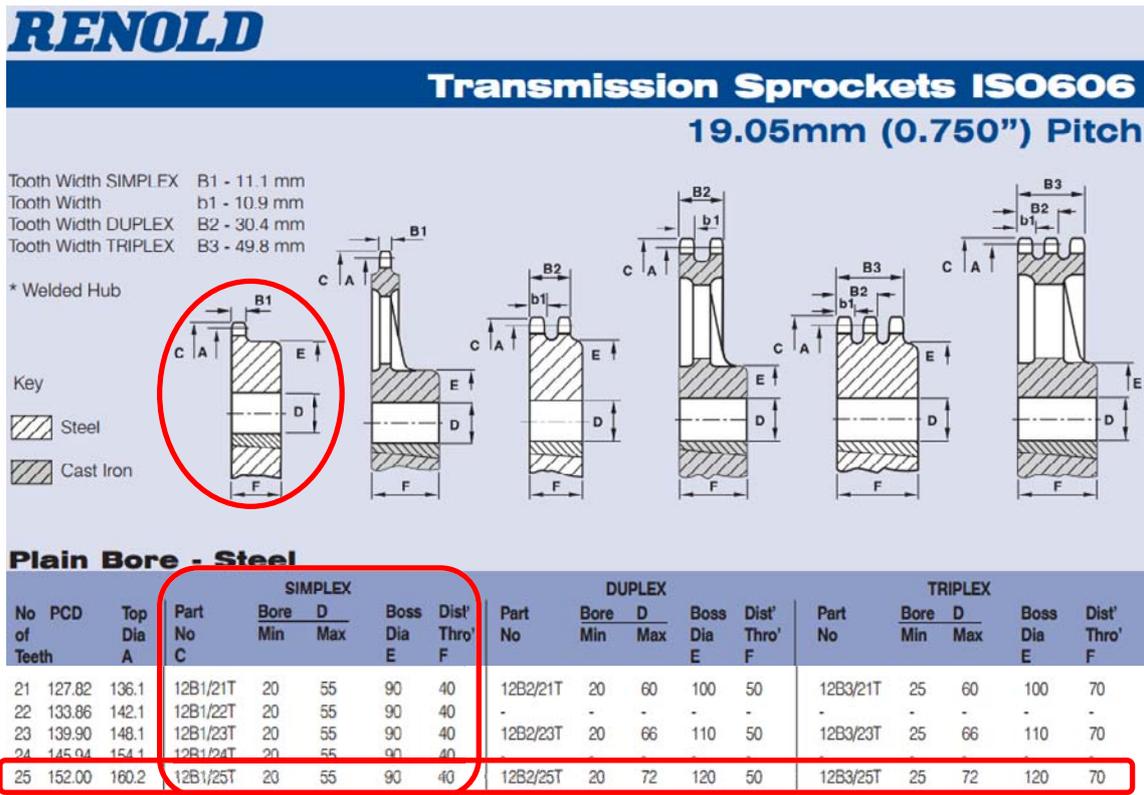


Tabla 14. Selección del piñón

Se obtiene un diámetro primitivo A=160,2 mm:

$$\begin{aligned} \phi_{\text{Piñon}} &= 160,2 \text{ mm} = 0,1602 \text{ m} \\ r_{\text{Piñon}} &= \frac{\phi_{\text{Piñon}}}{2} = \frac{0,1602 \text{ m}}{2} = 0,0801 \text{ m} \end{aligned}$$

La velocidad de subida del sistema de elevación es:

$$\begin{aligned} v_{\text{subida}} &= \omega_{\text{Piñon}} \cdot r_{\text{Piñon}} \rightarrow \omega_{\text{Piñon}} = \frac{v_{\text{subida}}}{r_{\text{Piñon}}} = \frac{0,15 \text{ m/s}}{0,0801 \text{ m}} = 1,87 \text{ rad/s} \\ \omega_{\text{Piñon}} &= 1,87 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot \frac{60}{2 \cdot \pi} = 17,88 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \\ n_{\text{Piñon}} &= 17,88 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \end{aligned}$$

El piñón gira solidario con eje, por tanto ésta es velocidad angular a la salida del reductor:

$$n_{\text{Piñon}} = n_{\text{Eje}} = n_{\text{SalidaReductor}} = n_{r2}$$

Si se selecciona un motor de 4 polos (n=1500 rpm), para obtener un giro más suave, se obtiene una relación de transmisión:

$$i = \frac{1500}{17,88} = 83,9$$

Sigue siendo una reducción conveniente, ya que se va a instalar un reductor sinfín y éstos suelen llegar hasta i=100 en los catálogos (sin prerreducciones o más de una etapa). Por tanto se considera que el tamaño piñón seleccionado es correcto, pero hay que volver a comprobar la resistencia.

Se selecciona la cadena utilizando la gráfica del catálogo (figura 75), con una potencia de 574,28 W y una velocidad angular de 17,88 rev/min:

European Standard Chain Drives
Rating Chart using 19T Driver Sprocket

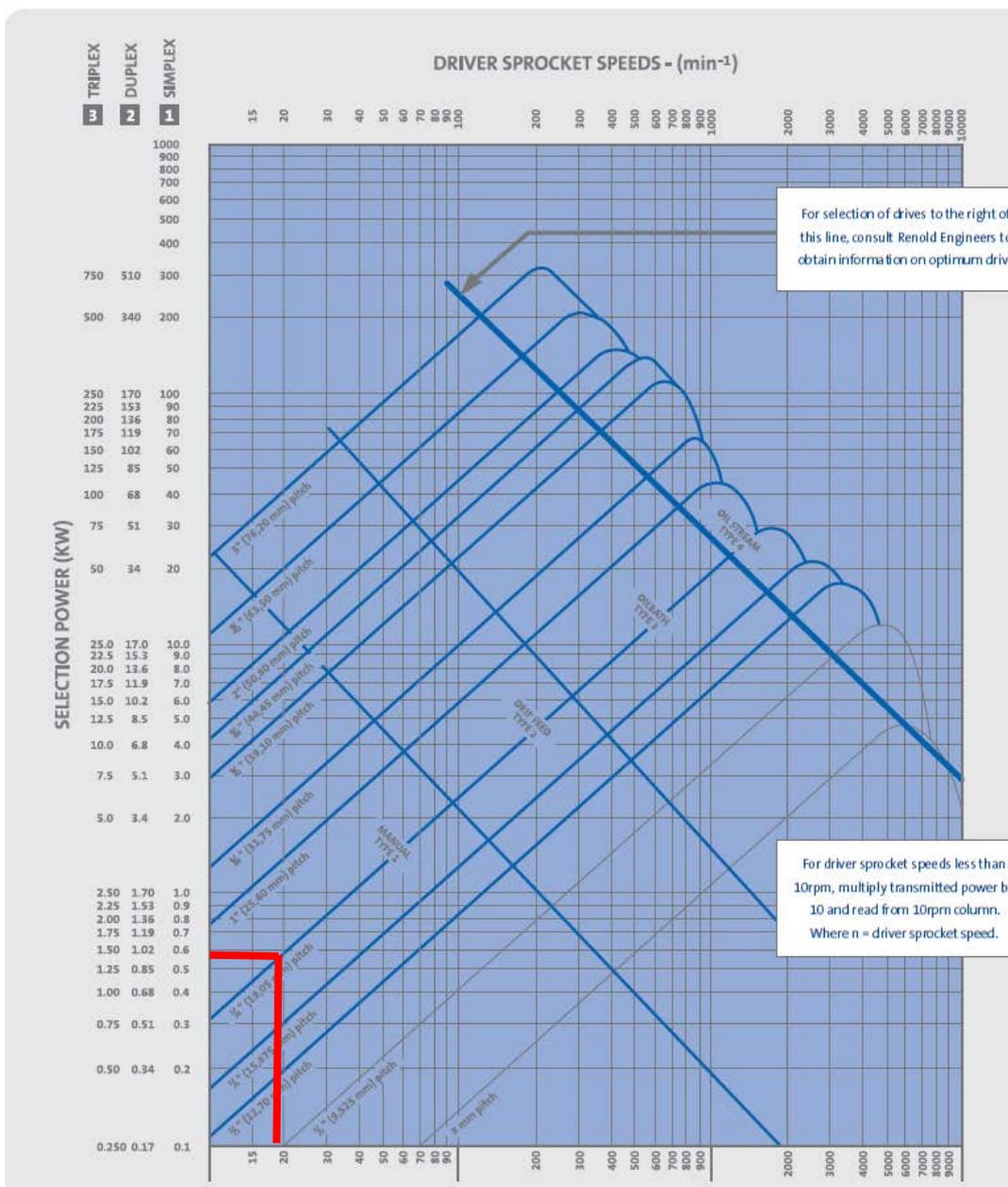


Figura 75. Gráfica de selección de la cadena

La grafica indica que la cadena de paso 3/4" (19,05 mm), si es la de menor paso que cumple con los requisitos, por tanto se selecciona ésta:

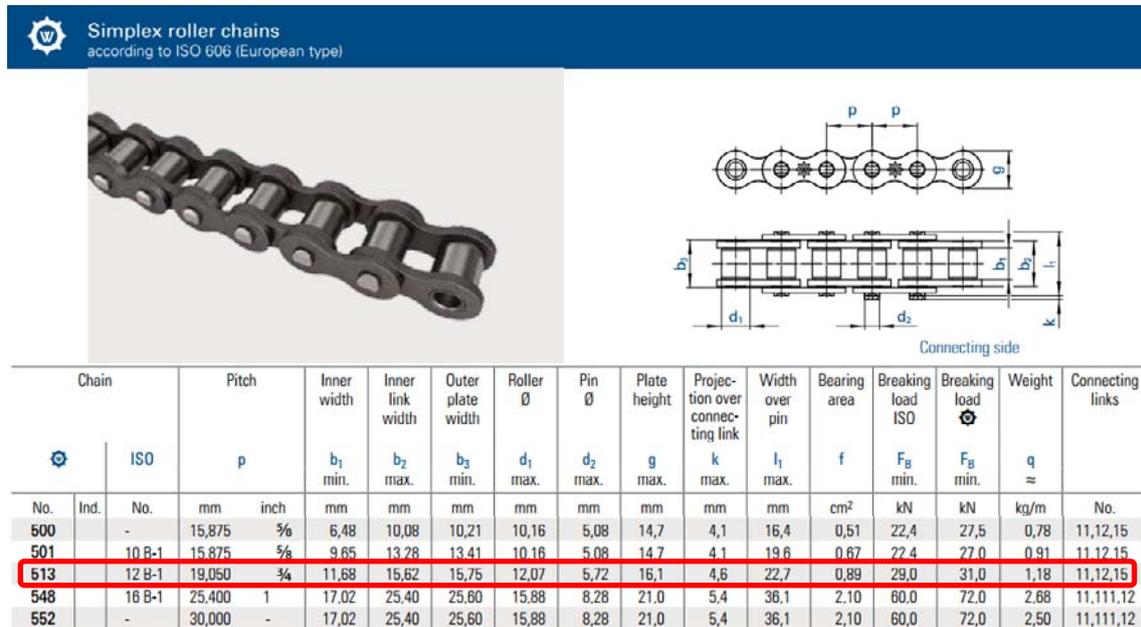


Figura 76. Características de la cadena

Se acude al catálogo de otro fabricante que se rige por la misma normativa, ya que no se ha conseguido el catálogo Renold que exprese de forma clara los datos necesarios para la comprobación de presión en las superficies de contacto.

5.- Calcular el largo de la cadena

Para determinar el largo de la cadena en pasos (L) en base a la distancia entre centros de los ejes, se utiliza la siguiente fórmula:

$$Largo (L) = \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{2 \cdot C}{P} + \frac{(z_2 - z_1)^2 \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot C}$$

Siendo:

C = Distancia entre centros en mm

En este caso se ha impuesto un valor de:

$$C = 1490 \text{ mm}$$

$$Largo (L) = \frac{25 + 25}{2} + \frac{2 \cdot 1490 \text{ mm}}{19,05 \text{ mm}} + \frac{\left(\frac{25 - 25}{2 \cdot \pi}\right)^2 \cdot 19,05 \text{ mm}}{1490 \text{ mm}} = 181,4 \text{ pasos}$$

Recomendaciones:

- El número de pasos debe redondearse a un número par de eslabones.
- Debe evitarse el uso de eslabones impares para no tener que utilizar un eslabón acodado.
- Si se utiliza un tensor, hay que añadir dos pasos a la longitud obtenida (L).

Se redondea a L=182 pasos y se añaden 2, puesto que se va a utilizar un tensor:

$$L = 182 + 2 = 184 \text{ pasos}$$

6.- Calcular exactamente la distancia entre centros

$$C = \frac{P}{8} \cdot [2 \cdot L - z_2 - z_1 + \sqrt{(2 \cdot L - z_2 - z_1)^2 - \left(\frac{\pi}{3,88} \cdot (z_2 - z_1)^2\right)}]$$

Siendo:

P= Paso de cadena (mm)

L= Largo de cadena (pasos)

z₁= Número de dientes del piñón motriz

z₂=Número de dientes de piñón conducido

No es necesario este paso, ya que el sistema lleva un tensor que permite modificar la distancia entre centros, y en nuestro caso ya está impuesta.

7.-Presión en las superficies de contacto

-Carga debida a la aceleración centrípeta

$$Carga_{AcelCentripeta} = Masa_{LinealCadena} \cdot V^2 = 1,18 \frac{Kg}{m} \cdot \left(0,15 \frac{m}{s}\right)^2 = 0,027 N$$

Este valor es despreciable, comparado con los 4071,42 N.

-Factor de seguridad

$$\frac{29000N}{4071,42 N/2 \text{ cadenas}} = 14$$

Se recomienda tener un coeficiente de seguridad mayor de 12

-Presión de Área de contacto

$$PresionAreaContacto = \frac{CargaTrabajo}{AreaContacto} = \frac{\frac{4071,42 N}{2 cadenas}}{0,89 cm^2 \cdot \frac{100 mm^2}{1 cm^2}} = 22,87 N/mm^2$$

$$\text{Área de contacto} = 0,89 cm^2$$

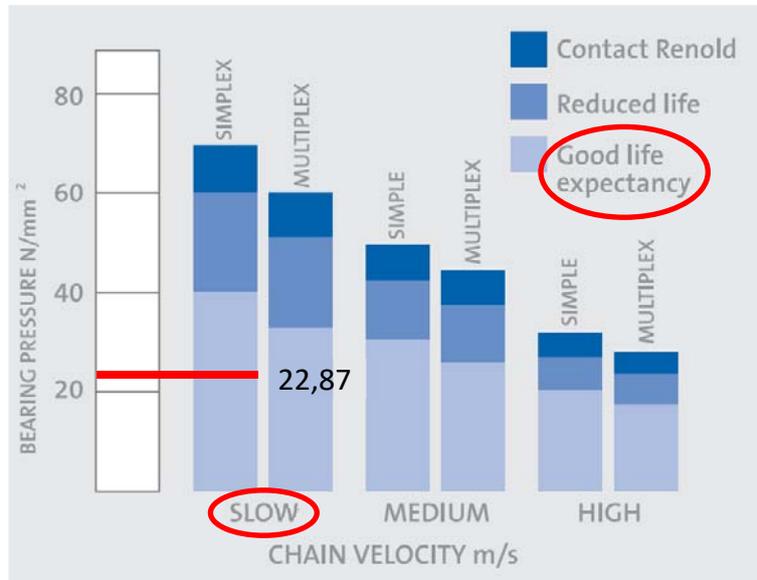


Figura 77. Expectativa de vida del sistema piñón-cadena

Por tanto, el sistema piñón- cadena escogido (ISO 12B-1), tiene una buena expectativa de vida.

Reductor

Una vez obtenido el diámetro del piñón se puede obtener el momento a la salida del reductor:

$$M_{SalidaReductor} = M_{r2} = \frac{F_{TOTAL} \cdot \frac{\Phi_{Piñon}}{2}}{\eta_{PiñonCadena}} = \frac{2734,4 N \cdot \frac{0,1602 m}{2}}{0,7} = 312,9 N \cdot m$$

El rendimiento de la transmisión por cadena viene determinado por el factor por cargas intempestivas de 1,4 y el rendimiento de transmisión cadena del 98%:

$$\eta_{PiñonCadena} = \frac{1}{1,4} \cdot 0,98 = 0,7$$

Selección del reductor

Para la selección del reductor se siguen las indicaciones del fabricante Bonfiglioli (Catálogo anexo)

1.- Determinar factor de servicio f_s

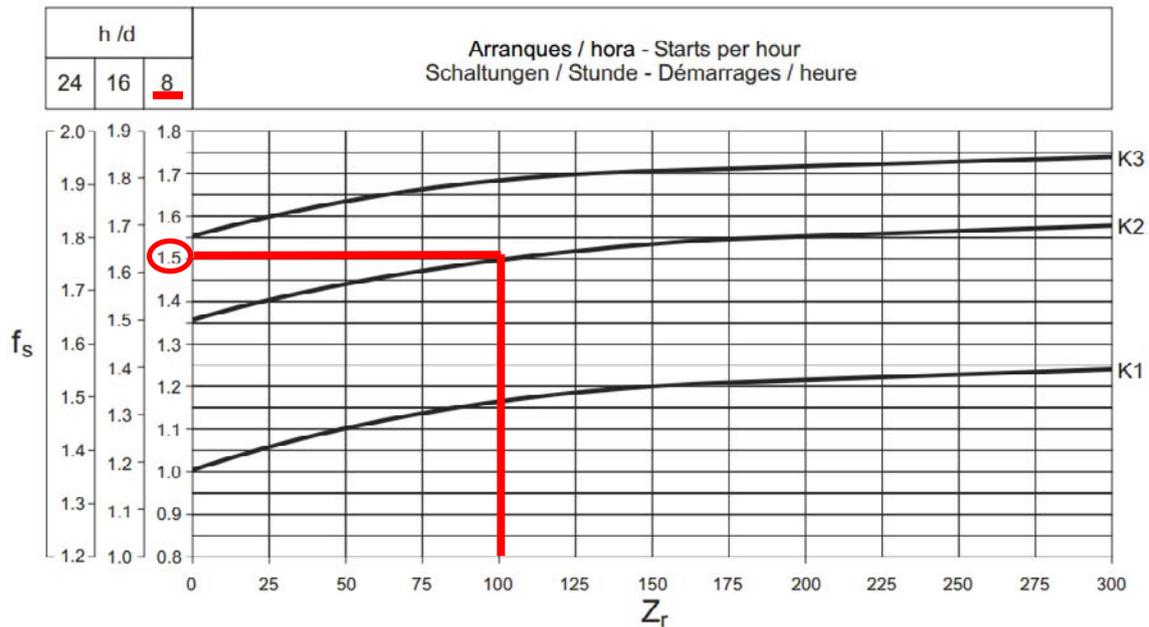


Figura 78. Gráfica del factor de servicio de la máquina

Se considera una exigencia de servicio media (curva K_2) y un valor de 100 arranques por hora, 8 horas al día. Por lo que se obtiene un factor de servicio:

$$f_s = 1,5$$

2.- Cálculo de la potencia requerida en el eje de entrada del reductor

$$P_{r1} = \frac{M_{r2} \cdot n_2}{9550 \cdot \eta_d} [kW] = \frac{312,9 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot 17,88 \text{ rev/min}}{9550 \cdot \eta_d}$$

Se estima un valor de 40 % ya que la relación de transmisión es de $i=83,9$ y la máquina tiene un régimen de funcionamiento de arranque-parda a intervalos muy cortos de tiempo.

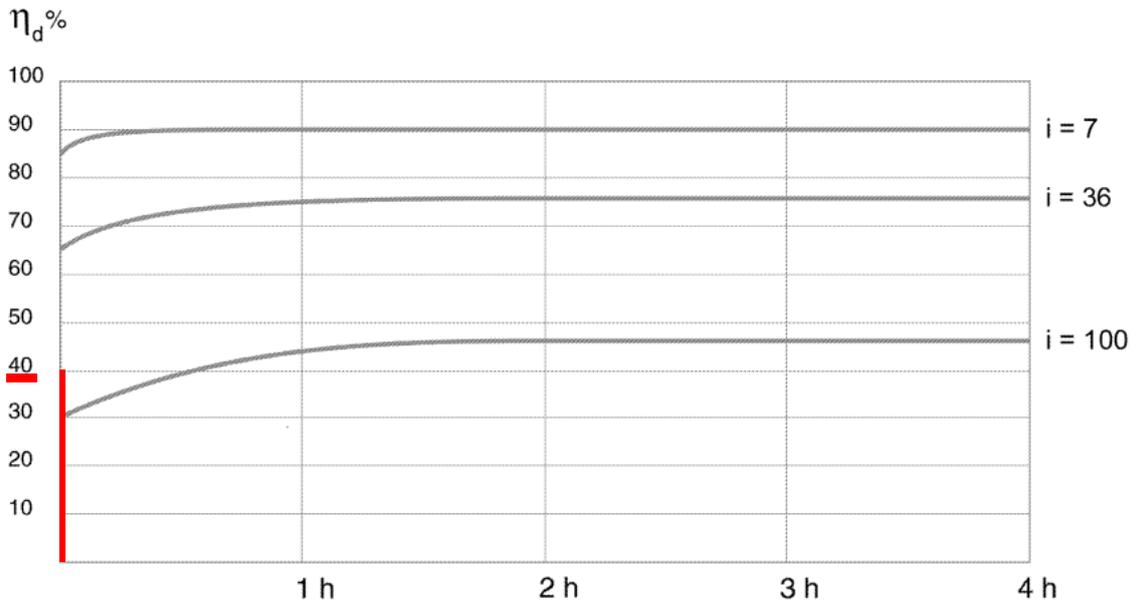


Figura 79. Gráfica del rendimiento en función de la relación de trasmisión

Además este valor de rendimiento implica una irreversibilidad estática (el eje de salida no gira aunque el motor esté parado) y dinámica (el eje se detiene instantáneamente cuando el motor deja de girar). Aunque el sistema lleva un motor-freno para un frenado preciso, la irreversibilidad del sistema refuerza la seguridad.

$$P_{r1} = \frac{312,9 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot 17,88 \text{ rev/min}}{9550 \cdot 0,40} = 1,46 \text{ kW}$$

No se tiene en cuenta el factor de mayoración f_m del catálogo, que tiene en cuenta el modo de servicio del motor, porque el factor de servicio estimado es alto y además se ha considerado un rendimiento del reductor bajo (las tablas se refieren al modo de servicio continuo S1 y el del compenser es intermitente).

3.- Selección de un reductor

Selección de reductor dotado de predisposición para montar estándar IEC

Se mayorará el momento a la salida del reductor por el factor de servicio f_s y el factor de corrección f_{tp} . Éste último se obtiene de la siguiente tabla:

		f_{tp}		
		Reductor vis sinfín VF, W		
Reductor helicoidal C, A, F, S	Tipo de carga	Temperatura ambiente [°C]		
		20°	30°	40°
$f_{tp} = 1$	K1 carga uniforme	1,00	1,00	1,06
	K2 carga con golpes moderados	1,00	1,02	1,12
	K3 carga con fuertes golpes	1,00	1,04	1,17

Tabla 15. Factor de corrección Selección Reductor

$$M_{c2} = M_{r2} \cdot f_s \cdot f_{tp} = 312,9 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot 1,5 \cdot 1,12 = 524,48 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Por tanto, los parámetros de selección son:

$$n_2 = 17,88 \frac{rev}{min}$$

$$M_2 = 524,48 N \cdot m$$

$$i = 83,9$$

La relación de transmisión es algo mayor a la requerida, pero el cambio que se produce por esto es que se pasa de $n_2= 17,88$ rpm a $n_2=20,4$ rpm; que es un incremento aceptable.

1.5 kW												
n_2 min ⁻¹	M_2 Nm	S	i	R_{n2} N								
20.4	540	1.2	69	8000	—			WR 110_69	P90	BN90LA4	150	
20.4	498	1.3	46	8000	W110_46	S3	M3LA6	148	W 110_46	P100	BN100LA6	149
20.4	533	2.4	69	13800	—			VFR 130_69	P90	BN90LA4	154	
20.4	519	3.4	46	15500	—			VF 150_46	P100	BN100LA6	158	
20.4	540	3.4	69	16000	—			VFR 150_69	P90	BN90LA4	160	

Tabla 16. Modelos de reductores del catálogo

4.- Verificación pos-selección

-Par máximo instantáneo

El par punta que el reductor puede aceptar ocasionalmente y por breves instantes es del orden del 300% del par nominal M_{n2} . Verificar, por tanto, que el valor del par punta respete esta relación, disponiendo si es necesario, los oportunos dispositivos para la limitación del par.

- Carga radial

El catálogo indica el valor de la carga radial máximo admisible para el eje de entrada « R_{n1} » y para el eje de salida « R_{n2} ». Estos valores están referidos a la aplicación de la fuerza en la mitad de eje y siempre debe ser superior a la fuerza realmente aplicada. Ver el párrafo: Cargas radiales.

- Carga axial

Verificar que la componente axial de la carga no supere el valor admisible, como está expresado en párrafo: Cargas axiales.

5.- Condiciones operativas admitidas por ATEX

Esta normativa se aplica para ambientes explosivos, que no es el caso.

6.- Formas constructivas y posiciones de montaje

Se selecciona un reductor de la serie W, montaje V6:

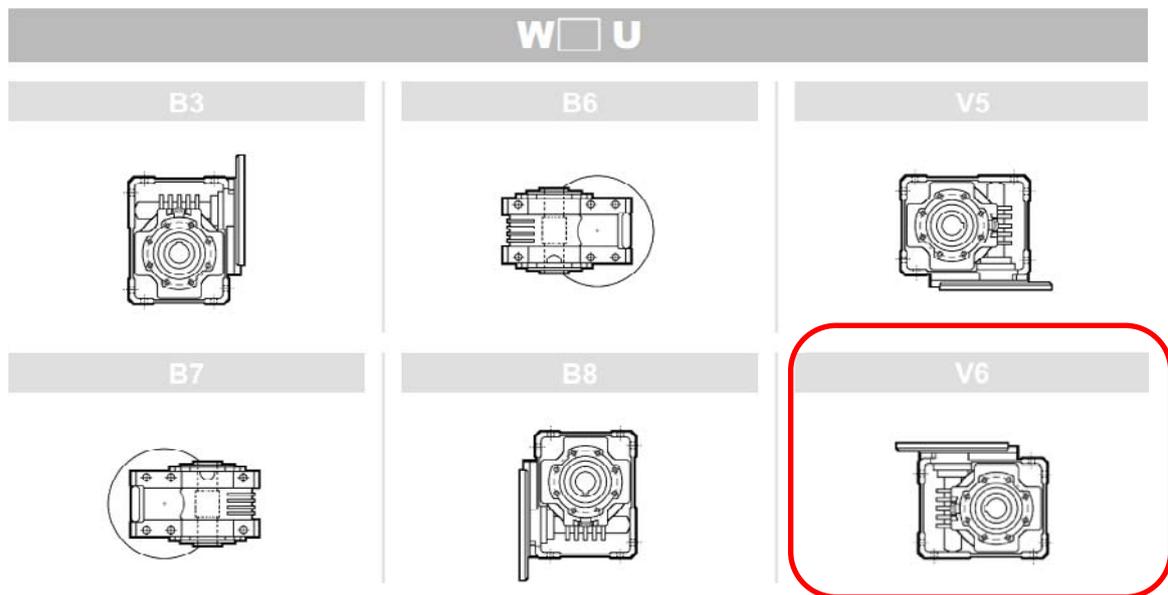


Figura 80. Posición de montaje

La designación del reductor es la siguiente:

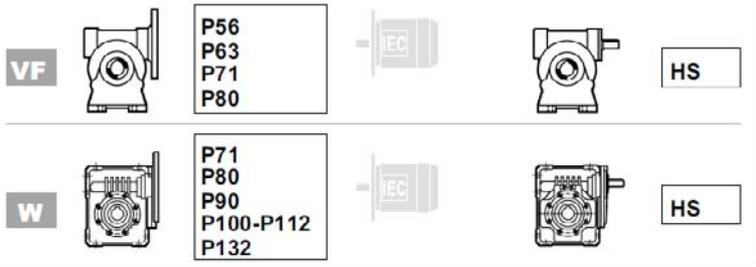
W 110 U D42 69 P90 B5 V6

OPCIONES

POSICIONES DE MONTAJE
B3 (Default), B6, B7, B8, V5, V6

FORMA CONSTRUCTIVA BRIDA MOTOR
B5, B14

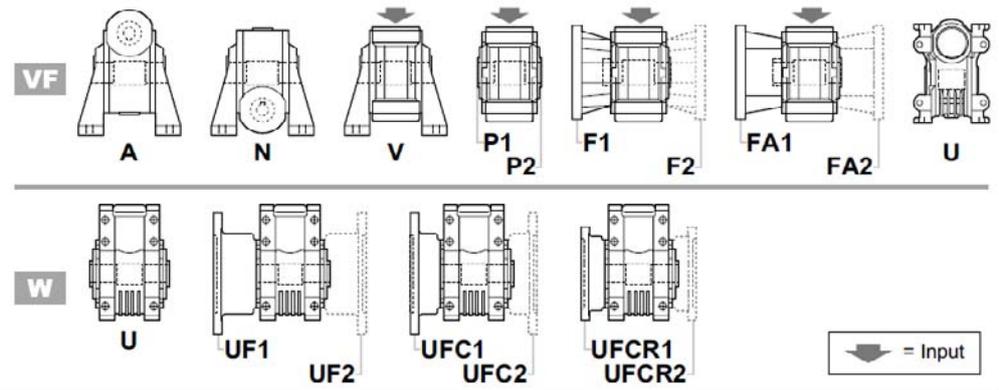
CONFIGURACIÓN DE ENTRADA



RELACIÓN DE REDUCCIÓN

DIÁMETRO DEL EJE DE SALIDA W 75
D30: default : D28: opcional

FORMA CONSTRUCTIVA



TAMAÑO

VF: 30, 44, 49 ; W: 63, 75, 86, 110

SERIE DEL PRODUCTO: **VF; W** = tornillo sinfin

7.- Lubricación

Cantidad de lubricante reductores tipo W

Leyenda:

 Tapón de llenado / carga  Tapón de nivel  Tapón de descarga



W 63, W 75, W 86

	i	[l]
W 63	7, 10, 12, 15	0,31
	19, 24, 30, 38, 45, 64	0,38
W 75	7, 10, 15	0,48
	30, 40	0,52
	20, 25, 50, 60, 80, 100	0,56
W 86	7, 10, 15	0,64
	30	0,73
	20, 23, 40, 46, 56, 64, 80, 100	0,90

W 110

		[l]
	P80...P132	1,60 (*)
	HS 7 ≤ i ≤ 15	1,60 (*)
	20 ≤ i ≤ 100	1,60 (*)

(*) Lubricante no suministrado.

Figura 81. Tipo de lubricación para el reductor

8.- Cargas radiales y axiales

No es necesario considerarlas debido al montaje del sistema.

9.- Acoplamiento del motor

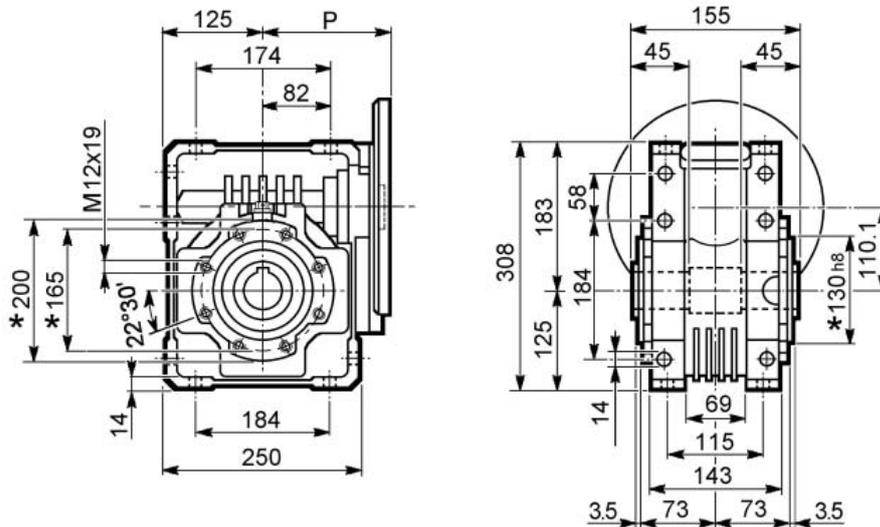
La siguiente tabla incluye las relaciones de transmisión para las cuales el acoplamiento motorreductor es técnicamente posible.

kW		VF 30	VF 44	VF 49	W 63	W 75	W 86	W 110
0,06	56A 4	7 ... 70	-	-	-	-	-	-
0,09	56B 4	7 ... 20	-	-	-	-	-	-
0,12	63A 4	7 ... 15	7 ... 70	7 ... 70	-	-	-	-
0,18	63B 4	7 ... 10	7 ... 35	7 ... 70	-	-	-	-
0,25	71A 4	-	7 ... 20	7 ... 36	7 ... 64	7 ... 100	7 ... 100	-
0,37	71B 4	-	7 ... 14	7 ... 18	7 ... 64	7 ... 80	7 ... 100	-
0,55	80A 4	-	-	7 ... 14	7 ... 64	7 ... 80	7 ... 80	7 ... 100
0,75	80B 4	-	-	7	7 ... 38	7 ... 60	7 ... 64	7 ... 100
1,1	90S 4	-	-	-	7 ... 19	7 ... 40	7 ... 56	7 ... 80
1,5	90LA 4	-	-	-	7 ... 15	7 ... 30	7 ... 40	7 ... 64
1,85	90LB 4	-	-	-	7 ... 12	7 ... 20	7 ... 30	7 ... 56
2,2	100LA 4	-	-	-	-	7 ... 20	7 ... 30	7 ... 46
3	100LB 4	-	-	-	-	7 ... 10	7 ... 15	7 ... 40
4	112M 4	-	-	-	-	7	7 ... 10	7 ... 30
5,5	132S 4	-	-	-	-	-	-	7 ... 15
7,5	132MA 4	-	-	-	-	-	-	7 ... 10

Tabla 17. Relaciones de transmisión posibles para el acoplamiento motorreductor

10.- Dimensiones

W 110 P(IEC)



U

Figura 82. Dimensiones del reductor

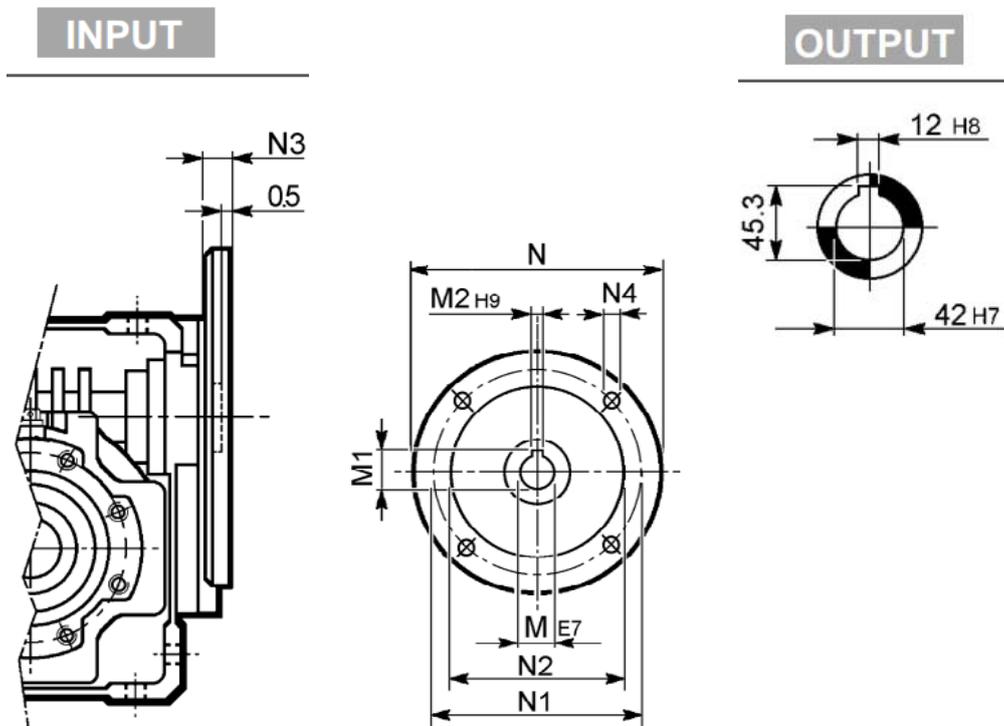


Figura 83. Dimensiones de la brida de acoplamiento

* Por ambos lados

W 110											
		M	M1	M2	N	N1	N2	N3	N4	P	
W 110	P80 B5	19	21.8	6	200	165	130	—	M10x12	143	38
W 110	P90 B5	24	27.3	8	200	165	130	—	M10x12	143	38
W 110	P100 B5	28	31.3	8	250	215	180	13	13	151	39
W 110	P112 B5	28	31.3	8	250	215	180	13	13	151	39
W 110	P132 B5	38	41.3	10	300	265	230	16	13	226	41
W 110	P80 B14	19	21.8	6	120	100	80	7.5	7	143	38
W 110	P90 B14	24	27.3	8	140	115	95	6.5	9	143	38
W 110	P100 B14	28	31.3	8	160	130	110	13	9	151	38
W 110	P112 B14	28	31.3	8	160	130	110	13	9	151	38

Tabla 18. Medidas del acoplamiento

Motor-freno

Para la selección del motor-freno se requiere una potencia de 1,5 kW y que el acoplamiento sea el estándar 90LA4

1.5 kW												
n_2 min ⁻¹	M ₂ Nm	S	i	R _{n2} N						IEC 		
20.4	540	1.2	69	8000	—			WR 110_69	P90	BN90LA4	150	
20.4	498	1.3	46	8000	W110_46	S3	M3LA6	148	W 110_46	P100	BN100LA6	149
20.4	533	2.4	69	13800	—			VFR 130_69	P90	BN90LA4	154	
20.4	519	3.4	46	15500	—			VF 150_46	P100	BN100LA6	158	
20.4	540	3.4	69	16000	—			VFR 150_69	P90	BN90LA4	160	

Tabla 19. Modelos de reductores del catálogo

El momento que tiene proporcionar el freno es:

$$M_{r1} = \frac{M_{r2}}{i} = \frac{540 \text{ N} \cdot \text{m}}{69} = 7,83 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Del catálogo del fabricante de motores MGM, se obtiene:

Technical Data Single Speed Motor – Single Winding													
Motor type	Power (kW)	RPM	In (A) 400 V	Power factor Cos φ	Is/Tn	Is/In	AC brake In (mA)	DC brake In (mA)	Z ₀ (starts/hour)	Moment of inertia Jx 10 ⁻⁴ Kg·m ²	Max Brake torque (Nm)	A-Sound pressure dB(A)	Weight (Kg)
4 poles												1500 r.p.m.	
BA 71 A4	0.25	1400	0.8	0.65	2.5	3.7	90	110	20000	7.20	14	45	9.5
BA 71 B4	0.37	1400	1.10	0.68	2.7	3.9	90	110	19000	8.10	14	45	10.5
BA 71 C4 *	0.55	1360	1.65	0.70	2.4	3.7	90	110	18000	9.43	14	45	11.5
BA 71 D4 *	0.65	1350	2.00	0.69	2.1	3.7	90	110	16000	9.92	14	45	12.0
BA 80 A4	0.55	1400	1.70	0.69	2.1	4.0	140	150	10000	14.97	18	47	14.0
BA 80 B4	0.75	1400	2.20	0.67	2.5	4.3	140	150	10000	17.19	18	47	15.0
BA 80 C4 *	0.9	1390	2.60	0.67	2.8	4.5	140	150	10000	18.30	18	47	16.0
BA 90 SA4	1.1	1400	2.7	0.77	2.3	4.6	300	150	15000	26.15	38	55	20.0
BA 90 LA4	1.5	1400	3.6	0.75	2.7	4.8	300	150	12000	30.53	38	55	22.5
BA 90 LB4 *	1.85	1400	4.3	0.77	2.7	5.8	300	150	9000	34.57	38	55	24.0
BA 90 LC4 *	2.2	1390	5.4	0.75	2.7	5.0	300	150	7000	34.57	38	55	24.0
BA 100 LA4	2.2	1410	5.0	0.78	2.5	5.4	300	150	8000	51.14	50	57	32
BA 100 LB4	3.0	1410	6.5	0.80	2.8	6.4	300	150	7000	60.07	50	57	36
BA 112 MB4	4.0	1415	8.1	0.84	2.6	6.4	280	470	4000	125.7	80	61	45

Tabla 20. Modelos de motores del catálogo

- Formas constructivas, posición y montaje

-Acoplamiento (bridas estándar y especiales)

Standard and special flange			
The table below shows the dimension of the standard and special flange and shaft sorted by frame size.			
Motor frame size	Shaft drive end dimension (DxE) (mm)	Flange type	Flange dimension (P/M/N) (mm)
BA 80	19x40	B5(standard)	200/165/130
BA 80	19x40	B5-R	160/130/110
BA 80	19x40	B14	120/100/80
BA 80	19x40	B14-R	(105) 120/85/70 ***
BA 90	24x50	B5(standard)	200/165/130
BA 90	24x50	B5-R	160/130/110
BA 90	24x50	B14(standard)	140/115/95
BA 90	24x50	B14-R	(120) 140/100/80 ***

Tabla 21. Formas constructivas, posición y montaje

-Tipo de construcción y montaje

La siguiente tabla muestra disposiciones de montaje según los estándares IEC 34-7 (EN 60.034-7). Los dos sistemas de clasificación proporcionan: código 1 (la designación alfanumérica) y el código 2 (designación numérica completa).

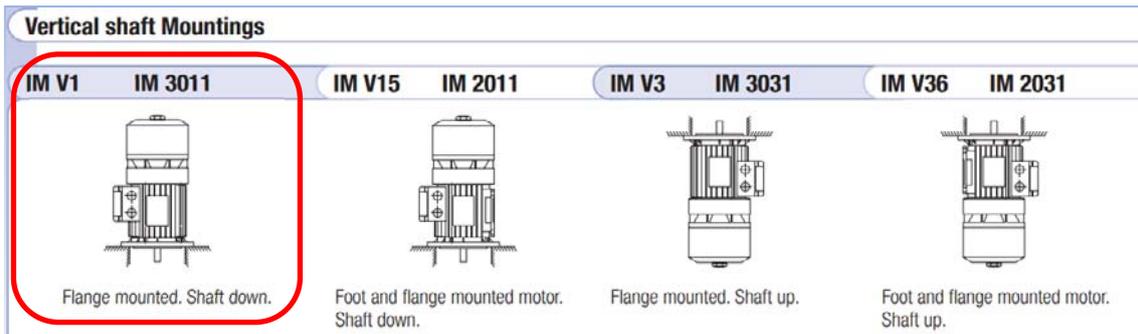


Figura 84. Tipo de construcción y montaje

-Dimensiones

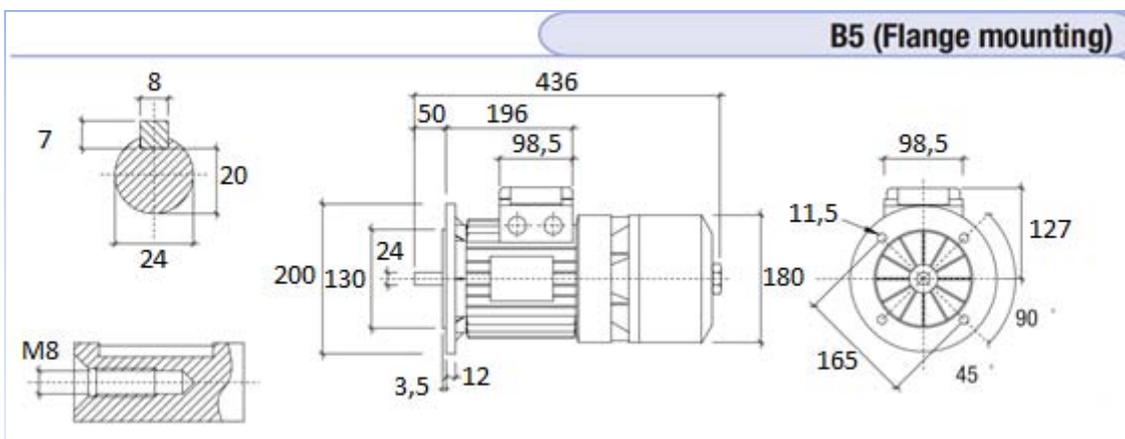


Figura 85. Dimensiones del motor-freno

La designación del motor-freno es la siguiente:

BA 90 0.04-1,5 kW, 230/400V 50 Hz, class F, IP 54, IM V1, AC brake coil, single terminal board box.

Series	BM, BA ①	BA
Frame size	56 - 225 mm	90
Power and poles	<ul style="list-style-type: none"> → 0.04 - 45 kW → 2 4 6 8 2 - 4 4 - 8 2 - 6 2 - 8 4 - 6 4 - 12 poles ② 	1,5 kW 4 poles
Mounting	See mounting section	IM V1
Voltage and frequency	According to customer request	230/400V 50 Hz
Brake supply	<ul style="list-style-type: none"> → AC or DC ③ → Single or double terminal board box ④ 	AC brake coil, single terminal board
Insulation class	F or H	class F
Enclosure	IP54, IP55, IP56	IP 54

Eje superior

Se ha seleccionado un reductor con un diámetro de salida de 42 mm, por lo que se parte con este diámetro para el dimensionamiento. La longitud de partida del eje es de 1060 mm.

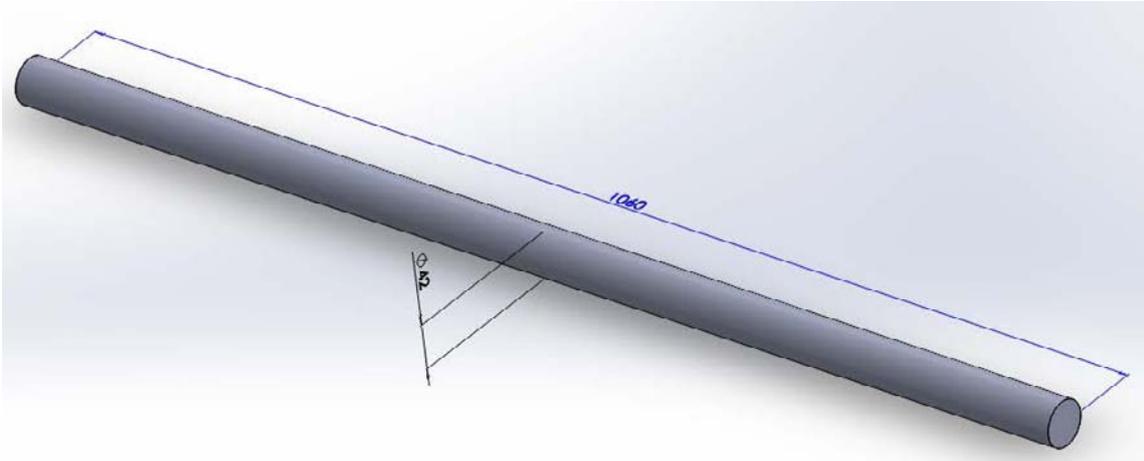


Figura 86. Dimensiones del eje superior

Para la comprobación de resistencia del eje, se realiza un análisis estático mediante el software Solidworks:

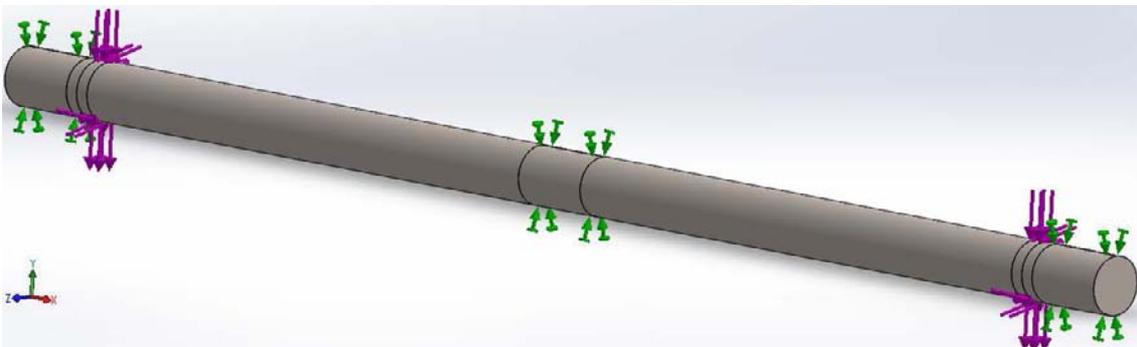


Figura 87. Sujeciones y esfuerzos en Solidworks

Se utilizan sujeciones tipo bisagra en los extremos, que restringen el movimiento en las direcciones "Y" y "Z". También se utiliza la sujeción de geometría fija en el centro, que permite simular el momento que proporciona el reductor a la salida. El sistema es equivalente, ya que no existen cargas axiales y por tanto las reacciones en esa dirección son nulas.

También se colocan las fuerzas y momentos actuantes en el movimiento de subida, repartidas entre las dos zonas donde apoyan los piñones (No se considera el peso de los piñones).

-Fuerza:

$$F = F_{\text{peso}} + F_I + F_{\text{peso}} + F_{\text{cadena}}$$

$$\text{Peso}_{\text{cadena}} = 1,18 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 181 \text{ pasos} \cdot \frac{19,05 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{\text{paso}} = 4,06 \text{ kg}$$

$$F_{cadena} = 2 \text{ cadenas} \cdot \text{Peso}_{cadena} \cdot 9,81 = 2 \cdot 4,06 \text{ kg} \cdot 9,81 = 79,66 \text{ N}$$

$$F = F_{peso} + F_I + F_{cadena} = 2094 + 640,4 + 79,06 = 2814 \text{ N}$$

-Momento:

$$M_{SalidaReductor} = M_{r2} = 312,9 \text{ N} \cdot \text{m}$$



Figura 88. Características del análisis

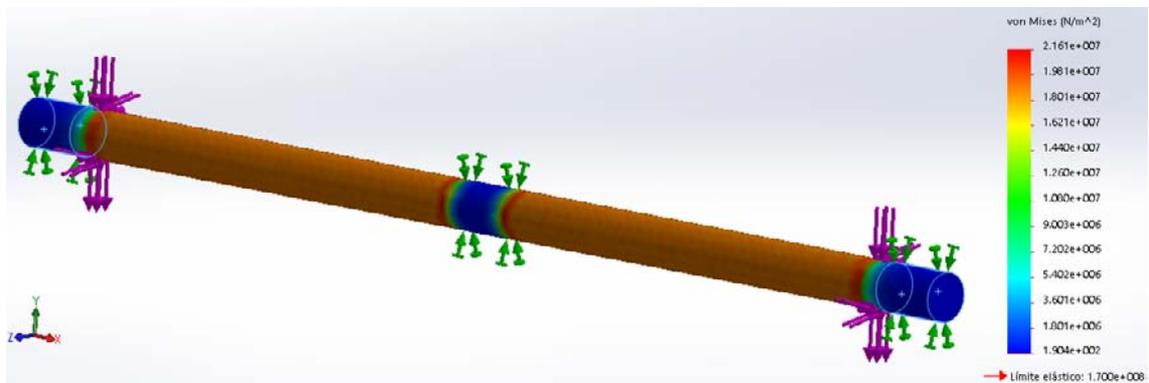


Figura 89. Tensión en el eje obtenida con Solidworks

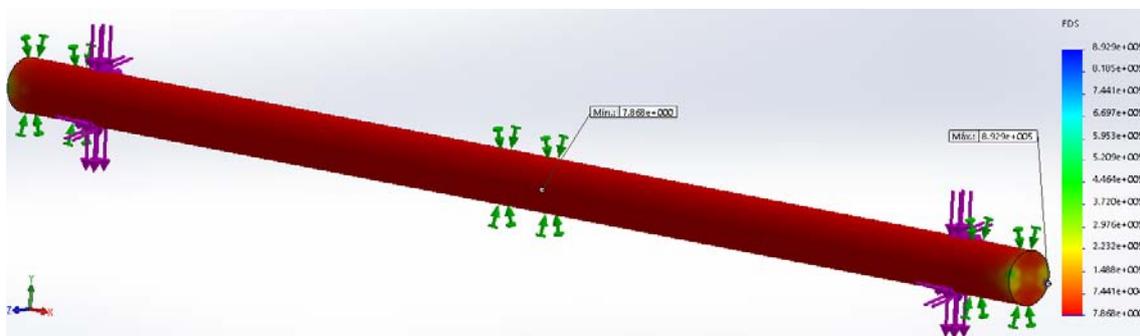


Figura 90. Factor de seguridad obtenida con Solidworks

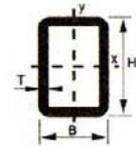
Como muestra la figura, el coeficiente de seguridad mínimo se da en la parte central del eje, y su valor es de 7,87. Por tanto el eje cumple sobradamente con los requisitos.

8.1.2 Estructura portante

Una vez realizado el diseño preliminar del sistema de elevación, se procede con el dimensionado de la estructura portante.

Se pretende utilizar barras de perfil comercial, que den un aspecto robusto a la máquina. Para ello, se parte de unas barras huecas de perfil rectangular de 60x40 de 6 mm de espesor y perfil cuadrado de 60x40 de 6 mm de espesor. También se colocan dos barras de perfil en U que además de soportar la carga, realizan la función de guiado del sistema de elevación.

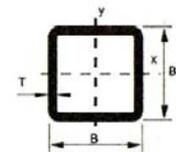
TUBOS RECTANGULARES ESTRUCTURALES



Tamaño		Espesor		Masa lineal	Área de la sección	Momento de inercia		Radio de giro		Módulo elástico		Módulo plástico		Constantes de torsión		Área superficie ex.
H mm	B mm	T mm	M kg/m	A cm ²	I _{xx} cm ⁴	I _{yy} cm ⁴	i _{xx} cm	i _{yy} cm	W _{elxx} cm ³	W _{elyy} cm ³	W _{plxx} cm ³	W _{plyy} cm ³	I _t cm ⁴	C _t cm ³	A _e m ² /m	
60	20	3	3,30	4,21	15,6	2,56	1,93	0,780	5,21	2,56	7,11	3,14	7,87	4,75	0,150	
90	25	3	3,54	4,51	18,1	4,40	2,00	0,998	6,02	3,52	7,97	4,22	12,3	6,35	0,160	
60	30	3	3,77	4,81	20,5	6,00	2,06	1,10	6,83	4,53	8,82	5,30	17,6	7,06	0,170	
60	40	3	4,25	5,41	25,4	13,4	2,17	1,58	8,48	6,72	10,5	7,94	29,3	11,2	0,190	
90	40	4	5,45	6,95	31,0	16,3	2,11	1,53	10,3	8,14	13,2	9,89	36,7	13,7	0,186	
80	40	5	6,56	8,36	35,3	18,4	2,06	1,48	11,8	9,21	15,4	11,5	42,8	15,6	0,183	
60	40	6	7,56	9,63	38,5	19,9	2,00	1,44	12,8	9,97	17,2	12,8	47,8	17,1	0,179	
70	30	3	4,25	5,41	30,6	7,90	2,38	1,21	8,74	5,26	11,4	6,20	21,5	9,41	0,190	
70	30	4	5,45	6,95	37,2	9,42	2,31	1,16	10,6	6,28	14,2	7,66	26,6	11,3	0,186	
70	30	5	6,56	8,36	42,3	10,5	2,25	1,12	12,1	6,99	16,6	8,84	30,4	12,8	0,183	
70	30	6	7,56	9,63	45,9	11,2	2,18	1,08	13,1	7,45	18,5	9,77	33,3	13,7	0,179	

Tabla 22. Tubos rectangulares comerciales

TUBOS CUADRADOS ESTRUCTURALES



Tamaño	Espesor		Masa lineal	Área de la sección	Momento de inercia	Radio de giro	Módulo elástico	Módulo plástico	Constantes de torsión		Área superficie ex.
B mm	T mm	M kg/m	A cm ²	I cm ⁴	i cm	W _{el} cm ³	W _l cm ³	I _t cm ⁴	C _t cm ³	A _e m ² /m	
50	3	4,25	5,41	19,5	1,90	7,79	9,4	32,1	11,8	0,190	
50	4	5,45	6,95	23,7	1,85	9,49	11,7	40,4	14,4	0,186	
50	5	6,56	8,36	27,0	1,80	10,8	13,7	47,5	16,6	0,183	
50	6	7,56	9,63	29,5	1,75	11,8	15,3	53,2	18,2	0,179	
60	3	5,19	6,61	35,1	2,31	11,7	14,0	57,1	17,7	0,230	
60	4	6,71	8,55	43,6	2,26	14,5	17,6	72,6	22,0	0,226	
60	5	8,13	10,4	50,5	2,21	16,8	20,9	86,4	25,6	0,223	
60	6	9,45	12,0	56,1	2,16	18,7	23,7	98,4	28,6	0,219	
70	3	6,13	7,81	57,5	2,71	16,4	19,4	92,4	24,7	0,270	
70	4	7,97	10,1	72,1	2,67	20,6	24,8	119	31,1	0,266	
70	5	9,70	12,4	84,6	2,62	24,2	29,6	142	36,7	0,263	
70	6	11,3	14,4	95,2	2,57	27,2	33,8	163	41,4	0,269	

Tabla 23. Tubos cuadrados comerciales

La disposición de la estructura preliminar queda de la siguiente manera:



Figura 91. Ilustración 48. Estructura portante

Para realizar la comprobación de resistencia, se realiza un análisis estático utilizando el software Solidworks. A continuación se muestra los parámetros de entrada del análisis.

-Material: acero AISI 1020 (acero típico para perfiles comerciales)

-Conexiones: se selecciona una unión rígida entre componentes en contacto (simulan la soldadura)

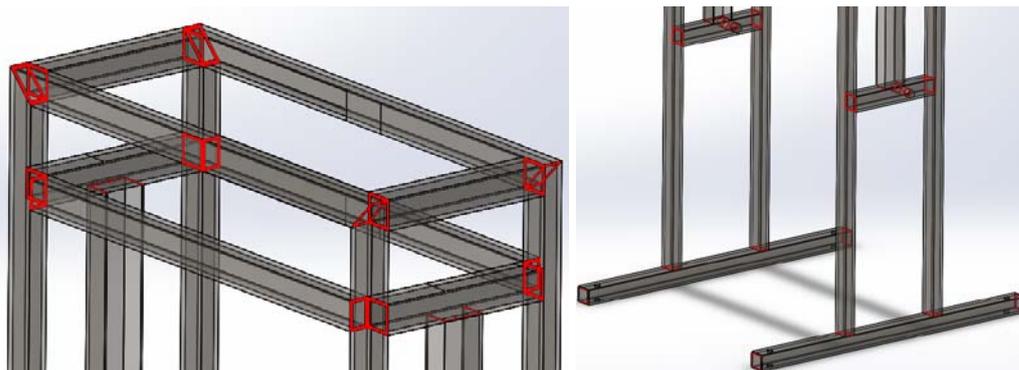


Figura 92. Conexiones para el análisis estático en Solidworks

-Sujeciones: se fijan las superficies que están en contacto con las 4 patas

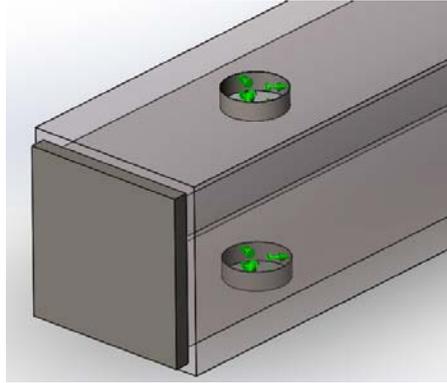


Figura 93. Sujeciones para el análisis estático en Solidworks

-Cargas:

- Carga debida al peso y la fuerza de inercia del sistema de elevación situada donde van los soportes de los rodamientos. Se genera una fuerza vertical un momento flector.

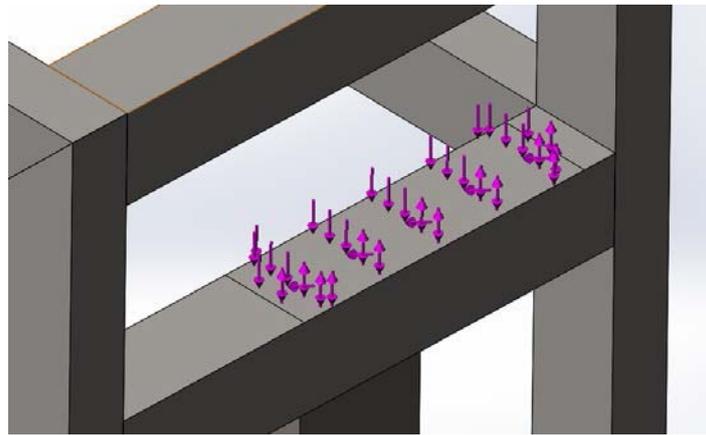


Figura 94. Cargas para el análisis estático en Solidworks

$$F = F_{\text{peso}} + F_I + F_{\text{cadena}} = 2094 + 640,4 + 79,06 = 2814 \text{ N}$$

Ésta fuerza se reparte entre los dos soportes.

$$F_{\text{soporte}} = \frac{F}{2} = \frac{2814 \text{ N}}{2} = 1407 \text{ N}$$

El momento generado es la Fuerza ejerce la rueda dentada por la distancia al apoyo

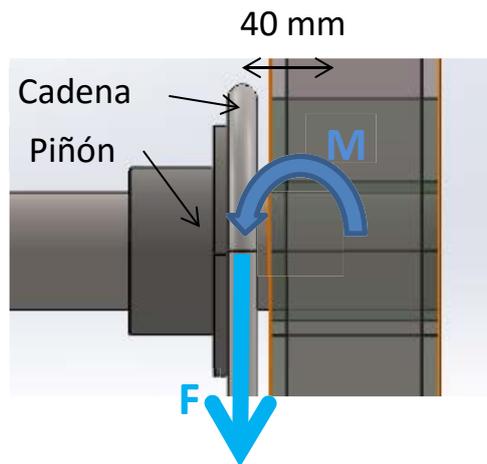


Figura 95. Cargas para el análisis estático en Solidworks

$$M_{soporte} = F \cdot d = 1407 \text{ N} \cdot 40 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 56,28 \text{ N} \cdot \text{m}$$

- Cargas debidas al peso del motor y del reductor.

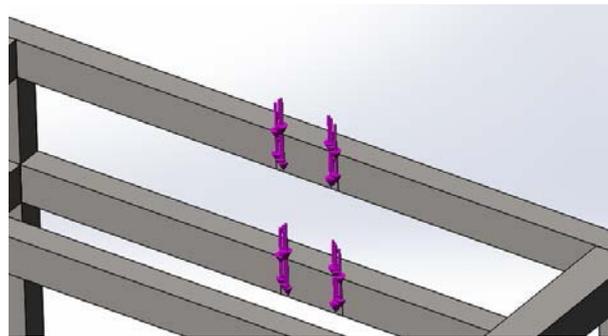


Figura 96. Cargas para el análisis estático en Solidworks

$$F_{reductor} = \text{PesoReductor} \cdot g = 38 \text{ kg} \cdot 9,81 = 372,78 \text{ N}$$

$$F_{motor-freno} = \text{PesoReductor} \cdot g = 22 \text{ kg} \cdot 9,81 = 215,82 \text{ N}$$

- Cargas debidas a los ejes inferiores del sistema de elevación. Para una simulación más real, se han colocado los ejes y las fuerzas que se ejercen sobre ellos.



Figura 97. Cargas para el análisis estático en Solidworks

La fuerza a la que están sometidos es debida a la tensión de la cadena, cuando está subiéndose:

$$T_{subiendo} = F_{TOTAL} = (F_{peso} + F_I) = (2094 + 640,4)N = 2734,4 N$$

Se ha realizado el análisis con un tamaño de malla medio, ya que la geometría es simple. El coeficiente de aspecto máximo no es muy elevado, por lo que los elementos finitos no están muy distorsionados, y el porcentaje con elementos con coeficiente de aspecto > 10 es bajo, lo que indica una buena calidad de la malla. Por el contrario, el porcentaje con elementos con coeficiente de aspecto < 3 ha resultado bajo. Pese a ello, se considera apta para continuar con el análisis.



Malla Detalles	
Nombre de estudio	Análisis estático 1 (-Default<Como mecanizada>-)
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado	Malla estándar
Transición automática	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla	Desactivar
Puntos jacobianos	4 puntos
Tamaño de elementos	33.799 mm
Tolerancia	1.68995 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	47020
Número total de elementos	23885
Cociente de aspecto máximo	34.103
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto < 3	4.63
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto > 10	6.46
% de elementos distorsionados (Jacobiano)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss)	00:00:17
Nombre de computadora	EQUIPO-PEDRO

Figura 98. Características de la malla en Solidworks

El análisis queda de la siguiente manera:

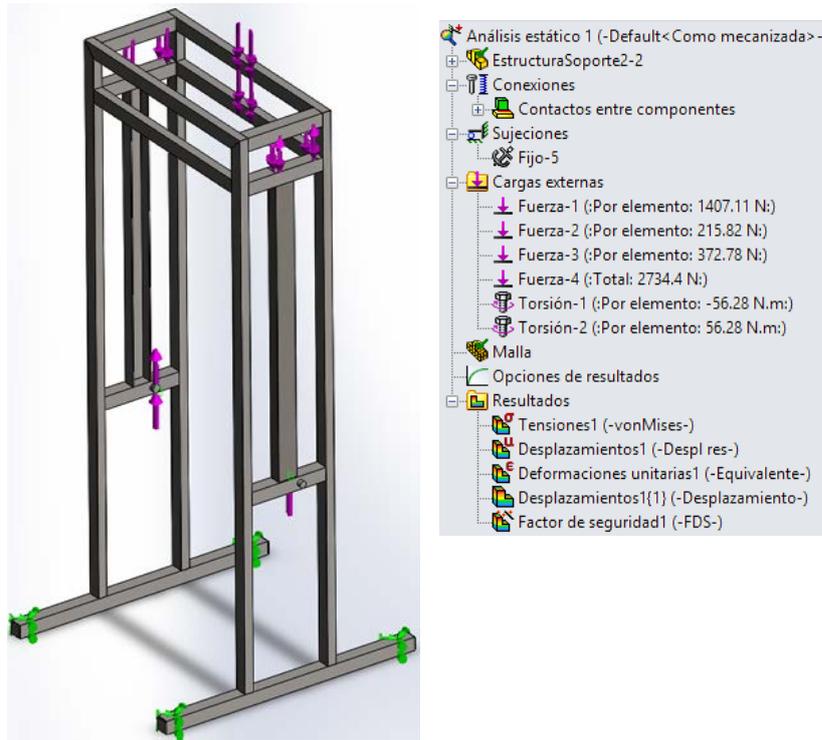


Figura 99. Resumen del análisis estático en Solidworks

Y los resultados son los siguientes:

La estructura tiene un factor de seguridad mínimo de 43,15. Aunque la estructura está sobredimensionada, no se va a rediseñar ya que se considera un coste asumible para obtener un aspecto más robusto de la máquina.

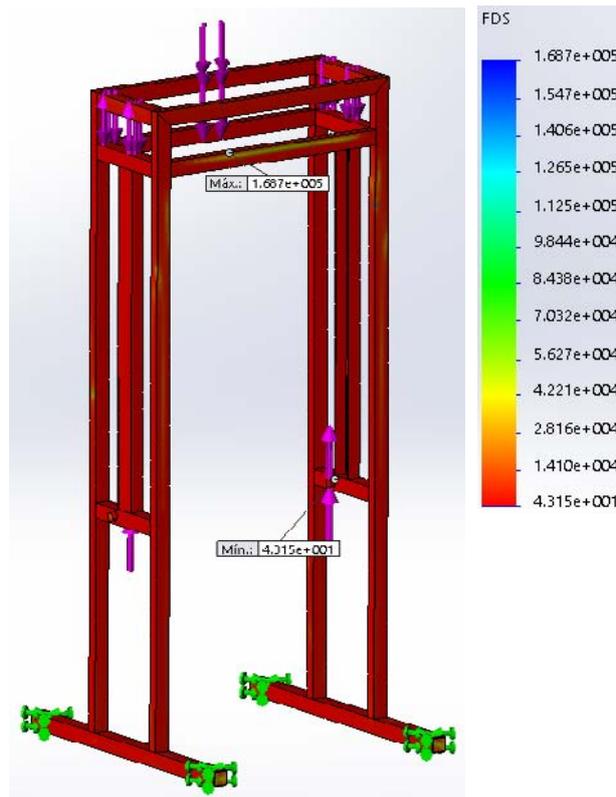


Figura 100. Factor de seguridad en el análisis estático en Solidworks

A continuación se muestran las tensiones y los desplazamientos generados en la estructura:

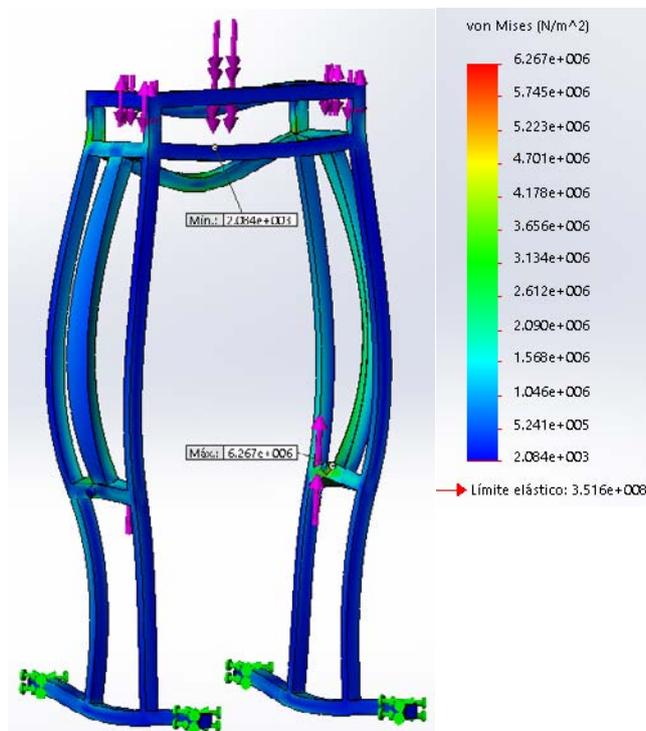


Figura 101. Tensión en el análisis estático en Solidworks

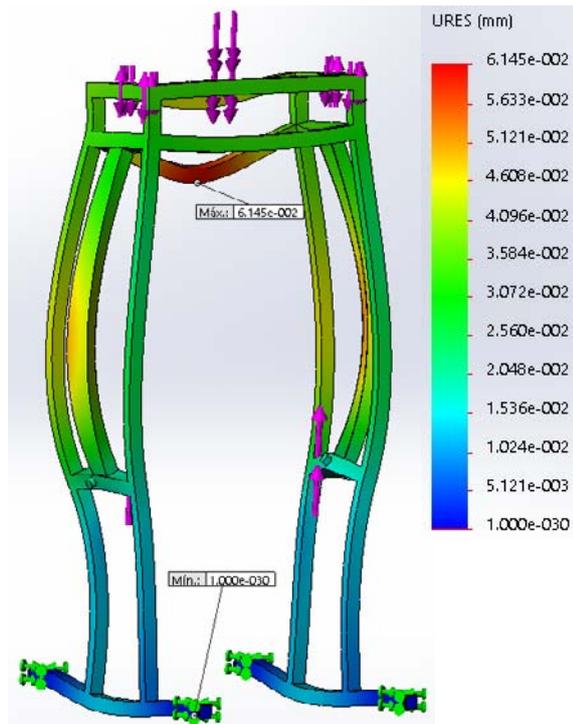


Figura 102. Desplazamientos en el análisis estático en Solidworks

Como muestran las figuras, no se sobrepasa la tensión máxima en ningún punto y los mayores desplazamientos son del orden de 0,06 mm, por lo que se considera una solución válida.

Selección de las chavetas

Para la selección de las chavetas hay que realizar la comprobación de fallo por cizallamiento y fallo por aplastamiento, y dimensionar en base al caso más desfavorable obtenido.

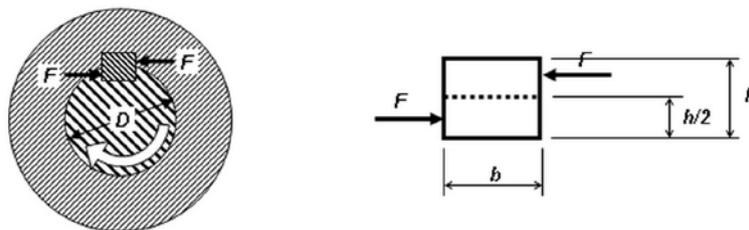


Figura 103. Fuerzas Cizalladura Chaveta

-Fallo por cizallamiento:

La fuerza de corte F sobre la chaveta, debida al momento M es:

$$F = \frac{2 \cdot M}{D}$$

El momento que proporciona el reductor a la salida es:

1.5 kW												
n_2 min ⁻¹	M_2 Nm	S	i	R_{n2} N						IEC 		
20.4	540	1.2	69	8000		—			WR 110_69	P90	BN90LA4	150
20.4	498	1.3	46	8000	W110_46	S3	M3LA6	148	W 110_46	P100	BN100LA6	149
20.4	533	2.4	69	13800		—			VFR 130_69	P90	BN90LA4	154
20.4	519	3.4	46	15500		—			VF 150_46	P100	BN100LA6	158
20.4	540	3.4	69	16000		—			VFR 150_69	P90	BN90LA4	160

Figura 104. Modelos de reductores del catálogo

$$M_{2_Catálogo} = 540 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$F = \frac{2 \cdot M_{2_Catálogo}}{D_{eje}} = \frac{2 \cdot 540 \text{ N} \cdot \text{m}}{42 \text{ mm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}}} = 25714 \text{ N}$$

Con lo que las tensiones en la sección de corte son:

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{2 \cdot M}{D \cdot A}$$

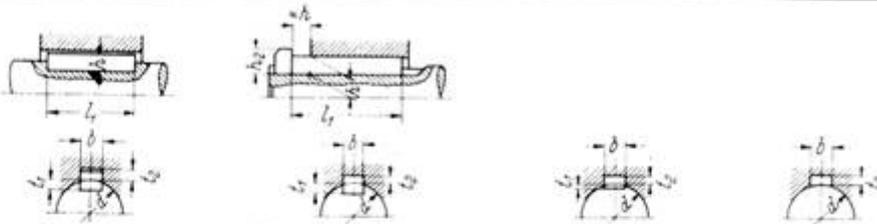
Siendo:

A = Área de la sección de la chaveta paralela a la fuerza F

$$A = b \cdot l$$

Para la selección del área de la chaveta se utilizan las recomendaciones de la norma DIN 6885:

Tabla 18/5 Dimensiones de chavetas, cuñas y chaveteros según DIN en mm, momento torsor admisible.



Árbol	Cuñas			Chavetas		Altura de la cabeza	Cuñas planas		Aplana- miento del árbol		Cuñas cóncavas		
	<i>d</i>	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>t₁</i>	<i>t₂</i>	<i>t₂</i>	<i>h₂</i>	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>t₁</i>	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>t₂</i>
10...12	4	4	2,5	1,2	1,8	7							
12...17	5	5	3,0	1,7	2,3	8							
17...22	6	6	3,5	2,1	2,8	10							
22...30	8	7	4,0	2,4	3,3	11	8	5	1,3	8	3,5	3,2	
30...38	10	8	5,0	2,4	3,3	12	10	6	1,8	10	4	3,7	
<u>38...44</u>	<u>12</u>	<u>8</u>	<u>5,0</u>	2,4	<u>3,3</u>	12	12	6	1,8	12	4	3,7	
44...50	14	9	5,5	2,9	3,8	14	14	6	1,4	14	4,5	4,0	
50...58	16	10	6,0	3,4	4,3	16	16	7	1,9	16	5	4,5	
58...65	18	11	7,0	3,4	4,4	18	18	7	1,9	18	5	4,5	
65...75	20	12	7,5	3,9	4,9	20	20	8	1,9	20	6	5,5	
75...85	22	14	9,0	4,4	5,4	22	22	9	1,8	22	7	6,5	
85...95	25	14	9,0	4,4	5,4	22	25	9	1,9	25	7	6,4	
95...110	28	16	10,0	5,4	6,4	25	28	10	2,4	28	7,5	6,9	
110...130	32	18	11,0	6,4	7,4	28	32	11	2,3	32	8,5	7,9	
130...150	36	20	12,0	7,1	8,4	32	36	12	2,8	36	9	8,4	
150...170	40	22	13,0	8,1	9,4	36	40	14	4,0			9,1	
170...200	45	25	15,0	9,1	10,4	40	45	16	4,7			10,4	

Zonas de tolerancia en el ancho de los chaveteros

Tipo de ajuste	chavetero eje	chaveteo rueda
A presión (forzado) <i>forced</i>	P9	P9
Ligero	N9	J9
Deslizante	H8	D10

La chaveta deberá dimensionarse de manera que pueda transmitir el mismo momento o par de torsión que el eje correspondiente. Por ello, la longitud de dicha chaveta deberá ser, como mínimo, igual a 1,5 veces el diámetro del eje. Los chaveteros de eje y rueda deberán tener bordes redondeados (en todos los sentidos) para evitar la formación de grietas y posteriores roturas.

Figura 105. Dimensiones chavetas y chaveteros según DIN

(No se utiliza las recomendaciones de las tolerancias en el ancho de los chaveteros, porque existe una imposición de tolerancias en los agujeros del reductor, como se explica a continuación)

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{2 \cdot M}{D \cdot A} = \frac{2 \cdot M_{2_Catálogo}}{D_{eje} \cdot A} = \frac{2 \cdot M_{2_Catálogo}}{D_{eje} \cdot b \cdot l} = \frac{2 \cdot 540 \text{ N} \cdot \text{m}}{42 \text{ mm} \cdot 12 \text{ mm} \cdot l}$$

Si se utiliza el “criterio de Tresca” para su dimensionado:

$$\tau_{max} = \frac{S_y}{2}$$

La longitud "l" necesaria para que no se produzca fallo, con un coeficiente de seguridad $n_s=3$ (recomendado) es:

$$l \geq \frac{4 \cdot M \cdot n_s}{D \cdot b \cdot S_y} = \frac{4 \cdot M_{2_Catálogo} \cdot n_s}{D_{eje} \cdot b \cdot S_y} = \frac{4 \cdot \left(540 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}}\right) \cdot 3}{42 \text{ mm} \cdot 12 \text{ mm} \cdot 206,81 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 62,17 \text{ mm}$$

Siendo:

S_y = Límite elástico del material

Para el material de la chaveta se selecciona un acero inoxidable AISI/SAE 304, ya que la máquina puede estar expuesta a ambientes corrosivos.

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	190000	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.29	N/D
Módulo cortante	75000	N/mm ²
Densidad de masa	8000	kg/m ³
Límite de tracción	517.02	N/mm ²
Límite de compresión		N/mm ²
Límite elástico	206.81	N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica	1.8e-005	/K
Conductividad térmica	16	W/(m·K)
Calor específico	500	J/(kg·K)
Cociente de amortiguamiento del material		N/D

Figura 106. Características acero AISI/SAE 304

-Fallo por aplastamiento:

La tensión de compresión sobre las caras laterales de la chaveta será:

$$\sigma_{aplastada} = \frac{F}{A_{aplastada}} = \frac{2 \cdot M}{D \cdot \frac{h}{2} \cdot l}$$

$$l \geq \frac{4 \cdot M \cdot n_s}{D \cdot h \cdot S_y} = \frac{4 \cdot M_{2_Catálogo} \cdot n_s}{D_{eje} \cdot h \cdot S_y} = \frac{4 \cdot \left(540 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}}\right) \cdot 3}{42 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm} \cdot 206,81 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 93,25 \text{ mm}$$

Por tanto, es más restrictivo el fallo por aplastamiento, y que el criterio de la norma:

$$l \geq 1,5 \cdot D$$

La transmisión del par se realiza mediante 3 lo único que cambia es el momento torsor al que están sometidas las chavetas, que es justo la mitad; y el diámetro, que solo se reduce 3 mm.

Por tanto, se obtiene:chavetas, una en el reductor y dos en los piñones. La longitud de las chavetas y chaveteros de los piñones es la mitad que la del reductor, ya que

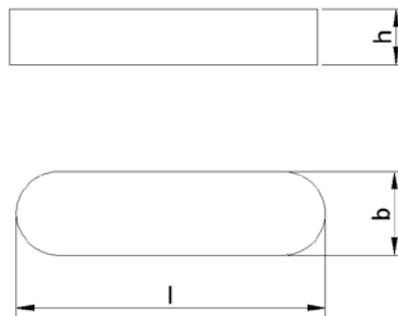
$$l_{chaveta_reductor} = 93,25 \text{ mm}$$

Se escoge un modelo comercial **A12x8x125 mm**

$$l_{chaveta_piñones} = \frac{93,25 \text{ mm}}{2} = 46,63 \text{ mm}$$

Como el ancho de los piñones es de 40 mm, menor de 46,63 mm, se colocan dos chavetas-chaveteros con la mitad de longitud (unos 30 mm aproximadamente) y a 90°.

Se escogen dos chavetas de un modelo comercial **A12x8x32 mm**



- Tolerancias

Tanto la salida como la entrada del reductor, tiene ya las tolerancias prefijadas:

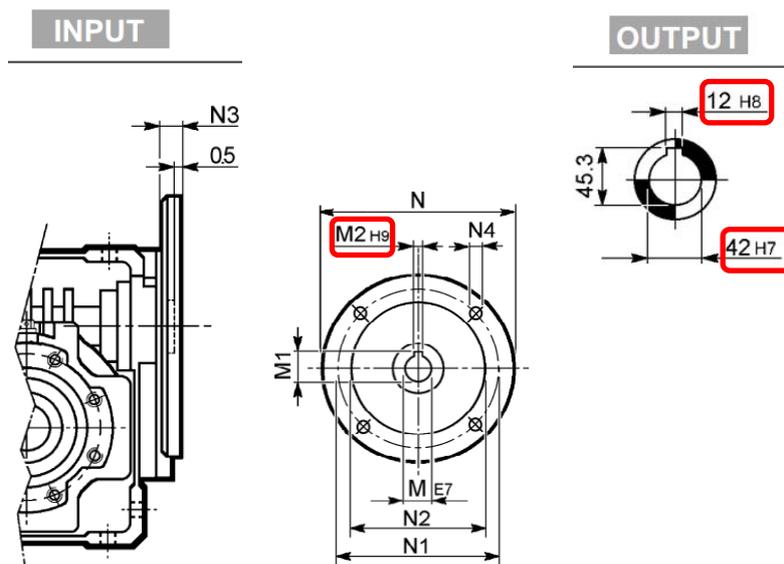


Figura 107. Tolerancias impuestas para el acoplamiento del reductor

La chaveta que transmite el giro del motor a la entrada del reductor, ya está incorporada en el motor. Simplemente hay que indicar al fabricante el tipo de reductor conectado. En cambio, sí que hay que indicar las tolerancias de la chaveta, a la salida del reductor. Para la dimensión "b" existe la imposición de tolerancia (agujero base H8), y por tanto hay que diseñar el ajuste.

$$b = 12 H8$$

Como muestra la tabla 22, esto se recomienda para un ajuste deslizante. En nuestro caso, se necesita un ajuste a presión, ya que se recomienda para casos en los que se producen cambios de sentido de giro.

Se consulta la tabla de ajustes recomendados ISO:

Agujero único		Eje único		Características del asiento	Ejemplos
H8	x8			Prensado duro. Montaje a prensa. No necesita seguro	Coronas de bronce, ruedas
H8	u8				
H7	s6			Prensado Montaje a prensa	Piñón motor
H7	r6			Prensado ligero. Necesita seguro	Engranajes de máquinas
H7	n6			Muy forzado. Montaje a martillo	Casquillos especiales
H7	k6			Forzado. Montaje a martillo	Rodamientos a bolas
H7	j6			Forzado ligero. Montaje a mazo	Rodamientos a bolas
H7	h6			Deslizante con lubricación	Ejes de lira
H8	h9			Deslizante sin lubricación	Ejes de contrapunto
H11	h9			Deslizante. Ajuste corriente	Ejes de colocaciones
H11	h11			Deslizante. Ajuste ordinario	Ejes-guías atados
H7	g6	G7	h6	Giratorio sin juego apreciable	Émbolos de freno
H7	f7	F8	h6	Giratorio con poco juego	Bielas, cojinetes
H8	f7	F8	h9	Giratorio con juego	Bielas, cojinetes
H8	e8	E9	h9	Giratorio con gran juego	Cojinetes corrientes
H8	d9	D10	h9	Giratorio con mucho juego	Soportes múltiples
H11	c11	C11	h9	Libre (con holgura)	Cojinetes de máquinas agrícolas
H11	a11	A11	h11	Muy libre	Avellanados, taladros de tornillos

Tabla 24. Ajustes Recomendados ISO

No existe un ajuste recomendado para obtener un ajuste a presión, para el caso de agujero base "H8". Por tanto, se toma un valor de tolerancia que asegura el ajuste a presión:

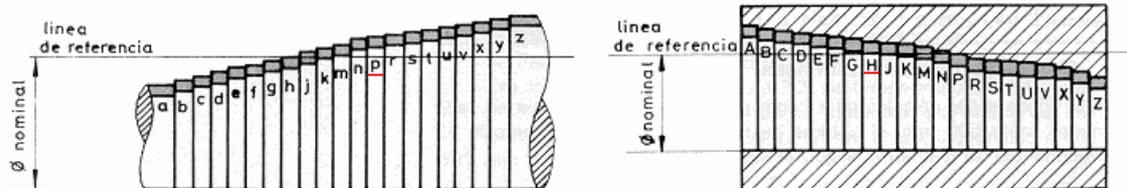


Figura 108. Tolerancias dimensionales

Como muestra la figura, una combinación que asegura el ajuste a presión es el “H-p”, y viendo que existe la combinación “H8-x8” (prensado duro, montaje a prensa) para el caso más extremo, se considera “H8-p8” una combinación válida, aunque no sea un ajuste recomendado.

VALORES NUMÉRICOS DE LAS DESVIACIONES FUNDAMENTALES PARA LOS EJES (valores en µm)

Grupos de dimensiones nominales (mm)	POSICIONES DE LAS TOLERANCIAS NORMALIZADAS																																	
	Todos los grados de tolerancia													Todos los grados de tolerancia																				
	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	IT5 a	IT7 b	IT8 c	≥IT4 y ≤IT7	≥IT3 y >IT7	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc		
Hasta 3	270	140	60	34	20	14	-10	-6	-4	-2	0	-2	-4	-6	0	0	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+20	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+20	+26	+32	+40	+60
>3 a 6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0	-2	-5	-7	+1	0	+4	+8	+12	+15	+19	+23	+26	+4	+8	+12	+15	+19	+23	+26	+34	+42	+52	+80
>6 a 10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0	-3	-6	-9	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28	+33	+39	+7	+12	+18	+23	+28	+33	+40	+50	+64	+90	+130
>10 a 14	-290	-150	-95	-60	-32	-16	-16	-16	-6	0	0	-4	-8	-12	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35	+41	+47	+8	+15	+22	+28	+35	+41	+47	+58	+73	+98	+138
>14 a 18	-300	-160	-110	-65	-40	-20	-20	-7	0	0	0	-5	-10	-15	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43	+51	+59	+9	+17	+26	+34	+43	+51	+59	+72	+91	+120	+165
>18 a 24	-310	-170	-120	-70	-40	-20	-25	-9	0	0	0	-7	-12	-18	+2	0	+11	+20	+32	+41	+53	+63	+75	+11	+20	+32	+41	+53	+63	+75	+90	+115	+150	+200
>24 a 30	-320	-180	-130	-80	-50	-25	-30	-10	0	0	0	-9	-15	-22	+3	0	+13	+23	+37	+47	+59	+71	+84	+13	+23	+37	+47	+59	+71	+84	+100	+125	+165	+220
>30 a 40	-340	-190	-140	-90	-60	-30	-36	-10	0	0	0	-11	-18	-27	+3	0	+15	+27	+43	+55	+68	+81	+95	+15	+27	+43	+55	+68	+81	+95	+115	+140	+185	+250
>40 a 50	-360	-200	-150	-100	-70	-36	-43	-12	0	0	0	-13	-21	-31	+4	0	+17	+31	+50	+63	+77	+91	+106	+17	+31	+50	+63	+77	+91	+106	+130	+155	+205	+275
>50 a 65	-380	-210	-160	-110	-80	-43	-50	-12	0	0	0	-16	-26	-38	+4	0	+20	+34	+56	+70	+84	+99	+114	+20	+34	+56	+70	+84	+99	+114	+140	+170	+220	+295
>65 a 80	-400	-220	-170	-120	-90	-50	-58	-14	0	0	0	-18	-28	-41	+4	0	+21	+37	+62	+77	+92	+107	+122	+21	+37	+62	+77	+92	+107	+122	+150	+180	+235	+315
>80 a 100	-420	-230	-180	-130	-100	-58	-68	-15	0	0	0	-20	-32	-46	+5	0	+23	+40	+68	+84	+100	+116	+132	+23	+40	+68	+84	+100	+116	+132	+160	+190	+250	+335
>100 a 120	-440	-240	-190	-140	-110	-68	-80	-16	0	0	0	0	0	0	+26	+44	+78	+110	+144	+178	+212	+246	+280	+26	+44	+78	+110	+144	+178	+212	+250	+300	+380	+470
>120 a 140	-460	-250	-200	-150	-120	-80	-92	-17	0	0	0	0	0	0	+30	+50	+88	+124	+160	+196	+232	+268	+304	+30	+50	+88	+124	+160	+196	+232	+280	+330	+420	+520
>140 a 160	-480	-260	-210	-160	-130	-92	-104	-18	0	0	0	0	0	0	+34	+56	+100	+140	+180	+220	+260	+300	+340	+34	+56	+100	+140	+180	+220	+260	+310	+360	+460	+570
>160 a 180	-500	-270	-220	-170	-140	-104	-118	-19	0	0	0	0	0	0	+40	+66	+120	+164	+208	+252	+296	+340	+384	+40	+66	+120	+164	+208	+252	+296	+350	+400	+510	+630
>180 a 200	-520	-280	-230	-180	-150	-118	-134	-20	0	0	0	0	0	0	+46	+78	+144	+192	+240	+288	+336	+384	+432	+46	+78	+144	+192	+240	+288	+336	+390	+440	+560	+690
>200 a 225	-540	-290	-240	-190	-160	-134	-152	-21	0	0	0	0	0	0	+50	+88	+160	+212	+264	+316	+368	+420	+472	+50	+88	+160	+212	+264	+316	+368	+420	+480	+590	+730
>225 a 250	-560	-300	-250	-200	-170	-152	-168	-22	0	0	0	0	0	0	+56	+100	+180	+240	+300	+360	+420	+480	+540	+56	+100	+180	+240	+300	+360	+420	+480	+540	+660	+810
>250 a 280	-580	-310	-260	-210	-180	-168	-186	-22	0	0	0	0	0	0	+62	+114	+204	+270	+336	+402	+468	+534	+600	+62	+114	+204	+270	+336	+402	+468	+530	+600	+730	+880
>280 a 315	-600	-320	-270	-220	-190	-186	-206	-23	0	0	0	0	0	0	+70	+130	+234	+306	+378	+450	+522	+594	+666	+70	+130	+234	+306	+378	+450	+522	+590	+660	+800	+960
>315 a 355	-620	-330	-280	-230	-200	-206	-226	-24	0	0	0	0	0	0	+78	+144	+252	+330	+402	+474	+546	+618	+690	+78	+144	+252	+330	+402	+474	+546	+610	+690	+840	+1010
>355 a 400	-640	-340	-290	-240	-210	-226	-246	-25	0	0	0	0	0	0	+86	+160	+270	+354	+426	+504	+582	+660	+738	+86	+160	+270	+354	+426	+504	+582	+650	+730	+890	+1070
>400 a 450	-660	-350	-300	-250	-220	-246	-266	-26	0	0	0	0	0	0	+96	+178	+294	+384	+456	+534	+612	+690	+768	+96	+178	+294	+384	+456	+534	+612	+680	+760	+930	+1120
>450 a 500	-680	-360	-310	-260	-230	-266	-286	-27	0	0	0	0	0	0	+106	+198	+318	+414	+486	+564	+642	+720	+798	+106	+198	+318	+414	+486	+564	+642	+710	+790	+970	+1170
>500 a 560	-700	-370	-320	-270	-240	-286	-306	-28	0	0	0	0	0	0	+118	+216	+342	+444	+516	+594	+672	+750	+828	+118	+216	+342	+444	+516	+594	+672	+740	+820	+1010	+1210
>560 a 630	-720	-380	-330	-280	-250	-306	-326	-29	0	0	0	0	0	0	+130	+234	+366	+474	+546	+624	+702	+780	+858	+130	+234	+366	+474	+546	+624	+702	+770	+850	+1050	+1260
>630 a 710	-740	-390	-340	-290	-260	-326	-346	-30	0	0	0	0	0	0	+144	+252	+396	+510	+582	+660	+738	+816	+894	+144	+252	+396	+510	+582	+660	+738	+800	+880	+1080	+1290
>710 a 800	-760	-400	-350	-300	-270	-346	-366	-31	0	0	0	0	0	0	+160	+270	+420	+540	+612	+690	+768	+846	+924	+160	+270	+420	+540	+612	+690	+768	+830	+910	+1110	+1320
>800 a 900	-780	-410	-360	-310	-280	-366	-386	-32	0	0	0	0	0	0	+178	+288	+450	+576	+648	+726	+804	+882	+960	+178	+288	+450	+576	+648	+726	+804	+860	+940	+1150	+1370
>900 a 1000	-800	-420	-370	-320	-290	-386	-406	-33	0	0	0	0	0	0	+198	+306	+480	+612	+684	+762	+840	+918	+996	+198	+306	+480	+612	+684	+762	+840	+890	+970	+1180	+1410
>1000 a 1120	-820	-430	-380	-330	-300	-406	-426	-34	0	0	0	0	0	0	+216	+324	+510	+648	+720	+804	+888	+972	+1056	+216	+324	+510	+648	+720	+804	+888	+930	+1010	+1230	+1460
>1120 a 1250	-840	-440	-390	-340	-310	-426	-446	-35	0	0	0	0	0	0	+234	+342	+540	+684	+756	+840	+924	+1008	+1092	+234	+342	+540	+684	+756	+840	+924	+960	+1040	+1270	+1510
>1250 a 1400	-860	-450	-400	-350	-320	-446	-466	-36	0	0	0	0	0	0	+252	+360	+570	+720	+792	+876	+960	+1044	+1128	+252	+360	+570	+720	+792	+876	+960	+1000	+1080	+1320	+1570
>1400 a 1600	-880	-460	-410	-360	-330	-466	-486	-37	0	0	0	0	0	0	+270	+378	+600	+756	+828	+912	+996	+1080	+1164	+270	+378	+600	+756	+828	+912	+996	+1030	+1110	+1350	+1630
>1600 a 1800	-900	-470	-420	-370	-340	-486	-506	-38	0	0	0	0	0	0	+288	+396	+630	+792	+864	+948	+1032	+1116	+1200	+288	+396	+630	+792	+864	+948	+1032	+1070	+1150	+1380	+1650
>1800 a 2000	-920	-480	-430	-380	-350	-506	-526	-39	0	0	0	0	0	0	+306	+414	+660	+828	+900	+984	+1068	+1152	+1236	+306	+414	+660	+828	+900	+984	+1068	+1100	+1180	+1410	+1670
>2000 a 2240	-940	-490	-440	-390	-360	-526	-546	-40	0	0	0	0	0	0	+324	+432	+690	+864	+936	+1020	+1104	+1188	+1272	+324	+432	+690	+864	+936	+1020	+1104	+1140	+1220	+1450	+1710
>2240 a 2500	-960	-500	-450	-400	-370	-546	-566	-41	0	0	0	0	0	0	+342	+450	+720	+900	+972	+1056	+1140	+1224	+1308	+342	+450	+720	+900	+972	+1056	+1140	+1170	+1250	+1490	+1770
>2500 a 2800	-980	-510	-460	-410	-380	-566	-586	-42	0	0	0	0	0	0	+360	+468	+750	+936	+1008	+1092	+1176	+1260	+1344	+360	+468	+750	+936	+1008	+1092	+1176	+1210	+1290	+1530	+1790
>2800 a 3150	-1000	-520	-470	-420	-390	-586	-606	-43	0	0	0	0	0	0	+378	+486	+780	+972	+1044	+1128	+1212	+1296	+1380	+378	+486	+780	+972	+1044	+1128	+1212	+1240	+1320	+1570	+1830

* Las desviaciones fundamentales a y b no deben utilizarse para ninguno de los grados de tolerancia normalizados en las medidas inferiores o iguales a 1mm.

** Las desviaciones fundamentales intermedias cd, ef y fg están previstas principalmente para la mecánica de precisión y relojería.

VALORES NUMÉRICOS DE LAS TOLERANCIAS FUNDAMENTALES (valores en µm)

Grupos de dimensiones nominales (mm)	GRADOS DE TOLERANCIAS NORMALIZADAS																	
	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16

- Resumen de las medidas de las Chavetas y los Chaveteros

-Chaveta central reductor-eje

Modelo comercial **A12x8x125**

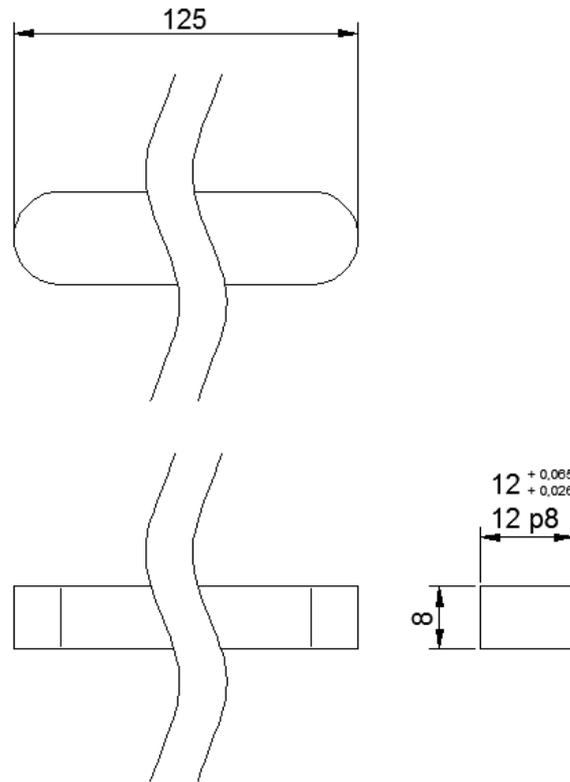


Figura 109. Dimensiones Chaveta central eje-reductor

-Cubo del chavetero del reductor

En este caso la “t₂” coincide con la que recomienda la normativa ISO:

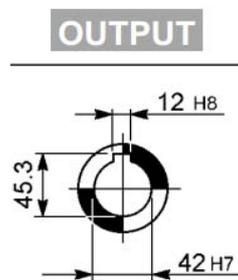


Figura 110. Dimensiones del chavetero del reductor

$$d + t_2 = 42 + 3,3 = 45,3$$

-Chavetero del centro del eje

Tomando el valor “ t_1 ” de la tabla:

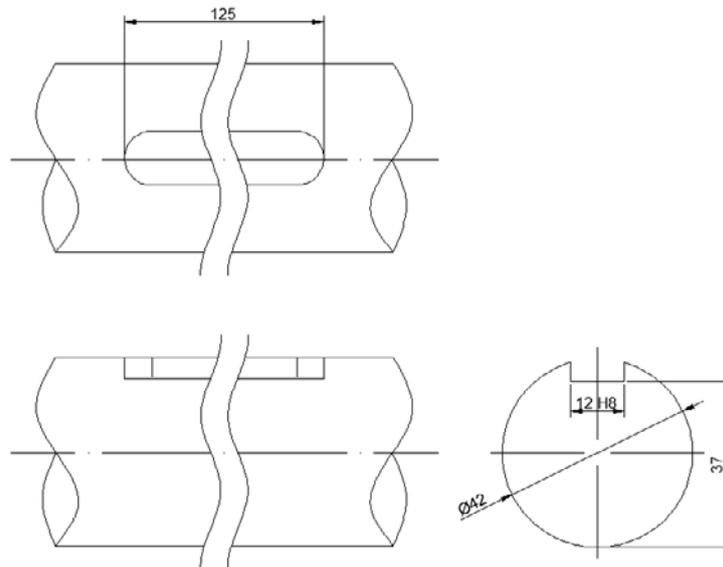


Figura 111. Dimensiones chavetero del centro del eje

$$d - t_1 = 42 - 5 = 37$$

-Chavetas laterales piñón-eje

Se escoge un modelo comercial **A12x8x32**

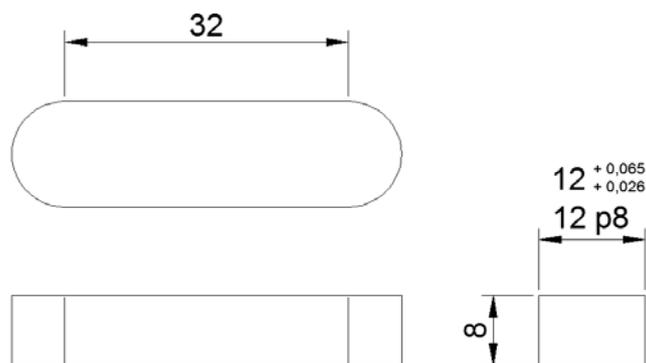


Figura 112. Dimensiones chavetas laterales piñón-eje

-Chaveteros laterales del eje

Tomando el valor “ t_1 ” de la tabla:

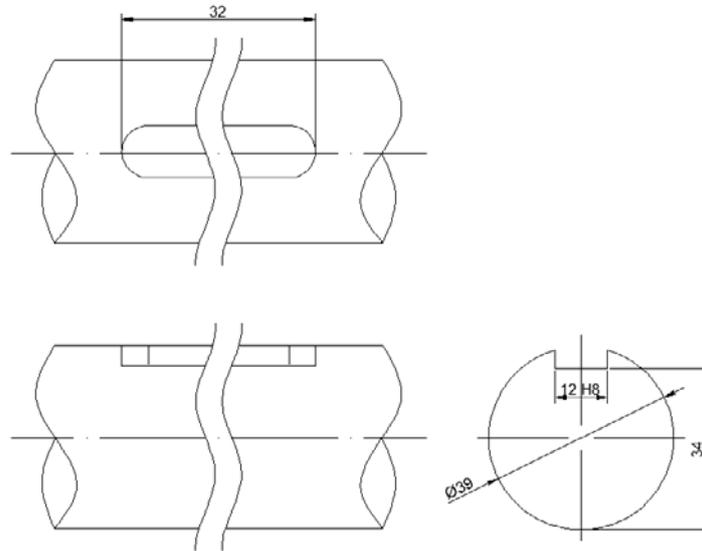


Figura 113. Dimensiones Chaveteros laterales del eje

$$d - t_1 = 39 - 5 = 34$$

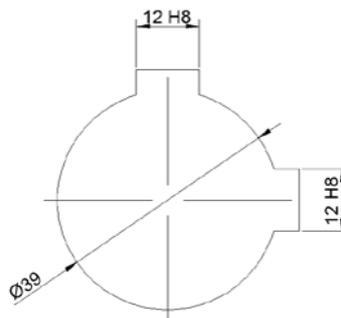
-Cubo del chavetero del piñón

Figura 114. Dimensiones Chavetero del piñón

Sistemas de guiado**- Selección de rodamientos**

Para la selección de los rodamientos se parte de un diámetro de 35 mm, ya que es el del tramo del eje donde se montan, y después se realiza un análisis de fuerzas del sistema. Estas fuerzas se obtienen de los cálculos que se realizaron para la selección del eje:

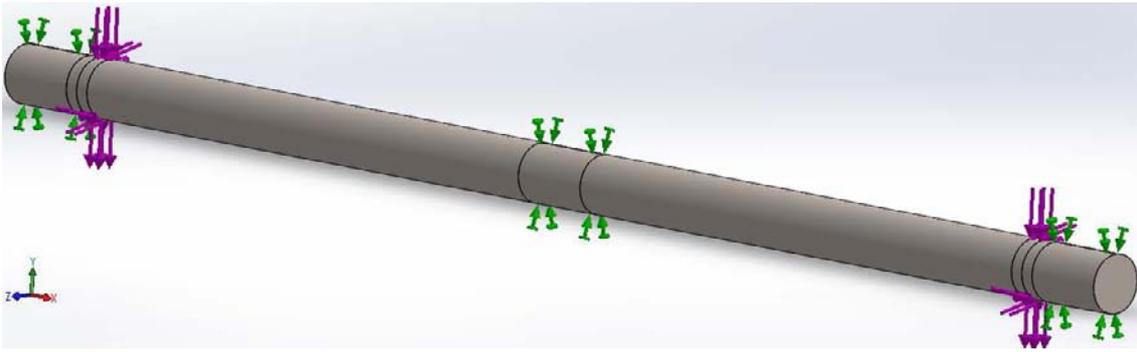


Figura 115. Ilustración 44. Sujeciones y esfuerzos en Solidworks

$$F = F_{\text{peso}} + F_l + F_{\text{cadena}} = 2094 + 640,4 + 79,06 = 2814 \text{ N}$$

$$M_{\text{SalidaReductor}} = M_{r2} = 312,9 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Para determinar la carga que deben soportar los rodamientos, hay que obtener las reacciones en los apoyos. Considerando que el momento torsor no influye en la carga que soportan los rodamientos, se obtiene el siguiente esquema:

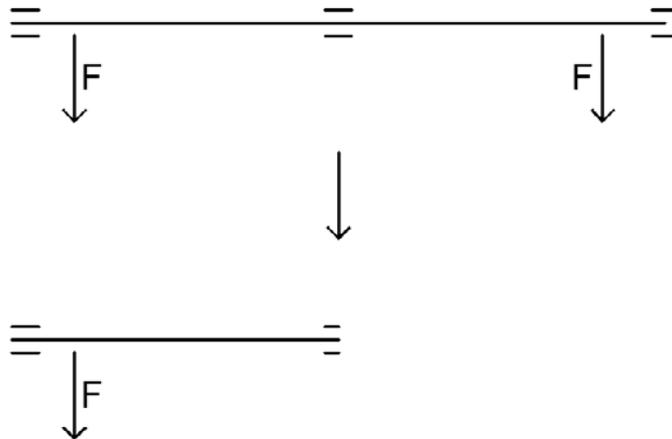


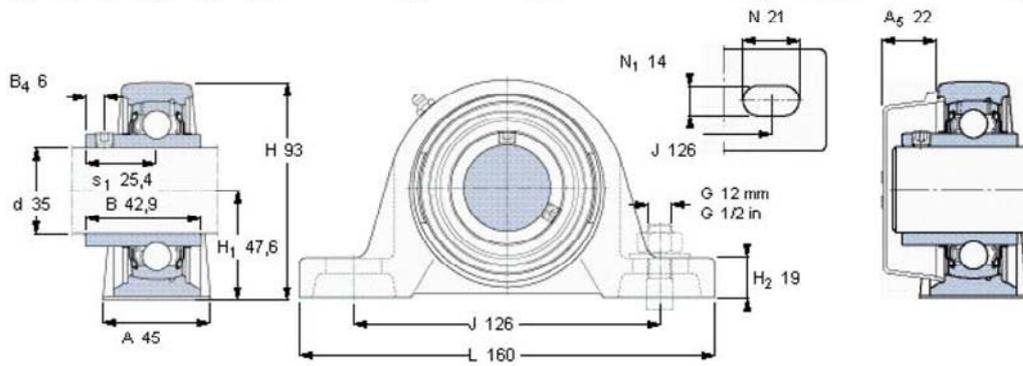
Figura 116. Simplificación del esquema de fuerzas en la barra

Para simplificar el cálculo, se considera que la fuerza F se aplica directamente en el apoyo. Aunque este caso es más desfavorable, el orden de carga que aguantan los rodamientos es de 15 KN, que es mucho mayor que la Fuerza F de 2KN que tienen que soportar.

Por tanto, se selecciona el rodamiento rodamiento:

- Modelo del conjunto soporte y rodamiento: **SY 35 TF**
- Modelo del soporte: **SY 507 M**
- Modelo del rodamiento: **YAR 207-2F**

Dimensiones principales					Capacidades de carga básica dinámica C	Capacidades de carga básica estática C ₀	Limite de velocidad con tolerancia de eje h6 rpm	Masa kg	Referencias Unidad de rodamientos SY 35 TF	Soporte SY 507 M	Rodamiento YAR 207-2F
d	A	H	H ₁	L							
mm					kN						
35	45	93	47,6	160	25,5	15,3	5300	1,45	SY 35 TF	SY 507 M	YAR 207-2F



Prisionero
Par de apriete recomendado [Nm]
Tamaño de la llave hexagonal [mm]
Tapa lateral

M6x0.75
4
3
ECY 207

Figura 117. Características del soporte de rodamiento SY 35 TF

- Selección de cojinetes

Para la selección de los cojinetes se sigue el siguiente procedimiento:

1.- Determinar la velocidad de giro (ω) del cojinete y la carga (F) que debe soportar.

$$\omega = 20,4 \frac{rev}{min} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} = 2,14 \frac{rad}{s}$$

$$F = F_{peso} + F_I + F_{cadena} = 2094 + 640,4 + 79,06 = 2814 N$$

2.- Establecer/verificar las dimensiones del cojinete (se recomienda un valor entre 0,5 y 1,5).

$$\frac{L}{D} = \frac{20 mm}{35 mm} = 0,571$$

Siendo:

L=Longitud del muñón

D=Diámetro del eje

3.- Calcular la capacidad de carga o presión diametral (p).

$$p = \frac{F}{L \cdot D} = \frac{2814 N}{20 mm \cdot 35 mm} = 4,02 N/mm^2 = 4,02 MPa = 4,02 MN/m^2$$

4.-Determinar la máxima velocidad tangencial (v) del muñón.

$$v = \omega \cdot radio = 2,14 \frac{rad}{s} \cdot \frac{0,035 m}{2} = 0,0749 m/s$$

5.- Calcular el factor p·v

$$p \cdot v = 4,02 MN/m^2 \cdot 0,0749 m/s = 0,30 MN/ms$$

6.- Factor de seguridad de 1,2:

$$p \cdot v_{mayorado} = 0,30 MN/ms \cdot 1,2 = 0,36 MN/ms$$

Por tanto, los mediante los parámetros de entrada para la selección:

- Capacidad de carga o presión diametral (p)

$$p = 4,02 MN/m^2 = 4,02 N/mm^2$$

- Factor p·v mayorado

$$p \cdot v_{mayorado} = 0,36 MN/ms$$

Se escoge el cojinete sólido de bronce ya que cumple con los requisitos de carga y velocidad máxima.



SKF solid bronze bushings are available both as straight and flanged bushings.

Characteristics	
Permissible load (dyn/stat), N/mm ²	<u>25 / 45</u>
Permissible sliding velocity, m/s	<u>0,5</u>
Friction coefficient μ (greased)	0,08 .. 0,15
Temperature range, °C	-40 .. +250
Application recommendations	
Shaft tolerance	<u>e7 – e8</u>
Housing tolerance	<u>H7</u>
Shaft roughness R_a , μm	0 .. 1,0
Shaft hardness, HB	165 – 400

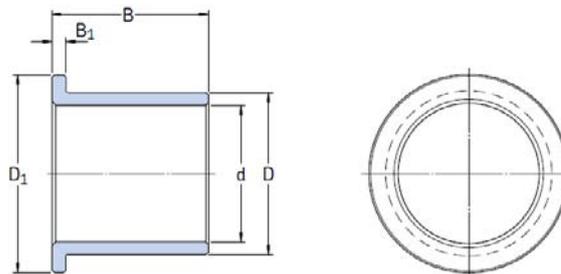
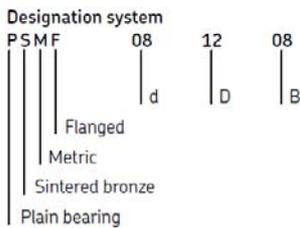
Figura 118. Características Cojinete Bronce Sólido

Las tolerancias que se indican en la figura, son la que se indican en los planos de las piezas correspondientes.

Modelo

PSMF 354525 A51

SKF sintered bronze – flanged bushings
d 3 – 100 mm



Designation ¹⁾	d	D	B	D ₁	B ₁
	mm	mm	mm	mm	mm
PSMF 354520 A51	35	45	20	55	5
PSMF 354525 A51	35	45	25	55	5
PSMF 354535 A51	35	45	35	55	5
PSMF 354540 A51	35	45	40	55	5

Figura 119. Modelos de cojinete de bronce sólido del catálogo

8.2 Anexo II. Lista de componentes comerciales y a fabricar

8.2.1 Comerciales

-Sistema mecánico

Nº	Componente / Operaciones	Descripción / Material	Suministrador / Fabricante	Modelo / Referencia	Unds	Metros
1	Motor-freno	Motor-freno asíncrono trifásico	MGM	BA 90 LA4	1,00	-
2	Reductor	Reductor sinfin	Bonfiglioli	WR 110_69 P90	1,00	-
3	Soporte Rodamiento	Cajera y rodamiento $\varnothing_{int}=35$	SKF	SY 35 TF	2,00	-
4	Piñón Inferior	Piñón acero z=25 $\varnothing_{int}=45$	Renold	12B/25T	2,00	-
5	Cadena	Cadena simplez 3/4" L=5m	Renold	12B/25T	2,00	-
6	Varilla Soporte Fotocélula 2 M6	Roscada M6 Acero 1020 cincado	RS	A0244M60A0000U601	-	0,08
7	Soporte Escuadra 6x6	Aceo 1020 Galvanizado	EUCHNER	-	6,00	-
8	Piñón Inferior	Piñón acero z=25 $\varnothing_{int}=45$	Renold	12B/25T	-	0,40
9	Varilla Soporte Fotocélula 1 M6	Roscada M6 Acero 1020 cincado	RS	A0244M60A0000U601	2,00	-
10	Soporte Sensor Optico Difuso	Acero 1020 Galvanizado	Contrinex	LXW-5050-000	1,00	-
11	Soporte Escuadra 8x18	Acero 1020 Galvanizado	EUCHNER	-	2,00	-
12	Soporte Escuadra 8x8	Acero 1020 Galvanizado	EUCHNER	-	1,00	-
13	Varilla Soporte Detector Capacitivo 1 M8	Roscada M8 Acero 1020 galvanizado	RS	A0244M80A0000U601	1,00	0,45
14	Varilla Soporte Detector Capacitivo 2 M8	Roscada M8 Acero 1020 galvanizado	RS	A0244M80A0000U601	2,00	0,16
15	Tornillo Hexagonal M12x40	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	8,00	-
16	Arandela Estrecha M14	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	14,00	-
17	Tornillo Hexagonal M14x40	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	4,00	-
18	Tuerca M12 Acero Zincado Blanco	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	8,00	-

19	Arandela Estrecha M12	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	4,00	-
20	Arandela Estrecha M8	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	8,00	-
21	Tornillo Hexagonal M8x30	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	8,00	-
22	Arandela Estrecha M6	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	240,00	-
23	Tornillo M6x40	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	120,00	-
24	Tuerca M6	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	120,00	-
25	Base Pata D100	Acero 1020 Galvanizado	BOUTET	123025i	4,00	-
26	Vastago Pata D100	Acero 1020 Galvanizado	BOUTET	123099	4,00	-
27	Anillo Retención DIN 705	Acero 1020 galvanizado	mbo	10 36 0000 0350A	2,00	-
28	Tuerca Autoblocante M30	Acero 1020 galvanizado	Wurth	-	2,00	-
29	Cojinete	Bronce Enbridado $\varnothing_{int}=35$	SKF	PSMF 354525 A51	8,00	-
30	Tuerca M14 Acero Zincado Blanco	Acero 1020 galvanizado	Wurth	-	8,00	-
31	Chaveta A12 x 8 x 32 DIN 6885	Acero 304	Elesa+Ganter	DIN 6885-12-8-32-A	2,00	-
32	Chaveta A12 x 8 x 125 DIN 6885	Acero 304	Elesa+Ganter	DIN 6885-12-8-125-A	1,00	-
33	Varilla Soporte Fotocélula Piso 1 M6	Roscada M6 Acero 1020 galvanizado	RS	A0244M60A0000U601	-	0,10
34	Varilla Soporte Fotocélula Piso 2 M6	Roscada M6 Acero 1020 galvanizado	RS	A0244M60A0000U601	-	0,10

Tabla 25. Listado de componentes comerciales del sistema mecánico

-Sistema eléctrico

Nº	Componente / Operaciones	Descripción / Material	Suministrador / Fabricante	Modelo / Referencia	Unds
1	Detector Mecánico	Final de carrera mecánico	Schneider Electric	XCMD2102L1	2
2	Sensor Óptico Difuso_ltk-3030-101	30x30mm Alcance = 600 mm PNP	Contrinex	LTK-3031-301	2
3	Detector Capacitivo M18	M18 Alcance = 4mm PNP	Telemecanique	XT1M18PA372	1
4	Armario eléctrico	Poliéster 515 x 415 x 230	GE Industrial Solutions	ARIA 32 831051	1
5	IA Magnetotérmico Tetrapolar	IA Magnetotérmico 4P 10 A 6 kA	Schneider Electric	11972	1
6	IA Magnetotérmico Bipolar	Magnetotérmico circuito de mando	Schneider Electric	11912	1
7	Guardamotor	Disyuntor Protección Motor	Schneider Electric	GV2ME08	3
8	Contactador	Contactador 9A, 3P, NA, 24 V DC	Siemens	LC1D09BD	1
9	Pulsador color verde	Pulsador de marcha	Schneider Electric	XB4BA31	1
10	Pulsador color rojo	Pulsador de paro	Schneider Electric	XB4BA42	1
11	Selector de 2 posiciones	Selector del modo Auto / Manual	Schneider Electric	XB4BD21	1
12	Contactador	Contactador 9A, 3P, NA, 24 V DC	Siemens	LC1D09BD	1
13	Pilotos	Pilotos Luminosos indicadores	GE Industrial Solutions	P9XUBDD0	3
14	Pulsador de emergencia	P. E. con retención Ø 40 mm	GE Industrial Solutions	192012	1
15	Fuente de alimentación 230-24 V	Fuente de alimentación 230-24 V 60 W	Schneider Electric	ABL8REM	1
16	Autómata programable	PLC de 12 entradas y 6 salidas	Omron	CPM1A20CDRAV1	1
17	Suministros eléctricos típicos	Cables, Regletas, guías, placas, etc	SUELCASA	-	1

Tabla 26. Listado de componentes comerciales del sistema eléctrico

8.2.2 A fabricar

Nº	Componente / Operaciones	Descripción / Material	Suministrador / Fabricante	Modelo / Referencia	Unds	Metros
1	Estructura Portante	-	-	-	1,00	-
	Tubo Rectangular 60x40x6	Acero 1020	Hiescosa	-	-	13,92
	Tubo Cuadrado 60x60x6	Acero 1020	Hiescosa	-	-	4,84
	Barra Perfil UPE 80	Acero 1020	Hiescosa	-	-	2,70
	Manufacturación	Operaciones Corte, Taladrado, Ensamble y Soldadura	Fabricación externa	-	1,00	-
2	Eje Piñones Superior	-	-	-	1,00	-
	Barra Perfil Redondo Ø45 mm	Acero 304	Inoxidables Chiclana	-	-	1,08
	Manufacturación	Torneado y Fresado	Fabricación externa	-	1,00	-
3	Eje Piñón Inferior	-	-	-	2,00	-
	Barra Perfil Redondo Ø40 mm	Acero 304	Inoxidables Chiclana	-	-	0,38
	Manufacturación	Torneado y Fresado	Fabricación externa	-	1,00	-
4	Barra Elevación	-	-	-	1,00	-
	Tubo Rectangular 80x80x8 mm	Acero 1020	Hiescosa	-	-	0,94
	Barra Sección 100x20 mm	Acero 1020	Hiescosa	-	-	0,13
	Barra Sección 140x40 mm	Acero 1020	Hiescosa	-	-	0,13
	Manufacturación	Operaciones Corte, Taladrado, Ensamble y Soldadura	Fabricación externa	-	1,00	-
5	Barra Aletas	-	-	-	2,00	-
	Barra Sección 80x10 mm	Acero 1020	Hiescosa	-	-	0,44
	Barra Sección 100x10 mm	Acero 1020	Hiescosa	-	-	0,22
	Barra Sección 120x25 mm	Acero 1020	Hiescosa	-	-	2,00

	Manufacturación	Operaciones Corte, Taladrado, Ensamble y Soldadura	Fabricación externa	-	1,00	-
6	Tapa Barra Aletas	-	-	-	2,00	-
	Barra Sección 80x10 mm	Acero 1020	Hiescosa	-		0,22
	Manufacturación	Operaciones Corte y Fresado	Fabricación externa	-	1,00	-
7	Aleta	Funcdición gris	Mac-Model	-	60,00	-
8	Piñón Superior	Piñon con 2 chaveteros z=25	Renold	12B/25T	2,00	-
	Piñón	Piñón acero z=25 $\phi_{int}=39$	Renold	12B/25T	1,00	-
	Manufacturación	Operaciones Mecanizado	-	-	1,00	-
9	Esparrago Tensor	-	-	-	1,00	-
	Varilla Roscada M14	Acero 1045 Galvanizado	Wurth	-	-	0,38
	Manufacturación	Corte y Taladrado	Fabricación externa	-	1,00	-
10	Carcasa	Acero 1020 Galvanizado	-	-	1,00	-
	Plancha 1 mm de espesor	Plancha Acero 1020 Galvanizado 1 mm	Guiaval	-	1,00	-
	Manufacturación	Operaciones Corte, Taladrado y Doblado de Chapa	Fabricación externa	-	1,00	-

Tabla 27. Listado de componentes a fabricar

8.3 Anexo III. Seguridad, ergonomía y mantenimiento

8.3.1 Seguridad

El propósito básico de seguridad en las máquinas es el de proteger y prevenir contra lesiones, a causa de:

- Contacto directo con las partes móviles de una máquina
- El funcionamiento de la máquina (por ejemplo la expulsión de viruta, o despuntes en el caso del compenser)
- Fallo mecánico
- Fallo eléctrico
- Fallo humano por motivos como curiosidad, distracción, fatiga, etc,

Para el diseño de la máquina se ha tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- Eliminación de caras y aristas cortantes.
- Se instalarán carcasas que evitan el acceso a partes móviles con riesgo de atrapamiento de dedos.
- En cuanto a la parte eléctrica, se instalan componentes homologados.
- También se instala un pulsador de emergencia encima del armario, por la parte exterior, que detendrá la máquina instantáneamente. Esto permite acceder fácilmente en caso de desatascos de piezas o manipulación de la máquina.
- Detector que impide el movimiento de bajada cuando esté pasando una pieza por la zona de carga, y evitar aplastamientos. Por otro se instalarán dos finales de carrera mecánicos, uno para el movimiento de subida y otro para el de bajada, que actuarán en caso de fallo de los detectores "LLENO" o "VACÍO".

Otras consideraciones típicas de seguridad:

- Mantener la máquina en estado óptimo de utilización, mediante programas de limpieza y mantenimiento.
- Adecuar la zona donde se instala máquina, tener espacio suficiente para su manipulación, limpieza y engrase.
- Permitir su instalación solamente a personal cualificado para ello.
- Realización de una pequeña preparación previa para la utilización de la máquina.
- En caso de avería, contactar con el personal de mantenimiento.
- Llevar un vestuario de seguridad adecuado y elementos de protección como gafas, guantes, casco, tapones, entre otros; si fuera necesario.
- Elementos debidamente señalizados de seguridad contra incendios, peligro de electrocución, pulsador de emergencia, etc.

Para poder comercializar la máquina es necesaria la obtención del certificado CE. Para ello, en se han seguido las siguientes directivas:

- Directiva de máquinas (2006/42/CE)
- Directiva de Baja Tensión (2006/95/CE)

8.3.2 Ergonomía

Ésta máquina es diseñada para tener un funcionamiento automático, y por tanto no requiere de un estudio riguroso sobre la postura de trabajo. Aun así, si que es importante tener en cuenta este aspecto para el diseño de los controles.

- Para la altura a la que se sitúan los controles, se utiliza un criterio de alcance ya que si se colocan muy arriba, las personas de menor altura no podrán accionarlos. Se toma la altura de los hombros de una mujer de entre 19-65 años y un percentil del 50%, ya que en las líneas de fabricación hay tanto hombres como mujeres, y éstas tienen un estatura media menor. Por tanto se que el panel de mando se ha de colocar a una altura máxima de 1495 mm.
- Por otro lado se tienen en consideración aspectos típicos en los controles de los accionamientos como el botón verde para poner en marcha la máquina, botón rojo para el de paro, pilotos luminosos figuras o letreros que indicán su función, el pulsador típico de emergencia de color rojo y amarillo, debidamente señalado.

8.3.3 Mantenimiento

Por un lado, la mayoría de componentes de la máquina son comerciales y por tanto hay que seguir las recomendaciones del fabricante. Por otro, la máquina es relativamente sencilla, en lo que al la parte mecánica se refiere, y el mantenimiento de ésta puede englobarse en el plan de mantenimiento de la línea, ya que tienen componentes muy similares.

Pese a ello, se recomienda:

- Realizar inspecciones visuales semanales.
- Limpieza semanal de la máquina.
- Engrase de los rodamientos cada dos semanas.
- Comprobación de los niveles de aceite del reductor y cambio, cuando lo indique el fabricante.
- Comprobación del consumo del motor cada dos semanas.

8.4 Anexo IV. Programación de la máquina en lenguaje LD

[Nombre de programa : NuevoPrograma1]
 [Nombre de sección : Sección1]

000000
 (000000)

253.15
 P_First_Cycle
 Indicador de primer ciclo

15.11

Aux10BajadalnicialReferenciado
 <15.11>
 a004

MOV (21)
 #0
 HR13

[OP1]
 [OP2]
 Etapas
 <HR13.00>
 a003 a061 a063
 <HR13.01>
 a064 a065 a067
 a118 a119 a124
 <HR13.02>
 a068 a069 a073
 a084 a123 a125
 <HR13.03>
 a074 a075 a077
 a126 a133
 <HR13.04>
 a078 a079 a083
 a087 a091 a127
 <HR13.05>
 a088 a096 a100
 a104 a115 a128
 <HR13.06>
 a105 a106 a108
 a129 a139
 <HR13.07>
 a109 a110 a114
 a122 a130
 <HR13.08>
 a092 a093 a095

SET
 HR13.00

E0
 <HR13.00>
 a061
 <cHR13>
 c002

000001
 (000004)

15.11
 Aux10BajadalnicialReferenciado

KEEP (11)
 15.12

Aux12MantBajadaRefer
 <15.12>
 a143

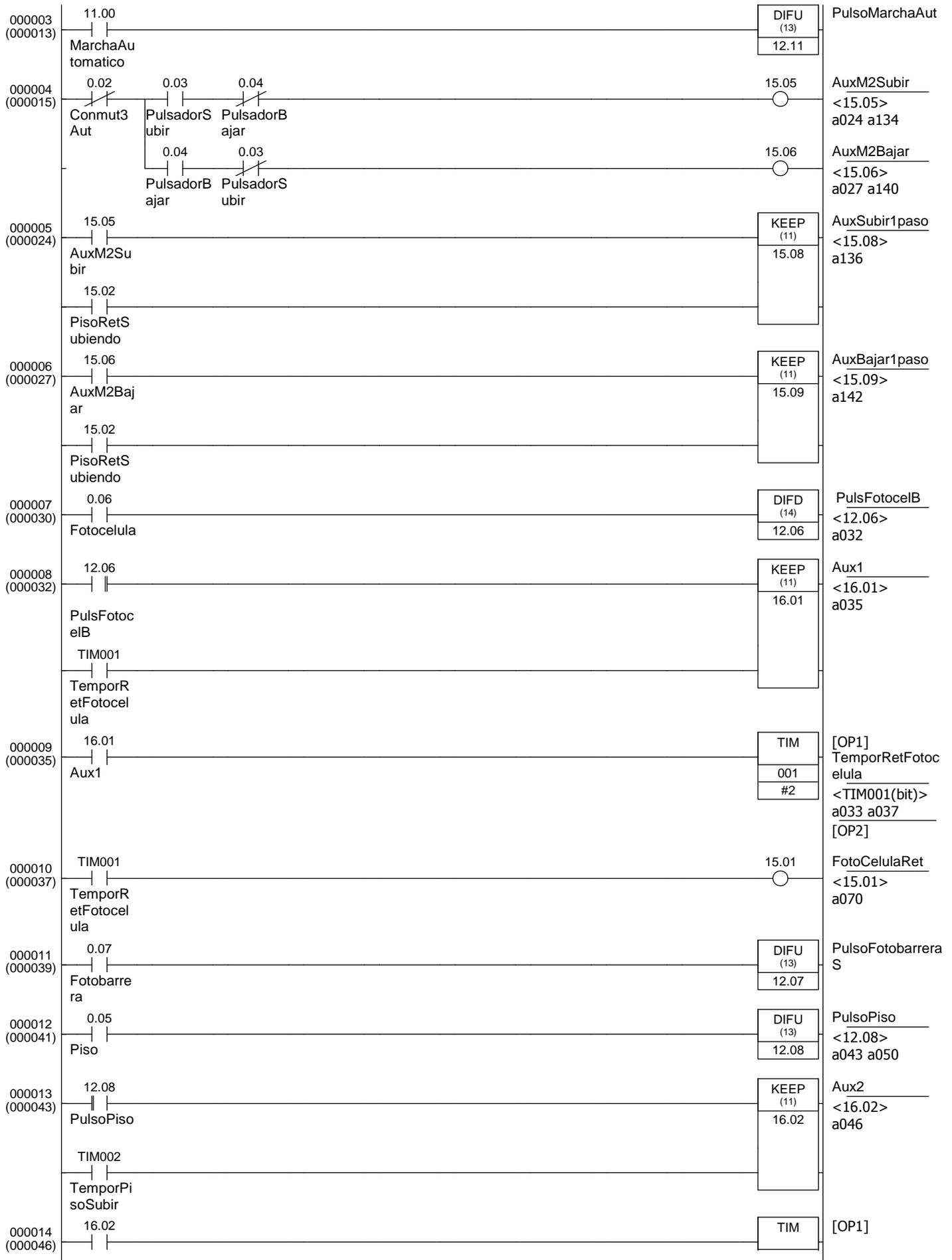
0.09
 MicroInf(Vacio)
 0.07
 Fotobarra

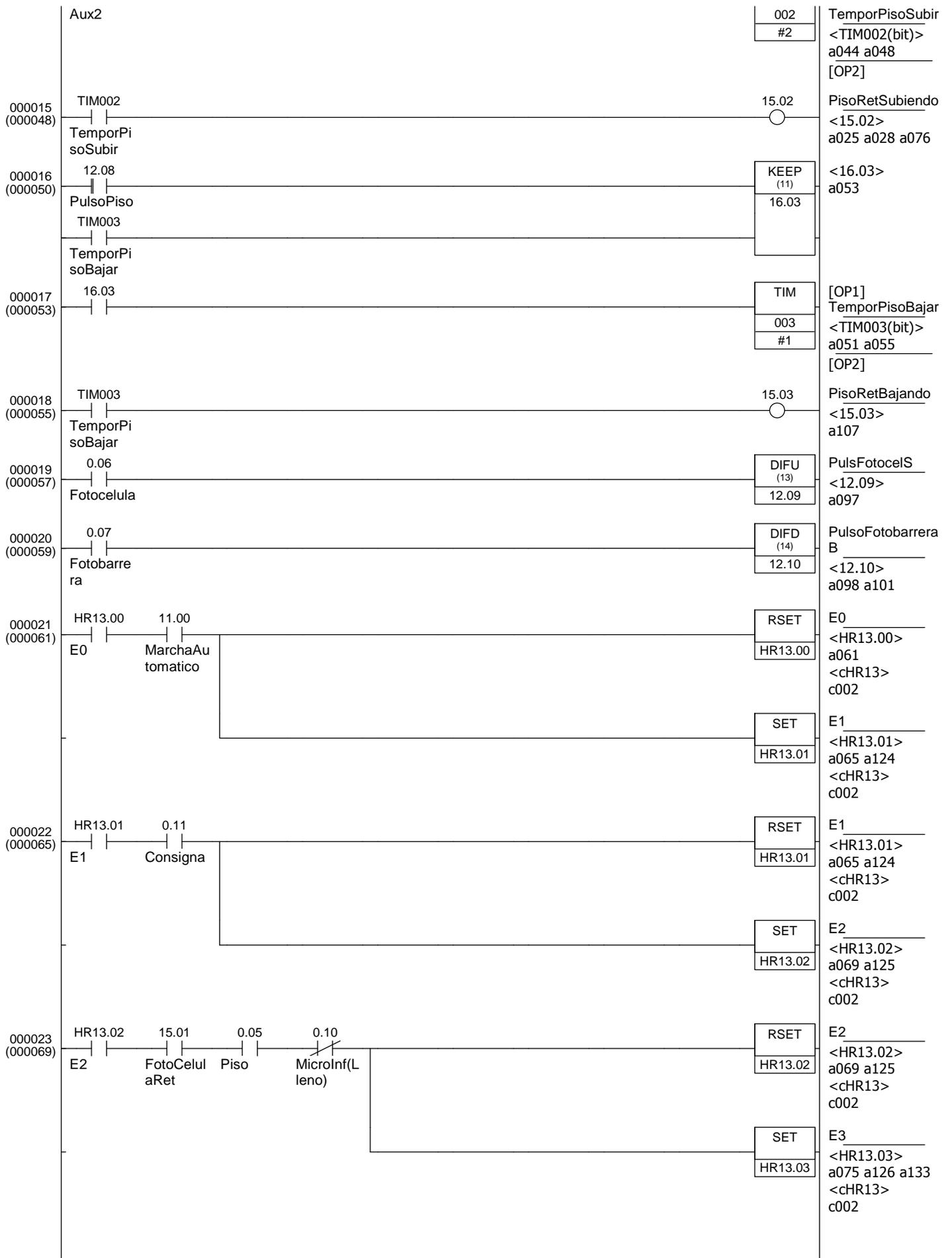
000002
 (000008)

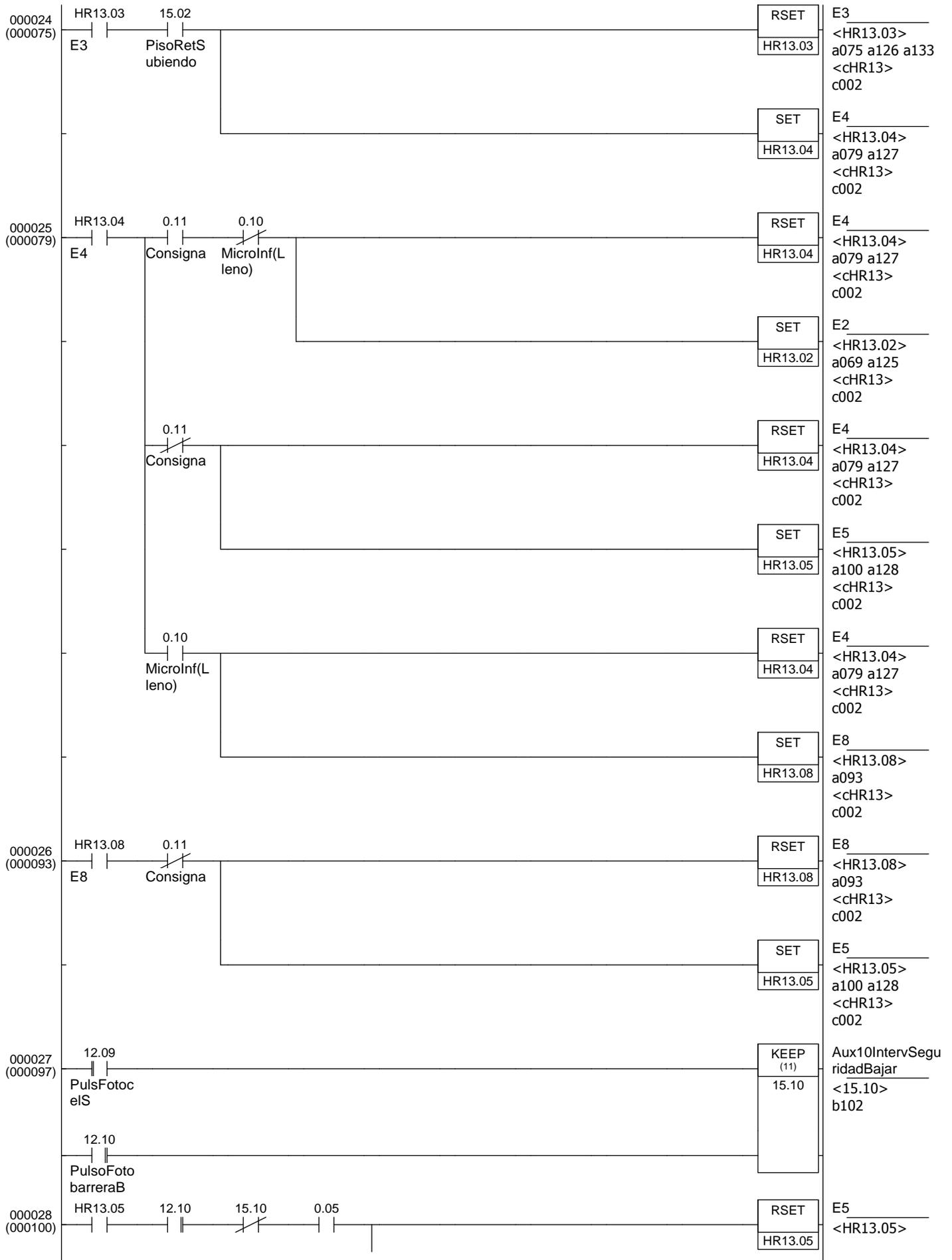
0.00 0.02 0.01
 PulsadorMarcha Conmut3 PulsadorP
 aro
 11.00
 MarchaAutomatico

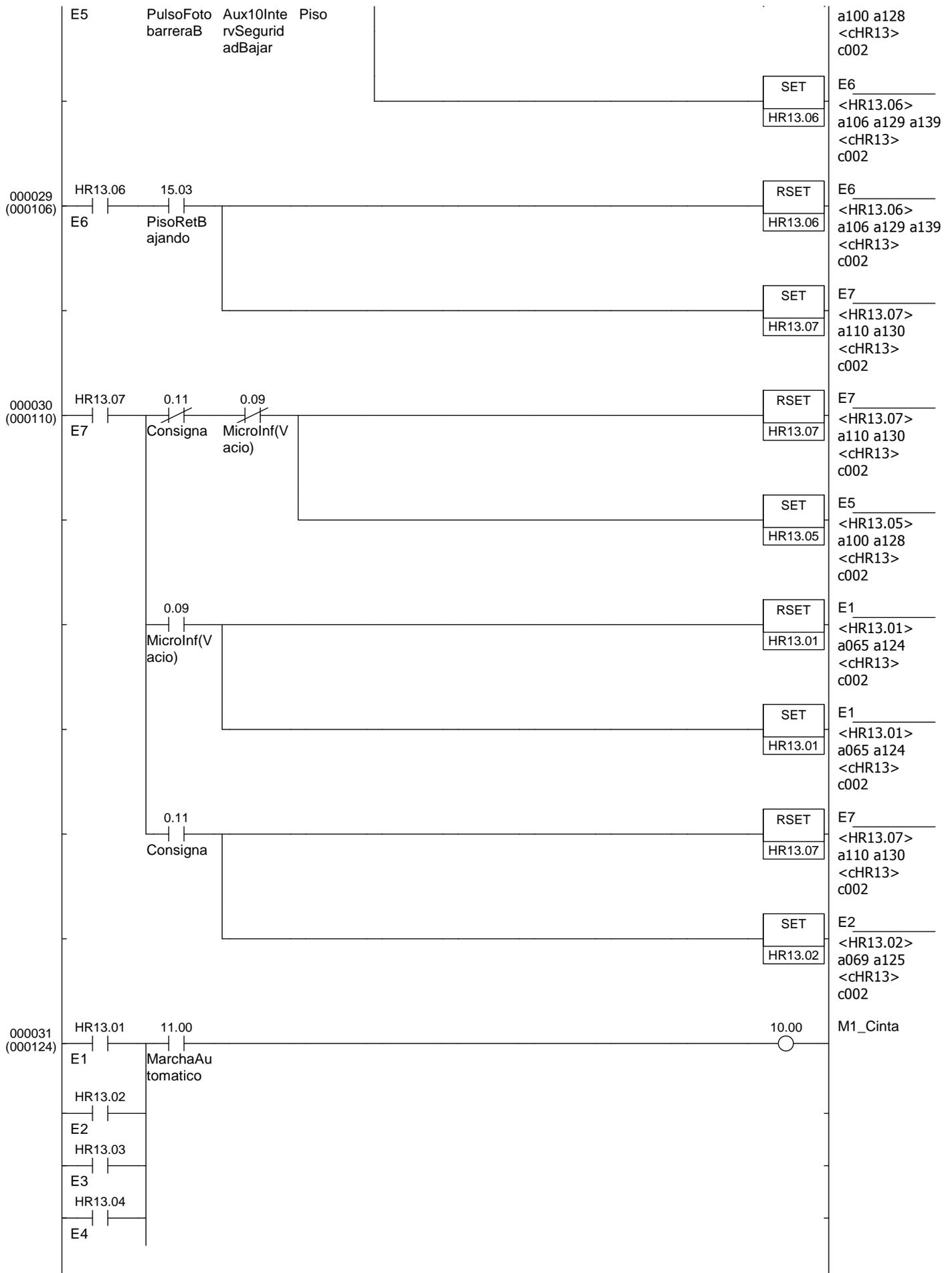
11.00

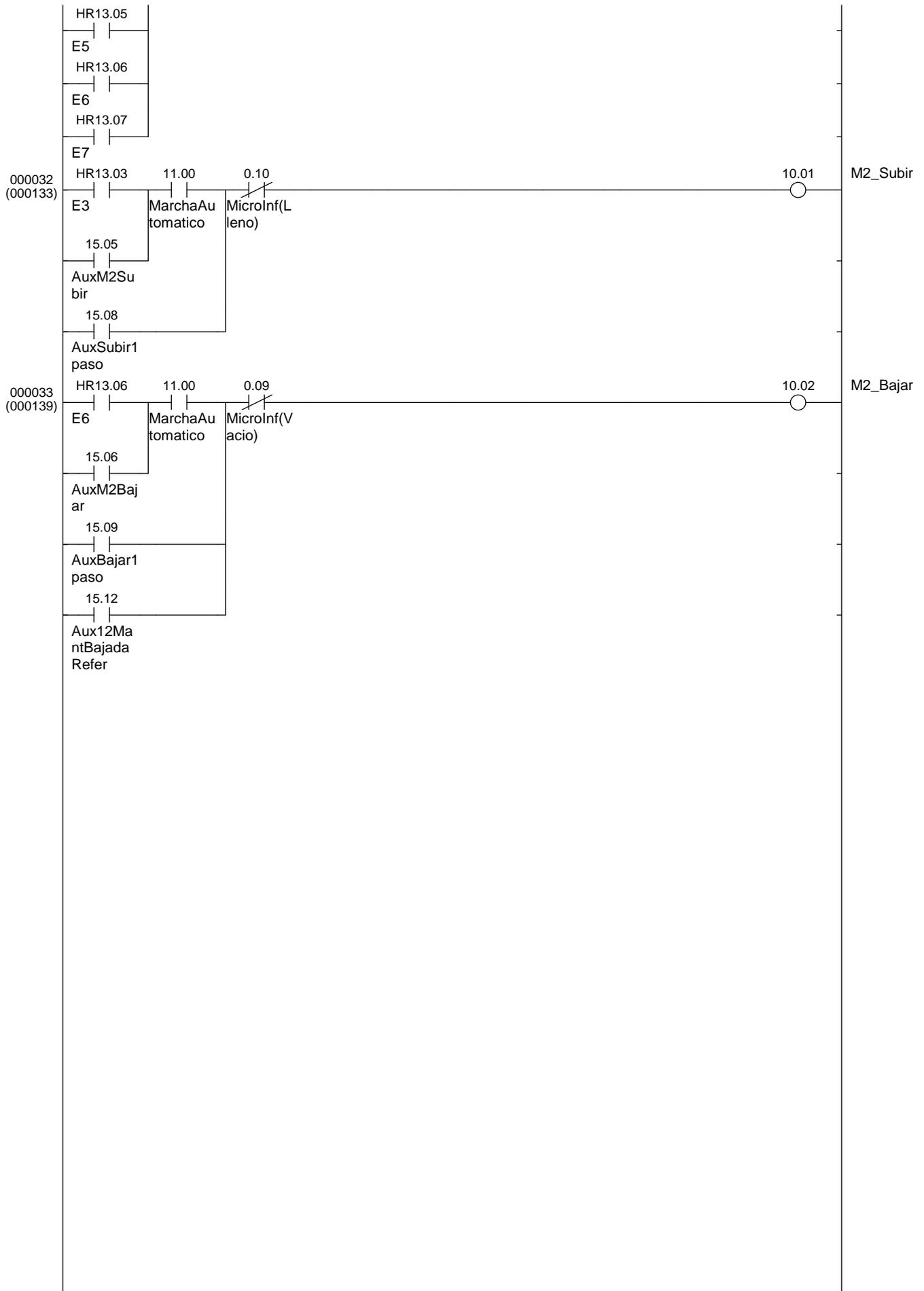
MarchaAutomatico
 <11.00>
 a009 a013 a062
 a131 a135 a141











PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

9. Pliego de condiciones técnicas

9.1 Objeto

El siguiente pliego de condiciones tiene como objetivo determinar los aspectos que deben considerarse a llevar a cabo la ejecución del proyecto “Diseño de un compenser cerámico”. Entre estos aspectos se incluyen las tareas a realizar, características de los dispositivos y equipos a instalar, transporte y modo de operación.

El contrato integra los siguientes documentos relacionados por orden de prelación, en cuanto al valor de sus especificaciones en caso de omisión o aparente contratación.

- 1º. Las condiciones fijadas en el propio documento de Contrato.
- 2º. El Pliego de Condiciones Particulares.
- 3º. El presente Pliego General de Condiciones.
- 4º. El resto de la documentación de Proyecto (memoria, planos, mediciones y presupuestos).

En cada documento, las especificaciones literales prevalecen sobre las gráficas y en los planos, la cota prevalece sobre la medida a escala.

9.2 Disposiciones generales

9.2.1 Normas de ejecución del proyecto

Se entiende como Contratista a toda empresa que realiza tareas como la fabricación de piezas, tratamientos especiales sobre piezas, suministro de componentes, montaje de elementos, que por tanto deben cumplir las indicaciones del presente Pliego de Condiciones.

El contratista tiene como obligaciones:

- Conocer las leyes aplicables a su tarea concreta.
- Conocer el proyecto en las partes concernientes a su labor.
- Disponer de los medios adecuados para la correcta realización de su tarea.
- No podrá transmitir ninguna información de la que se le facilite a personas ajenas, sin la autorización explícita del Director del proyecto.

El contratista tiene como derechos:

- Recibir toda la documentación técnica y planos que necesite.
- Recibir solución a cualquier problema técnico no previsto, que aparezca durante la ejecución de su labor.
- La organización del proceso de fabricación o montaje de cada componente están realizados por el Contratista, así como el aprovisionamiento de materias primas o componentes, siempre basándose en las condiciones técnicas expresadas en el presente pliego.

9.2.2 Control de calidad

A la recepción de los componentes mecanizados, se verificará que se cumplen las condiciones dimensionales expresadas en los planos de diseño de la pieza. En caso contrario, se procederá a la devolución del material.

A la recepción de los componentes eléctricos, se verificará su óptimo estado y su correcto funcionamiento.

9.2.3 Condiciones de garantía otorgadas por el diseñador

Las condiciones de garantía que el diseñador otorga, son las siguientes:

- La garantía cubre durante dos años la sustitución de cualquier componente de la máquina, que hubiera fallado debido al funcionamiento normal de la máquina. La garantía no cubre los daños ocasionados por un mal uso de la máquina.
- La garantía no cubre el transporte de los recambios hasta su destino, ni la mano de obra en caso de que el cliente no pueda resolver la incidencia con su personal técnico.
- La garantía puede anularse cuando la máquina haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque solo sea una parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica autorizados expresamente por el suministrador.

9.2.4 Condiciones de uso, mantenimiento e instalación

- El contratista se compromete a proporcionar, si fuera necesario, debido a la naturaleza de los materiales, toda la información necesaria para el uso, mantenimiento e instalación de los componentes suministrados.
- Asimismo, debe proporcionar asistencia técnica ante cualquier duda respecto a los materiales suministrados.

9.3 Interpretación de documentos y planos y de ejecución

- La interpretación técnica del proyecto corresponde a la Dirección Facultativa.
- El contratista debe ejecutar por su cuenta todos los dibujos y planos de detalle necesarios, para facilitar y organizar la ejecución de los trabajos.
- Dichos planos, acompañados con todas las justificaciones correspondientes, deben aprobados por la Dirección Facultativa de la construcción, en la medida que sea necesario, pero en todo caso con 10 días de antelación a la fecha de ejecución de los trabajos.
- La Dirección Facultativa de la obra dispone de un plazo de cinco días hábiles, a partir de la recepción de dichos planos para examinarlos y devolverlos al Contratista debidamente aprobados o acompañados, en su caso, de sus observaciones.
- El contratista es responsable de los retrasos que produzcan en la ejecución de los trabajos, como consecuencia de una entrega tardía de dichos planos, así como de las correcciones y complementos de estudio necesarios para su puesta a punto.

9.3.1 Procedencia y clasificación de los materiales

El Contratista especificará, cuando así lo demande la Dirección Facultativa, la procedencia de los distintos materiales que forman parte de la máquina. Éste hará constar cuantos métodos constructivos crea oportunos especificar.

9.3.2 Cambios en el diseño

Si el contratista detecta la necesidad de realizar cualquier cambio en el diseño, se comunicará al Director del proyecto la causa, antes de proceder; y se esperará la conformidad de éste.

9.3.3 Conflicto entre normativa

Cualquier conflicto detectado entre normas, códigos y especificaciones en el proyecto, será comunicado al Director del proyecto antes de proceder con cualquier operación de fabricación, compra o montaje.

9.4 Pliego de prescripciones técnicas particulares

Condiciones técnicas de los materiales y equipos:

Los materiales deben cumplir las condiciones que sobre ellos se especifiquen, en los distintos documentos que componen el proyecto. Asimismo, sus calidades deben estar acordes con las distintas normas que sobre ellos estén publicadas, y que son complementarias a este apartado del pliego.

El fabricante es responsable del empleo de materiales que cumplan con las condiciones exigidas. Aquellos materiales que no cumplan con las condiciones exigidas, deben ser sustituidos, sea cual fuere la fase en que se encuentre la fabricación del producto, asumiendo el fabricante con todos los gastos que ello ocasionase.

Todos los materiales utilizados en la fabricación de la máquina, deben de proceder de fabricantes de reconocido prestigio. Todos los elementos o materiales sometidos a reglamentaciones o especificaciones reglamentarias, deben estar convenientemente homologados por las entidades oficiales.

Los accesorios comerciales que componen la máquina, como componentes eléctricos y mecánicos, están especificados en el proyecto, con su respectivo fabricante, marca y modelo. En caso de propuesta de modificación, debe ser aprobada por la dirección del proyecto, siendo necesaria la aportación de la documentación técnica que acredite que los elementos propuestos son equivalentes a los proyectados.

9.4.1 Tornillería

La tornillería empleada para la fijación de los soportes, la unión entre elementos, así como tuercas y cualquier tipo de chavetas; son los indicados en el listado de materiales y componentes.

9.4.2 Condiciones de ejecución

La recepción de cualquier componente, ya sea perfiles de acero, piezas soldadas, material eléctrico y electrónico; conllevará la verificación del buen estado de los materiales, el correcto funcionamiento y la conformidad del pedido. Los materiales se almacenan de forma sistemática, organizada y lógica, facilitando su localización para el montaje

Cualquier pieza que se haya recibido con posibles filos cortantes, será modificada para evitar cortes durante el montaje o uso.

9.4.3 Maquinaria y herramientas

Las máquinas y demás útiles que sea necesario emplear para la ejecución de las obras reúnen las mejores condiciones para su funcionamiento, y quedan a cargo del contratista. La Dirección Facultativa puede ordenar la retirada de los trabajos de aquellos elementos que no ofrezcan completa confianza. El Contratista reseña el tipo y características de la maquinaria de que dispone.

9.4.4 Uniones Roscadas

Todas las uniones roscadas se cargarán de acuerdo a las tablas de pares de apriete de montaje en función de la métrica y de la calidad del tornillo.

9.4.5 Conexión a otras máquinas

El acoplamiento con otras máquinas debe ser realizado conjuntamente entre instaladores implicados, prestando especial atención a la nivelación entre máquinas y protegiendo adecuadamente la zona de acoplamiento de las mismas.

Se conectan todos los consensos necesarios para paros y puesta en marcha de las mismas, según la aplicación que se necesite. Dichos consensos están exentos de corriente. Esta conexión debe ser realizada por personal técnico cualificado.

9.4.6 Transporte y montaje

En condiciones normales la máquina no cuenta con un embalaje exterior completo, contando únicamente con protecciones en los elementos más delicados. Por este motivo, debe presentarse especial atención durante el desplazamiento de la misma con el fin de evitar rozaduras o desperfectos en general. La máquina se transporta desmontada parcialmente para volumen.

9.4.7 Instalación eléctrica

- Se verifica que no existan tramos de cable pelado, o filamento de cobre visible por ser la longitud del tramo pelado mayor de la necesaria.
- Los conductores de potencia (circuito de potencia) se introducen en una manguera de PVC que fijada mediante y bridas, y será conducida a lo largo de los perfiles estructurales o mediante canaletas.

La conexión eléctrica de la máquina a la red de alimentación y la relativa prueba preliminar, deben ser efectuadas por personal técnico especializado, el cual se debe cerciorar de que la tensión de red local corresponda con la tensión de alimentación de la máquina indicada en los cuadros eléctricos, sin interferencias eléctricas (distorciones armónicas y picos de corriente)

9.4.8 Puesta en funcionamiento

- Una vez la máquina esté completamente ensamblada, deben realizarse todos los ajustes necesarios para optimizar su funcionamiento. La máquina de realizar un periodo de rodaje de al menos 24 horas para verificar que no se producen anomalías y que está lista para ser entregada al cliente.
- Las condiciones ambientales (temperatura, humedad, iluminación), y la limpieza del ambiente son condiciones importantes y determinantes para el funcionamiento de la máquina y para la seguridad del personal.

9.4.9 Identificación de la máquina

Cada máquina se registra mediante una placa de identificación, en la cual se indica el año de fabricación, el modelo de la máquina y el número de serie.

Esta placa ha de conservarse de manera que se puedan identificar claramente los datos indicados en la misma. En caso de deterioro, es conveniente solicitar una nueva al fabricante, indicando el número de serie de la máquina.

9.4.10 Listado de componentes y materiales

Comerciales

- Sistema mecánico

Nº	Componente / Operaciones	Descripción / Material	Suministrador / Fabricante	Modelo / Referencia	Unds	Metros
1	Motor-freno	Motor-freno asíncrono trifásico	MGM	BA 90 LA4	1,00	-
2	Reductor	Reductor sinfin	Bonfiglioli	WR 110_69 P90	1,00	-
3	Soporte Rodamiento	Cajera y rodamiento $\varnothing_{int}=35$	SKF	SY 35 TF	2,00	-
4	Piñón Inferior	Piñón acero z=25 $\varnothing_{int}=45$	Renold	12B/25T	2,00	-
5	Cadena	Cadena simplez 3/4" L=5m	Renold	12B/25T	2,00	-
6	Varilla Soporte Fotocélula 2 M6	Roscada M6 Acero 1020 cincado	RS	A0244M60A0000U601	-	0,08
7	Soporte Escuadra 6x6	Aceo 1020 Galvanizado	EUCHNER	-	6,00	-
8	Piñón Inferior	Piñón acero z=25 $\varnothing_{int}=45$	Renold	12B/25T	-	0,40
9	Varilla Soporte Fotocélula 1 M6	Roscada M6 Acero 1020 cincado	RS	A0244M60A0000U601	2,00	-
10	Soporte Sensor Optico Difuso	Acero 1020 Galvanizado	Contrinex	LXW-5050-000	1,00	-
11	Soporte Escuadra 8x18	Acero 1020 Galvanizado	EUCHNER	-	2,00	-
12	Soporte Escuadra 8x8	Acero 1020 Galvanizado	EUCHNER	-	1,00	-
13	Varilla Soporte Detector Capacitivo 1 M8	Roscada M8 Acero 1020 galvanizado	RS	A0244M80A0000U601	1,00	0,45
14	Varilla Soporte Detector Capacitivo 2 M8	Roscada M8 Acero 1020 galvanizado	RS	A0244M80A0000U601	2,00	0,16
15	Tornillo Hexagonal M12x40	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	8,00	-
16	Arandela Estrecha M14	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	14,00	-
17	Tornillo Hexagonal M14x40	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	4,00	-
18	Tuerca M12 Acero Zincado Blanco	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	8,00	-

19	Arandela Estrecha M12	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	4,00	-
20	Arandela Estrecha M8	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	8,00	-
21	Tornillo Hexagonal M8x30	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	8,00	-
22	Arandela Estrecha M6	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	240,00	-
23	Tornillo M6x40	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	120,00	-
24	Tuerca M6	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	120,00	-
25	Base Pata D100	Acero 1020 Galvanizado	BOUTET	123025i	4,00	-
26	Vastago Pata D100	Acero 1020 Galvanizado	BOUTET	123099	4,00	-
27	Anillo Retención DIN 705	Acero 1020 galvanizado	mbo	10 36 0000 0350A	2,00	-
28	Tuerca Autoblocante M30	Acero 1020 galvanizado	Wurth	-	2,00	-
29	Cojinete	Bronce Enbridado $\varnothing_{int}=35$	SKF	PSMF 354525 A51	8,00	-
30	Tuerca M14 Acero Zincado Blanco	Acero 1020 galvanizado	Wurth	-	8,00	-
31	Chaveta A12 x 8 x 32 DIN 6885	Acero 304	Elesa+Ganter	DIN 6885-12-8-32-A	2,00	-
32	Chaveta A12 x 8 x 125 DIN 6885	Acero 304	Elesa+Ganter	DIN 6885-12-8-125-A	1,00	-
33	Varilla Soporte Fotocélula Piso 1 M6	Roscada M6 Acero 1020 galvanizado	RS	A0244M60A0000U601	-	0,10
34	Varilla Soporte Fotocélula Piso 2 M6	Roscada M6 Acero 1020 galvanizado	RS	A0244M60A0000U601	-	0,10

Tabla 28. Listado de componentes comerciales del sistema mecánico

- Sistema eléctrico

Nº	Componente / Operaciones	Descripción / Material	Suministrador / Fabricante	Modelo / Referencia	Unds
1	Detector Mecánico	Final de carrera mecánico	Schneider Electric	XCMD2102L1	2
2	Sensor Óptico Difuso_ltk-3030-101	30x30mm Alcance = 600 mm PNP	Contrinex	LTK-3031-301	2
3	Detector Capacitivo M18	M18 Alcance = 4mm PNP	Telemecanique	XT1M18PA372	1
4	Armario eléctrico	Poliéster 515 x 415 x 230	GE Industrial Solutions	ARIA 32 831051	1
5	IA Magnetotérmico Tetrapolar	IA Magnetotérmico 4P 10 A 6 kA	Schneider Electric	11972	1
6	IA Magnetotérmico Bipolar	Magnetotérmico circuito de mando	Schneider Electric	11912	1
7	Guardamotor	Disyuntor Protección Motor	Schneider Electric	GV2ME08	3
8	Contactador	Contactador 9A, 3P, NA, 24 V DC	Siemens	LC1D09BD	1
9	Pulsador color verde	Pulsador de marcha	Schneider Electric	XB4BA31	1
10	Pulsador color rojo	Pulsador de paro	Schneider Electric	XB4BA42	1
11	Selector de 2 posiciones	Selector del modo Auto / Manual	Schneider Electric	XB4BD21	1
12	Contactador	Contactador 9A, 3P, NA, 24 V DC	Siemens	LC1D09BD	1
13	Pilotos	Pilotos Luminosos indicadores	GE Industrial Solutions	P9XUBDD0	3
14	Pulsador de emergencia	P. E. con retención Ø 40 mm	GE Industrial Solutions	192012	1
15	Fuente de alimentación 230-24 V	Fuente de alimentación 230-24 V 60 W	Schneider Electric	ABL8REM	1
16	Autómata programable	PLC de 12 entradas y 6 salidas	Omron	CPM1A20CDRAV1	1
17	Suministros eléctricos típicos	Cables, Regletas, guías, placas, etc	SUELCASA	-	1

Tabla 29. Listado de componentes comerciales del sistema eléctrico

A fabricar

Nº	Componente / Operaciones	Descripción / Material	Suministrador / Fabricante	Modelo / Referencia	Unds	Metros
1	Estructura Portante	-	-	-	1,00	-
	Tubo Rectangular 60x40x6	Acero 1020	Hiescosa	-	-	13,92
	Tubo Cuadrado 60x60x6	Acero 1020	Hiescosa	-	-	4,84
	Barra Perfil UPE 80	Acero 1020	Hiescosa	-	-	2,70
	Manufacturación	Operaciones Corte, Taladrado, Ensamble y Soldadura	Fabricación externa	-	1,00	-
2	Eje Piñones Superior	-	-	-	1,00	-
	Barra Perfil Redondo Ø45 mm	Acero 304	Inoxidables Chiclana	-	-	1,08
	Manufacturación	Torneado y Fresado	Fabricación externa	-	1,00	-
3	Eje Piñón Inferior	-	-	-	2,00	-
	Barra Perfil Redondo Ø40 mm	Acero 304	Inoxidables Chiclana	-	-	0,38
	Manufacturación	Torneado y Fresado	Fabricación externa	-	1,00	-
4	Barra Elevación	-	-	-	1,00	-
	Tubo Rectangular 80x80x8 mm	Acero 1020	Hiescosa	-	-	0,94
	Barra Sección 100x20 mm	Acero 1020	Hiescosa	-	-	0,13
	Barra Sección 140x40 mm	Acero 1020	Hiescosa	-	-	0,13
	Manufacturación	Operaciones Corte, Taladrado, Ensamble y Soldadura	Fabricación externa	-	1,00	-
5	Barra Aletas	-	-	-	2,00	-
	Barra Sección 80x10 mm	Acero 1020	Hiescosa	-	-	0,44
	Barra Sección 100x10 mm	Acero 1020	Hiescosa	-	-	0,22
	Barra Sección 120x25 mm	Acero 1020	Hiescosa	-	-	2,00

	Manufacturación	Operaciones Corte, Taladrado, Ensamble y Soldadura	Fabricación externa	-	1,00	-
6	Tapa Barra Aletas	-	-	-	2,00	-
	Barra Sección 80x10 mm	Acero 1020	Hiescosa	-		0,22
	Manufacturación	Operaciones Corte y Fresado	Fabricación externa	-	1,00	-
7	Aleta	Funcdición gris	Mac-Model	-	60,00	-
8	Piñón Superior	Piñon con 2 chaveteros z=25	Renold	12B/25T	2,00	-
	Piñón	Piñón acero z=25 $\varnothing_{int}=39$	Renold	12B/25T	1,00	-
	Manufacturación	Operaciones Mecanizado	-	-	1,00	-
9	Esparrago Tensor	-	-	-	1,00	-
	Varilla Roscada M14	Acero 1045 Galvanizado	Wurth	-	-	0,38
	Manufacturación	Corte y Taladrado	Fabricación externa	-	1,00	-
10	Carcasa	Acero 1020 Galvanizado	-	-	1,00	-
	Plancha 1 mm de espesor	Plancha Acero 1020 Galvanizado 1 mm	Guiaval	-	1,00	-
	Manufacturación	Operaciones Corte, Taladrado y Doblado de Chapa	Fabricación externa	-	1,00	-

Tabla 30. Listado de componentes a fabricar

PRESUPUESTO ECONÓMICO

10. Presupuesto económico

10.1 Presupuesto de todos los componentes

Nº	Componente / Operaciones	Descripción / Material	Suministrador / Fabricante	Modelo / Referencia	Cantidad / Metros	Coste unitario	Coste total (€)
1	Motor-freno	Motor-freno asíncrono trifásico	MGM	BA 90 LA4	1,00	119,69	119,69
2	Reductor	Reductor sinfin	Bonfiglioli	WR 110_69 P90	1,00	139,00	139,00
3	Estructura Portante	-	-	-	1,00	459,47	459,47
	Tubo Rectangular 60x40x6	Acero 1020	Hiescosa	-	13,92	8,00	111,36
	Tubo Cuadrado 60x60x6	Acero 1020	Hiescosa	-	4,84	10,00	48,36
	Barra Perfil UPE 80	Acero 1020	Hiescosa	-	2,70	11,00	29,75
	Manufacturación	Operaciones Corte, Taladrado, Ensamble y Soldadura	Fabricación externa	-	1,00	270,00	270,00
4	Eje Piñones Superior	-	-	-	1,00	83,26	83,26
	Barra Perfil Redondo Ø45 mm	Acero 304	Inoxidables Chiclana	-	1,08	44,65	48,26
	Manufacturación	Torneado y Fresado	Fabricación externa	-	1,00	35,00	35,00
5	Eje Piñón Inferior	-	-	-	2,00	39,43	78,86
	Barra Perfil Redondo Ø40 mm	Acero 304	Inoxidables Chiclana	-	0,38	40,60	15,43
	Manufacturación	Torneado y Fresado	Fabricación externa	-	1,00	24,00	24,00
6	Barra Elevación	-	-	-	1,00	28,97	28,97
	Tubo Rectangular 80x80x8 mm	Acero 1020	Hiescosa	-	0,94	11,00	10,34
	Barra Sección 100x20 mm	Acero 1020	Hiescosa	-	0,13	12,50	1,65
	Barra Sección 140x40 mm	Acero 1020	Hiescosa	-	0,13	15,00	1,98
	Manufacturación	Operaciones Corte, Taladrado, Ensamble y Soldadura	Fabricación externa	-	1,00	15,00	15,00
7	Barra Aletas	-	-	-	2,00	71,59	143,18

	Barra Sección 80x10 mm	Acero 1020	Hiescosa	-	0,44	11,00	4,84
	Barra Sección 100x10 mm	Acero 1020	Hiescosa	-	0,22	12,50	2,75
	Barra Sección 120x25 mm	Acero 1020	Hiescosa	-	2,00	15,00	30,00
	Manufacturación	Operaciones Corte, Taladrado, Ensamble y Soldadura	Fabricación externa	-	1,00	34,00	34,00
8	Tapa Barra Aletas	-	-	-	2,00	13,42	26,84
	Barra Sección 80x10 mm	Acero 1020	Hiescosa	-	0,22	11,00	2,42
	Manufacturación	Operaciones Corte y Fresado	Fabricación externa	-	1,00	11,00	11,00
9	Aleta	Funcdición gris	Mac-Model	-	60,00	8,00	480,00
10	Soporte Rodamiento	Cajera y rodamiento $\varnothing_{int}=35$	SKF	SY 35 TF	2,00	47,44	94,88
11	Piñón Superior	Piñon con 2 chaveteros z=25	Renold	12B/25T	2,00	15,30	30,60
	Piñón	Piñón acero z=25 $\varnothing_{int}=39$	Renold	12B/25T	1,00	6,30	6,30
	Manufacturación	Operaciones Mecanizado	-	-	1,00	9,00	9,00
12	Piñón Inferior	Piñón acero z=25 $\varnothing_{int}=45$	Renold	12B/25T	1,00	6,30	6,30
13	Cadena	Cadena simplez 3/4" L=5m	Renold	12B/25T	2,00	105,30	210,60
14	Detector Mecánico	Final de carrera mecánico	Schneider Electric	XCMD2102L1	2,00	36,90	73,80
15	Varilla Soporte Focélula 2 M6	Roscada M6 Acero 1020 cincado	RS	A0244M60A0000U601	0,08	2,44	0,20
16	Soporte Escuadra 6x6	Aceo 1020 Galvanizado	EUCHNER	-	6,00	0,80	4,80
17	Varilla Soporte Focélula 1 M6	Roscada M6 Acero 1020 cincado	RS	A0244M60A0000U601	0,40	2,44	0,98
18	Soporte Sensor Optico Difuso	Acero 1020 Galvanizado	Contrinex	LXW-5050-000	2,00	5,45	10,90
19	Sensor Óptico Difuso _ltk-3030-101	30x30mm Alcance = 600 mm PNP	Contrinex	LTK-3031-301	2,00	70,25	140,50
20	Detector Capacitivo M18	M18 Alcance = 4mm PNP	Telemecanique	XT1M18PA372	1,00	63,20	63,20
21	Soporte Escuadra 8x18	Acero 1020 Galvanizado	EUCHNER	-	1,00	1,10	1,10
22	Soporte Escuadra 8x8	Acero 1020 Galvanizado	EUCHNER	-	2,00	0,90	1,80
23	Varilla Soporte Detector Capacitivo 1 M8	Roscada M8 Acero 1020 galvanizado	RS	A0244M80A0000U601	0,45	2,70	1,22
24	Varilla Soporte Detector Capacitivo	Roscada M8 Acero 1020 galvanizado	RS	A0244M80A0000U601	0,16	2,70	0,43

	2 M8						
25	Esparrago Tensor	-	-	-	1,00	3,90	3,90
	Varilla Roscada M14	Acero 1045 Galvanizado	Wurth	-	0,38	7,10	2,70
	Manufacturación	Corte y Taladrado	Fabricación externa	-	1,00	1,20	1,20
26	Tornillo Hexagonal M12x40	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	8,00	0,16	1,28
27	Arandela Estrecha M14	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	14,00	0,08	1,12
28	Tornillo Hexagonal M14x40	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	4,00	0,20	0,80
29	Tuerca M12 Acero Zincado Blanco	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	8,00	0,07	0,56
30	Arandela Estrecha M12	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	4,00	0,07	0,28
32	Arandela Estrecha M8	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	8,00	0,05	0,40
33	Tornillo Hexagonal M8x30	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	8,00	0,12	0,96
34	Arandela Estrecha M6	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	240,00	0,04	9,60
35	Tornillo M6x40	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	120,00	0,10	12,00
36	Tuerca M6	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	120,00	0,08	9,60
37	Base Pata D100	Acero 1020 Galvanizado	BOUTET	123025i	4,00	1,78	7,12
38	Vastago Pata D100	Acero 1020 Galvanizado	BOUTET	123099	4,00	2,85	11,40
39	Carcasa	Acero 1020 Galvanizado	-	-	1,00	15,60	15,60
	Plancha 1 mm de espesor	Plancha Acero 1020 Galvanizado 1 mm	Guiaval	-	1	6,00	6,00
	Manufacturación	Operaciones Corte, Taladrado y Doblado de Chapa	Fabricación externa	-	1	9,60	9,60
40	Cuadro Eléctrico	-	-	-	1,00	829,61	829,61
	Armario eléctrico	Poliéster 515 x 415 x 230	GE Industrial Solutions	ARIA 32 831051	1	28,40	28,40
	IA Magnetotérmico Tetrapolar	IA Magnetotérmico 4P 10 A 6 kA	Schneider Electric	11972	1	49,10	49,10
	IA Magentotérmico Bipolar	Magnetotérmico circuito de mando	Schneider Electric	11912	1	28,20	28,20
	Guardamotor	Disyuntor Protección Motor	Schneider Electric	GV2ME08	3	55,70	167,10

	Contactor	Contactor 9A, 3P, NA, 24 V DC	Siemens	LC1D09BD	1	33,99	33,99
	Pulsador color verde	Pulsador de marcha	Schneider Electric	XB4BA31	1	16,34	16,34
	Pulsador color rojo	Pulsador de paro	Schneider Electric	XB4BA42	1	16,34	16,34
	Selector de 2 posiciones	Selector del modo Auto / Manual	Schneider Electric	XB4BD21	1	24,46	24,46
	Contactor	Contactor 9A, 3P, NA, 24 V DC	Siemens	LC1D09BD	1	33,99	33,99
	Pilotos	Pilotos Luminosos indicadores	GE Industrial Solutions	P9XUBDD0	3	7,60	22,80
	Pulsador de emergencia	P. E. con retención Ø 40 mm	GE Industrial Solutions	192012	1	22,38	22,38
	Fuente de alimentación 230-24 V	Fuente de alinetación 230-24 V 60 W	Schneider Electric	ABL8REM	1	46,35	46,35
	Autómata programable	PLC de 12 entradas y 6 salidas	Omron	CPM1A20CDRAV1	1	280,16	280,16
	Suministros eléctricos típicos	Cables, Regletas, guías, placas, etc	SUELCASA	-	1	60,00	60,00
41	Anillo Retención DIN 705	Acero 1020 galvanizado	mbo	10 36 0000 0350A	2,00	1,68	3,36
42	Tuerca Autoblocante M30	Acero 1020 galvanizado	Wurth	-	2,00	0,35	0,70
43	Cojinete	Bronce Enbridado Øint=35	SKF	PSMF 354525 A51	8,00	2,85	22,80
44	Tuerca M14 Acero Zincado Blanco	Acero 1020 galvanizado	Wurth	-	8,00	0,12	0,96
45	Chaveta A12 x 8 x 32 DIN 6885	Acero 304	Elesa+Ganter	DIN 6885-12-8-32-A	2,00	0,80	1,60
46	Chaveta A12 x 8 x 125 DIN 6885	Acero 304	Elesa+Ganter	DIN 6885-12-8-125-A	1,00	1,50	1,50
47	Varilla Soporte Fotocélula Piso 1 M6	Roscada M6 Acero 1020 galvanizado	RS	A0244M60A0000U601	0,10	2,44	0,24
48	Varilla Soporte Fotocélula Piso 2 M6	Roscada M6 Acero 1020 galvanizado	RS	A0244M60A0000U601	0,10	2,44	0,24
Total							3136,20

Tabla 31. Presupuesto de todos los componentes

10.2 Presupuesto desglosado

10.2.1 Componentes comerciales

Sistema mecánico

Nº	Componente / Operaciones	Descripción / Material	Suministrador / Fabricante	Modelo / Referencia	Cantidad / Metros	Coste unitario	Coste total (€)
1	Motor-freno	Motor-freno asíncrono trifásico	MGM	BA 90 LA4	1,00	119,69	119,69
2	Reductor	Reductor sinfin	Bonfiglioli	WR 110_69 P90	1,00	139,00	139,00
3	Soporte Rodamiento	Cajera y rodamiento $\varnothing_{int}=35$	SKF	SY 35 TF	2,00	47,44	94,88
4	Piñón Inferior	Piñón acero z=25 $\varnothing_{int}=45$	Renold	12B/25T	1,00	6,30	6,30
5	Cadena	Cadena simplez 3/4" L=5m	Renold	12B/25T	2,00	105,30	210,60
6	Varilla Soporte Fococélula 2 M6	Roscada M6 Acero 1020 cincado	RS	A0244M60A0000U601	0,08	2,44	0,20
7	Soporte Escuadra 6x6	Aceo 1020 Galvanizado	EUCHNER	-	6,00	0,80	0,20
8	Varilla Soporte Fococélula 1 M6	Roscada M6 Acero 1020 cincado	RS	A0244M60A0000U601	0,40	2,44	4,80
9	Soporte Sensor Optico Difuso	Acero 1020 Galvanizado	Contrinex	LXW-5050-000	2,00	5,45	0,98
10	Soporte Escuadra 8x18	Acero 1020 Galvanizado	EUCHNER	-	1,00	1,10	1,10
11	Soporte Escuadra 8x8	Acero 1020 Galvanizado	EUCHNER	-	2,00	0,90	1,80
12	Varilla Soporte Detector Capacitivo 1 M8	Roscada M8 Acero 1020 galvanizado	RS	A0244M80A0000U601	0,45	2,70	1,22
13	Varilla Soporte Detector Capacitivo 2 M8	Roscada M8 Acero 1020 galvanizado	RS	A0244M80A0000U601	0,16	2,70	0,43
14	Tornillo Hexagonal M12x40	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	8,00	0,16	1,28
15	Arandela Estrecha M14	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	14,00	0,08	1,12
16	Tornillo Hexagonal M14x40	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	4,00	0,20	0,80
17	Tuerca M12 Acero Zincado Blanco	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	8,00	0,07	0,56
18	Arandela Estrecha M12	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	4,00	0,07	0,28

19	Arandela Estrecha M8	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	8,00	0,05	0,40	
20	Tornillo Hexagonal M8x30	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	8,00	0,12	0,96	
21	Arandela Estrecha M6	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	240,00	0,04	9,60	
22	Tornillo M6x40	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	120,00	0,10	12,00	
23	Tuerca M6	Acero 1020 Galvanizado	Wurth	-	120,00	0,08	9,60	
24	Base Pata D100	Acero 1020 Galvanizado	BOUTET	123025i	4,00	1,78	7,12	
25	Vastago Pata D100	Acero 1020 Galvanizado	BOUTET	123099	4,00	2,85	11,40	
26	Anillo Retención DIN 705	Acero 1020 galvanizado	mbo	10 36 0000 0350A	2,00	1,68	3,36	
27	Tuerca Autoblocante M30	Acero 1020 galvanizado	Wurth	-	2,00	0,35	0,70	
28	Cojinete	Bronce Enbridado Øint=35	SKF	PSMF 354525 A51	8,00	2,85	22,80	
29	Tuerca M14 Acero Zincado Blanco	Acero 1020 galvanizado	Wurth	-	8,00	0,12	0,96	
30	Chaveta A12 x 8 x 32 DIN 6885	Acero 304	Elesa+Ganter	DIN 6885-12-8-32-A	2,00	0,80	1,60	
31	Chaveta A12 x 8 x 125 DIN 6885	Acero 304	Elesa+Ganter	DIN 6885-12-8-125-A	1,00	1,50	1,50	
32	Varilla Soporte Fococélula Piso 1 M6	Roscada M6 Acero 1020 galvanizado	RS	A0244M60A0000U601	0,10	2,44	0,24	
33	Varilla Soporte Fococélula Piso 2 M6	Roscada M6 Acero 1020 galvanizado	RS	A0244M60A0000U601	0,10	2,44	0,24	
							Total	674,01

Tabla 32. Presupuesto Componentes comerciales sistema mecánico

Sistema eléctrico

Nº	Componente / Operaciones	Descripción / Material	Suministrador / Fabricante	Modelo / Referencia	Cantidad / Metros	Coste unitario	Coste total (€)
1	Detector Mecánico	Final de carrera mecánico	Schneider Electric	XCMD2102L1	2,00	36,90	73,80
2	Sensor Óptico Difuso_ltk-3030-101	30x30mm Alcance = 600 mm PNP	Contrinex	LTK-3031-301	2,00	70,25	140,50
3	Detector Capacitivo M18	M18 Alcance = 4mm PNP	Telemecanique	XT1M18PA372	1,00	63,20	63,20
4	Armario eléctrico	Poliéster 515 x 415 x 230	GE Industrial Solutions	ARIA 32 831051	1	28,40	28,40
5	IA Magnetotérmico Tetrapolar	IA Magnetotérmico 4P 10 A 6 kA	Schneider Electric	11972	1	49,10	49,10
6	IA Magnetotérmico Bipolar	Magnetotérmico circuito de mando	Schneider Electric	11912	1	28,20	28,20
7	Guardamotor	Disyuntor Protección Motor	Schneider Electric	GV2ME08	3	55,70	167,10
8	Contactador	Contactador 9A, 3P, NA, 24 V DC	Siemens	LC1D09BD	1	33,99	33,99
9	Pulsador color verde	Pulsador de marcha	Schneider Electric	XB4BA31	1	16,34	16,34
10	Pulsador color rojo	Pulsador de paro	Schneider Electric	XB4BA42	1	16,34	16,34
11	Selector de 2 posiciones	Selector del modo Auto / Manual	Schneider Electric	XB4BD21	1	24,46	24,46
12	Contactador	Contactador 9A, 3P, NA, 24 V DC	Siemens	LC1D09BD	1	33,99	33,99
13	Pilotos	Pilotos Luminosos indicadores	GE Industrial Solutions	P9XUBDD0	3	7,60	22,80
14	Pulsador de emergencia	P. E. con retención Ø 40 mm	GE Industrial Solutions	192012	1	22,38	22,38
15	Fuente de alimentación 230-24 V	Fuente de alimentación 230-24 V 60 W	Schneider Electric	ABL8REM	1	46,35	46,35
16	Autómata programable	PLC de 12 entradas y 6 salidas	Omron	CPM1A20CDRAV1	1	280,16	280,16
17	Suministros eléctricos típicos	Cables, Regletas, guías, placas, etc	SUELCASA	-	1	60,00	60,00
						Total	1107,11

Tabla 33. Presupuesto componentes comerciales sistema eléctrico

10.2.2 Componentes a fabricar

Nº	Componente / Operaciones	Descripción / Material	Suministrador / Fabricante	Modelo / Referencia	Cantidad / Metros	Coste unitario	Coste total (€)
1	Estructura Portante	-	-	-	1,00	459,47	459,47
	Tubo Rectangular 60x40x6	Acero 1020	Hiescosa	-	13,92	8,00	111,36
	Tubo Cuadrado 60x60x6	Acero 1020	Hiescosa	-	4,84	10,00	48,36
	Barra Perfil UPE 80	Acero 1020	Hiescosa	-	2,70	11,00	29,75
	Manufacturación	Operaciones Corte, Taladrado, Ensamble y Soldadura	Fabricación externa	-	1,00	270,00	270,00
2	Eje Piñones Superior	-	-	-	1,00	83,26	83,26
	Barra Perfil Redondo Ø45 mm	Acero 304	Inoxidables Chiclana	-	1,08	44,65	48,26
	Manufacturación	Torneado y Fresado	Fabricación externa	-	1,00	35,00	35,00
3	Eje Piñón Inferior	-	-	-	2,00	39,43	78,86
	Barra Perfil Redondo Ø40 mm	Acero 304	Inoxidables Chiclana	-	0,38	40,60	15,43
	Manufacturación	Torneado y Fresado	Fabricación externa	-	1,00	24,00	24,00
4	Barra Elevación	-	-	-	1,00	28,97	28,97
	Tubo Rectangular 80x80x8 mm	Acero 1020	Hiescosa	-	0,94	11,00	10,34
	Barra Sección 100x20 mm	Acero 1020	Hiescosa	-	0,13	12,50	1,65
	Barra Sección 140x40 mm	Acero 1020	Hiescosa	-	0,13	15,00	1,98
	Manufacturación	Operaciones Corte, Taladrado, Ensamble y Soldadura	Fabricación externa	-	1,00	15,00	15,00
5	Barra Aletas	-	-	-	2,00	71,59	143,18
	Barra Sección 80x10 mm	Acero 1020	Hiescosa	-	0,44	11,00	4,84
	Barra Sección 100x10 mm	Acero 1020	Hiescosa	-	0,22	12,50	2,75
	Barra Sección 120x25 mm	Acero 1020	Hiescosa	-	2,00	15,00	30,00
	Manufacturación	Operaciones Corte, Taladrado, Ensamble y Soldadura	Fabricación externa	-	1,00	34,00	34,00

6	Tapa Barra Aletas	-	-	-	2,00	13,42	26,84
	Barra Sección 80x10 mm	Acero 1020	Hiescosa	-	0,22	11,00	2,42
	Manufacturación	Operaciones Corte y Fresado	Fabricación externa	-	1,00	11,00	11,00
7	Aleta	Funcdición gris	Mac-Model	-	60,00	8,00	480,00
8	Piñón Superior	Piñon con 2 chaveteros z=25	Renold	12B/25T	1,00	15,30	15,30
	Piñón	Piñón acero z=25 $\varnothing_{int}=39$	Renold	12B/25T	1,00	6,30	6,30
	Manufacturación	Operaciones Mecanizado	-	-	1,00	9,00	9,00
9	Esparrago Tensor	-	-	-	1,00	3,90	3,90
	Varilla Roscada M14	Acero 1045 Galvanizado	Wurth	-	0,38	7,10	2,70
	Manufacturación	Corte y Taladrado	Fabricación externa	-	1,00	1,20	1,20
10	Carcasa	Acero 1020 Galvanizado	-	-	1,00	15,60	15,60
	Plancha 1 mm de espesor	Plancha Acero 1020 Galvanizado 1 mm	Guiaval	-	1	6,00	6,00
	Manufacturación	Operaciones Corte, Taladrado y Doblado de Chapa	Fabricación externa	-	1	9,60	9,60
						Total	1335,37

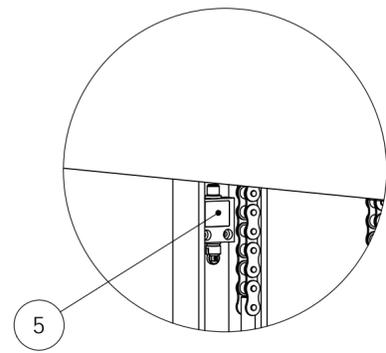
Tabla 34. Presupuesto piezas a fabricar

10.3 Resumen del precio de la máquina

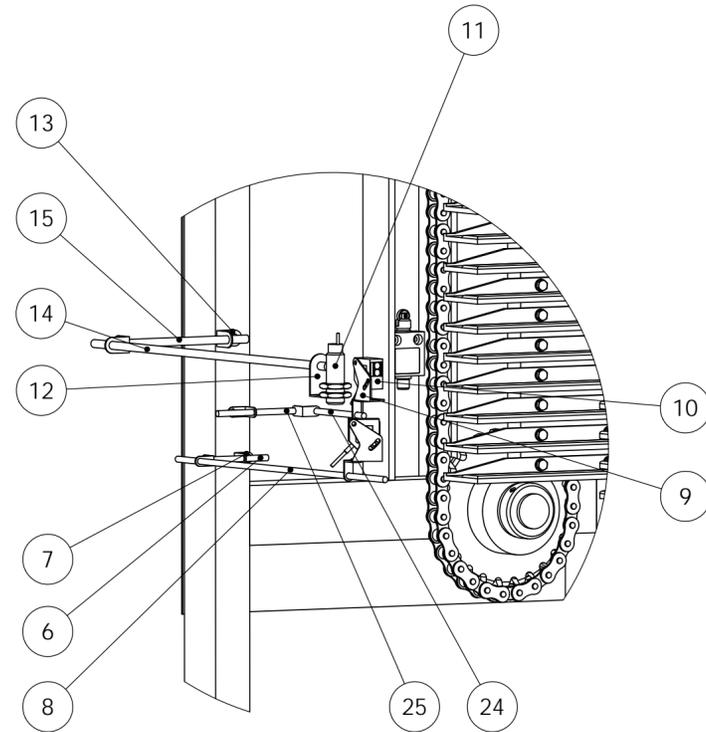
Componentes comerciales	Sistema mecánico	674,01
	Sistema eléctrico	1107,11
Componentes a fabricar	-	1335,37
Alquiler Nave y operarios (parte proporcional)	-	370,00
Gastos de ingeniería	-	300,00
Beneficio del 20%	-	757,30
Total (€)		4543,80

Tabla 35. Precio de venta de la máquina

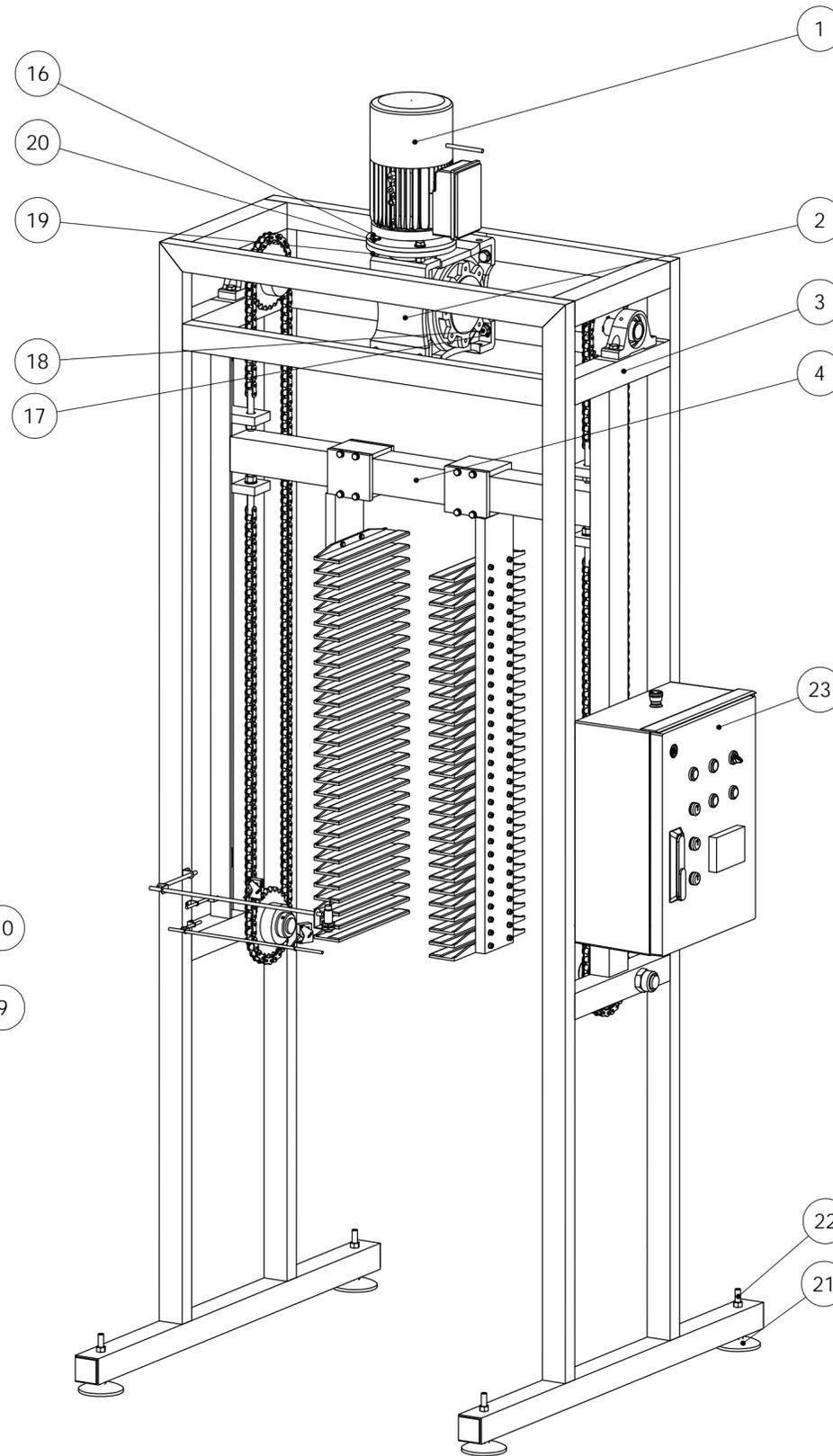
PLANOS



DETALLE A
ESCALA 1 : 5

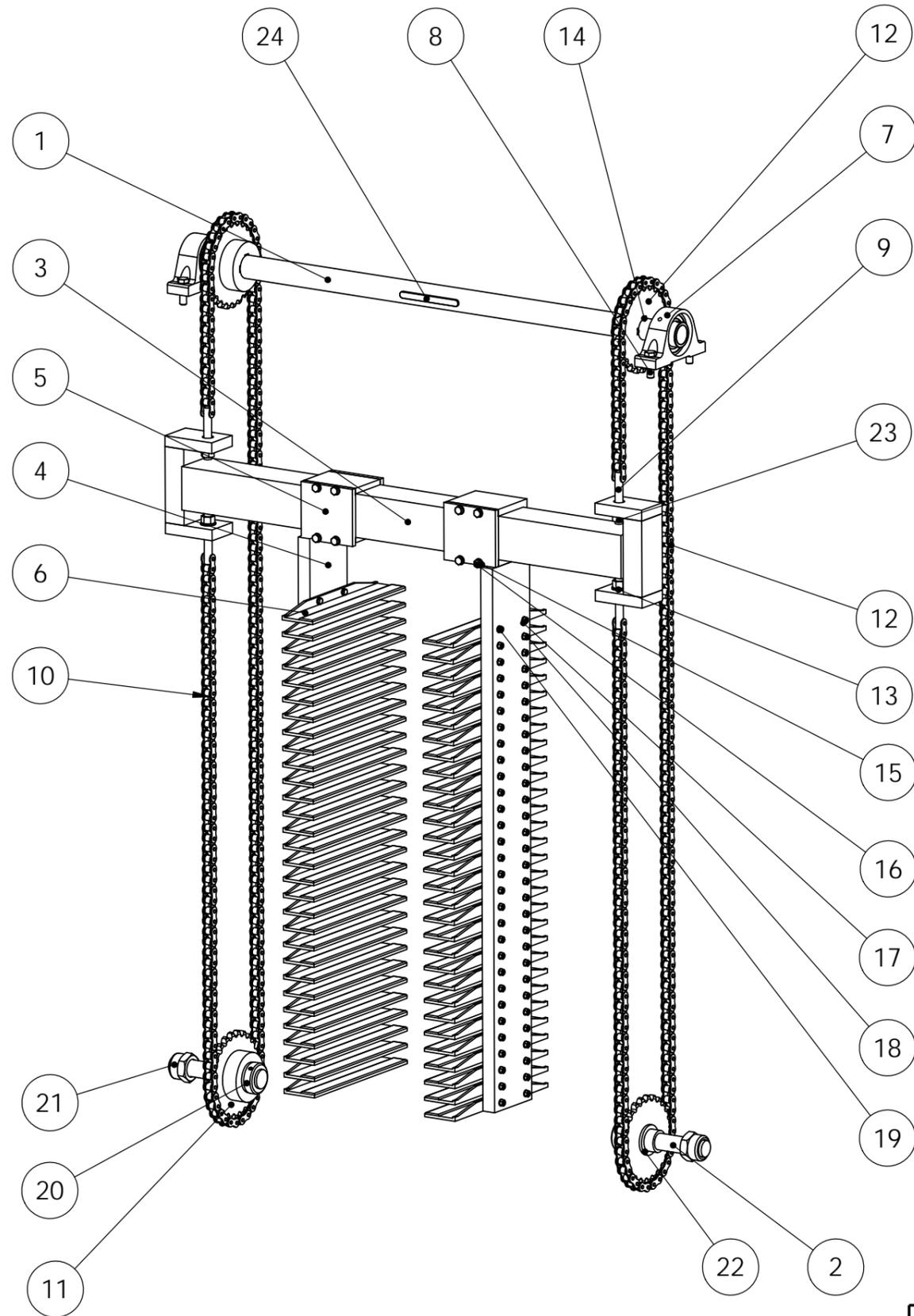


DETALLE C
ESCALA 1 : 5



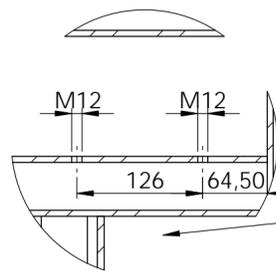
25	Varilla Soporte Fococélula Piso 2 M6	1
24	Varilla Soporte Fococélula Piso 1 M6	1
23	Cuadro Eléctrico	1
22	Vastago Pata D100	4
21	Base Pata D100	4
20	Arandela Estrecha M12	4
19	Tuerca M12 Acero Zincado Blanco	8
18	Tornillo Hexagonal M14x40	4
17	Arandela Estrecha M14	16
16	Tornillo Hexagonal M12x40	8
15	Varilla Soporte Detector Capacitivo 2 M8	1
14	Varilla Soporte Detector Capacitivo 1 M8	1
13	Soporte Escuadra 8x8	2
12	Soporte Escuadra 8x18	1
11	Detector Capacitivo M18	1
10	Sensor Óptico Difuso_Itk-3030-101	2
9	Soporte Sensor Optico Difuso	2
8	Varilla Soporte Fococélula 1 M6	1
7	Soporte Escuadra 6x6	6
6	Varilla Soporte Fococélula 2 M6	1
5	Detector Mecánico	2
4	Sistema Mecánico Elevación	1
3	Estructura Portante	1
2	Reductor	1
1	Motor	1
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD

Observaciones		Título:Compenser Cerámico PLANO DEL CONJUNTO		Plano nº: 1
Escala		Dirigido por: Javier Cruz Pérez		Hoja nº: 1 de 14
Un.dim.mm	Comprobado por: Javier Cruz Pérez		Fecha: 11/11/2015	
		Fecha: 11/11/2015		

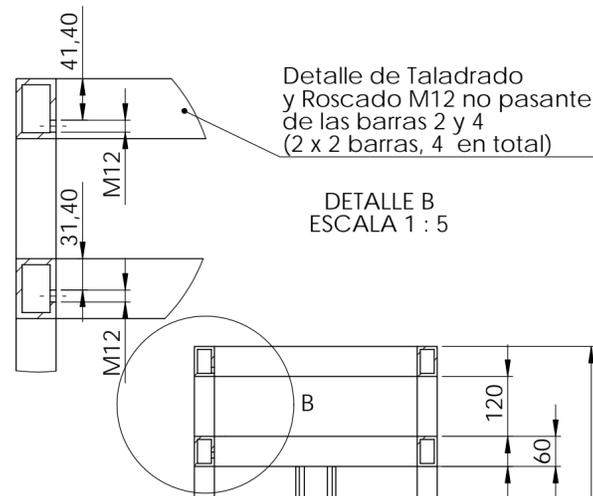
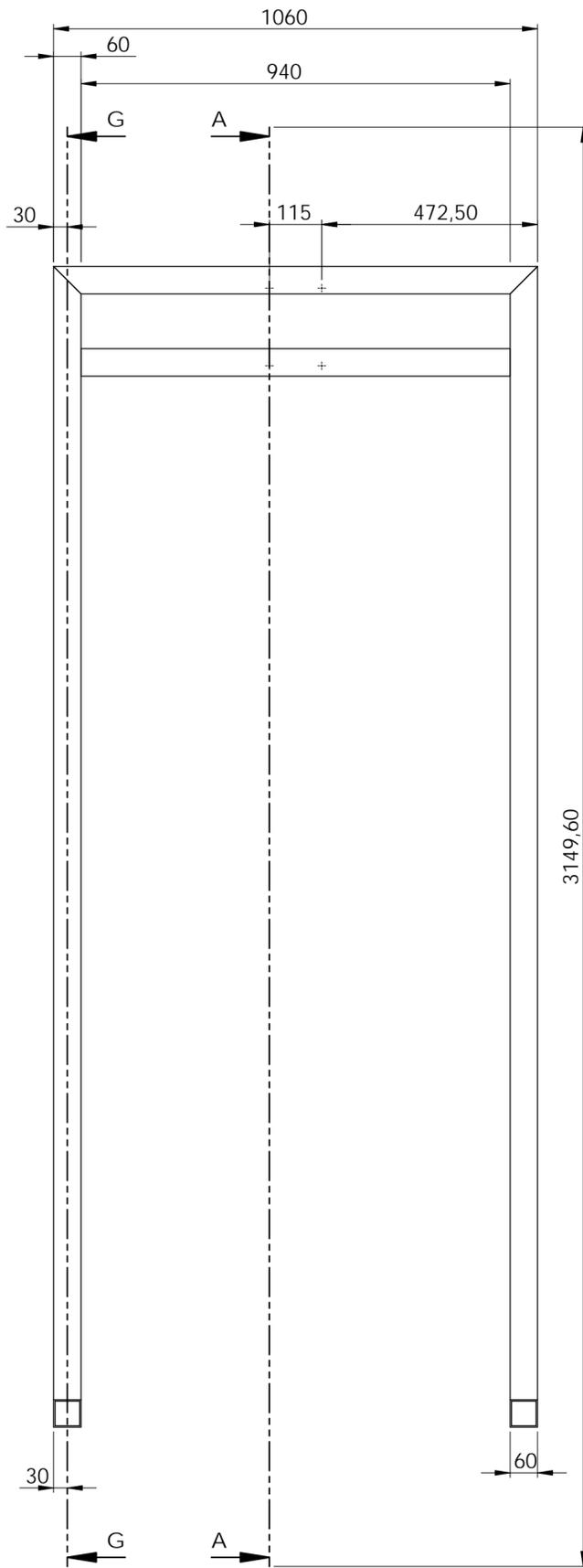


24	Chaveta A12x 8x125 DIN 6885	1
23	Tuerca M14 Acero Zincado Blanco	8
22	Cojinete	4
21	Tuerca Autoblocante M30	2
20	Anillo Retención DIN 705	2
19	Tuerca M6	120
18	Tornillo M6x40	120
17	Arandela Estrecha M6	240
16	Tornillo Hexagonal M8x30	8
15	Arandela Estrecha M8	8
14	Chaveta A12x8x32 DIN 6885	2
13	Arandela Estrecha M14	8
12	Piñon Superior	2
11	Piñon Inferior	2
10	Cadena	2
9	Esparrago Tensor	4
8	Tornillo Hexagonal M12x40	4
7	Soporte Rodamiento	2
6	Aleta	60
5	Tapa Barra Aletas	2
4	Barra Aletas	2
3	Barra Elevación	1
2	Eje Piñon Inferior	2
1	Eje Piñones Superior	2
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD

Observaciones		Título: Compenser Cerámico SISTEMA MECÁNICO ELEVACIÓN		Plano nº: 2	
Escala		Un.dim.mm		Hoja nº: 2 de 14	
-				Dirigido por: Javier Cruz Pérez	
				Comprobado por: Javier Cruz Pérez	
				Fecha: 11/11/2015	
				Fecha: 11/11/2015	

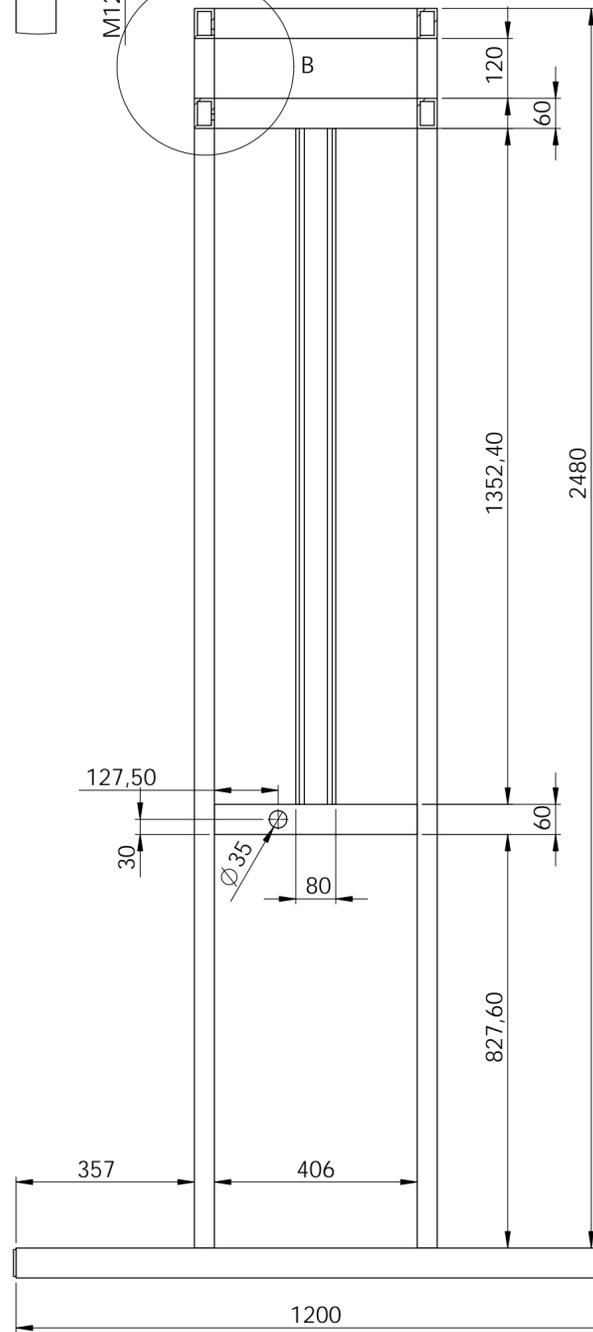


DETALLE H
ESCALA 1 : 5
Detalle Taladrado
y Roscado M12 barra 6
(2 x 2 barras, 4 en total)

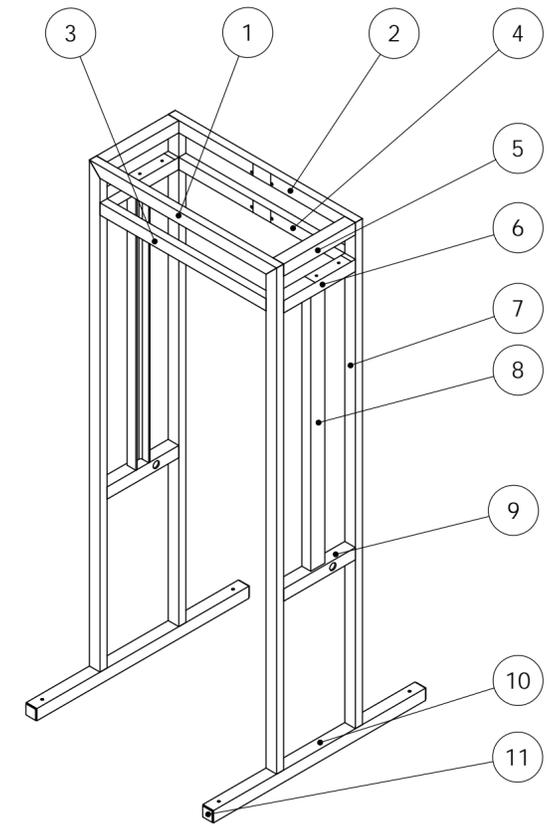


Detalle de Taladrado
y Roscado M12 no pasante
de las barras 2 y 4
(2 x 2 barras, 4 en total)

DETALLE B
ESCALA 1 : 5



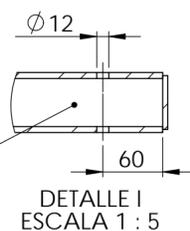
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 10



N.º DE ELEMENTO	CANTIDAD	Nombre de lista de cortes	LONGITUD
1	1	Barra 60x40x6 Tipo 1	1060
2	1	Barra 60x40x6 Tipo 1 Taladrada	1060
3	1	Barra 60x40x6 Tipo 2	940
4	1	Barra 60x40x6 Tipo 2 Taladrada	940
5	2	Barra 60x60x6 Tipo 3	406
6	2	Barra 60x60x6 Tipo 3 Taladrada	406
7	4	Barra 60x40x6 Tipo 4	2480
8	2	Barra UPE 80 Tipo 5	1352.4
9	2	Barra 60x60x6 Tipo 6 Taladrada	406
10	2	Barra 60x60x6 Tipo 7 Taladrada	1200
11	4	Tapa	

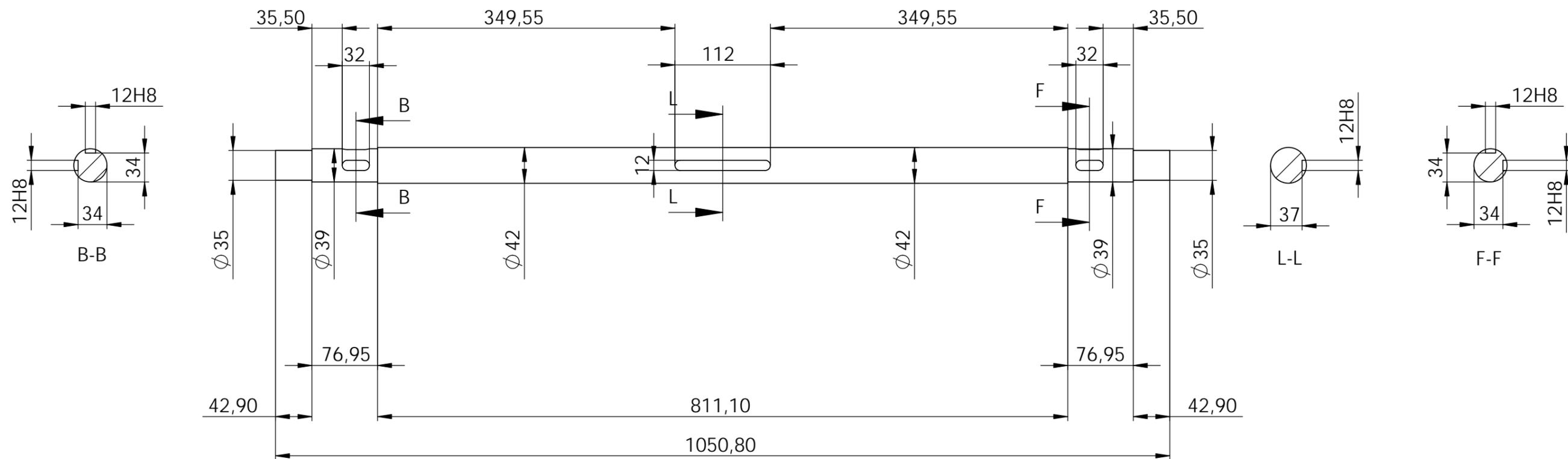
SECCIÓN G-G
ESCALA 1 : 10

Detalle Taladrado $\varnothing 12$
pasante en la barra 10
(2 x 2 barras, 4 en total)

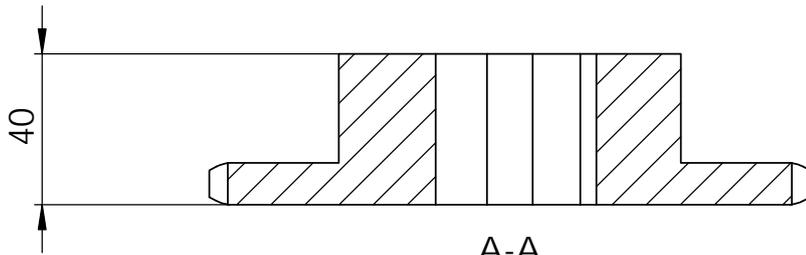
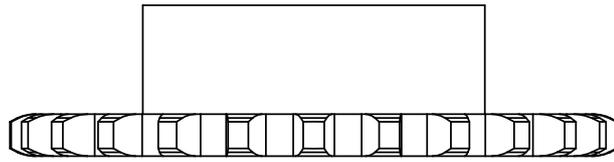


DETALLE I
ESCALA 1 : 5

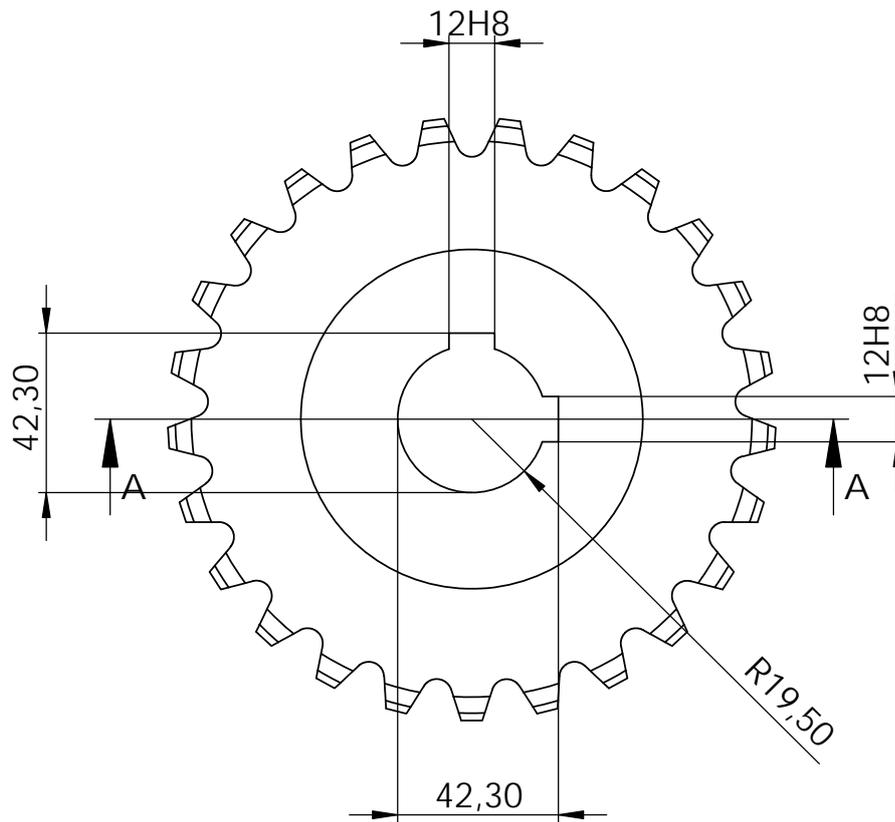
Observaciones		Título: Compenser Cerámico ESTRUCTURA PORTANTE		Plano nº: 3
Escala 1:10		Dirigido por: Javier Cruz Pérez		Hoja nº: 3 de 14
Un.dim.mm		Comprobado por: Javier Cruz Pérez		Fecha: 11/11/2015
				Fecha: 11/11/2015



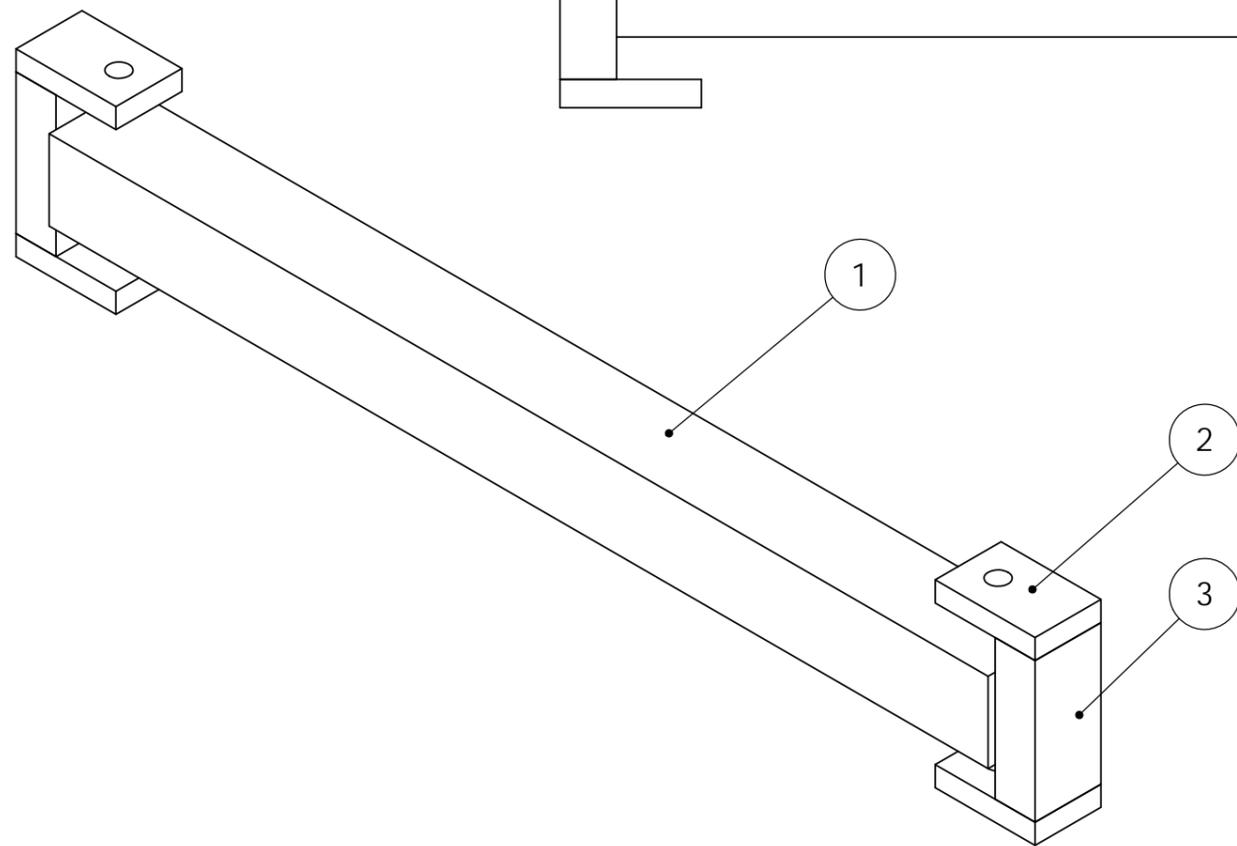
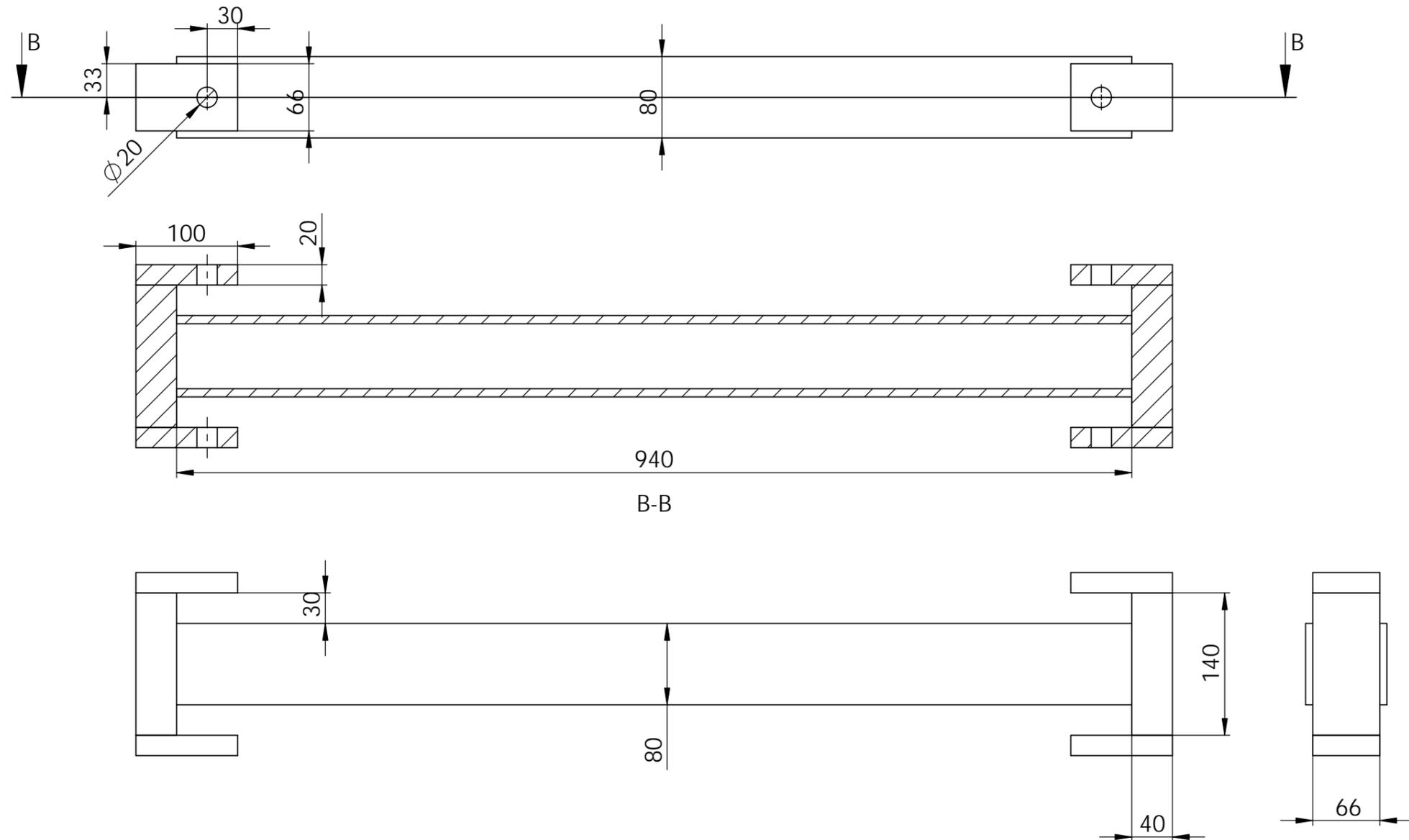
Observaciones		Título: Compenser Cerámico EJE SUPERIOR		Plano nº: 4
Escala 1:5		Un.dim.mm 	Máster Universitario en Diseño y Fabricación	Dirigido por: Javier Cruz Pérez
			Comprobado por: Javier Cruz Pérez	Fecha: 11/11/2015
				Fecha: 11/11/2015



A-A
ESCALA 1 : 2

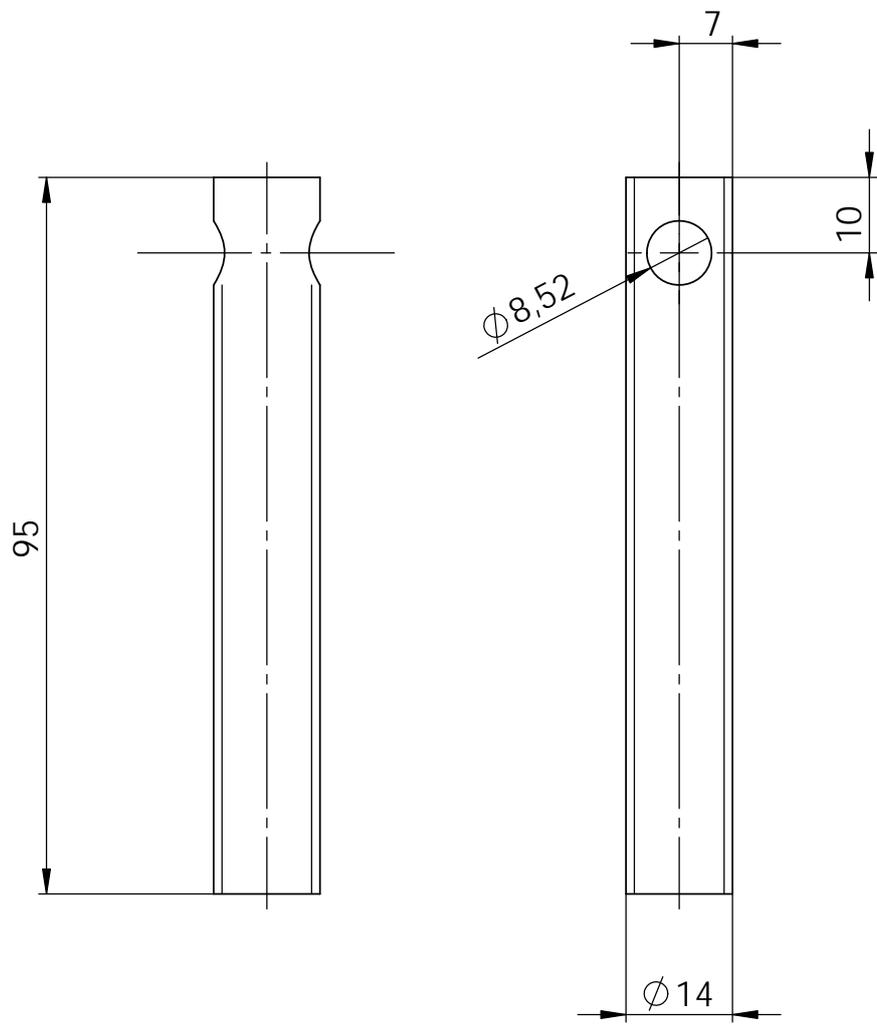


Observaciones		Título: Compensador Cerámico PIÑÓN SUPERIOR		Plano nº: 5
				Hoja nº: 5 de 14
Escala 1:2	Un.dim.mm 		Dirigido por: Javier Cruz Pérez	Fecha: 11/11/2015
			Comprobado por: Javier Cruz Pérez	Fecha: 11/11/2015

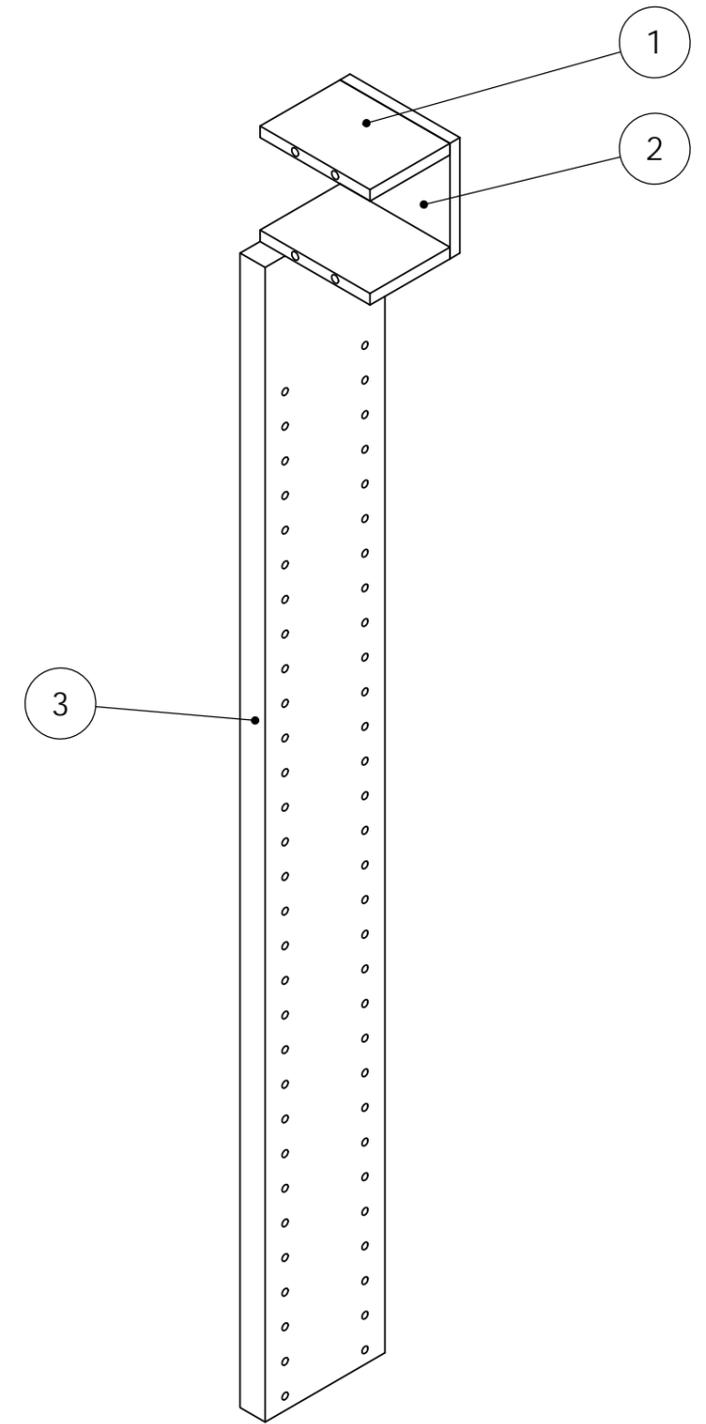
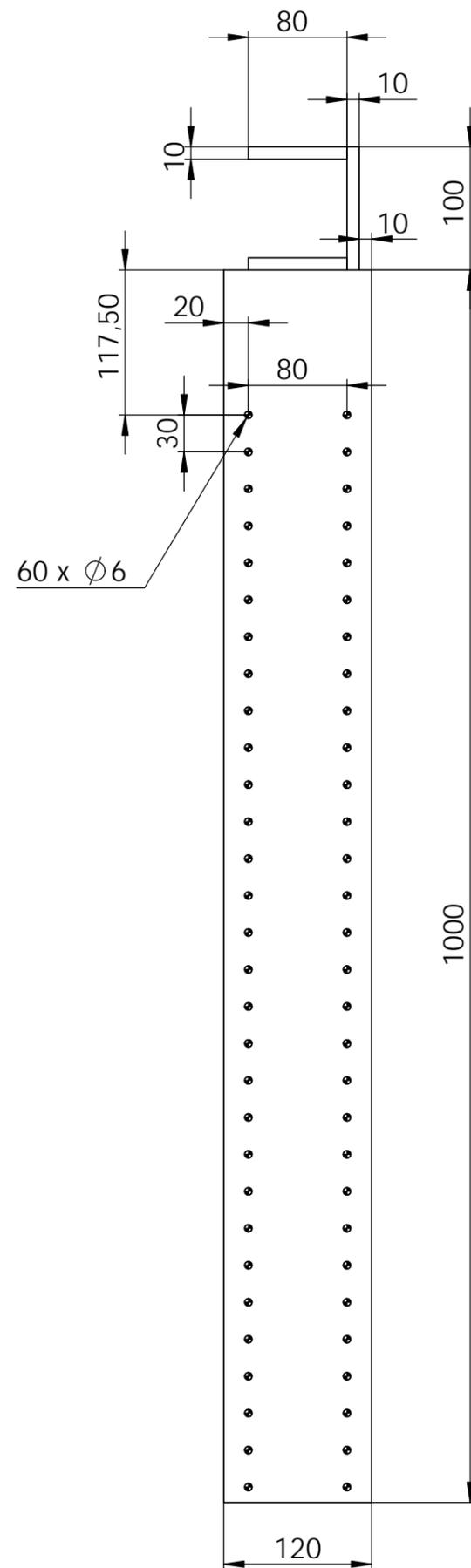
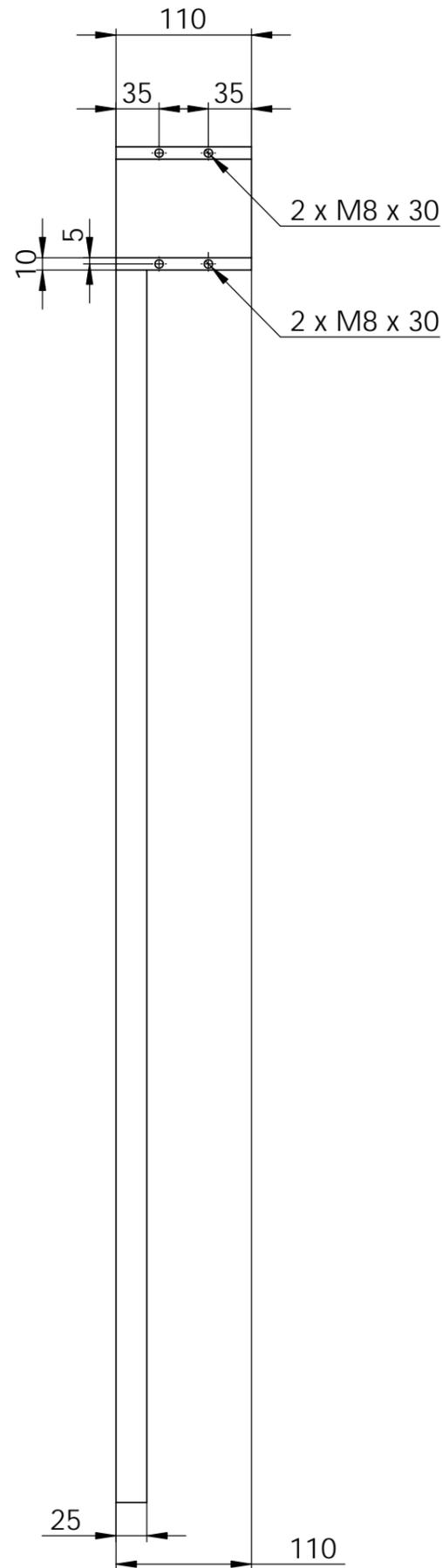


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD	LONGITUD
1	Tubo cuadrado 80x80x8 mm	1	940
2	Barra Sección 100x20 mm	4	66
3	Barra Sección 140x40 mm	2	66

Observaciones		Título: Compenser Cerámico BARRA ELEVACIÓN		Plano nº: 6
Escala 1:5	Un.dim.mm 	Máster Universitario en Diseño y Fabricación	Dirigido por: Javier Cruz Pérez	Fecha: 11/11/2015
			Comprobado por: Javier Cruz Pérez	Fecha: 11/11/2015

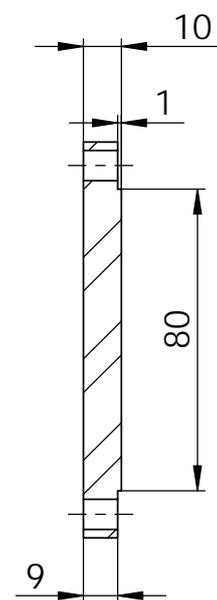
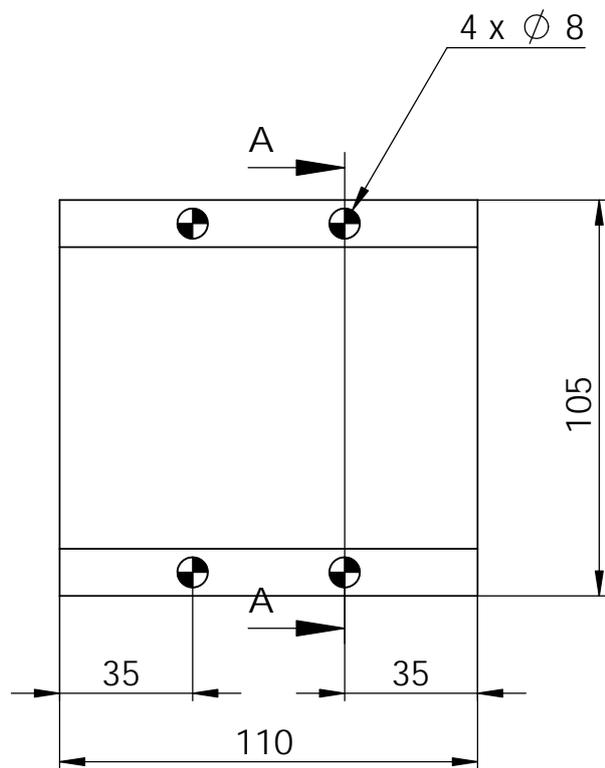


Observaciones		Título: Compenser Cerámico ESPARRAGO TENSOR		Plano nº: 7
				Hoja nº: 7 de 14
Escala 1:1	Un.dim.mm 		Dirigido por: Javier Cruz Pérez	Fecha: 11/11/2015
			Comprobado por: Javier Cruz Pérez	Fecha: 11/11/2015



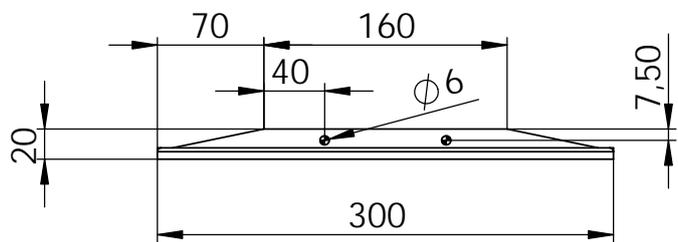
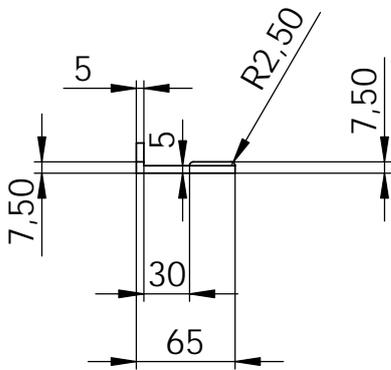
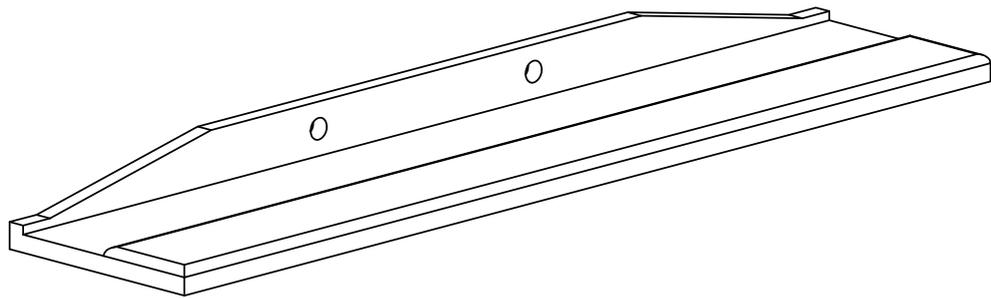
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Barra Sección 80x10 mm	2
2	Barra Sección 100x10 mm	1
3	Barra Sección 120x25 mm	1

Observaciones	Título: Compenser Cerámico BARRA ALETAS		Plano nº: 9
			Hoja nº: 9 de 14
Escala 1:5	Un.dim.mm 	Máster Universitario en Diseño y Fabricación	Dirigido por: Javier Cruz Pérez
			Comprobado por: Javier Cruz Pérez
			Fecha: 11/11/2015
			Fecha: 11/11/2015

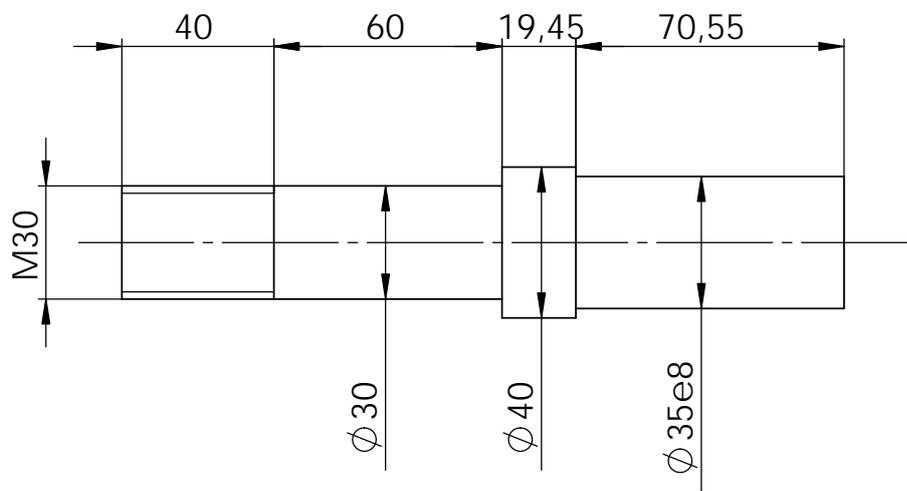


A-A
ESCALA 1 : 2

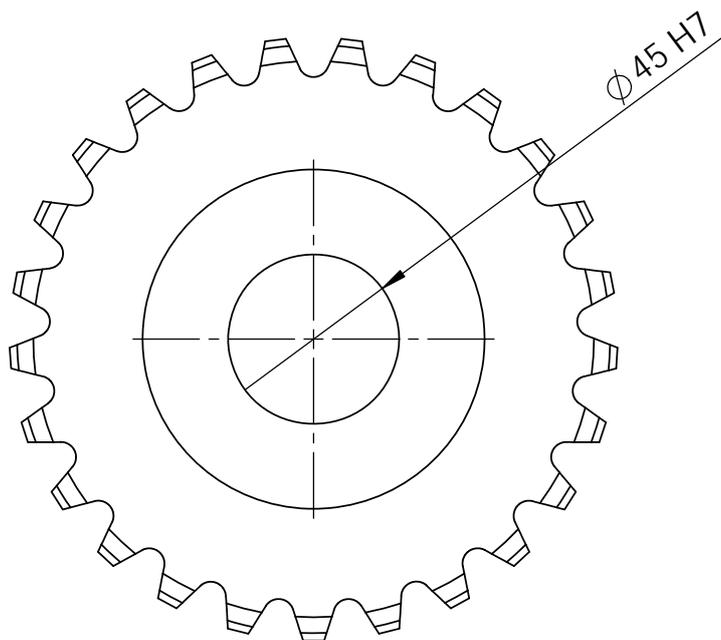
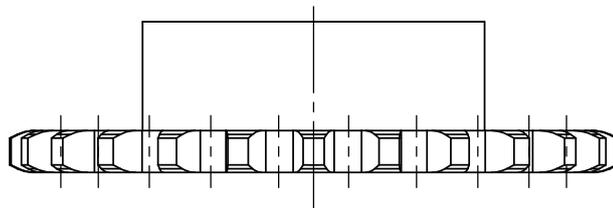
Observaciones		Título: Compenser Cerámico TAPA BARRA ALETAS		Plano nº: 8
				Hoja nº: 8 de 14
Escala 1:2	Un.dim.mm 	 MDF <small>Máster Universitario en Diseño y Fabricación</small>	Dirigido por: Javier Cruz Pérez	Fecha: 11/11/2015
			Comprobado por: Javier Cruz Pérez	Fecha: 11/11/2015

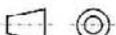


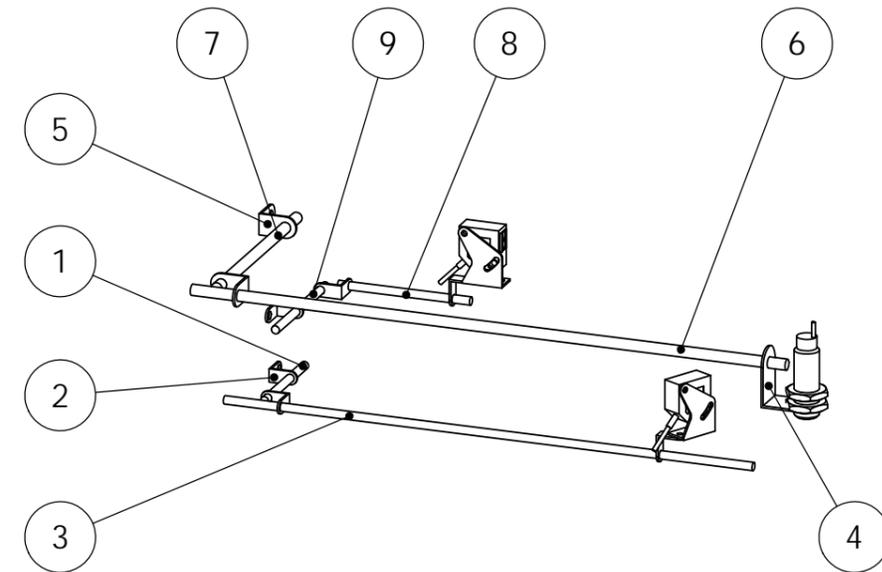
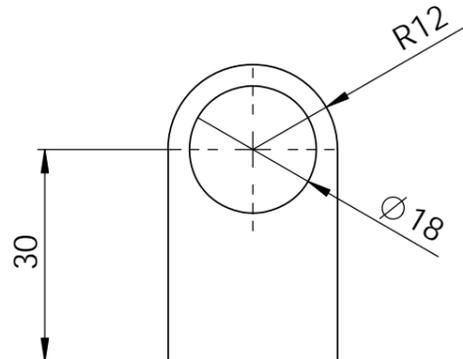
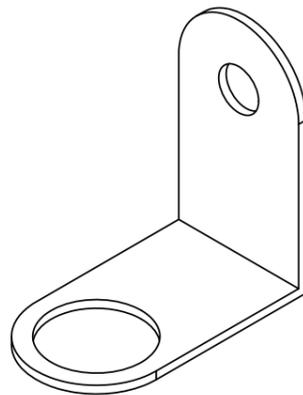
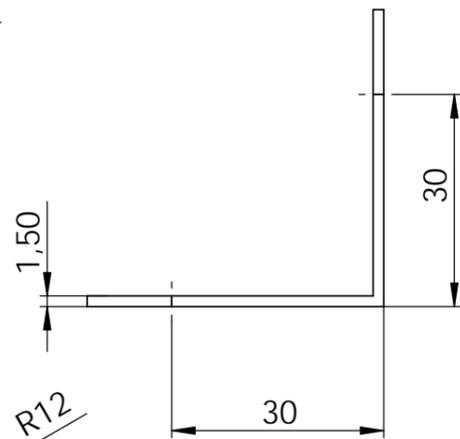
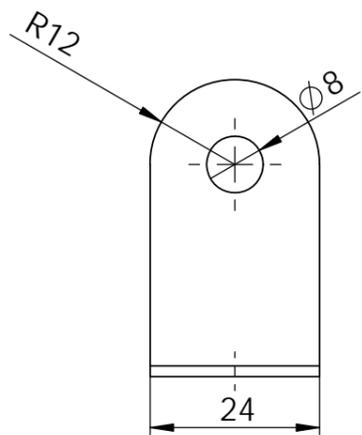
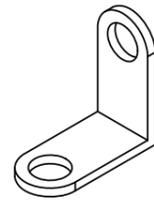
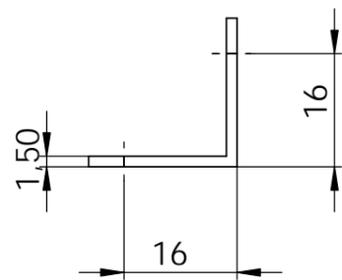
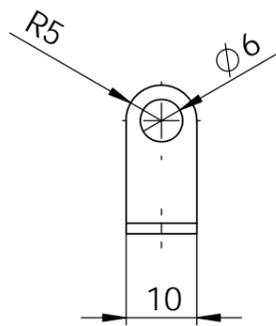
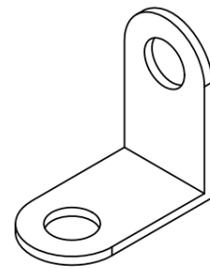
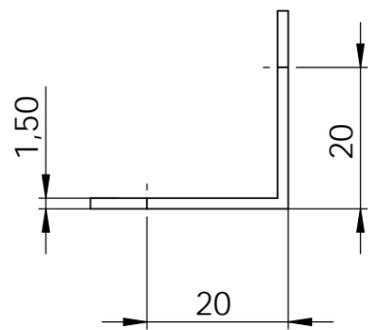
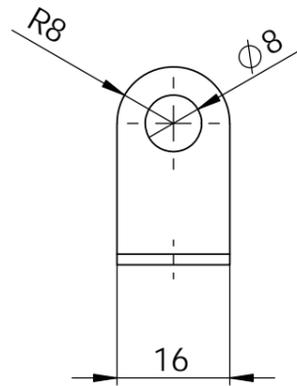
Observaciones		Título: Compenser Cerámico ALETA		Plano nº: 10
				Hoja nº: 10 de 14
Escala 1:5	Un.dim.mm		Dirigido por: Javier Cruz Pérez	Fecha: 11/11/2015
			Comprobado por: Javier Cruz Pérez	Fecha: 11/11/2015



Observaciones		Título: Compensador Cerámico EJE INFERIOR		Plano nº: 11
				Hoja nº: 11 de 14
Escala 1:2	Un.dim.mm 	 Máster Universitario en Diseño y Fabricación	Dirigido por: Javier Cruz Pérez	Fecha: 11/11/2015
			Comprobado por: Javier Cruz Pérez	Fecha: 11/11/2015

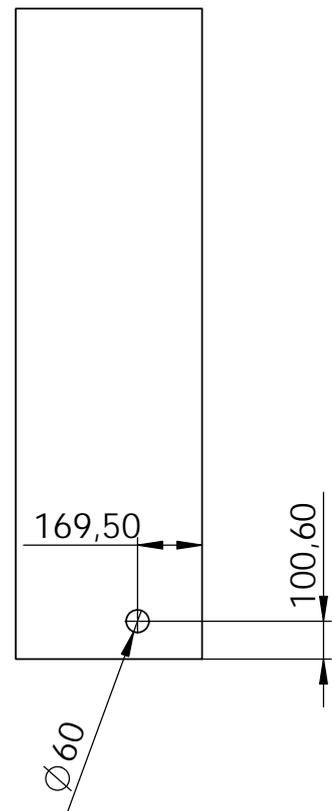
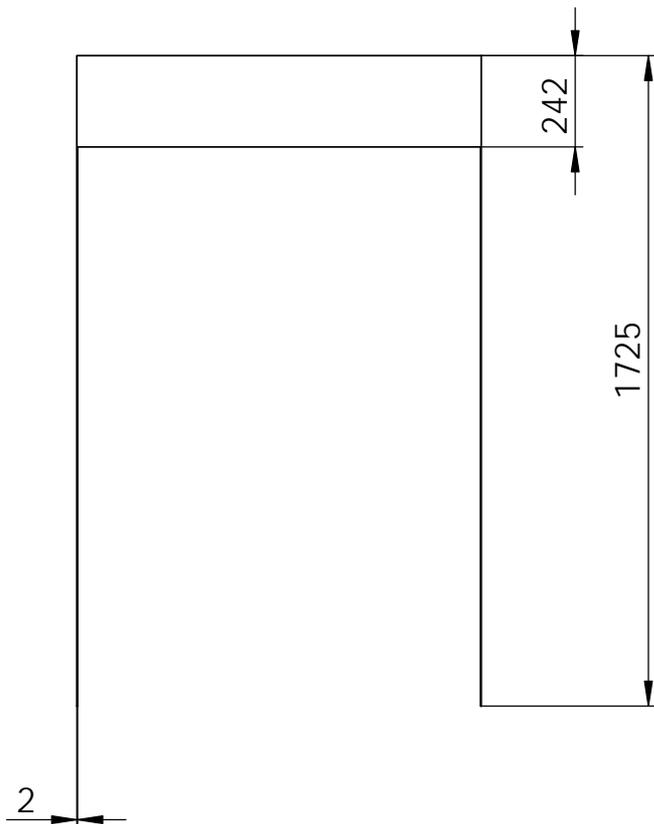
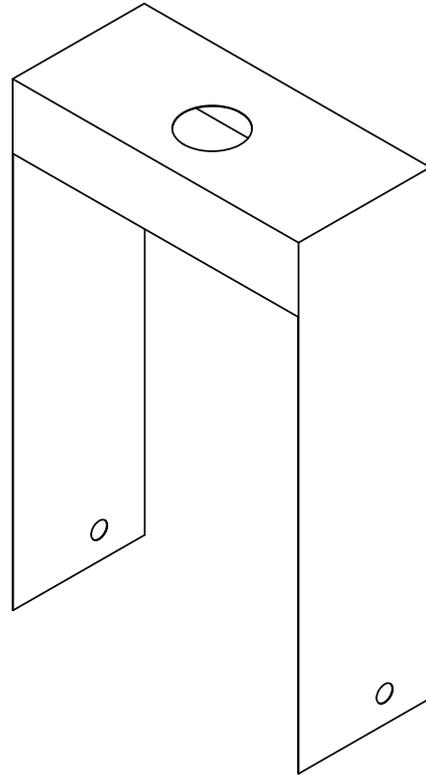
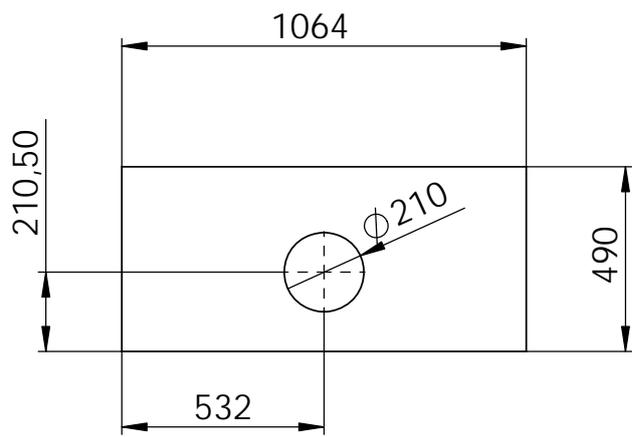


Observaciones		Título: Compenser Cerámico PIÑÓN INFERIOR		Plano nº: 12
				Hoja nº: 12 de 14
Escala 1:2	Un.dim.mm 	 Máster Universitario en Diseño y Fabricación	Dirigido por: Javier Cruz Pérez	Fecha: 11/11/2015
			Comprobado por: Javier Cruz Pérez	Fecha: 11/11/2015

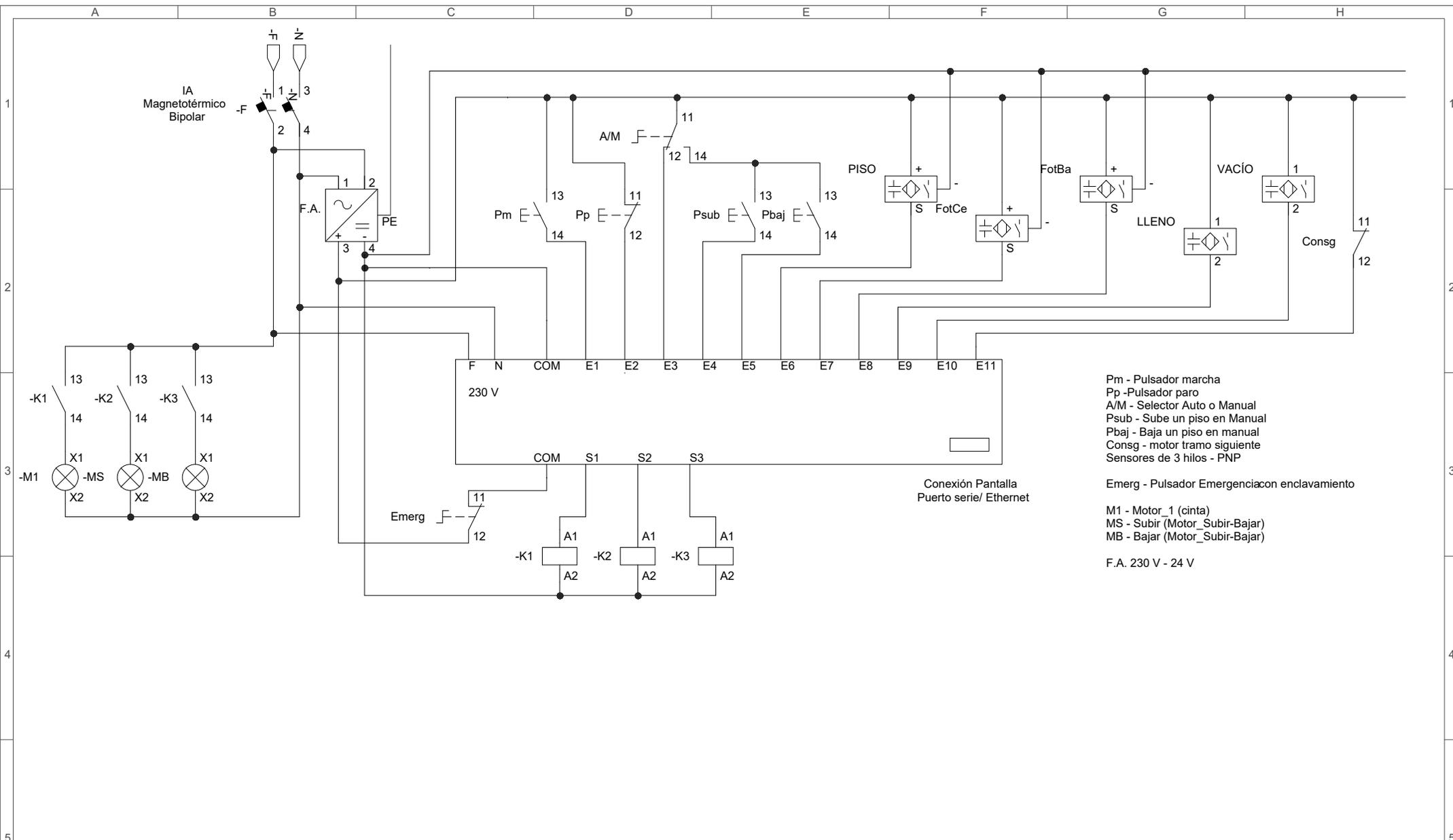


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	LONGITUD	CANTIDAD
1	Varilla Soporte Fococélula 2 M6	80	1
2	Soporte Escuadra 6x6	-	6
3	Varilla Soporte Fococélula 1 M6	400	1
4	Soporte Escuadra 8x18	-	1
5	Soporte Escuadra 8x8	-	2
6	Varilla Soporte Detector Capacitivo 1 M8	450	1
7	Varilla Soporte Detector Capacitivo 2 M8	160	1
8	Varilla Soporte Fococélula Piso 1 M6	100	1
9	Varilla Soporte Fococélula Piso 2 M6	100	1

Observaciones	Título:Compenser Cerámico SOPORTE SENSORES		Plano nº: 13
			Hoja nº: 13 de 14
Escala 1:1	Un.dim.mm 	Máster Universitario en Diseño y Fabricación	Dirigido por: Javier Cruz Pérez
			Comprobado por: Javier Cruz Pérez
			Fecha: 11/11/2015
			Fecha: 11/11/2015



Observaciones		Título: Compenser Cerámico CARCASA		Plano nº: 14
				Hoja nº: 14 de 14
Escala 1:20	Un.dim.mm 		Dirigido por: Javier Cruz Pérez	Fecha: 11/11/2015
			Comprobado por: Javier Cruz Pérez	Fecha: 11/11/2015



- Pm - Pulsador marcha
- Pp - Pulsador paro
- A/M - Selector Auto o Manual
- Psub - Sube un piso en Manual
- Pbaj - Baja un piso en manual
- Consg - motor tramo siguiente
- Sensores de 3 hilos - PNP

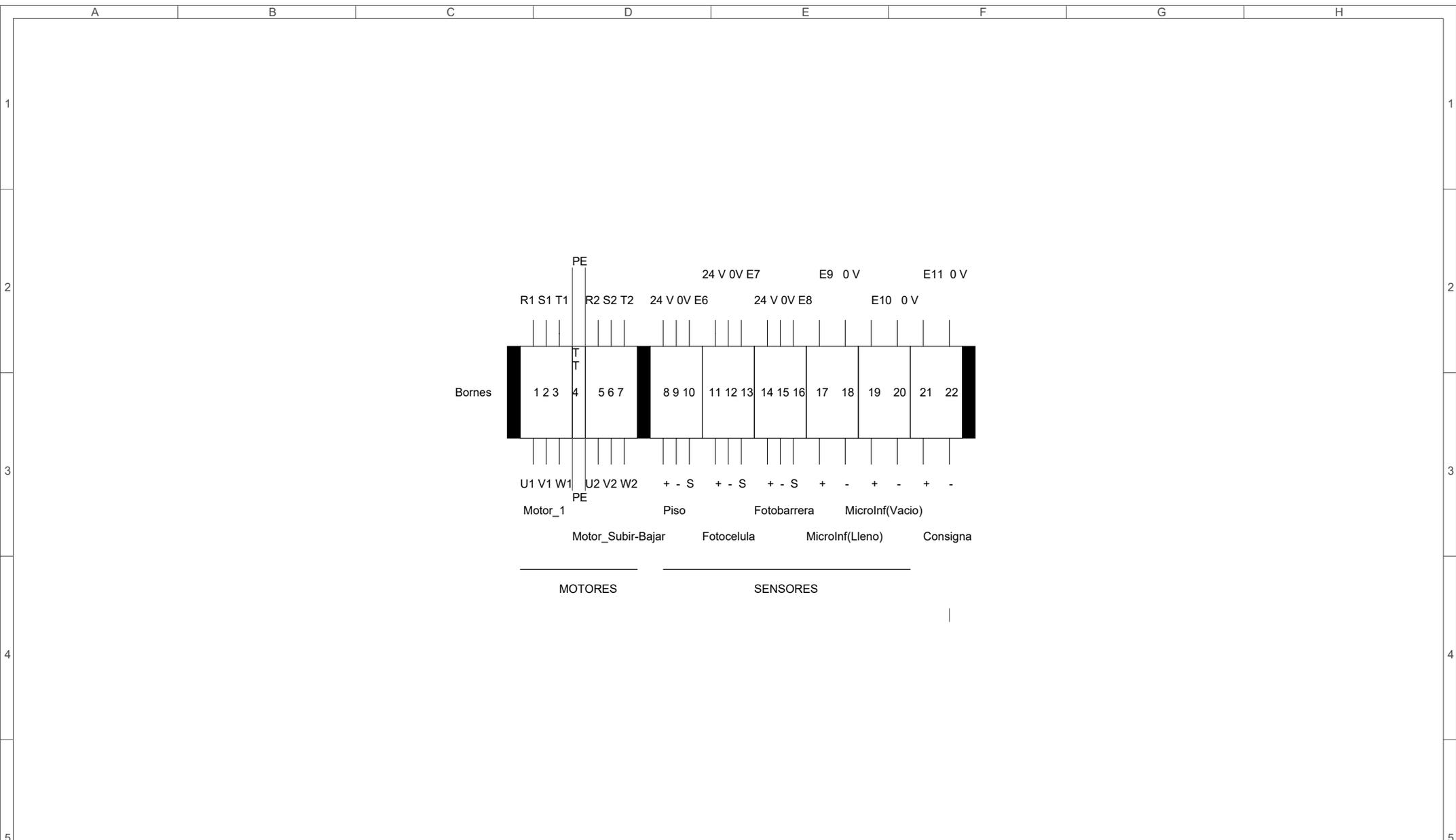
- Emerg - Pulsador Emergenciacon enclavamiento

- M1 - Motor_1 (cinta)
- MS - Subir (Motor_Subir-Bajar)
- MB - Bajar (Motor_Subir-Bajar)

- F.A. 230 V - 24 V

Conexión Pantalla
Puerto serie/ Ethernet

	Fecha 11/11/2015	Nombre	Firmas	Entidad	Título	Fecha: 22-Sep-2015	Núm: 1 de 1
Dibujado	Javier Cruz Pérez				ESQUEMA ELÉCTRICO COMPENSER	Archivo: EsqElecCuadroDef.cad	
Comprobado	Javier Cruz Pérez						



MOTORES

SENSORES

	Fecha	Nombre	Firmas	Entidad	Título	Fecha: 22-Sep-2015	Nún: 1 de 1
Dibujado	Javier Cruz Pérez	11/11/2015			ESQUEMA DE BORNES COMPENSER		
Comprobado	Javier Cruz Pérez	11/11/2015				Archivo: EsqElecBornesDef.cad	