

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

SISTEMA DE POTENCIA, ESTRUCTURA.

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECANICO.**

AMAGUAÑA TABANGO EDWIN ORLANDO

DIRECTOR: MARIO ALBERTO CESÉN ARTEAGA

DMQ, 19 enero 2022

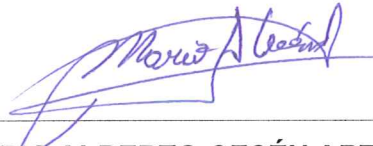
CERTIFICACIONES

Yo, EDWIN ORLANDO AMAGUAÑA TABANGO declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



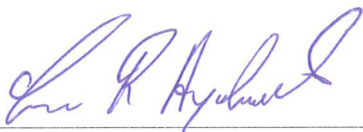
EDWIN ORLANDO AMAGUAÑA TABANGO

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por EDWIN ORLANDO AMAGUAÑA TABANGO, bajo mi supervisión.

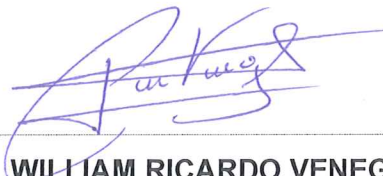


**MARIO ALBERTO CESÉN ARTEAGA
DIRECTOR**

Certificamos que revisamos el presente trabajo de integración curricular.



**CÉSAR RICARDO AYABACA
SARRIA_REVISOR 1 DEL TRABAJO
DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



**WILLIAM RICARDO VENEGAS
TORO_REVISOR 2 DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

EDWIN ORLANDO AMAGUAÑA TABANGO

MARIO ALBERTO CESÉN ARTEAGA

DEDICATORIA

Dedico este Trabajo de Integración Curricular con mucho cariño a mi familia personas importantes en cada proceso de mis estudios, en especial al esfuerzo de mis padres que a lo largo de mi vida no han dejado de brindarme su apoyo, en cada paso que doy, que han sido parte fundamental en toda mi carrera profesional inculcándome responsabilidad, honestidad y deseos de superación. Quienes con mucho amor han sabido guiarme desde niño. A todas las personas que han estado a mi alrededor amigos, compañeros, conocidos todos aquellos que han aportado un granito de arena en cada paso dado.

AGRADECIMIENTO

Este logro sin lugar a duda es gracias a Dios por ser mi guía en todo lo que realizo y al conjunto de personas importantes que están junto a mí en cada etapa de mi vida, este nuevo logro que doy es gracias a mis padres que han colocado su confianza en mí y de esta manera he podido concluir con éxito mi carrera profesional, personas que con humildad y mucho esfuerzo han aportado en mi vida este gran sueño una meta más que cumplo y anhelo seguir cosechando más logros a lo largo de mi vida.

Agradezco a mis maestros, que con su sabiduría nos han impartido sus conocimientos en las aulas de esta querida institución la cual me deja muy buenos recuerdos en cada uno de sus rincones.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VI
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1 Objetivo general	1
1.2 Objetivos específicos	1
1.3 Alcance	2
1.4 Marco teórico	2
Breve historia y evolución del molino.....	2
Molinos y molienda.....	3
Tipos de molinos	4
Molino de bolas.....	5
Aplicaciones, ventajas y desventajas entre los distintos tipos de molinos.....	7
Consideraciones básicas para el diseño de un molino.....	9
Benchmarking.....	10
Leyes de la molienda	10
Motor eléctrico.....	12
Sistemas de transmisión de potencia.....	15
Normas de seguridad para dispositivos contra accidentes.....	19
2 METODOLOGÍA	23
2.1 Determinación de las especificaciones técnicas	25
Consideraciones generales.....	25
Voz del usuario	25
Voz del ingeniero.....	25
Desarrollo de la casa de la calidad	25
Conclusiones de la casa de la calidad.....	26
2.2 Especificaciones técnicas	26
2.3 Análisis y selección de alternativas	27

Estructura funcional y modular de un molino de pines	27
Alternativas de solución	29
Evaluación de alternativas de solución	34
Matriz morfológica	42
2.4 Modelo 3D de la solución global.	43
2.5 Diseño y selección de elementos para el molino de pines	43
Potencia requerida para el molino de pines	43
Selección de banda y poleas	47
Calculo para la determinación de las tensiones en la banda	54
Calculo para la determinación de las fuerzas tensión actuante en la polea del eje conducido	57
Calculo de longitud de la chaveta para la polea motriz y conducida	58
Consideraciones básicas para la construcción del bastidor	63
Calculo para el diseño de la guarda de seguridad.....	67
Calculo de la viga que soporta al motor.....	68
Calculo de pernos para la base del motor.....	77
Calculo y selección de elementos para el sistema eléctrico	83
3 PRUEBAS, RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES....	87
3.1 Pruebas.....	87
3.2 Resultados	89
Comparación de la potencia del motor requerida	89
Comparación para el sistema de transmisión	89
Comparación de la longitud de la chaveta conducida.	91
Comparación de intensidad de corriente para el electrodo para la soldadura del perfil	92
Factor de seguridad para la viga critica que soporta al motor	92
Resultados obtenidos para el sistema eléctrico del molino	92
4 Conclusiones y Recomendaciones	93
Conclusiones.....	93
Recomendaciones	94
5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de los molinos según el tamaño del producto final.....	4
Figura 3. Molino de rodillos. [3]	5
Figura 4. Molino de bolas. [6]	5
Figura 5. Molino de barras. [7].....	6
Figura 6. Molino de martillos. [8]	6
Figura 7. Molino de pines de dos discos móviles.[9]	7
Figura 8. Partes principales de un molino de pines.[10].....	7
Figura 9. Clasificación de los motores según el tipo de corriente.[15].....	13
Figura 10. Comparación entre motores.[16].....	13
Figura 11. Placa de un motor eléctrico WEg 50 hp. [18]	14
Figura 12. Descripción de la placa de un motor de 50 hp.[18]	15
Figura 13. Sistemas de transmisión de potencia.[20].....	15
Figura 14. Partes de una cadena.[22]	16
Figura 15. Ejemplos de uso de cadenas de transmisión.[23]	17
Figura 16. Sistema de banda.[19]	18
Figura 17. Tipos de bandas.....	18
Figura 18. Normas de seguridad.[24]	19
Figura 19. Ejemplos de mecanismos sin seguridad.[26]	20
Figura 20. Consideraciones para guardas de seguridad. [27].....	21
Figura 21. Metodología	24
Figura 22. Estructura funciona y modular nivel 0	28
Figura 23. Estructura funciona y modular nivel 1	28
Figura 24. Estructura funcional y modular nivel 2.....	29
Figura 25. Solución virtual de un molino de pines.	43
Figura 26. Índices de trabajo.[29].....	44
Figura 27. Numero de mallas a micras. [30].....	44
Figura 28. Modelos de Molino de pines. [32].....	46
Figura 29. Rango del tamaño de partículas según el molino.[33].....	47
Figura 30. Perfil correa 3V. [35].....	54
Figura 31. Dimensiones de un perfil correa 3V. [35]	54
Figura 32. Relación de tensión en banda 3V. [36].....	54
Figura 33. DCL Polea conducida.....	57
Figura 34. DCL de la polea conducida.	57

Figura 35. Carga puntual en polea conducida.....	58
Figura 36. Tipo de unión para ángulos. [38].....	64
Figura 37. Unión de ángulos para molino de pines.	64
Figura 38. Clasificación de electrodos según la AWS para SMAW.[39].....	65
Figura 39. Especificaciones de soldadura para espesor de 3mm.[40]	65
Figura 40. Diámetro de electrodo según el espesor.[41].....	66
Figura 41. Guarda para el molino de pines.	68
Figura 42. Fuerzas que sobre el soporte del motor.....	68
Figura 43. DCL de ángulo crítico que soporta al motor.	69
Figura 44. Fuerzas que actúan en el plano YZ.....	70
Figura 45. Tramos equivalentes para la viga hiperestática.	70
Figura 46. Elástica en el tramo 1.....	70
Figura 47. Diagrama de corte y momento plano YZ.....	73
Figura 48. Fuerzas que actúan en el plano XZ.....	73
Figura 49. Diagrama de corte y momento para el plano XZ.	74
Figura 50. Radios de giro en el ángulo.....	74
Figura 51. Dimensiones del perfil crítico que soporta al motor.	75
Figura 52. Momentos de inercia y radios de giro.....	76
Figura 53. Cargas que actúan en cada perno.	77
Figura 54. Cortantes en el plano XZ para los pernos.....	77
Figura 55. Esquema de una conexión con un perno. [37].....	78
Figura 56. Pernos a tracción.	80
Figura 57. Resultados obtenidos con calculadora de poleas	90
Figura 58. Resultados de calculadora de chavetas.....	92
Figura 59. Circuito de fuerza y control para el molino de pines.....	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diferencia entre trituración y molienda	4
Tabla 2. Comparación de molinos.....	8
Tabla 3. Benchmarking de molinos de pines de baja potencia.	10
Tabla 4. Ventajas y desventajas de acoples.	16
Tabla 5. Ventajas y desventajas de cadenas	17
Tabla 6. Comparación de tipos de bandas	18
Tabla 7. Especificaciones técnicas.....	26
Tabla 8. Soluciones para el módulo 1	30
Tabla 9. Soluciones para el módulo 2	31
Tabla 10. Soluciones para el módulo 3	32
Tabla 11. Soluciones para el módulo 4	32
Tabla 12. Soluciones para módulo 5	33
Tabla 13. Criterios de evaluación para el módulo 1	34
Tabla 14. Evaluación de soluciones para el primer criterio del módulo 1	34
Tabla 15. Evaluación de soluciones para el segundo criterio del módulo 1	35
Tabla 16. Evaluación de soluciones para el tercer criterio del módulo 1	35
Tabla 17. Evaluación de soluciones para el cuarto criterio del módulo 1	35
Tabla 18. Conclusión de la evaluación para el módulo 1	35
Tabla 19. Criterios de evaluación para el módulo 2	36
Tabla 20. Evaluación de soluciones para el primer criterio del módulo 2	36
Tabla 21. Evaluación de soluciones para el segundo criterio del módulo 2	36
Tabla 22. Evaluación de soluciones para el tercer criterio del módulo 2	37
Tabla 23. Evaluación de soluciones para el cuarto criterio del módulo 2	37
Tabla 24. Conclusión de evaluación para el módulo 2	37
Tabla 25. Criterios de evaluación para el modulo 3	38
Tabla 26. Evaluación de soluciones para el primer criterio del módulo 3	38
Tabla 27. Evaluación de soluciones para el segundo criterio del módulo 3	38
Tabla 28. Evaluación de soluciones para el primer criterio del módulo 3	38
Tabla 29. Conclusión de evaluación para del módulo 3	39
Tabla 30. Evaluación de soluciones para el primer criterio del módulo 4	39
Tabla 31. Evaluación de soluciones para el segundo criterio del módulo 4	39
Tabla 32. Evaluación de soluciones para el tercer criterio del módulo 4	40
Tabla 33. Evaluación de soluciones para el cuarto criterio del módulo 4	40

Tabla 34. Conclusión de evaluación para el módulo 4	40
Tabla 35. Criterios de evaluación para el módulo 5	41
Tabla 36. Evaluación de soluciones para el primer criterio del módulo 5	41
Tabla 37. Evaluación de soluciones para el segundo criterio del módulo 5	41
Tabla 38. Evaluación de soluciones para el tercer criterio del módulo 5	41
Tabla 39. Evaluación de soluciones para el cuarto criterio del módulo 5	41
Tabla 40. Conclusiones del módulo 5	42
Tabla 41. Matriz morfológica.	42
Tabla 42. Tabla de parámetros iniciales.....	45
Tabla 43. Parámetros iniciales en unidades inglesas.....	45
Tabla 44. Tabla de cálculo de potencia para distintos tamaños de grano.....	46
Tabla 45. Datos de la Polea motriz	53
Tabla 46. Datos de la polea conducida	53
Tabla 47. Datos de la banda	53
Tabla 48. Datos para el cálculo de la chaveta motriz.	59
Tabla 49. Dimensiones de chaveta para el eje motriz.....	59
Tabla 50. Datos para el cálculo de la chaveta en el eje secundario.....	63
Tabla 51. Resultados obtenidos para la chaveta conducida.	63
Tabla 52. Tabla de amperaje y voltaje según el diámetro del electrodo. [42].....	66
Tabla 53. Tabla de parámetros para la guarda de seguridad.....	67
Tabla 54. Datos para la solución del tramo 1.	71
Tabla 55. Datos para la solución del tramo 2.	72
Tabla 56. Resultado de momentos y reacciones en la viga hiperestática.	72
Tabla 57. Calculo del centroide para el Angulo seleccionado	75
Tabla 58. Esfuerzo de compresión y tracción en el plano YZ, XZ.	76
Tabla 59. Resultado de esfuerzos combinados en el perfil angular.	76
Tabla 60. Cortantes en el plano XZ.....	78
Tabla 61. Resultado de numero de cable para el motor.....	85
Tabla 62. Parámetros básicos del contactor seleccionado.	86
Tabla 63. Comparación de resultados 1.....	89
Tabla 64. Datos de entrada para el cálculo de la tensión de la banda.	90
Tabla 65. Resultados obtenidos para varios parámetros de la banda.....	91
Tabla 66. Comparación de resultados 3.....	91

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Ley de Kick	11
Ecuación 2. Ley de Rittinger.....	11
Ecuación 3. Ley de Bond	12
Ecuación 4. Formula Ley de Bond	43
Ecuación 5. Potencia de diseño	47
Ecuación 6. Índice de relación de transmisión	48
Ecuación 7. Capacidad de transmisión de canal por polea.....	49
Ecuación 8. Relación de trasmisión de velocidades.....	50
Ecuación 9. Distancia entre centros de poleas.....	50
Ecuación 10. Relación de arco de contacto	51
Ecuación 11. Longitud de la correa o banda	51
Ecuación 12. Recalculo de la polea motriz.....	52
Ecuación 13. Angulo de contacto. [34].....	55
Ecuación 14. Angulo de apertura de banda conducida. [34].....	55
Ecuación 15. Angulo de apertura de la banda motriz. [34].....	56
Ecuación 16. Potencia. [37].....	56
Ecuación 17. Torque en función de la potencia. [37].....	59
Ecuación 18. Torque en función de la fuerza.	60
Ecuación 19. Resistencia al corte usando la teoría de energía de la distorsión..	60
Ecuación 20. Factor de seguridad por esfuerzo cortante usando von misses. ...	61
Ecuación 21. Esfuerzo cortante.....	61
Ecuación 22. Esfuerzo por aplastamiento.	62
Ecuación 23. Factor de seguridad por aplastamiento.	62
Ecuación 24. Intensidad de la corriente para soldar.....	66
Ecuación 25. Ecuación de los tres momentos.....	71
Ecuación 27. Centroide	75
Ecuación 28. Teorema de Steiner.	75
Ecuación 29. Esfuerzo por flexión.	76
Ecuación 30. Potencia eléctrica en el motor.....	84
Ecuación 31. Potencia eléctrica consumida por el motor.	85

RESUMEN

El presente documento corresponde a el diseño y selección del componente de potencia y estructura. Para el desarrollo de los componentes se recopiló de fuentes información primaria y de fabricantes, luego se pasó al desarrollo de la casa de la calidad con el fin de obtener las especificaciones básicas, para después pasar a realizar un análisis de las distintas funciones que permitirán definir los módulos principales y las funciones que cumplen cada uno de estos, luego se pasa a establecer una matrices de criterios ponderados para cada solución, todo esto con el objetivo de definir la mejor solución posible acorde a los requerimientos dado por las voz del usuario. Una vez establecido la mejor solución se procede a determinar la potencia necesaria para la molienda, que para el presente caso es de 1.09 HP, después se realiza la selección para el sistema de transmisión, obteniéndose una polea motriz de 135mm la cual trabajara con una polea conducida de 67 mm, las cuales estarán conectadas por una banda 3V. Este molino también tendrá un sistema de guardas de seguridad la cual se basará en la normativa B11.19. Por otro lado, para la mesa del molino se ha optado por usar perfiles angulares de 40x40x3mm, además para la estructura de esta mesa se utilizará uniones tipo inglete y además se usará un electrodo 6011. de 1/8. Por otro lado, para el sistema eléctrico se ha determinado el número de alambre conductor, junto con el tipo de contactor adecuado para esta mesa, determinando así el circuito de fuerza y control.

PALABRAS CLAVE: Molino de pines, guarda de seguridad, potencia, circuito.

ABSTRACT

This document corresponds to the design and selection of the power component and structure. For the development of the components, primary information and manufacturers were collected from sources, then it was passed to the development of the house of quality in order to obtain the basic specifications, and then to carry out an analysis of the different functions that will allow defining the main modules and the functions that each one of these fulfills, then a matrix of weighted criteria is established for each solution, all with the aim of defining the best possible solution according to the requirements given by the user's voice. Once the best solution is established, the necessary power for grinding is determined, which for the present case is 1.09 HP, then the selection is made for the transmission system, obtaining a 135mm drive pulley which will work with a pulley 67 mm lead, which will be connected by a 3V band. This mill will also have a security guard system which will be based on the B11.19 standard. On the other hand, for the table of the mill it has been decided to use angular profiles of 40x40x3mm, in addition to the structure of this table, miter-type joints will be used and a 1/8 6011 electrode will also be used. On the other hand, for the electrical system, the number of conducting wire has been determined, together with the type of contactor suitable for this table, thus determining the power and control circuit.

KEYWORDS: Pin mill, security guard, power, circuit.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

El presente trabajo tiene como propósito principal realizar el diseño y selección de los elementos que conforman un molino de pines, para lo cual dichos elementos han sido separados en dos componentes principales para su desarrollo conjunto entre dos estudiantes. El grupo de componentes para el presente documento se centra en el sistema de potencia y estructura, junto con los elementos adicionales inherentes para cada sistema. Para el sistema de potencia el cual está conformado por el motor y sistema de transmisión, el motor seleccionado es un motor de la marca WEG tipo jaula de ardilla monofásico con el objetivo de poder conectarlo a cualquier toma corriente de una instalación doméstica, el cual tiene una potencia de 2 hp, una revolución nominal de 1750 rpm, un grado de protección IP55, todo esto en base del molino de pines más pequeño disponible en el mercado, adicionalmente a este sistema se seleccionaran los componentes adicionales como el contactor, breaker, pulsadores de encendido y apagado, todo esto que para tener un sistema de encendido y protección del motor. Mientras que para el sistema de transmisión de potencia se tiene un sistema de poleas amplificador el cual usara una banda tipo 3v junto poleas de 135 mm y 67 mm, las cuales permitirán alcanzar una revolución de hasta 3526,12 rpm, además de que dichas poleas serán de aluminio las cuales pueden alcanzar una velocidad lineal máxima de 33 m/s, pero en este caso solo alcanzaran una velocidad de 12.37 m/s lo cual es menor a 25 m/s con lo que no existirá gran vibración al trabajar el molino , adicionalmente para la tensión de la banda se agregara una base tensora para el motor y para la seguridad del operador se utilizaran guardas para las poleas, las cuales estarán fabricadas en base lámina perforadas de metal disponibles en el mercado. Para la estructura de la mesa esta tendrá una altura aproximada entre 75mm a 80 mm, además para las patas de esta mesa se tendrá en cuenta utilizar disposición a 90 grados o inclinadas, además el perfil de las patas será un ángulo en L cuyas dimensiones son 40 mm x 40 mm x 3 mm de material acero ASTM A36 cuyo acabado es acero negro, Adicionalmente para la soldadura de la estructura junto con las bases para las patas de la mesa se recomienda utilizara un electrodo E6011 de 1/8", el cual es apto para este caso.

1.1 Objetivo general

Diseño y selección del sistema de potencia y estructura.

1.2 Objetivos específicos

- Recopilar la información necesaria para el desarrollo de un molino de pines
- Establecer las especificaciones técnicas básicas de la maquina
- Analizar las distintas alternativas de solución y seleccionar las más adecuada.
- Diseñar y seleccionar los elementos mecánicos según corresponda.
- Elaborar los modelos 3D, los ensambles, planos de conjunto y despiece de cada componente designado.

1.3 Alcance

El desarrollo del presente trabajo de integración curricular empezara por la recopilación de información acerca de los molinos de pines, con el fin de tener una base suficiente para el desarrollo de los componentes asignados, para luego pasar al establecimiento de las especificaciones técnicas básicas que deberá tener esta máquina, luego se procederá a definir los módulos necesarios que conformara la estructura funcional de este molino, para posteriormente pasar a la presentación y selección de la mejor alternativa de solución. Luego se procederá a realizar el cálculo para el diseño y/o selección de los elementos correspondientes para este trabajo de integración curricular, con lo que finalmente se procederá a crea en modelado 3D, el ensamblaje, la elaboración de planos de conjunto y despiece del molino de pines.

1.4 Marco teórico

Exponer el marco teórico relevante relacionado con el tema, incluyendo los argumentos que justifican la validez de lo realizado, con una revisión bibliográfica pertinente.

Breve historia y evolución del molino

La civilización humana desde tiempos remotos hasta la actualidad tuvo que ingeniarse para poder subsistir, un claro ejemplo fue que en el periodo primitivo los seres humanos mediante el uso de piedras lograron machacar, triturar o partir granos, carne y otros alimentos duros, en la actualidad estas operaciones tienen un campo definido, el cual es la reducción de tamaño de materiales, donde el material debe pasar por varis procesos para llegar a obtenerse el tamaño de material deseado, pudiéndose procesar kilogramos por hora (operación a baja escala) hasta toneladas por hora (operación a gran escala), para todo esto el ser humano utiliza distintas máquinas para poder machacar, triturar, moler y cribar materiales de distintas durezas que se usan en varios sectores industriales, como la industria química, alimenticias, farmacéutica, cosmética y mineral. [1]

El desarrollo actual es tan amplio que se reconocen distintas formas para reducir el tamaño de los materiales, las cuatro fuerzas más utilizadas en los molinos son: la fuerza de impacto, corte, desgaste, compresión o combinación de alguna de estas, todas estas para triturar, moler y pulverizar los productos a distintos tamaños de granulometría, logrando alcanzar incluso la escala de las micras. [2]

En la actualidad existen dos mecanismos para triturar y moler materiales, los cuales son:

Método de Precipitación: en este método mediante el uso de un disolvente se disuelve a la materia.

Método mecánico. mediante la aplicación de fuerzas mecánicas provenientes de máquinas se obtienen masas más pequeñas que la masa original.

En el presente documento solo se tomará en cuenta al método mecánico, para lo cual se presentará una breve descripción de las máquinas más comunes utilizadas en el mercado.

Molinos y molienda

Las maquinas empleadas para reducir el tamaño de un material, comúnmente son simplemente conocidos como “molinos”, lo cual es erróneo, ya que no todas estas máquinas reducen a un polvo muy fino todo material, pues para llegar a estos polvos muy finos se debe emplear una secuencia de equipos y procesos en función de la granulometría deseada y el tipo de producto utilizado. En la actualidad las máquinas que reducen el tamaño de materiales muy grandes son empleados en la industria minera y se los conoce como “crushers” en inglés, mientras que las maquinas que reducen el tamaño de materiales pequeños se los conoce como “mills”. Los molinos son máquinas que se utilizan para la reducción de tamaño de materiales, donde se ocurre la operación de molienda. La molienda se caracteriza por generar materiales que son más pequeños a comparación de los materiales que ingresan en la tolva de alimentación del molino, además el producto resultante tiene una forma más regular [3].

Algo muy importante que vale la pena mencionar es que el término molienda se refiere a la reducción del tamaño del material granular, pero para los granos de cereales el término tiene connotaciones diferentes. Molienda de trigo significa moler trigo para preparar harina. La molienda de arroz incluye operaciones como descascarillado y pulido, es decir la molienda en seco de cereales consiste en la limpieza, templado y acondicionamiento del grano [4]. Entonces para diferenciar y definir entre la etapa de trituración y molienda, en [5] muestra que se les puede diferenciar según la Tabla1.

Tabla 1. Diferencia entre trituración y molienda

Tipo de desintegración		Tamaño del producto final
Trituración	Trituración gruesa	Hasta 150 mm
	Trituración Mediana	150 mm a 30 mm
	Trituración Media	Menor 30mm hasta 5 mm
Molienda	Molienda gruesa	0.1 mm a 0.3 mm
	Molienda fina	Menor a 0.1 mm

Tipos de molinos

En la actualidad existen distintos tipos de molinos, los cuales se pueden clasificar de distintas maneras como: según el tamaño del producto final o según el tipo de fuerzas utilizadas para moler [3].



Figura 1. Clasificación de los molinos según el tamaño del producto final.

Molino de rodillos

En este molino los ejes los rodillos se encuentran ubicados a la misma altura y en el mismo plano, haciendo que los elementos a ser triturados pasen entre los rodillos, los cuales giraran en sentido contrario logrando someter al materia a compresión, cizalla y una alta fricción, lo cual permitirá obtener material con partículas más pequeñas, de igual manera los diseños de estos rodillos son variados, pudiendo ser planos, con dientes o con relieves pronunciados que permitan cumplir la función de la molienda.

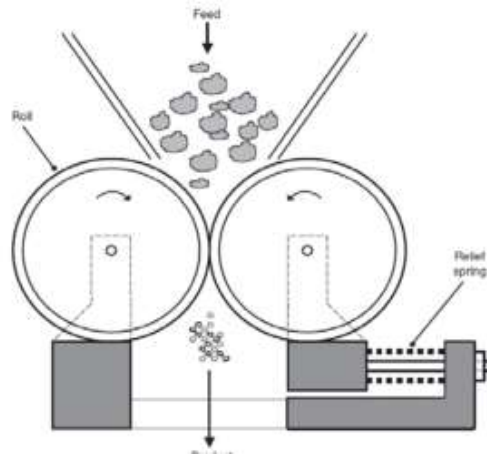


Figura 2. Molino de rodillos. [3]

Molino de bolas

El material a ser molido se coloca dentro de un cilindro el cual tiene esferas de acero solido en su interior la cuales formaran un efecto cascada al accionar este molino, moliendo al material por medio de fricción, cizalla e impacto, cabe recalcar que este cilindro gira alrededor de un eje horizontal.

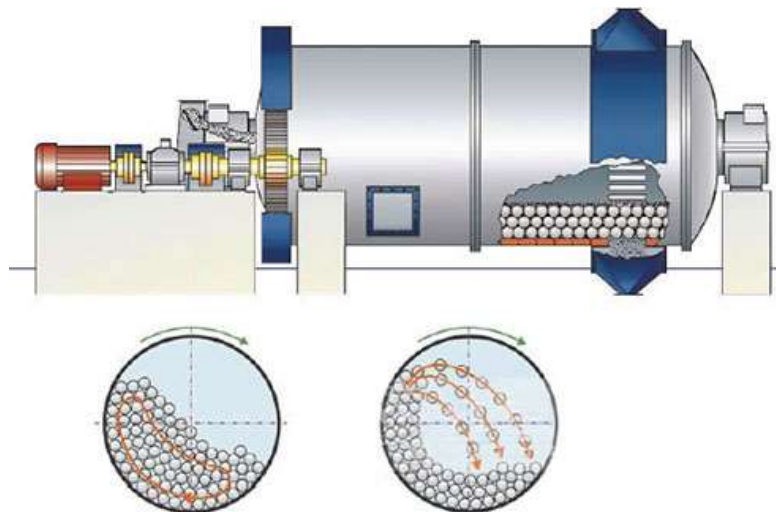


Figura 3. Molino de bolas. [6]

Molino de barras

Este molino es muy parecido al malino de bolas, la única diferencia es que usa barras cilíndricas las cuales tienen la misma longitud que el molino, las cuales por medio de impacto y fricción muelen los materiales.

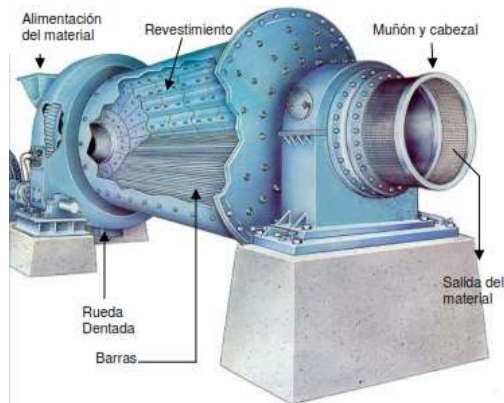


Figura 4. Molino de barras. [7]

Molino de martillos

La molienda ocurre dentro de una cámara cilíndrica, donde un rotor gira unos martillos los cuales mediante una fuerza de impacto chocan con el material a ser triturado, obteniendo el producto deseado, además la granulometría es controlada por medio de una rejilla.



Figura 5. Molino de martillos. [8]

Molino de pines

El funcionamiento del molino de pines inicia en la tolva de alimentación donde el material a moler ingresa, el material fluye gracias al efecto de la gravedad pasando así a la cámara de trituración por el centro de la cámara, lugar donde se encuentra un disco de pines fijo y un disco de pines móvil el cual gira gracias al impulso de un motor, produciéndose así la fuerza centrífuga solo en el disco móvil, con lo que al ingresar el material a la cámara, este sea expulsado a las periferias logrando así que el material impacte contra el laberinto de

pinos varias veces ,para que luego el material molido sea tamizado en la parte inferior de la cámara donde se encuentra una malla, obteniéndose así el material molido con la granulometría deseada.

En la figura 6 se puede observar un esquema principal del molino de pinos y en la figura 7 se tiene las partes principales del molino de pinos.[9]

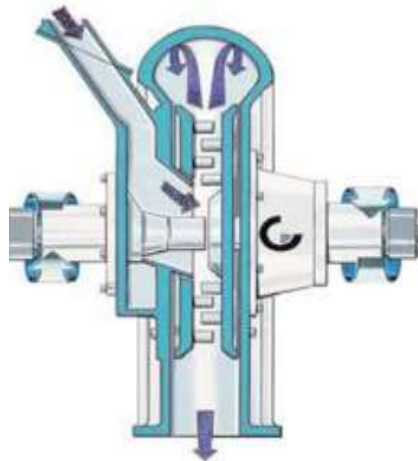


Figura 6. Molino de pinos de dos discos móviles.[9]

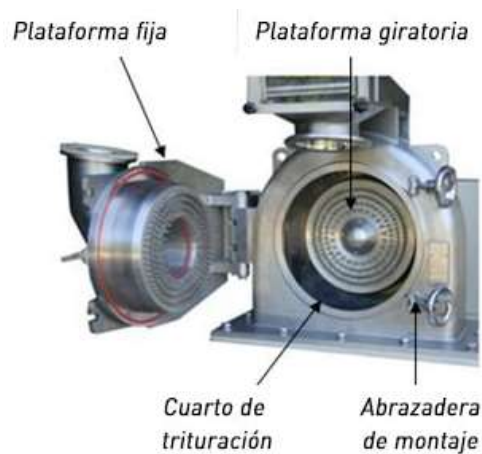


Figura 7. Partes principales de un molino de pinos.[10]

Aplicaciones, ventajas y desventajas entre los distintos tipos de molinos

Cada molino tiene un principio de funcionamiento distinto, por lo que según cada caso presenta una distinta aplicación, en la siguiente tabla se presenta un análisis comparativo de los distintos tipos de molinos.

Tabla 2. Comparación de molinos.

Tipo de molino		
Molino de martillo	Ventaja	Ligero y fácil de trasladar Silencioso Gran capacidad Fácil mantenimiento e instalación. Alta producción Obtención de partículas uniformes
	Desventaja	Trituran y pulveriza partículas no muy abrasivas y duras No recomendado para elevadas temperaturas Vibraciones elevadas, si no está correctamente instalado No útil para material húmedo
	Aplicación	Industria metalúrgica, reciclaje, agroindustria.
	Tamaño de grano	Intermedio Fino
Molino de discos de frotamiento	Ventaja	Facilidad de separación Alto grado de trituración. Procesamiento rápido Eficiente Se pueden intercambiar discos de trituración Útil para materiales grasos.
	Desventaja	Baja capacidad Poco espacio Partículas no homogéneas Contaminación del producto
	Aplicación	Minera, metalúrgica, siderúrgica, cementera, agroindustria y laboratorios.
	Tamaño de grano	Intermedio Fino
Molino de rodillos	Ventaja	Las partículas son más uniformes a comparación que los obtenidos por uno de martillos Se puede controlar el tamaño de la partícula deseada Usa la mitad de energía a comparación de uno de martillos. Útil para moler materiales secos, blandos y semiduros
	Desventaja	No es útil para la molienda fina El gasto energético es considerable No es útil para moler materiales duros
	Aplicación	Minera, metalúrgica, agroindustrial
	Tamaño de grano	Gruesa Intermedio
Molino de bolas	Ventaja	Produce un polvo muy fino Útil para moler materiales abrasivos
	Desventaja	Existe contaminación del producto

		Difícil de limpiar
	Aplicación	Industria Minera, metalúrgica, siderúrgica y cementera.(Molienda fina)
	Tamaño de grano	Intermedio Fino
Molino de barras	Ventaja	Se obtienen partículas muy finas Útil para material húmedo y pegajoso
	Desventaja	Ruidoso si cámara es de metal.
	Aplicación	Industria minera, metalúrgica y siderúrgica. (molienda gruesa)
	Tamaño de grano	Intermedio Fino
Molino de pines	Ventaja	Obtener partículas molidas pequeñas con un consumo de energía razonable Ocupa poco espacio
	Desventaja	Desgaste por fricción de los pines Generalmente tiene poca capacidad por su tamaño Generación de calor por fricción sobre el material
	Aplicación	Útil para moler granos secos y húmedos.
	Tamaño de grano	El tamaño de la partícula va desde fino a ultra fino.

Consideraciones básicas para el diseño de un molino.

Los molinos en la actualidad son de distinta variedad, todo esto en función del tipo de trabajo a realizar, por lo que es útil conocer las características más comunes en este tipo de máquinas, en [11], [12] se presentan las consideraciones más usuales, entre las cuales están:

- Determinar el tipo, dureza y especificaciones del tipo material al cual se le realizara la reducción del tamaño.
- Delimitar el tamaño del material de alimentación.
- La máquina debe presentar facilidad de limpieza.
- Separar las partículas magnéticas generadas por la acción de impacto, fricción o corte realizado por el sistema de molienda en aplicaciones alimenticias.
- Brindar seguridad al futuro usuario ante posibles accidentes.
- Si el material a moler a es explosivo o toxico se deberá implementar diseños especiales que eliminen o disminuyan este parámetro de riesgo.

- La máquina debe permitir el control de velocidad del rotor con el objetivo de obtener el tamaño de partícula deseado.
- Se debe emplear un sistema de enfriamiento en sistemas grandes de molienda o en sistemas de trabajo continuo todo esto debido a que la acción de molienda y trituración elevan las temperaturas en la cámara de fragmentación del material.

Benchmarking

En el mercado nacional hay muy pocas o escasas máquinas de este tipo, en su mayoría se venden máquinas importadas de otros países, por lo que el estudio mostrado en la tabla 3, se basan en molinos de pines encontrados fuera del país. [13], [14], [15], [16], [17]

Tabla 3. Benchmarking de molinos de pines de baja potencia.

Parámetro	Molino 1	Molino 2	Molino 3	Molino 4	Molino 5
Empresa	Chenwei Machinery	Henan ZGCM	Mill POWDER TECH	S. Shin Co	BOLIMILL
Modelo	CWUP 20	ZG10	PM-1	SM-2	JB-20
Potencia (Hp)	5	4	2	2	5
Velocidad (rpm)	4500	6000	3500	4000	4650
Dimensiones LxBxH (mm)	No especifica	550x400x850	1100X600X1500	No especifica	650x820x1500
Capacidad (Kg/h)	20-150	10-50	20-50	10-50	20-150
Ø disco de pines (mm)	No especifica	No especifica	No especifica	No especifica	No especifica
Tamaño de partícula	12-120	2-120	20-150	60-250	12-120

Leyes de la molienda

Para el cálculo de la energía necesaria para reducción del tamaño de los alimentos sólidos se utiliza una de las tres siguientes ecuaciones [18].

Ley de Kick

Esta ley establece que la energía requerida para la reducción del tamaño de los sólidos es proporcional a la relación entre el tamaño inicial (diámetro del sólido) y el tamaño final del

material a moler. Esta ley es útil para obtener partículas de tamaño grande, es decir $d_2 > 10\text{cm}$, también se pueden obtener partículas de tamaño entre 3 a 15 cm [18].

$$E = K_K * L_n \left(\frac{d_1}{d_2} \right) (1)$$

Ecuación 1. Ley de Kick

donde:

E es la energía requerida por masa de alimento (J)

K_k es la constante de Kick

d_1 es el tamaño inicial promedio del material a moler (m)

d_2 es el tamaño promedio de las partículas molidas (m)

d_1/d_2 es la relación de reducción de tamaño (size reduction ratio RR), relación que permite evaluar el rendimiento relativo de diferentes tipos de equipos. Por ejemplo, se dice que la molienda es gruesa si d_1/d_2 tiene la proporción de 8:1 y se dice que es molienda fina si d_1/d_2 tiene una proporción que excede 100: 1.

Ley de Rittinger

En la ley de Rittinger la energía requerida para la reducción del tamaño es directamente proporcional al cambio en el área de superficie de los trozos del material molido. Esta ley es útil para obtener partículas muy finas $d_2 < 0.01\text{mm}$, esta ley también sirve para obtener partículas de 0.1mm a 0.3 mm [19].

$$E = K_R \left(\frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_1} \right) (2)$$

Ecuación 2. Ley de Rittinger

Donde:

E es la energía requerida por masa de alimento (J)

K_R es la constante de Rittinger's, la cual está relacionada con el tipo de molino.

d_1 es el tamaño inicial promedio del material a moler (m)

d_2 es el tamaño promedio de las partículas molidas (m)

Ley de Bond

Esta ley permite calcular la energía requerida la cual es directamente proporcional a la longitud de fisura producida por la ruptura de las partículas, esta ley es apta para obtener partículas de tamaño medio, es decir $d_2 > 0,01$ mm y $d_1 < 10$ cm, también es apta para obtener un d_2 de 0.4 a 3 cm, si no se respeta estos límites la maquina puede sobrecalentarse y quemar el motor [20].

$$\frac{E}{W} = \sqrt{\left(\frac{100}{d_2}\right)} - \sqrt{\left(\frac{100}{d_1}\right)} \quad (3)$$

Ecuación 3. Ley de Bond

Donde:

W es el índice de trabajo (J/Kg)

d_1 es el diámetro de la abertura del tamiz que permite que pase el 80% de la masa del alimento (m).

d_2 es el diámetro de la abertura del tamiz que permite que pase el 80% de la masa del material molido (m).

Aplicación de leyes de molienda en la realidad

En [18], se ha encontrado que la ley de Kick da resultados buenos para el molido grueso puesto que hay un aumento relativamente pequeño en el área de superficie por unidad de masa, mientras que en la ley de Rittinger es apta para el molido fino donde hay un aumento mucho mayor en el área de la superficie y la ley de Bond es intermedia entre estos dos. Sin embargo, algo que cabe mencionar es que las ecuaciones (2) y (3) se desarrollaron en base del estudio de materiales duros (carbón y piedra caliza), por lo que es probable que existan desviaciones en los resultados obtenidos de muchos alimentos.

Motor eléctrico

Un motor eléctrico es máquina que transforma la energía eléctrica en energía mecánica de rotación, proporcionando así la fuerza motriz la cual es usada en muchas industrias [21].

Clasificación de los motores

En la actualidad existe una amplia gama de motores usando en la industria, en la figura 8 se tiene una clasificación en función del tipo de corriente que usa para su funcionamiento.

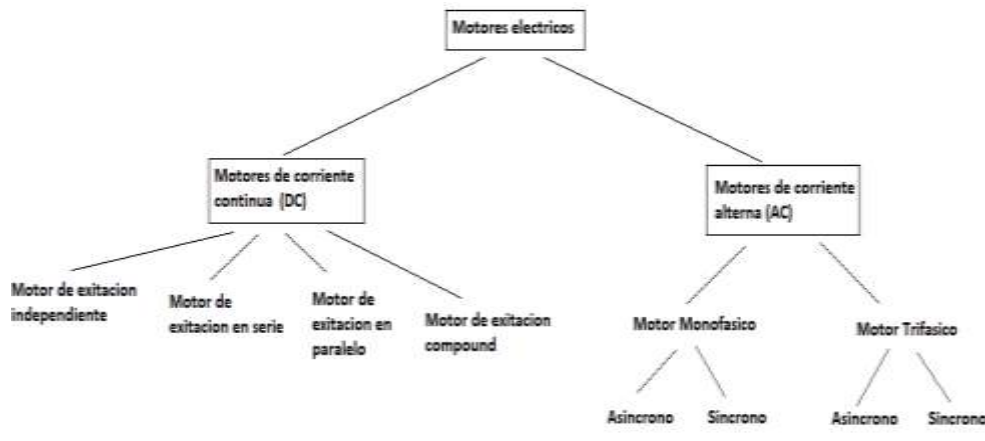


Figura 8. Clasificación de los motores según el tipo de corriente.[22]

Aplicaciones y características de los motores

En el mercado actual existe una amplia variedad de motores, por lo que conocer y comparar el uso que tiene cada uno de estos motores permitirá conocer su adecuado campo de aplicación, en la figura 9 se puede observar un descripción breve y detallada de varios tipos de motores.

Tipo de Motor	Caja de Ardilla Asíncrona	Anillo Colector Asíncrono	Rotor Bobinado Síncronico	Raro Rotor de Tierra	Motor Paso a Paso	Corriente Directa
	Trifásico	Monofásico				
Costo del Motor	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alto	Bajo
Motor Sellado	Estándar	Posible	Optativo, Costoso	Optativo, Costoso	Estándar	Estándar
Arrancando Directamente en Línea	Fácil	Fácil	Dispositivo de Arranque Especial	Imposible luego de algunos pocos KW	No diseñado para esto	No diseñado para esto
Control de Velocidad	Fácil	Muy Inusual	Posible	Frecuente	Siempre	Siempre
Costo de Solución de Control de Velocidad	Cada vez más Costo-Efectivo (Económico)	Muy Costo-Efectivo (Económico)	Costo-Efectivo (Económico)	Costo-Efectivo (Económico)	Bastante Costo-Efectivo	Muy Costo-Efectivo (Económico)
Desperpeño del Control de Velocidad	Alta a Muy Alta	Muy Baja	Promedio	Alta a Muy Alta	Muy Alta	Alta
Modo	Velocidad Constante o Variable	Mayormente Constante	Velocidad Constante o Variable	Velocidad Variable o Constante	Velocidad Variable	Velocidad Variable
Uso Industrial	Universal	Para Bajas Potencias	Decayendo	Altas Potencias a Voltajes Medios	Herramientas de Máquina Altamente Dinámicas	Posicionamiento de Lazo Abierto para bajas potencias

Figura 9. Comparación entre motores.[23]

Diretrizes generales para la selección de un motor

La selección de un motor es un paso importante debido a que es el corazón para el funcionamiento de una máquina, en este caso un molino de pines, por lo que se recomienda tener los siguientes aspectos en cuenta [24].

- Seleccionar la potencia específica adecuada, pues indican la potencia mecánica disponible en la punta del eje.

- El tipo de arranque a utilizar.
- Eficiencia del motor.
- El número de revoluciones
- El deslizamiento, ya que informa la diferencia entre la rotación sincrónica y la rotación efectiva en la punta del eje del motor.
- Ambiente de operación con temperaturas no superior los 40 grados centígrados y alturas menores o iguales de 1000 msnm.
- Condiciones de trabajo fuertes como un ambiente contaminado, lugar con productos inflamables, húmedo, lugar cerrado, etc. Por lo cual se debe tener en cuenta que el motor tenga un correcto grado de protección IP acorde al trabajo a desarrollar.
- La red de alimentación eléctrica disponible.

Placa de identificación de un motor eléctrico

La placa de identificación contiene información importante acerca de las características de un motor, con lo que mediante ella se puede evaluar si el motor es apto o no para cierta aplicación. En la figura 10 se tiene una placa de identificación de un motor WEG de 50 HP, mientras que en la figura 11 se tiene la descripción de las numeraciones ubicadas en la placa de identificación del motor [25].

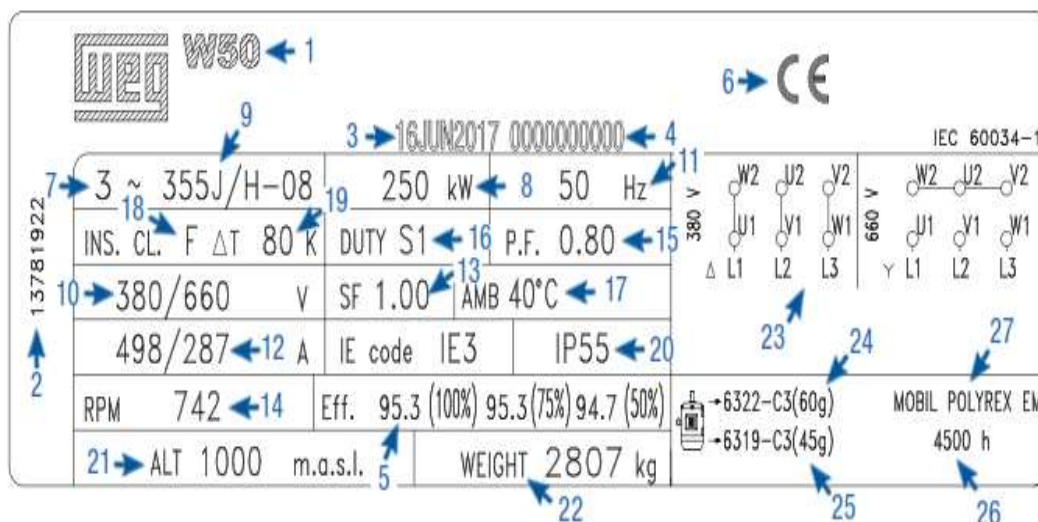


Figura 10. Placa de un motor eléctrico WEG 50 hp. [25]

1	Línea del Motor	14	Rotación
2	Código del motor	15	Factor de potencia
3	Fecha de fabricación	16	Régimen de servicio
4	Número de serie	17	Temperatura ambiente
5	Eficiencia	18	Clase de aislamiento
6	Certificaciones	19	Elevación de temperatura del motor
7	Número de fases	20	Grado de protección
8	Potencia	21	Altitud
9	Modelo de la carcasa	22	Masa
10	Tensión nominal	23	Esquema de conexión
11	Frecuencia	24	Rodamiento delantero y cantidad de grasa
12	Corriente nominal	25	Rodamiento trasero y cantidad de grasa
13	Factor de servicio	26	Tiempo de relubricación del motor (en horas)
		27	Tipo de grasa utilizada en los rodamientos

Figura 11. Descripción de la placa de un motor de 50 hp.[25]

Sistemas de transmisión de potencia

Los sistemas de transmisión de potencia generalmente reciben la potencia de un motor eléctrico o un motor combustión interna, donde este sistema tiene como objetivo principal es transportar el torque y velocidad de rotación al eje de salida (eje conducido), donde existe una relación inversamente proporcional entre el torque y las rpm, es decir cuando la velocidad de salida en el eje conducido disminuye aumenta el torque en este eje, mientras que cuando la velocidad de salida en eje conducido aumenta el torque disminuye, esto depende de la aplicación que se necesite.[26]

Entre los principales mecanismos de transmisión más conocidos están: los acoples, los engranes, las cadenas y bandas de trasmisión.



Figura 12. Sistemas de transmisión de potencia.[27]

Acoples mecánicos

Los acoples cumplen una función muy importante en el diseño de sistemas de transmisión para maquinarias, ya que permiten conectar tramos de ejes entre sí, generalmente estos

ejes a acoplarse fueron manufacturados por separado. Existen distintos tipos de acoplamientos los cuales dependen de las solicitaciones mecánicas y requerimientos, en la actualidad hay tres tipos de acoplamientos los cuales son: acoplamientos rígidos, acoplamientos flexibles y acoplamientos especiales. [28]

Tabla 4. Ventajas y desventajas de acoples.

Ventajas	Desventajas
Unión de ejes es apretada, evitando el movimiento relativo entre ejes Facilidad en el montaje y desmontaje Toleran cierto rango de desalineaciones Transmiten altos pares con facilidad Acoplan ejes de diferentes diámetros	Se debe usar variador de velocidad cuando se desea cambiar el número de revoluciones, para así tener el control del motor

Cadenas de transmisión

Este mecanismo de transmisión es una mejor elección para transmitir elevados pares junto con velocidades de giro medias y bajas, caracterizándolas como transmisiones para trabajos netamente robustos, permitiéndoles trabajar en ambientes adversos y con elevadas temperaturas. El movimiento se da gracias al empuje dado por la rueda dentada conductora a través de los eslabones de la cadena y los dientes de la misma hacia la rueda conducida.

Entre los componentes principales que conforman un sistema de transmisión por cadenas esta: Dos ruedas dentadas (conductora y conducida), cadena de transmisión y un piñón tensor (en ocasiones especiales si se quiere mantener la tensión en la cadena). Se utiliza cuando las distancias entre centros de ejes (conductor – conducido) es corta y ambos ejes son paralelos. [28]

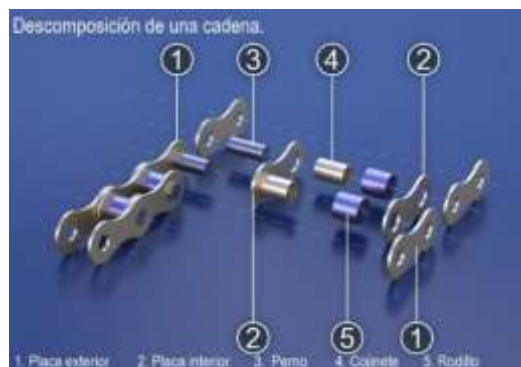


Figura 13. Partes de una cadena.[29]

Tabla 5. Ventajas y desventajas de cadenas

Ventajas	Desventajas
No existe deslizamiento (eficiencia de transmisión superior al 98%) No requiere una tensión inicial Tiempo de vida superior a correas Útiles para ser usadas en ejes que tiene menores distancias Fácil arreglo (reparación de eslabones dañados) Trabajan en ambientes difíciles de trabajo Transmisión de par a varios ejes o arboles por medio de una misma cadena. Relación de transmisión constante La velocidad angular permanece constante Son más eficientes que las correas Funcionan bajo condiciones de humedad Aplican una carga menor en el eje a comparación de transmisiones por correa	Las ruedas dentadas deben estar en el mismo plano, correctamente alineados y sus ejes deben ser paralelos Los ejes deben ser horizontales (Evitando apoyos laterales) Mayor costo a comparación de bandas Mantenimiento y lubricación continua Si existe una distancia considerable entre ejes, se debe utilizar un piñón tensor. Se requiere que el montaje sea preciso (evitando falla prematura por fatiga) Ruidosos Generan vibraciones

Aplicación

Comúnmente son utilizados en bicicletas, motos, motores de automóviles, motosierras, montacargas y otras máquinas



Figura 14. Ejemplos de uso de cadenas de transmisión.[30]

Bandas o correas de transmisión

Una banda o correa es un elemento de transmisión de potencia la cual es flexible, este elemento sirve de conexión entre dos ejes que tienen acoplados en sus extremos poleas, donde la correa reposa entre las canaletas de las poleas, permitiendo así transmitir altas velocidades y un bajo par generalmente [26].

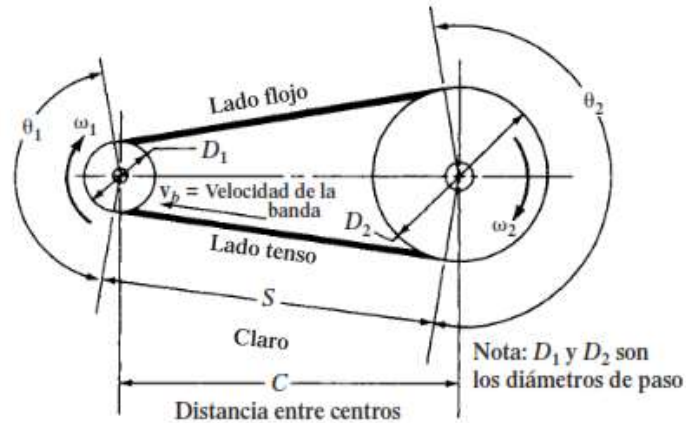


Figura 15. Sistema de banda.[26]

En la actualidad existen distintos tipos de bandas disponibles, las cuales tienen distintas características y aplicaciones específicas, tal cual como se muestra en la Figura 16 y Tabla 6.

- Tipos de bandas**
- a) Planas
 - b) Trapezoidales
 - c) Múltiples en "V"
 - d) Dentadas

Figura 16. Tipos de bandas

Tabla 6. Comparación de tipos de bandas

Tipo de banda	Características
Bandas planas	<p>La superficie de esta banda es plana y lisa.</p> <p>Muy poco usual en la actualidad, se la usa en transmisiones que requieren transmitir pequeños pares y la velocidad lineal no pasa sobre los 5 m/s.</p> <p>Utilizadas cuando la distancia entre ejes es elevada.</p> <p>Este tipo de bandas se divide en dos grupos, los cuales son: las correas continuas y las correas abiertas (se utilizan grapas o pegamento industrial para poder completar el montaje).</p> <p>La fuerza impulsadora se limita a la fricción entre la banda y la polea.</p> <p>Es comúnmente utilizada en maquinaria delicada ya que si el par torsional se eleva la banda tiende a deslizarse y evita así daños a la máquina.</p> <p>Empleadas en cintas transportadoras, norias, etc.</p>
Bandas trapezoidales o de sección en V	<p>La forma de la sección transversal de estas correas tiene la forma de un trapecio regular y las dimensiones de estas correas están normalizadas.</p> <p>La forma de esta banda le permite agarrarse firmemente a la acanaladura de la polea, incrementando la fricción e incrementando la transmisión de elevados pares torsionales sin que existan deslizamiento.</p> <p>Transmiten pares más grandes y la velocidad lineal puede alcanzar hasta los 30m/s.</p> <p>comúnmente utilizada en transmisiones industriales e industria automotriz.</p> <p>Esta banda no producirá deslizamiento, siempre y cuando la base de la banda no tener contacto con la polea acanalada.</p> <p>Más eficiente que transmisión por cadenas, pero menor bandas síncronas</p>

	<p>Útil para trabajos severos (involucran cargas de impacto y cargas de arranque altas).</p> <p>velocidades de 500 rpm o más.</p> <p>relaciones de transmisión de hasta 6:1.</p> <p>temperatura de trabajo de -40 a 130 grados Fahrenheit.</p> <p>Ante sobrecargas estas bandas resbalan, protegiendo así a los equipos costosos.</p> <p>Vida útil varía entre 20000 – 25000 horas.</p> <p>Económicos de adquirir, instalar, reemplazar y mantener.</p> <p>Retensado periódico, caso contrario la eficiencia se reduce hasta un 10%.</p>
Bandas múltiples en V	<p>El tipo de banda es la unión de varias correas trapezoidales, las cuales se encuentran formando un solo cuerpo, es útil para transmitir elevados torques.</p>
Bandas dentadas o sincronas	<p>Útiles para transmitir pares de alta potencia con velocidades altas y bajas</p> <p>La relación de trasmisión es constante</p> <p>Esta banda es la única e puede transmitir un movimiento de manera sincronizada, todo esto es gracias a las secciones dentadas en la cara interna de la banca, las cuales se acoplan a las secciones dentadas de las poleas.</p> <p>Más útil, eficiente y económica frente a transmisiones sincronizadas de engrane – engrane o engranes – cadenas.</p> <p>Más costosos a comparación de bandas en V o cadenas de rodillos estándar.</p> <p>No tiene costos de mantenimiento asociados comparados con la cadena de rodillo.</p> <p>No requiere lubricación</p> <p>No necesita de un retensado durante su uso.</p> <p>Duración de 3 a 1 a comparación de cadena de rodillos simple y las ruedas dentadas duran más a comparación de ruedas dentadas en cadena de rodillos con una relación de 10:1.</p> <p>Nota: para usar estas correas se debe utilizar poleas pequeñas.</p>

Normas de seguridad para dispositivos contra accidentes

El desarrollo de máquinas es tan amplio en la actualidad, por lo que existe una variada cantidad de normas, las cuales son útiles para establecer parámetros básicos para el diseño de dispositivos de protección y prevención de accidentes, cabe mencionar que existen muchas normas y que la figura 17 solo muestra algunas de ellas.



Figura 17. Normas de seguridad.[31]

Dispositivos de seguridad

Las guardas son dispositivos de seguridad y protección, el cual cumple la función de prevenir que una persona común u operario introduzca partes de su cuerpo a la zona de riesgo durante la operación de la máquina, evitando así lesiones leves, graves e incluso la muerte. Estos dispositivos son muy utilizados en máquinas que tienen sistemas de transmisión de potencia, velocidad, corte, taladrado, doblado, alimentación y sistemas auxiliares fijos – móviles.[32]

En la actualidad aún existen ejemplos de mecanismos y maquinarias que funcionan sin ningún tipo de protección, lo cual generalmente se debe a un pobre diseño, existen varios ejemplos, como el presentado en la figura 18.



Figura 18. Ejemplos de mecanismos sin seguridad.[33]

Los mecanismos en movimiento deben ubicarse dentro de la estructura de la máquina, equipo o sistema, caso contrario se recomienda cambiar el diseño y eliminarse el peligro, pero existen ocasiones en las que no es posible por lo que se debe optar por seguir otras recomendaciones adicionales. En base a la norma mostrada en [34], se muestran varias recomendaciones a tomar en cuenta para el diseño de elementos de protección en sistemas de transmisión de potencia, entre las cuales están:

Guardas como dispositivos de seguridad

- Deben evitar la entrada de manos, dedos por encima, por debajo y alrededores de este dispositivo, además esta protección deberá evitar lesiones por rotura de cualquiera de las partes o componentes de la guarda.
- El dispositivo no debe crear algún movimiento adicional entre la protección y partes móviles, es decir la protección no debe crear un riesgo adicional para un accidente.

- Utilizar sujetadores especiales que no permitan ser removidos fácilmente por una persona común, esta solo puede ser removida una persona autorizada y una herramienta manual, además esta acción no deberá poner en peligro al técnico
- Si se requiere aberturas para lubricación este no deberá promover algún peligro adicional para dicha operación.

Distancia segura

- Se considera una distancia vertical segura, si el sistema de transmisión está por encima de 2440 mm (2.44m), caso contrario debe obligatoriamente utilizar algún dispositivo de protección
- En la distancia horizontal se debe impedir el contacto con algún elemento de transmisión, los ejes no deben sobresalir a más de la mitad del diámetro del eje a menos que estén protegidos por tapas de seguridad.

Ubicación segura

- Colocar a la maquina en una bóveda, un área rodeada por una pared, una cerca o una malla la cual estará controlada por una cerradura, cabe mencionar que las estaciones no son lugares de trabajo
- Secciones o aberturas que eviten el contacto accidental con partes del mecanismo de transmisión
- Una ubicación en una plataforma elevada evitando el contacto accidental

Etiquetas y señales de seguridad

- Para la señalización de etiquetas de seguridad en equipos de transmisión de potencia se deberá utilizar las normas acordes a la necesidad.

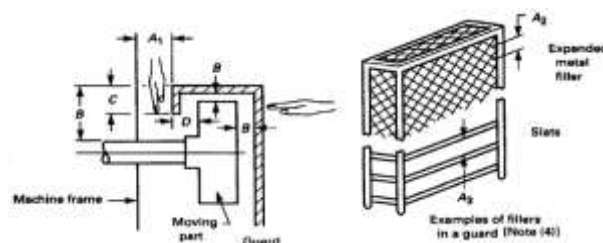


Figura 19. Consideraciones para guardas de seguridad. [34]

En [34], toda guarda debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones dimensionales para el diseño de este dispositivo, tal como se muestra en la figura 19, donde A1, A2 o A3

no debe tener una abertura superior a 132 mm, además para el caso que B, C y D tengan dimensiones inferiores a 13 mm no se permite una abertura para A1, A2 y A2. Para la rejilla del guarda se puede usar una un mallado vertical, horizontal o angular.

2 METODOLOGÍA

La presente sección tiene como objetivo mostrar el proceso para el diseño y selección de los elementos principales que conforman el sistema de transmisión de potencia, motor, guardas y estructura del molino de pines, para lo cual mediante la aplicación de la casa de la calidad se obtendrán las especificaciones técnicas de esta máquina, luego se procederá a realizar el análisis de la estructura funcional y modular, todo esto con el objetivo de identificar las funciones y sub funciones principales que permitan cumplir con la función de molienda en esta máquina.

Una vez identificadas las funciones principales a desempeñarse por el molino, se procede a establecer los módulos principales, las funciones y sub funciones que cumplen cada módulo que conformaran la máquina, después se procederá a identificar las ventajas y desventajas de cada módulo, para luego proceder a realizar la selección de la mejor alternativa de solución todo esto a través de un análisis de criterios ponderados, con lo que finalmente se obtendrá el molino de pines que cumplirá de la mejor manera las necesidades y requerimientos demandado por la voz del usuario. Posteriormente se procede a realizar la morfológica la cual mostrara los módulos seleccionados que conformara al molino de pines del presente trabajo de integración curricular.

Una vez obtenida la solución, se procederá a realizar el diseño de esta máquina, iniciando por la etapa de cálculos y selección de los elementos asignados, este proceso será una base importante para el desarrollo del modelado de los componentes en 3D, el cual luego será utilizado para el desarrollo de los planos de conjunto, subconjunto y taller. Para luego finalmente pasar al ensamble de los todos los componentes, obteniéndose así el modelo final 3D del molino de pines.

En el siguiente diagrama de flujo se puede observar de mejor manera la metodología a aplicarse, observar Figura 20.

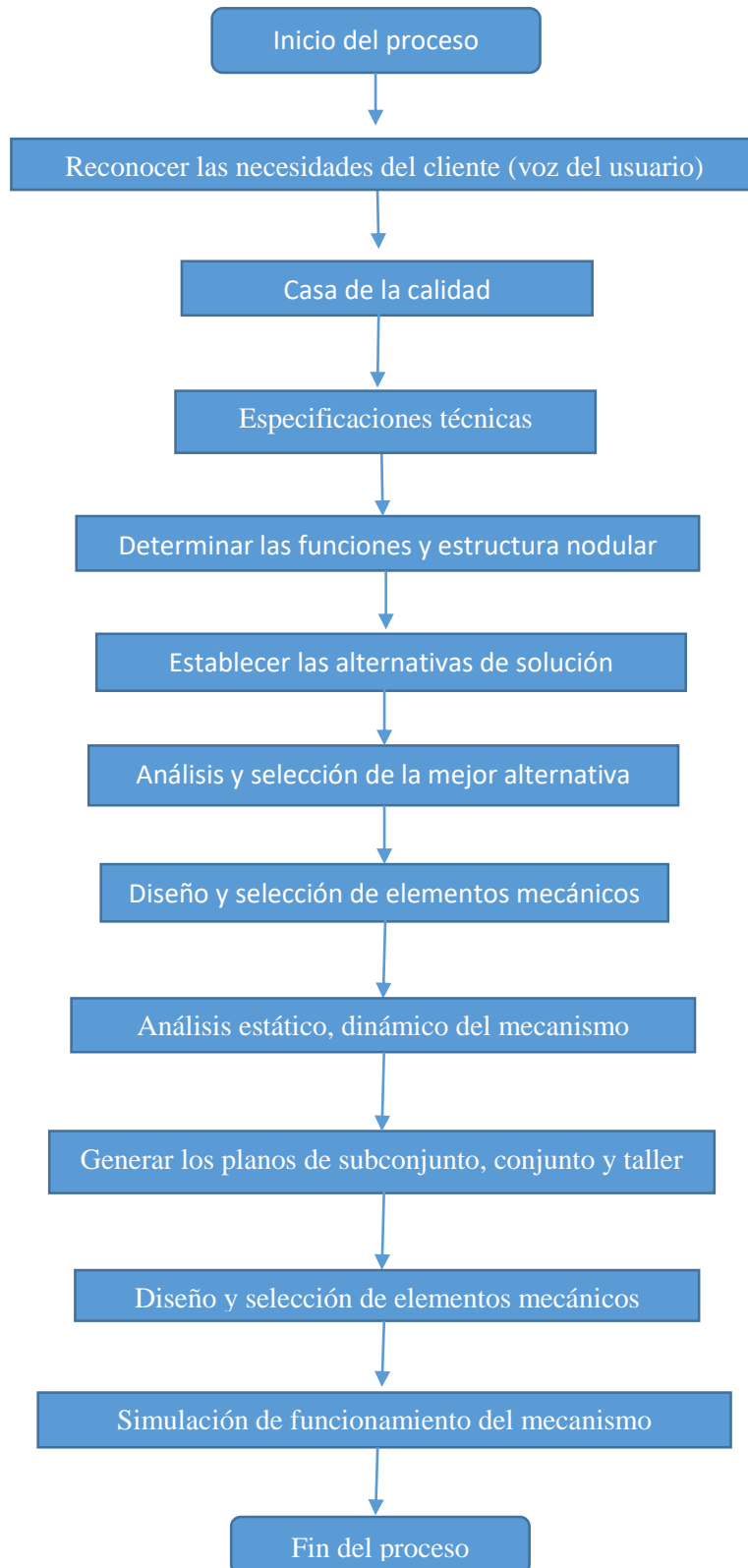


Figura 20. Metodología

2.1 Determinación de las especificaciones técnicas

Consideraciones generales

El diseño del presente proyecto tiene como objetivo principal cumplir con las necesidades básicas que debería tener un molino y también por las necesidades planteadas por un propietario de molinos.

Voz del usuario

Para el desarrollo de esta sección, se realizó una pequeña entrevista con un propietario de molinos, el cual supo manifestar las siguientes necesidades:

- Ocupe el menor espacio posible
- No debe ser ruidoso
- Que no genere mucho polvo
- El costo del molino debe ser económico
- Que sea seguro
- Muela la mayor cantidad de material

Voz del ingeniero

Una vez obtenida las necesidades del cliente, se procedió a transformarlos a variables técnicas que me permitan controlar las necesidades, obteniéndose las siguientes variables:

- Dimensiones
- Potencia y bajo ruido
- Hermético
- Material de construcción adecuados
- Seguridad al operador
- Diseño robusto y buena eficiencia de molienda

Desarrollo de la casa de la calidad

Una vez obtenida la voz del usuario y la voz del ingeniero, se estableció una ponderación relativa del grado de importancia para las condiciones mencionadas por la voz del cliente,

luego se procedió a establecer la relación existente entre la voz del cliente – voz del ingeniero , después se procedió a trabajar en el techo de la casa de la calidad con el objetivo de definir si entre voces del ingeniero existe una relación proporcional o inversa, para luego pasar al establecer los valores target del molino de pines, para después fijar el grado de importancia de los atributos, para finalmente obtener las especificaciones técnicas del molino de pines. El desarrollo de la casa de la calidad obtenida se encuentra al ANEXO I.

Conclusiones de la casa de la calidad

Una vez obtenida la casa de la calidad, se obtuvieron los siguientes parámetros principales a tomar en cuenta para el desarrollo del molino de pines.

- Una velocidad entre 3000 rpm a 4000 rpm
- Una potencia de 2 hp a 4 hp
- Capacidad de molienda de al menos 50 Kg/h
- Dureza de hasta 4 en la escala de Mohs
- Acero inoxidable AISI 304

2.2 Especificaciones técnicas

Para el desarrollo del molino de pines se debe cumplir con los siguientes parámetros, puesto que permitirán cumplir de la mejor manera la función principal de la máquina, esta se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Especificaciones técnicas

Empresa/ cliente: EPN		Producto: Diseño de un molino de pines		Fecha inicial: 07-12-2021 Última revisión: 10-12-2021
Diseñadores: Edwin Amaguaña Inti Casco				Página: 1/1
Especificaciones				
Concepto	Fecha	Propone	R/D	Descripción

Dimensiones	07-12-2021	I	R	Las dimensiones standard para esta capacidad de maquina son de: 500x560x1300 [mm] Altura de la salida del producto como mínimo 450 [mm]
Potencia	07-12-2021	I	R	Potencia mínima requerida: 2 [HP]
Material	07-12-2021	I + C	R	Acero de inoxidable de grado alimenticio tipo 304
Regulación de velocidad	07-12-2021	I	R	Velocidad de molienda en un rango de 3000 a 4000 [rpm]
Capacidad de molienda	07-12-2021	I + C	R	Molienda de 20 a 60 [Kg/h]
Dureza del cereal	07-12-2021	I	D	Una dureza de entre 3 a 4 en la escala de Mohs
<p>Propone: D=Diseño, I=Ingeniería, C=Cliente</p> <p>R/D: R=Requerimientos, D=Deseo</p>				

2.3 Análisis y selección de alternativas

Estructura funcional y modular de un molino de pines

La presente sección permitirá reconocer las funciones principales y sub funciones involucradas en el funcionamiento de un molino de pines, para lo cual se establecerá un orden lógico y los módulos involucrados, todo esto con el objetivo de buscar soluciones para cada módulo. El presente desarrollo del diagrama funcional para el molino de pines ha llegado hasta un nivel 2.

En el nivel 0 para el molino de pines, se tiene solo la función global la cual se enfoca en establecer cuál es la función principal que debe cumplir la máquina, la cual es la molienda de materiales, donde se tiene como variables de energía de entrada a la energía eléctrica y mecánica, mientras que como material de entrada se tiene al cereal el cual será procesado, otra señal de entrada que se tiene es la señal del operador. Mientras que a la salida de la función global se tiene el material molido. En este nivel no se tiene muy claro

cuáles son las sub funciones y relaciones adicionales necesarias para que el molino de pines funciones correctamente.

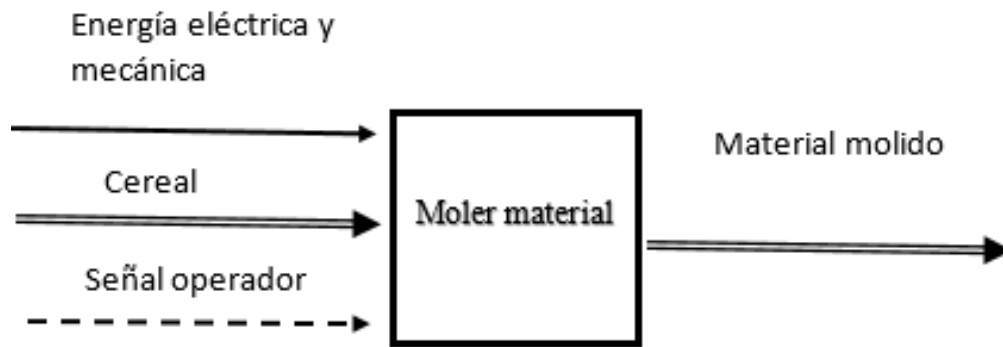


Figura 21. Estructura funciona y modular nivel 0

Nivel 1, en este nivel ya se puede observar que existen 4 módulos definidos para la admisión, molienda, tamizado y extracción del material, además de distintas sub funciones de cada módulo junto con sus respectivas relaciones de flujos, las cuales permitirán cumplir la función principal del molino.

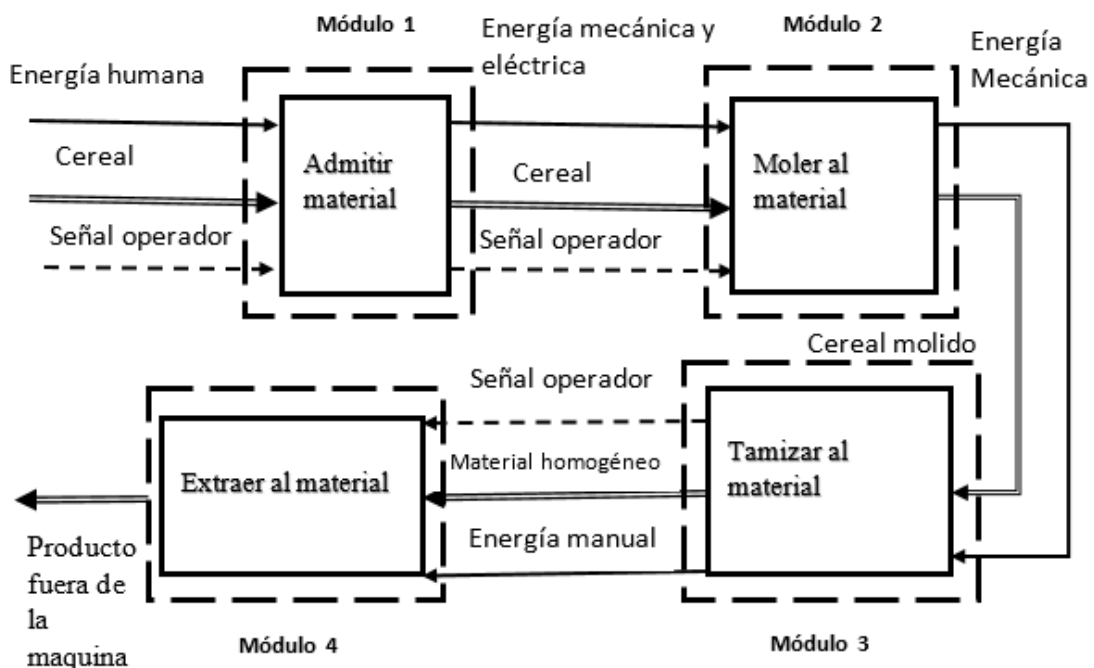


Figura 22. Estructura funciona y modular nivel 1

Nivel 2, en este nivel ya se tienen módulos definidos junto con sus respetiva sub funciones y relaciones de flujos correspondientes, cabe recalcar que hasta nivel ya se tiene un

esquema más desarrollado lo cual permitirá materializar la solución para el diseño del molino de pines.

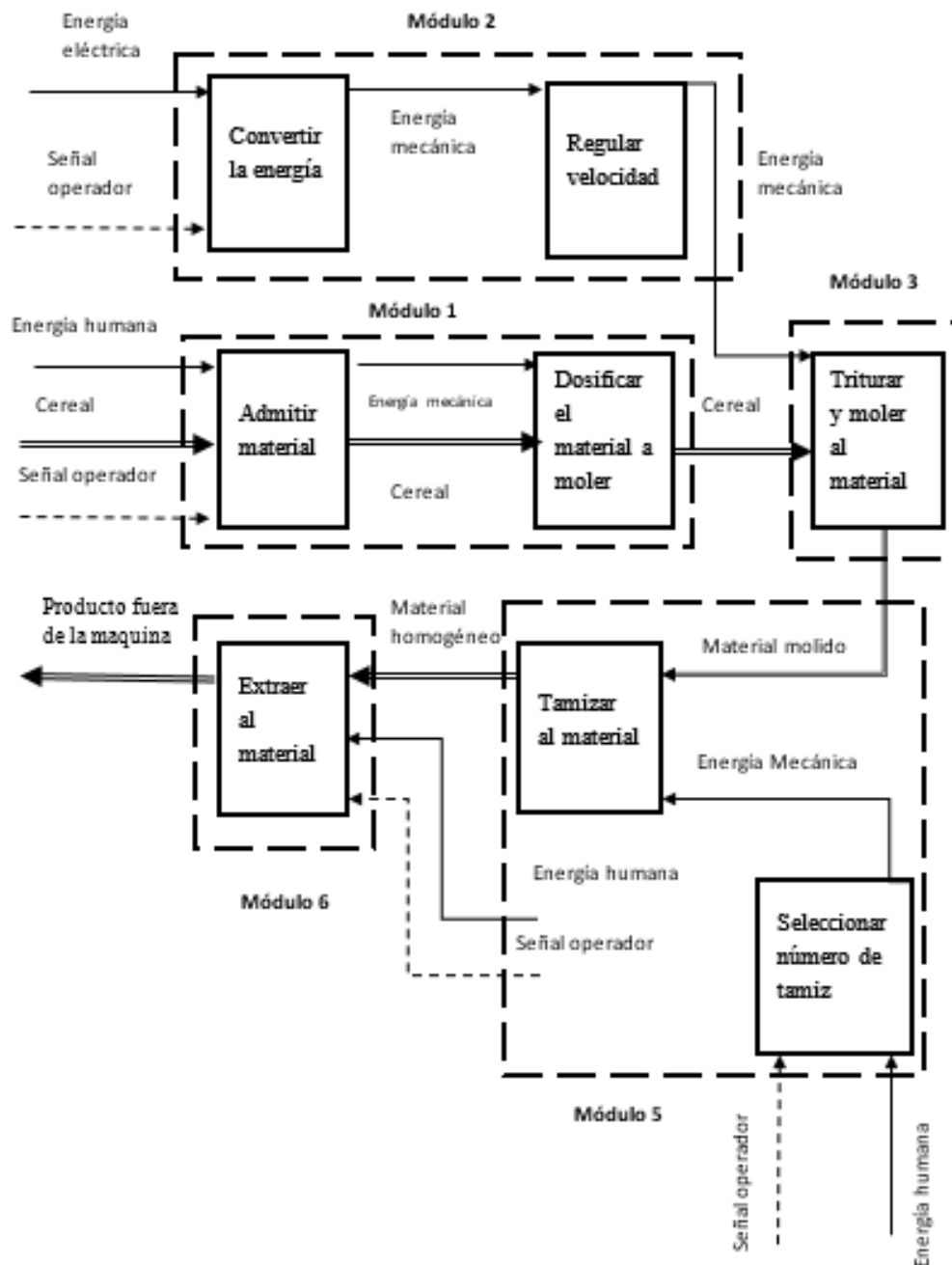


Figura 23. Estructura funcional y modular nivel 2




Alternativas de solución

Para la selección de la mejor alternativa de solución, primero se procede a establecer las ventajas y desventajas que tiene cada posible solución para cada módulo que conforma el molino de pines.

Módulo 1: Sistema de admisión del material

Esta sub función tiene como objetivo mostrar las distintas soluciones disponibles, ventajas y desventajas para alojar al material, el cual luego será molido, tal como se muestra en la tabla 8.


Tabla 8. Soluciones para el módulo 1

Solución 1	Ventaja	Desventaja
Banda transportadora 	Un óptimo acoplamiento Mejor tiempo de descarga Mejor almacenamiento Calidad superficial del grano	Mayor costo de fabricación Menor disponibilidad de espacio físico Mayor consumo de energía eléctrica Costo de accesorios adicionales
Solución 2 Tornillo sin fin 	Transporte de productos de pequeño tamaño Dosificación controlada No genera ruidos Mantenimiento económico	Material tiende a pegarse Bajo rendimiento Necesidad de una alta calibración
Solución 3: Tolva 	Fácil fabricación Buen almacenamiento del grano Menor costo de fabricación Adecuado volumen de trabajo	Puede existir atrapamiento No se puede controlar con exactitud la entrada del grano Puede existir vibraciones Necesidad de calibración alta

Módulo 2: Sistema de transmisión de velocidad y potencia.

Este módulo tiene como objetivo principal llevar la energía producida por un motor al eje del sistema de molienda, para lo que se realiza un análisis de la ventajas y desventajas de cada solución en la tabla 9.

Tabla 9. Soluciones para el módulo 2

Solución 1	Ventaja	Desventaja
<p>Bandas</p> 	<p>Económico a comparación de cadenas.</p> <p>Útil para transmitir altas velocidades</p> <p>No requiere lubricación</p> <p>Fácil instalación</p>	<p>No transmite altos torque generalmente.</p> <p>No soporta altas temperaturas y exposición al sol.</p>
<p>Solución 2</p> <p>Cadena de transmisión</p> 	<p>No hay deslizamiento</p> <p>Resisten altas temperaturas</p>	<p>Más costoso a comparación de correas.</p> <p>Mantenimiento periódico</p>
<p>Solución 3</p> <p>Acople mecánico</p> 	<p>Facilidad en el montaje y desmontaje</p> <p>Toleran cierto rango de desalineaciones</p> <p>Transmiten altos pares con facilidad</p> <p>Acoplan ejes de diferentes diámetros</p>	<p>Se debe usar un variador de frecuencia para el control del motor.</p>

Módulo 3: Sistema de Molienda

Para este sistema existen distintas soluciones de pines disponibles, las cuales tienen como objetivo realizar la operación de molienda al girar el disco rotatorio que los aloja, para lo cual se muestran las ventajas y desventajas que puede presentar cada uno de estos para realizar dicha acción sobre el material, todo esto se muestra en la tabla 10.



Tabla 10. Soluciones para el módulo 3

Solución 1	Ventaja	Desventaja
Pin circular 	Fácil distribución Mayor área de impacto Fácil soldar Fácil fabricación Desventajas	Ninguna
Solución 2	Ventaja	Desventaja
Pin cuadrado 	Ninguna	Abrasión en los vértices Definir orientación de cada pin Complejidad al soldar

Módulo 4: Sistema de Tamizado

El tamizado es otra sub función importante que debe realizar el molino, para lo cual se presentan distintas soluciones para clasificar al material molido según la granulometría deseada, para lo cual se muestran las ventajas y desventajas de cada solución en la tabla 11.

Tabla 11. Soluciones para el módulo 4

Solución 1	Ventaja	Desventaja
Tamiz parcial 	Menor costo de fabricación Diámetro de abertura regulable	Menor área de tamizado Necesidad de calibración
Solución 2	Ventaja	Desventaja
Tamiz total 	Mayor área de tamizado Mayor caudal de salida Mayor flujo mixto (material molido + aire)	Diámetros únicos Mayor costo de fabricación

Módulo 5: Sistema de descarga

Esta sub función tiene como objetivo principal permitir la extracción del material molido, para lo que el análisis de las ventajas y desventajas de cada solución se presenta en la tabla 12.

Tabla 12. Soluciones para módulo 5

Solución 1	Ventaja	Desventaja
Conducto de descarga 	Mayor adaptabilidad Fácil mantenimiento	Salida sin control contaminación del ambiente
Solución 2 Regulador de flujo tipo mariposa 	Control del flujo de salida de material molido	Costo moderado Estancamiento de partícula
Solución 3 	Altura de salida regulable Cantidad de material molido regulable Estético	Necesidad de alta regulación Desgaste de los filetes Mayor costo de implementación Mayor costo de mantenimiento Mayor consumo eléctrico

Evaluación de alternativas de solución

Para la selección de la mejor alternativa de solución para el molino de pines se utilizará varias matrices de criterios ponderados para cada sub función de cada módulo, lo cual permitirá elegir la mejor opción acorde a las necesidades planteadas.

Evaluación y selección del módulo 1

Para la evaluación del sub función 1 se procedió a determinar los criterios más relevantes que me permitan seleccionar la mejor alternativa de solución, para lo cual se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- Ergonómico: Que se adapte de la mejor manera posible para el usuario.
- Capacidad: la tolva permita alojar la cantidad adecuada para la molienda.
- Económico: el costo de la alternativa sea el mejor y con el menor posible.
- Mantenimiento: Fácil de reparar y mantener.

En las siguientes tablas se detalla las ponderaciones y valores obtenidos para cada solución propuesta para este sub función, y además la conclusión de los resultados obtenidos.

Tabla 13. Criterios de evaluación para el módulo 1

Criterios módulo 1						
	Ergonómico	Capacidad	Económico	Mantenimiento	Σ +1	Ponderación
Ergonómico		1	1	1	4	0,4
Capacidad	0		1	1	3	0,3
Económico	0	0		1	2	0,2
Mantenimiento	0	0	0		1	0,1
				Suma	10	1

Ergonómico > Capacidad > Costo > Mantenimiento

Tabla 14. Evaluación de soluciones para el primer criterio del módulo 1

Ergonómico	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Σ +1	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0,5
Alternativa 2	0		0,5	1,5	0,3
Alternativa 3	0	0,5		1,5	0,3
			Suma	6	1

Alternativa 1 > Alternativa 2 = Alternativa 3

Tabla 15. Evaluación de soluciones para el segundo criterio del módulo 1

Capacidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	0	1,5	0,3
Alternativa 2	0,5		0	1,5	0,3
Alternativa 3	1	1		3	0,5
			Suma	6	1

Alternativa 3 > Alternativa 1 = Alternativa 2

Tabla 16. Evaluación de soluciones para el tercer criterio del módulo 1

Económico	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	0,2
Alternativa 2	1		0	2	0,3
Alternativa 3	1	1		3	0,5
			Suma	6	1,00

Alternativa 3 > Alternativa 2 > Alternativa 1

Tabla 17. Evaluación de soluciones para el cuarto criterio del módulo 1

Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	0,2
Alternativa 2	1		0	2	0,3
Alternativa 3	1	1		3	0,5
			Suma	6	1,00

Alternativa 3 > Alternativa 2 > Alternativa 1

Tabla 18. Conclusión de la evaluación para el módulo 1

Conclusiones	Ergonómico	Capacidad	Costo	Mantenimiento	\sum	Prioridad
Alternativa 1	0,2	0,075	0,03333333	0,01666667	0,325	2
Alternativa 2	0,1	0,075	0,06666667	0,03333333	0,275	3
Alternativa 3	0,1	0,15	0,1	0,05	0,4	1

Evaluación y selección del módulo 2

Para la evaluación de esta sub función se procedió a determinar los parámetros más relevantes que me permitan seleccionar la mejor alternativa de solución para la transmisión de potencia y velocidad al eje del molino, para lo cual se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- Económico: El precio de adquisición del elemento sea el menor posible y brinde una buena transmisión.
- Vida Útil: la duración del elemento sea alta.
- Silencioso: genere el menor ruido posible durante el funcionamiento del molino.

En las siguientes tablas se muestran las ponderaciones, valores obtenidos para cada solución propuesta para este sub función, y además la conclusión de los resultados obtenidos.

Tabla 19. Criterios de evaluación para el módulo 2

Criterios módulo 2						
	Económico	Vida útil	Silencioso	Mantenimiento	$\sum +1$	Ponderación
Económico		1	1	1	4	0,4
Vida útil	0		1	1	3	0,3
Silencioso	0	0		1	2	0,2
Mantenimiento	0	0	0		1	0,1
				Suma	10	1

Económico > Vida útil > Silencioso > Mantenimiento

Tabla 20. Evaluación de soluciones para el primer criterio del módulo 2

Económico	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0,5
Alternativa 2	0		0	1	0,2
Alternativa 3	0	1		2	0,3
			Suma	6	1

Alternativa 1 > Alternativa 3 > Alternativa 2

Tabla 21. Evaluación de soluciones para el segundo criterio del módulo 2

Vida útil	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	0,5	2	0,3
Alternativa 2	0,5		0,5	2	0,3
Alternativa 3	0,5	0,5		2	0,3
			Suma	6	1

Alternativa 3 = Alternativa 1 = Alternativa 2

Tabla 22. Evaluación de soluciones para el tercer criterio del módulo 2

Silencioso	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0,5
Alternativa 2	0		0	1	0,2
Alternativa 3	0	1		2	0,3
			Suma	6	1,00

Alternativa 1 > Alternativa 3 > Alternativa 2

Tabla 23. Evaluación de soluciones para el cuarto criterio del módulo 2

Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0,5
Alternativa 2	0		0	1	0,2
Alternativa 3	0	1		2	0,3
			Suma	6	1,00

Alternativa 1 > Alternativa 3 > Alternativa 2

Tabla 24. Conclusión de evaluación para el módulo 2

Conclusiones	Económico	Vida útil	Silencioso	Mantenimiento	\sum	Prioridad
Alternativa 1	0,2	0,1	0,1	0,05	0,45	1
Alternativa 2	0,066666667	0,1	0,033333333	0,016666667	0,216666667	3
Alternativa 3	0,133333333	0,1	0,066666667	0,033333333	0,333333333	2

Evaluación y selección del módulo 3

Para la evaluación del tipo de pin se determinaron los parámetros principales que permitan seleccionar la mejor alternativa de solución que permita moler de mejor manera al material de alimentación por la tolva de entrada, para lo cual se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- Efectividad: tener una capacidad para conseguir el mejor molido del material.
- Fabricación: busca la facilidad para de manufactura de los pines.
- Vida Útil: la duración del elemento sea óptima.

En las siguientes tablas se muestran las ponderaciones, valores obtenidos para cada solución propuesta para este sub función, y además la conclusión de los resultados obtenidos.

Tabla 25. Criterios de evaluación para el módulo 3

Criterios módulo 3					
	Efectividad	Fabricación	Vida útil	$\sum +1$	Ponderación
Efectividad		1	1	3	0,5
Fabricación	0		1	2	0,3
Vida útil	0	0		1	0,2
				6	1

Efectividad > Fabricación > Vida útil

Tabla 26. Evaluación de soluciones para el primer criterio del módulo 3

Efectividad	Alternativa 1	Alternativa 2	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		1	2	0,7
Alternativa 2	0		1	0,3
			3	1

Alternativa 1 > Alternativa 2

Tabla 27. Evaluación de soluciones para el segundo criterio del módulo 3

Fabricación	Alternativa 1	Alternativa 2	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		1	2	0,7
Alternativa 2	0		1	0,3
		Suma	3	1

Alternativa 1 > Alternativa 2

Tabla 28. Evaluación de soluciones para el primer criterio del módulo 3

Vida útil	Alternativa 1	Alternativa 2	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		1	2	0,7
Alternativa 2	0		1	0,3
		Suma	3	1,00

Alternativa 1 > Alternativa 2

Tabla 29. Conclusión de evaluación para del módulo 3

Conclusiones	Efectividad	Fabricación	Vida útil	Σ	Prioridad
Alternativa 1	0,33	0,22	0,11	0,67	1
Alternativa 2	0,17	0,11	0,06	0,33	2

Evaluación y selección del módulo 4

Para la evaluación de esta sub función se plantearon los parámetros principales que permitan cumplir con el tamizado del material molido, para lo cual se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- Capacidad: tener la mejor técnica de separación de granulometría deseada.
- Económico: el costo sea el menor posible
- Mantenimiento: facilidad de reparación y revisión del estado del tamiz.

En las siguientes tablas se muestran las ponderaciones, valores obtenidos para cada solución propuesta para este sub función, y además la conclusión de los resultados obtenidos.

Tabla 30. Evaluación de soluciones para el primer criterio del módulo 4

Criterios módulo 4					
	Capacidad	Económico	Mantenimiento	$\Sigma +1$	Ponderación
Capacidad		1	1	3	0,5
Económico	0		1	2	0,3
Mantenimiento	0	0		1	0,2
				6	1

Capacidad > Económico > Mantenimiento

Tabla 31. Evaluación de soluciones para el segundo criterio del módulo 4

Capacidad	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma +1$	Ponderación
Alternativa 1		0	1	0,3
Alternativa 2	1		2	0,7
			3	1

Alternativa 2 > Alternativa 1

Tabla 32. Evaluación de soluciones para el tercer criterio del módulo 4

Económico	Alternativa 1	Alternativa 2	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		1	2	0,7
Alternativa 2	0		1	0,3
		Suma	3	1

Alternativa 1 > Alternativa 2

Tabla 33. Evaluación de soluciones para el cuarto criterio del módulo 4

Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	$\sum +1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	1,5	0,5
Alternativa 2	0,5		1,5	0,5
		Suma	3	1,00

Alternativa 2 = Alternativa 1

Tabla 34. Conclusión de evaluación para el módulo 4

Conclusiones	Efectividad	Fabricación	Vida útil	\sum	Prioridad
Alternativa 1	0,17	0,22	0,08	0,47	2
Alternativa 2	0,33	0,11	0,08	0,53	1

Evaluación y selección del módulo 5

Para la evaluación de esta sub función se plantearon los parámetros principales que permitan cumplir con la extracción del material molido, para lo cual se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- Económico: el costo sea el menor posible
- Fácil operación: simple de manejar para la extracción del molido.
- Seguridad: Proteger al usuario de posibles accidentes.
- Mantenimiento: facilidad de reparación y revisión.

En las siguientes tablas se muestran las ponderaciones, valores obtenidos para cada solución propuesta para este sub función, y además la conclusión de los resultados obtenidos.

Tabla 35. Criterios de evaluación para el módulo 5

Criterios módulo 5						
	Económico	Fácil operación	Seguridad	Mantenimiento	Σ +1	Ponderación
Económico		1	1	1	4	0,4
Fácil operación	0		1	1	3	0,3
Seguridad	0	0		1	2	0,2
Mantenimiento	0	0	0		1	0,1
				Suma	10	1

Económico > Fácil operación > Seguridad > Mantenimiento

Tabla 36. Evaluación de soluciones para el primer criterio del módulo 5

Económico	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Σ +1	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0,5
Alternativa 2	0		1	2	0,3
Alternativa 3	0	0		1	0,2
			Suma	6	1

Alternativa 1 > Alternativa 2 > Alternativa 3

Tabla 37. Evaluación de soluciones para el segundo criterio del módulo 5

Fácil operación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Σ +1	Ponderación
Alternativa 1		0	0,5	1,5	0,3
Alternativa 2	1		1	3	0,5
Alternativa 3	0,5	0		1,5	0,3
			Suma	6	1

Alternativa 2 > Alternativa 1 = Alternativa 3

Tabla 38. Evaluación de soluciones para el tercer criterio del módulo 5

Seguridad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Σ +1	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	0,2
Alternativa 2	1		1	3	0,5
Alternativa 3	1	0		2	0,3
			Suma	6	1,00

Alternativa 2 > Alternativa 3 > Alternativa 1

Tabla 39. Evaluación de soluciones para el cuarto criterio del módulo 5

Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Σ +1	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0,5

Alternativa 2	0		1	2	0,3
Alternativa 3	0	0		1	0,2
			Suma	6	1,00

Alternativa 1 > Alternativa 2 > Alternativa 3

Tabla 40. Conclusiones del módulo 5

Alternativa	Ergonómico	Capacidad	Costo	Mantenimiento	Σ	Prioridad
Alternativa 1	0,20	0,08	0,03	0,05	0,36	2
Alternativa 2	0,13	0,15	0,10	0,03	0,42	1
Alternativa 3	0,07	0,08	0,07	0,02	0,23	3

Matriz morfológica

Una vez obtenida la mejor alternativa, se tiene que la mejor solución para el molino de pines la cual está conformada por los siguientes módulos mostrado en la tabla 41.

Tabla 41. Matriz morfológica.

N.-	Módulos	ALTERNATIVAS		
1	Sistema de alimentación	Banda transportadora	Tornillo sin fin	Tolva
2	Sistema de transmisión	Bandas	Cadenas	Acoples
3	Sistema de molienda	Pines cilíndricos	Pines prismáticos	
4	Sistema de tamizado	Tamiz parcial	Tamiz total	
5	Sistema de descarga	Conducto de descarga	Descarga con gatillo	Tornillo sin fin

2.4 Modelo 3D de la solución global.

Para la elaboración del modelo 3D, primero se procedió a realizar un pequeño ejemplar de cómo podría ser el molino, cabe mencionar que aún faltan más detalles por añadir por lo que el modelo 3D final será muy distinto al de la figura 25, para este primer modelo de 3D se utilizó el programa de inventor, obteniendo el siguiente resultado mostrado en la figura 24.



Figura 24. Solución virtual de un molino de pines.

2.5 Diseño y selección de elementos para el molino de pines

Potencia requerida para el molino de pines

Para el cálculo de la potencia se procederá a utilizar la Ley de Bond, pero con un pequeño cambio con respecto a la formula (4), debido a que se necesita la potencia en HP, por lo que se usará la misma ecuación, pero en el sistema inglés, como se muestra en [35].

$$\frac{P}{T} = 1.46x E_i x \left(\frac{1}{\sqrt{D_P}} - \frac{1}{\sqrt{D_A}} \right) \quad (4)$$

Ecuación 4. Formula Ley de Bond

Donde:

P es la potencia [hp]

T es la velocidad de alimentación [ton/min]

E_i es el índice de trabajo (Utilizar tablas de índices de trabajo)

D_P es el tamaño del material de salida [ft]

D_A es el tamaño del material de alimentación [ft]

Tabla de índices de trabajo

En la figura 25 se muestra una seccion de los índices de trabajo de varios materiales y en la figura 26 se tiene una tabla de conversion de malla a micras con el objetivo de tener una referencia del tipo de tamaño de grano y la finura de tamiz deseado.

Material	No. de ensayos	Densidad relativa	Índice de trabajo ¹
Andesita	6	2.84	22.13
Arcilla	9	2.23	7.10
Arcilla calcinada	7	2.32	1.43
Arena silicea	17	2.65	16.46
Artesia	8	2.68	11.53
Barita	11	4.28	6.24
Basalto	10	2.89	20.41
Bauxita	11	2.38	9.45
Carbón mineral	10	1.63	11.37
Cemento, escoria de	40	3.09	13.49
Cemento, materia prima de	87	2.67	10.57
Cobre, mineral de	308	3.02	13.13
Concreciones	9	3.00	8.77
Coque	12	1.51	20.70
Coque, perfitos	2	1.78	73.80
Coque, perfitos fusido	2	1.63	38.60
Coral	5	2.70	10.16
Cromo, mineral de	4	4.08	9.60
Cuarzo	16	2.71	12.18
Cuarzo	17	2.64	12.77

Figura 25. Índices de trabajo.[36]

Tabla de conversion de mallas a micras

En la figura 26 se muestran distintas conversiones de malla ha micras, pulgadas y milímetros, la cual sera utilizada para tener una referencia del tamaño de grano de salida deseado en pulgadas, para luego ser transformada a pies con el objetivo de utilizar la ecuacion 4.

U.S. MESH	MICRONS	INCHES	MILLIMETERS
3	6730	0.2650	6.730
4	4760	0.1870	4.760
5	4000	0.1570	4.000
6	3360	0.1320	3.360
7	2830	0.1110	2.830
8	2380	0.0937	2.380
10	2000	0.0787	2.000
12	1680	0.0661	1.680
14	1410	0.0555	1.410
16	1190	0.0469	1.190
18	1000	0.0394	1.000
20	841	0.0331	0.841
25	707	0.0280	0.707
30	595	0.0232	0.595
35	500	0.0197	0.500
40	400	0.0165	0.400
45	354	0.0138	0.354
50	297	0.0117	0.297
60	250	0.0098	0.250
70	210	0.0083	0.210
80	177	0.0070	0.177
100	149	0.0059	0.149
120	125	0.0049	0.125
140	105	0.0041	0.105
170	88	0.0035	0.088
200	74	0.0029	0.074
230	63	0.0024	0.063
270	53	0.0021	0.053
325	44	0.0017	0.044
400	37	0.0015	0.037

Figura 26. Numero de mallas a micras. [37]

Parámetros iniciales

Para el desarrollo de los cálculos se debe tener ciertas consideraciones, las cuales son:

El presente desarrollo de molino de pines deberá tener una baja cantidad de alimentación, por lo que sus parámetros serán los de la tabla 42. En la figura 24 se usará el valor de 0.84 mm como valor de referencia para que el número del tamiz sea de 20 U.S mesh. Se utilizó el mineral de cobre como referencia debido a que tiene un valor de dureza de 3 a 4 en la escala de Mohs, generalmente muchos molinos muelen materiales de dureza entre 3 a 4 en la escala de Mohs y además para molinos que tienen un solo disco rotatorio el tamaño de producto molido está en el rango de 5 a 100 micras, como lo menciona en [38].

Tabla 42. Tabla de parámetros iniciales.

Parámetros	Valores
Alimentación kg/h	60
Tipo de material	Mineral de Cobre
Diámetro del tamaño promedio del material a moler en pulgadas	3.93" (100 mm)
Diámetro del tamaño promedio del material a molido en pulgadas	0.0035" (0.080 mm)

Cálculo para la obtención de la potencia en un molino de pines.

Transformado los valores de la tabla 42 a las unidades requeridas por la ecuación 4, se tiene en la tabla 43.

Tabla 43. Parámetros iniciales en unidades inglesas.

Parámetros	Valores
Alimentación ton/min	0.001
Índice de trabajo del cobre	13.13
Diámetro del tamaño promedio del material a moler en pies	0.3275'
Diámetro del tamaño promedio del material a molido en pies	0.00029'

Se tiene que

$$T = 0.001 \text{ [ton/min]}$$

$$E_i = 13.13 \text{ (Utilizar tablas de índices de trabajo)}$$

$$\frac{P}{T} = 1.46x E_i x \left(\frac{1}{\sqrt{D_P}} - \frac{1}{\sqrt{D_A}} \right)$$

$$P = T x 1.46x E_i x \left(\frac{1}{\sqrt{D_P}} - \frac{1}{\sqrt{D_A}} \right)$$

$$P = 0.001x 1.46x 13.13x \left(\frac{1}{\sqrt{0.00029}} - \frac{1}{\sqrt{0.3275}} \right)$$

$$P = 1.09 [hp]$$

En la tabla 44, se muestran más resultados obtenidos para distintos tamaños de salida deseados junto con las potencias requeridas.

Tabla 44. Tabla de cálculo de potencia para distintos tamaños de grano

E	D _A		D _P		Alimentación		Potencia	Num. Malla
	work index	ft	mm	ft	mm	ton/min	Kg/h	Hp
13,13	0.327	100	0.00276	0.8	0,001	60	0.33	20
13,13	0.327	100	0.00069	0.21	0,001	60	0.7	70
13,13	0.327	100	0.00029	0.088	0,001	60	1.09	170

Selección del motor

Para la selección del motor se tomarán en cuenta las directrices generales para la selección de motores, además se tomará en cuenta la potencia calculada en la sección anterior y especificaciones brindadas en la figura 27 , el cual corresponde a un fabricante de molinos de pines, con lo que el motor seleccionado es un motor de 2 hp (1.5kW), 1750 rpm, torque nominal de 6 lb ft, grado de protección IP55, entre otros parámetros más, los cuales están presentes en el ANEXO II y ANEXO III.

Application	Model	Power (HP)	RPM	Capacity (kg/hr)	Dimensions (L*W*H) (mm)	Flowrate (Min)
GMPS(Standard)	PM-3-A	5-7 1/2	5000-7500	100-200	1000*800*1400	100-250
GMPS(Standard)	PM-4-B	7 1/2-10	4500-6500	200-300	1100*900*1500	100-250
Foodstuff & Chemical Grade	PM-1	2	3000	20-50	500*560*1300	20-150
Foodstuff & Chemical Grade	PM-2	5-7 1/2	3000	80-250	1100*900*1500	20-150
Foodstuff & Chemical Grade	PM-4	7 1/2-10	3000	100-300	1200*800*1750	20-150
Foodstuff & Chemical Grade	PM-5	15-20	2900	150-500	1500*900*2200	20-150
Foodstuff & Chemical Grade	PM-6	30-40	2800	300-800	1700*1000*2400	20-150
Foodstuff & Chemical Grade	PM-7	50-65	2700	500-2000	1900*1300*2900	20-150
Cosmetics Grade	PM-3-C	7 1/2	3500	200-300	1000*860*1200	100-200

Height from floor to outlet: 450 mm

Figura 27. Modelos de Molino de pines. [13]

Selección de banda y poleas

Para el proceso de cálculo de selección de la banda adecuada, se utilizará el procedimiento dado por el fabricante de elementos de transmisión INTERMEC, por lo que los datos iniciales necesario para realizar esta selección son;

Potencia del motor: 2 Hp

Velocidad: 1750 rpm

Determinación del diámetro mínimo de la polea

Para la selección del diámetro mínimo se utilizó la información del ANEXO IV, con lo que el diámetro mínimo del conducido debe ser de 65 mm de diámetro y para el diámetro motriz debe ser de un diámetro de 130 mm todo esto en base a una relación de transmisión de 2 requerida, ya que se requiere llegar a velocidad de 3500 rpm o más en el eje conducido.

Determinación de la potencia de diseño y factor de potencia

Para la determinación de la potencia de diseño y el factor, se utilizó la información del ANEXO V, para lo cual se consideró los siguientes parámetros:

Tipo de servicio: servicio continuo

Tipo de maquina: Molino de martillo, se asumió esto debido a que el rango de trabajo es muy similar al molino de pines, tal como se muestra como en la figura 28.

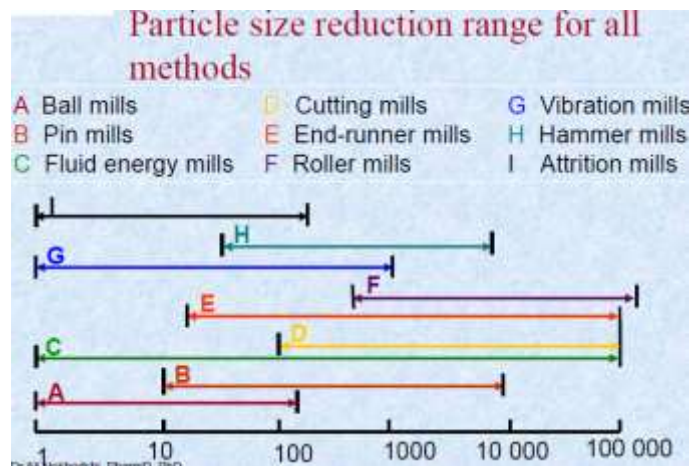


Figura 28. Rango del tamaño de partículas según el molino.[39]

$$P_{di} = F_s \times P_m \times F_{pt}$$

Ecuación 5. Potencia de diseño

Donde:

P_{di} es la potencia de diseño (hp)

F_s es el factor de servicio del motor

P_m es la potencia mecánica del motor (hp)

F_{pt} es el factor de polea tensora

$$P_{di} = F_s \times P_m \times F_{pt}$$

$$P_{di} = 1.6 \times 2 \text{ hp} \times 1$$

$$P_{di} = 3.2 \text{ hp}$$

Determinación del tipo de perfil de correa o banda:

Para la selección de la banda se procederá a utilizar la información del ANEXO VI, para lo cual los datos necesarios son: Potencia de diseño de 3,2 hp y la velocidad del motor de este caso la cual es de 1750 rpm. Obteniéndose que el tipo de perfil de la correa es un perfil 3V (correa de alta capacidad)

Determinación de la relación de velocidad

Para el cálculo de la relación de velocidad, se utilizó la siguiente ecuación:

$$i = \frac{N_m}{n_c}$$

Ecuación 6. Índice de relación de transmisión

Donde:

i es el índice de relación de transmisión

N_m es la velocidad de giro del eje motriz (rpm)

n_c son las revoluciones por minuto del eje conducido (rpm)

$$i = \frac{N_m}{n_c}$$

$$i = \frac{1750 \text{ rpm}}{3500 \text{ rpm}}$$

$$i = 0.5$$

Capacidad de transmisión por polea

Para conocer el número de canales que la polea debe tener se debe utilizar la información del ANEXO VII, donde los datos de entrada son un diámetro motriz de 135 mm y una velocidad motriz de 1750 rpm. Obteniéndose del ANEXO VII, que la capacidad de la carga por polea es de 6 hp, con lo que se puede calcular el número de canales necesarios por polea con la siguiente fórmula:

$$\# Cp = \frac{Pdi}{Ppc}$$

Ecuación 7. Capacidad de transmisión de canal por polea

Donde:

#Cp Capacidad de transmisión de canal por polea

Pdi es la potencia de diseño calculada (hp)

Ppc es la potencia de un canal por polea (hp)

$$\# Cp = \frac{Pdi}{Ppc}$$

$$\# Cp = \frac{3.2 \text{ hp}}{6 \text{ hp}}$$

$$\# Cp = 0.53 \text{ canales por polea}$$

Con lo que se debe usar una polea con un solo canal, puesto que no existe polea con medio canal.

Determinación de la polea conductora

Para la selección de la polea motriz se utilizó la información de ANEXO VIII, donde los datos de entrada el diámetro motriz de 135 mm, con lo que se procedió a seleccionar la polea PQ 1-3v135 ya que es la más cercana, obteniéndose así también que el tipo de buje el cual es un buje tipo SH.

Determinación de la polea conducida

Para el cálculo del diámetro de la polea conducida, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\phi_M \times N_M = \phi_C \times n_C$$

Ecuación 8. Relación de transmisión de velocidades

Donde:

ϕ_M es el diámetro de la polea motriz (mm)

N_M es la velocidad de giro del eje motriz (rpm)

ϕ_N es el diámetro de la polea conducida (mm)

N_N es la velocidad de giro del eje conducido (rpm)

$$\phi_M \times N_M = \phi_C \times n_C$$

$$135\text{mm} \times 1750 \text{ rpm} = \phi_C \times 3500 \text{ rpm}$$

$$\phi_C = 67.5 \text{ mm}$$

Utilizando la información del ANEXO VIII, se tiene que la polea conducida es el modelo PQ 1 – 3V67 puesto que es la más cercana al diámetro requerido, además se tiene que el tipo de buje es JA.

Determinación de la distancia entre centros

Para la determinación entre centros, se utilizó una de las formulas presentadas en el ANEXO IX, en este caso se utilizó la una distancia entre centros máxima con la siguiente ecuación:

$$C = 1.5 \times (D + d)$$

Ecuación 9. Distancia entre centros de poleas

Donde:

C es la distancia entre centros de las poleas

D es el diámetro de la polea Motriz (mm)

d es el diámetro de la polea conducida (mm)

$$C = 1.5 \times (D + d)$$

$$C = 2 \times (135 \text{ mm} + 67 \text{ mm})$$

$$C = 404 \text{ mm}$$

$$C = 40.4 \text{ cm}$$

Determinación del Arco de contacto

Para el cálculo de arco de con contacto se utilizó la información del ANEXO IX, lo cual nos dice que arco de contacto esta entre 169 y 174, lo cual es adecuado, puesto que el fabricante recomienda que el arco de contacto este entre 120 y 180 grados.

$$Raa = \frac{D - d}{C}$$

Ecuación 10. Relación de arco de contacto

Donde:

Raa es la relación de arco de contacto

C es la distancia entre centros de las poleas

D es el diámetro de la polea Motriz (mm)

d es el diámetro de la polea conducida (mm)

$$Raa = \frac{D - d}{C}$$

$$Raa = \frac{135 - 67}{404}$$

$$Raa = 0.17$$

Determinación de la longitud de la correa.

Para el cálculo de la longitud total de la correa se utilizó la ecuación 11 mostrada en [40], obteniéndose la longitud total de la correa.

$$L = \pi x (R + r) + 2xC + \frac{(R - r)^2}{C}$$

Ecuación 11. Longitud de la correa o banda

Donde:

L es la longitud de la correa

C es la distancia entre centros de las poleas (mm)

R es el radio del eje motriz (mm)

r es el radio del eje conducido (mm)

$$L = \pi x (R + r) + 2xC + \frac{(R - r)^2}{C}$$
$$L = \pi x \left(\frac{135}{2} + \frac{67}{2} \right) + 2x(404) + \frac{\left(\frac{135}{2} - \frac{67}{2} \right)^2}{404}$$

$$L = 1128.16 \text{ mm}$$

$$L = 44.42 \text{ in}$$

Recalculo de polea conductora

Para el re cálculo del canal y el diámetro de la polea conductora, se utiliza el factor de corrección de 0.98 obtenido en la determinación del arco de contacto, para lo cual el fabricante recomienda utilizar la siguiente formula:

$$C_{pc} = P_{pc} \times F_{cp}$$

Ecuación 12. Recalculo de la polea motriz

Donde:

es la potencia de canal por polea

C_{pc} es la capacidad de transmisión de canal por polea corregida (hp)

F_{cp} es el factor de corrección para la polea

P_{pc} es la potencia de un canal por polea (hp)

$$C_{pc} = P_{pc} \times F_{cp}$$

$$C_{pc} = 6 \times 0.97$$

$$C_{pc} = 5.82$$

Utilizando la ecuación 12, se tiene que

$$\# Cp = \frac{P_{di}}{P_{pc}}$$

$$\# Cp = \frac{3.2 \text{ hp}}{5.8 \text{ hp}}$$

$$\# C_p = 0.55 \text{ poleas}$$

Como el valor obtenido es de 0.55 canales por polea, es decir medio canal por polea, si el valor hubiese sido mayor a 1 se debería cambiar de polea (serían más canales), pero como el valor es menor a 1, por lo que se conserva la polea motriz calculada anteriormente

Resultados obtenidos de las poleas seleccionadas

Tabla 45. Datos de la Polea motriz

Polea motriz PQ 1-3V135	
Diámetro exterior polea mm	135
Número de canales	1
Tipo de banda	3v

Tabla 46. Datos de la polea conducida

Polea conducida PQ 1-3V80	
Diámetro exterior polea mm	67
Número de canales	1
Tipo de banda	3v

Tabla 47. Datos de la banda

Banda PQ 3V470	
Ancho en pulgadas	3/8"
Grosor en pulgadas	5/16"
Longitud en pulgadas	44.42"

Una vez establecido los datos de cada polea, utilizando la ecuación 8, se puede estimar que la velocidad a la cual girara el eje conducido es de 3526.12 rpm. Además, usando el ANEXO X, se considerará usar poleas de aluminio debido a que la velocidad lineal no supera los 33m/s.

Determinación de la geometría de las poleas

Para realizar el modelo de las poleas en el motriz y conducido, se utilizó la información de la figura 31, donde se pudo obtener la geometría, la apertura, altura, diámetro efectivo, entre aspectos necesarios para realizar el modelo respectivo.

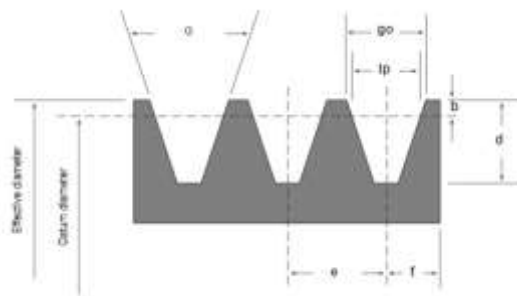


Figura 29. Perfil correa 3V. [41]

Section	Datum width mm	Effective diam. range mm	Groove angle a	go mm	d mm (minimum)	e mm	f mm	b mm
3V/3VK and PowerBand®	8.45	< 90	36° ± 1/4°	8.89 ± 0.13	8.6	10.32 ± 0.40	8.73 (+2.4/-0)	0.65
		90 to 150	38° ± 1/4°	8.89 ± 0.13	8.6	10.32 ± 0.40	8.73 (+2.4/-0)	0.65
		151 to 300	40° ± 1/4°	8.89 ± 0.13	8.6	10.32 ± 0.40	8.73 (+2.4/-0)	0.65
		> 300	42° ± 1/4°	8.89 ± 0.13	8.6	10.32 ± 0.40	8.73 (+2.4/-0)	0.65
5V/5VK and PowerBand®	14.4	< 250	38° ± 1/4°	15.24 ± 0.13	15.0	17.46 ± 0.40	12.7 (+3.2/-0)	1.25
		250 to 400	40° ± 1/4°	15.24 ± 0.13	15.0	17.46 ± 0.40	12.7 (+3.2/-0)	1.25
		> 400	42° ± 1/4°	15.24 ± 0.13	15.0	17.46 ± 0.40	12.7 (+3.2/-0)	1.25
8V/8VK and PowerBand®	23.65	< 400	38° ± 1/4°	25.4 ± 0.13	25.1	28.58 ± 0.40	19.05 (+6.3/-0)	2.54
		400 to 560	40° ± 1/4°	25.4 ± 0.13	25.1	28.58 ± 0.40	19.05 (+6.3/-0)	2.54
		> 560	42° ± 1/4°	25.4 ± 0.13	25.1	28.58 ± 0.40	19.05 (+6.3/-0)	2.54

Figura 30. Dimensiones de un perfil correa 3V. [41]

Calculo para la determinación de las tensiones en la banda

En esta sección se pretende estimar el lado tenso y flojo a la cual estará sometida la banda en V de la polea, para lo cual se puede utilizar el método presentado en [40], para lo cual se necesita la densidad del material de la correa y el esfuerzo máximo de tensión que la banda, con lo que la obtención de estos datos no es fácil y además cada fabricante usa distintos materiales, por lo que para el cálculo de estas tensiones se utilizara un relación de tensión muy común en este tipo banda, acorde al ángulo de envoltura de la banda sobre la polea, como se muestre en la figura 31.

Design Tension Ratio - 180° Wrap	Design Tension Ratio - 90° Wrap
V-Belt Drive 5:1	V-Belt Drive 2.24:1
Micro-V 4:1	Micro-V 2.01:1
Flat 2.5:1	Flat 1.58:1
Shaft Load Factor - 180° Wrap	Shaft Load Factor - 90° Wrap
V-Belt Drive 1.50	V-Belt Drive 2.61
Micro-V 1.67	Micro-V 3.08
Flat 22.33	Flat 4.45

Figura 31. Relación de tensión en banda 3V. [42]

Determinación del ángulo de contacto.

Por lo que para determinar el ángulo de envoltura que tendrá la polea en el sistema de transmisión, se utilizará la ecuación 13, todo esto para poder escoger la relación adecuada de tensiones que tendrá el sistema.

$$\sin \phi = \frac{|r_1 - r_2|}{C}$$

Ecuación 13. Angulo de contacto. [40]

Donde:

ϕ es el ángulo de giro (rad)

r_1 es el radio de la polea conducida en mm

r_2 es el radio de la polea motriz en mm

C es la distancia entre poleas en mm

$$\sin \phi = \frac{|r_1 - r_2|}{C}$$

$$\sin \phi = \frac{|33.5 - 67.5|}{404}$$

$$\phi = 0.084 \text{ rad}$$

$$\phi = 4.82 \text{ grados}$$

Determinación del ángulo de apertura de la banda conducida

$$\beta_1 = 180 - 2 * \phi$$

Ecuación 14. Angulo de apertura de banda conducida. [40]

Donde:

β_1 es el ángulo de apertura de la banda conducida en grados

ϕ es el ángulo de giro (rad)

$$\beta_1 = 180 - 2 * \phi$$

$$\beta_1 = 180 - 2 * 4.82$$

$$\beta_1 = 170.36$$

Determinación del ángulo de apertura de la banda motriz

$$\beta_2 = 180 + 2 * \phi$$

Ecuación 15. Angulo de apertura de la banda motriz. [40]

Donde:

β_2 es el ángulo de apertura de la banda motriz en grados

ϕ es el ángulo de giro (rad)

$$\beta_2 = 180 + 2 * 4.82$$

$$\beta_2 = 180 + 2 * 1.57$$

$$\beta_2 = 189.64$$

Como el ángulo β_1 es de 189.64 grados, se lo tomara como si fuese de 180 grados para la facilidad de cálculos, con lo que la relación de tensión entre la polea de lado tenso y lado flojo es de 5 a 1.

Determinación de la potencia en eje conducido

$$H = T * \omega$$

Ecuación 16. Potencia. [43]

Donde:

H es la potencia en Watts

T es el par de torsión del eje conducido en N.m

ω es la velocidad de rotación en el eje conducido en rad/seg

$$H = T * \omega$$

$$T = \frac{1500 \text{ Watts}}{\frac{3526.12 \text{ revoluciones}}{\text{minuto}} * \frac{2\pi}{\text{revolucion}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}}$$

$$T = 4.06 \text{ N.m}$$

La potencia obtenida se la utilizara para estimar la tensión en el lado flojo y lado tenso, mediante una sumatoria de momentos en la polea conducida, tal como se muestra en la figura 32.

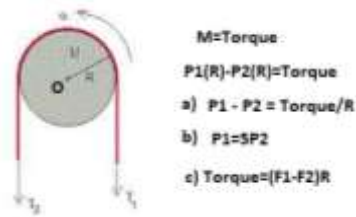


Figura 32. DCL Polea conducida.

$$\Sigma MB_z = 4.06$$

$$T_1 * r_1 - T_2 * r_1 = 4.06$$

$$T_1 * r_1 - T_2 * r_1 = 4.06$$

$$(T_1 - T_2) * r_1 = 4.06$$

$$(T_1 - T_2) * \left(\frac{67}{2} * \frac{1m}{1000mm}\right) = 4.06$$

$$(T_1 - T_2) = 121.19 \text{ N}$$

Luego se sabe que la relación existente en este tipo de poleas es $T_1 = 5T_2$, con lo que

$$(T_1 - T_2) = 121.19 \text{ N}$$

$$5 * T_2 - T_2 = 121.19 \text{ N}$$

$$4 * T_2 = 121.19 \text{ N}$$

$$T_2 = 30.29 \text{ N}$$

$$T_1 = 151.49 \text{ N}$$

Con lo que el lado flojo deberá tener un valor aproximado de 30.29 N y el lado tenso deberá tener un valor de 151.49 N.

Calculo para la determinación de las fuerzas tensión actuante en la polea del eje conducido

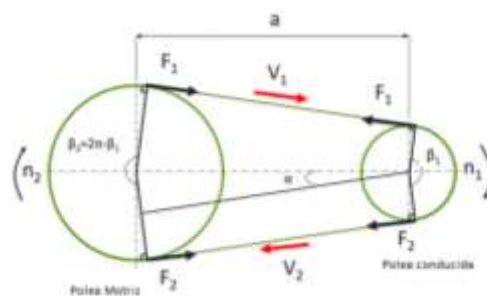


Figura 33. DCL de la polea conducida.

Para la estimación de fuerza total actuante sobre el externo del eje conducido que va al disco de molino de pines se procedió a graficar la geometría del sistema eje motriz con el diámetro de la polea de 135 mm junto con la altura del motor sobre la cual se monta esta polea, para la polea conducida se toma como referencia la altura del cuerpo del sistema de molienda, con lo que se pudo estimar el grado de inclinación del lado tenso el cual es de 194 grados y de 185 grados el lado flojo de la banda, cabe mencionar que el sentido de giro común en general en motores es en el sentido de las manecillas del reloj, tal como se muestra en la figura 34, con lo que puede aplicar una sumatoria de fuerza en el eje z y eje y, para así estimar como carga puntual actuante donde se colocara la polea conducida

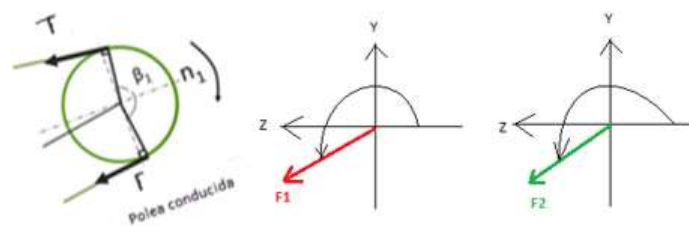


Figura 34. Carga puntual en polea conducida.

$$\Sigma F_y = F_{ytotal}$$

$$F_2 \text{ sen}(185) + F_1 \text{ sen}(194) = F_{ytotal}$$

$$30.29 \text{ sen}(185) + 151.49 \text{ sen}(194) = F_{ytotal}$$

$$F_{ytotal} = -39.28 \text{ N}$$

$F_{ztotal} = 39.28 \text{ N}$, es positivo debido al sistema de referencia usado en el eje

$$\Sigma F_z = F_{ztotal}$$

$$F_2 \text{ cos}(185) + F_1 \text{ cos}(194) = F_{ztotal}$$

$$30.29 \text{ cos}(185) + 151.49 \text{ cos}(194) = F_{ztotal}$$

$$F_{ztotal} = -177.16 \text{ N}$$

$F_{ztotal} = 177.16 \text{ N}$, es positivo debido al sistema de referencia usado en el eje

Calculo de longitud de la chaveta para la polea motriz y conducida

Calculo para la comprobación de la chaveta en la polea motriz

Para el cálculo de la longitud de la sección que alojara a la chaveta del motor en la polea conductora, se tomara en cuenta el material del cual está hecho el eje del motor, para lo

cual se toman las propiedades mecánicas del eje el cual es un acero AISI 4140 como se menciona en [25, p. 50], con lo que el S_y es de 620 Mpa como se muestra en el ANEXO XII. Mientras que usara hipotéticamente un acero AISI 1020 para la chaveta, en el ANEXO XII se muestra que el valor de la resistencia a la fluencia es de 210 Mpa para una chaveta, obteniéndose así que el S_y chaveta < S_y del eje, pudiendo así garantizar que la chaveta funcionara como fusible mecánico.

Los siguientes datos de la tabla 48, se usarán para la comprobación de la longitud de la chaveta ubicada en el motor.

Tabla 48. Datos para el cálculo de la chaveta motriz.

Sy del eje (Kpsi)	90
Diámetro del eje (in)	15.88 mm (5/8")
Velocidad de rotación del eje motriz (rpm)	1750
Potencia de transmisión (hp)	2
Sy del material de la chaveta (Kpsi)	30.45

En el ANEXO XIV, se muestra las dimensiones recomendadas para chavetas cuadradas y rectangulares en función del diámetro del eje, para lo cual las dimensiones de esta chaveta se muestran en la tabla 49.

Tabla 49. Dimensiones de chaveta para el eje motriz.

Ancho de la chaveta (in)	3/16" (4.76 mm)
Altura de la chaveta (in)	1/8" (3.17 mm)

Determinación del torque en el eje motriz

El siguiente paso es determinar el torque, para lo cual se aplica la ecuación 17.

$$T = \frac{63025 * H}{n}$$

Ecuación 17. Torque en función de la potencia. **[43]**

Donde:

T es el par de torsión, torque o momento de fuerza (lbf.in)

H es la potencia de trasmisión (hp)

n velocidad de rotación del eje (rpm)

$$T = \frac{63025 * H}{n}$$

$$T = \frac{63025 * 2}{1750}$$

$$T = 72.03 \text{ lbf.in}$$

Determinación de la Fuerza de la superficie en el eje

Para la determinación de la fuerza de corte que aplicara sobre la chaveta se utiliza la ecuación 18.

$$T = F * r$$

Ecuación 18. Torque en función de la fuerza.

Donde:

T es el par de torsión, torque o momento de fuerza (lbf.in)

F es la fuerza cortante en la superficie del eje (lbf)

r es el radio de eje (in)

$$T = F * r$$

$$F = \frac{T}{r}$$

$$F = \frac{2 * 72.03 \text{ lbf in}}{5/8}$$

$$F = 230 \text{ lbf}$$

Determinación de Falla por cortante

Para el presente caso se usa la teoría de la energía de a distorsión o von mises, con la ecuación 19.

$$S_{sy} = 0.577 * S_y$$

Ecuación 19. Resistencia al corte usando la teoría de energía de la distorsión.

Dónde:

Ssy es la resistencia a la fluencia por corte en la chaveta(psi)

Sy es la resistencia a la fluencia de la chaveta (psi)

$$\tau = \frac{S_{sy}}{n}$$

Ecuación 20. Factor de seguridad por esfuerzo cortante usando Von Mises.

Donde:

τ es el esfuerzo cortante (psi)

Ssy es la resistencia a la fluencia por corte en la chaveta (psi)

n es el factor de seguridad

$$\tau = \frac{F}{A}$$

Ecuación 21. Esfuerzo cortante.

Donde:

τ es el esfuerzo cortante (psi)

F es la fuerza cortante en la superficie del eje (lbf)

A es el área de la chaveta sometida a corte (in²)

$$\tau = \tau$$

$$\frac{S_{sy}}{n} = \frac{F}{A}$$

$$\frac{0.577 * S_y}{n} = \frac{F}{w * l}$$

$$\frac{30.45Kpsi * 0.577}{2} * \frac{1000 psi}{1Kpsi} = \frac{230.5 lbf}{\frac{3''}{16} * l}$$

$$l = 0.14 in (3.55 mm)$$

Calculo de falla por aplastamiento

Otro caso posible de falla , es la falla por aplastamiento de la chaveta, para lo cual se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$\sigma_b = \frac{F}{Ab}$$

Ecuación 22. Esfuerzo por aplastamiento.

Donde:

σ_b es el esfuerzo aplastamiento (psi)

F es la fuerza cortante en la superficie del eje (lbf)

A es el área de la chaveta sometida a aplastamiento (in²)

$$n = \frac{S_y}{\sigma_b}$$

Ecuación 23. Factor de seguridad por aplastamiento.

Donde:

n es el factor de seguridad

σ es el esfuerzo aplastamiento (psi)

S_y es la resistencia a la fluencia de la chaveta (psi)

$$\sigma_b = \sigma_b$$

$$\frac{S_y}{n} = \frac{F}{Ab}$$

$$\frac{S_y}{n} = \frac{F}{h * \frac{l}{2}}$$

$$\frac{30.45Kpsi}{2} * \frac{1000 psi}{1Kpsi} = \frac{2 * 230.5lbf}{1/8 * l}$$

$$l = 0.24 in (6.15mm)$$

Calculo para la selección de la chaveta en el eje conducido

Para la selección de esta chaveta se toman en cuenta las variables correspondientes al eje conducido, como se muestra en la tabla 50. En el ANEXO XV se muestra que la resistencia

a la fluencia es de 220 Mpa correspondiente al material del eje que es un AISI 304, mientras que en el ANEXO XII se muestra el valor para la resistencia a la fluencia de un acero AISI 1020 para la chaveta, la cual es de 210 Mpa, con lo que S_y chaveta < S_y del eje, pudiendo así garantizar que la chaveta funcionara como fusible mecánico.

Tabla 50. Datos para el cálculo de la chaveta en el eje secundario.

Sy del eje conducido (Kpsi)	31.9
Diámetro del eje (in)	18mm (11/16")
Velocidad de rotación del eje (rpm)	3526.11
Potencia de transmisión (hp)	2
Sy del material de la chaveta (Kpsi)	30.45

Para el cálculo de esta chaveta, se sigue el mismo procedimiento de la sección anterior con lo que se obtienen los siguientes resultados de la tabla 51.

Tabla 51. Resultados obtenidos para la chaveta conducida.

Base de la chaveta (in)	3/16"
Altura de la chaveta (in)	3/16"
Torque (lbf in)	35.75
Fuerza de corte (lbf)	104
Longitud contra falla por corte (in)	0.09 (2.41 mm)
Longitud contra falla por aplastamiento (in)	0.11 (2.78 mm)

Por motivos constructivos y de manipulación se toma una chaveta de 6x6x30 mm para la chaveta en la polea conducida, para la corroboración de los resultados obtenidos se utilizó una calculadora de chavetas, con lo que los resultados obtenidos son válidos.

Consideraciones básicas para la construcción del bastidor

Determinación de la geometría

Para la determinación de la geometría de la mesa, se utiliza como referencia las dimensiones del motor, dimensiones del sistema de molienda, la distancia entre poleas, obteniéndose que las dimensiones tentativas son de 740x 375 mm, cabe mencionar que falta definir ubicaciones adicionales como, que debe existir un espacio suficiente para la manipulación del molido, tensión de la banda, apertura de la puerta del sistema de molino,

además de que el eje del sistema de molienda y motor son de distinta longitud, por lo que para tratar de cubrir posibles imprevistos durante el desarrollo del molino de pines, se decide tomar las dimensiones de 500 x 900 milímetros.

Determinación del material de la mesa

Para la selección del material, se tomó en cuenta un material que sea resistente, fácil de adquirir, que sea económico y por sobre todo que cumpla con la voz del usuario, por lo que el material seleccionado es el perfil angular de acero ASTM A36 de 30x30x3mm, para más detalles de este ángulo, se recomienda revisar el ANEXO XVI.

Determinación para la construcción de la mesa

Para la forma constructiva de la parte superior de la mesa debe ser construida de la mejor manera posible, ya que debe soportar todos los pesos de todos los sistemas que estarán encima de esta, en [44], se menciona que la mejor forma constructiva para este tipo de ángulo es la unión tipo inglete (Mitered corner), figura 38. Además, existen otros factores adicionales que hace la unión tipo inglete sea la ideal, tales como que la zona afectada por el calor es menor a comparación del otro tipo de unión, la forma de unión permite un corte rápido, se requiere menor cordón de soldadura.

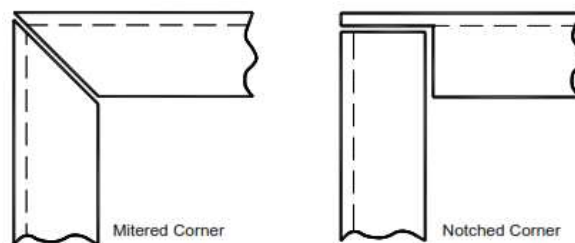


Figura 35. Tipo de unión para ángulos. [44]



Figura 36. Unión de ángulos para molino de pines.

Determinación del electrodo y diámetro para soldar la mesa

Para la determinación del electrodo se lo hace de acuerdo a la norma AWS D14.1/D14.1M:2005, la cual es una norma que útil para la especificación de soldadura en molinos, grúas y otros equipos de manejo para materiales por lo que utilizando el ANEXO XVII, con lo que se confirma que el material es útil para la aplicación, además en el ANEXO XVIII de esta misma norma, se recomienda un electrodo E60XX para soldadura SMAW. Adicionalmente para la selección del electrodo se toma en cuenta la nomenclatura de la AWS, por lo que se decide tomar un electrodo E-6011.

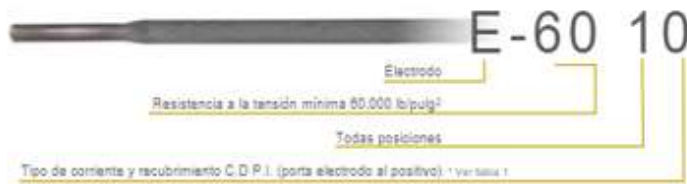


Tabla 1. Tipos de recubrimiento y corriente

DÍGITO	TIPO DE RECUBRIMIENTO	CORRIENTE PARA SOLDAR
0	Sodio celulosa	CDPI
1	Potasio celulosa	CA o CDPI
2	Sodio titanio	CA o CDPD
3	Potasio titanio	CA o CD ambas polaridades
4	Titanio polvo fierro	CA o CD ambas polaridades
5	Sodio bajo hidrógeno	CDPI
6	Potasio bajo hidrógeno	CA o CDPI
7	Óxido de fierro polvo Fe	CA o CDPD
8	Bajo hidrógeno polvo Fe	CA o CDPI

POSICIÓN
1. Toda posición
2. Plano y filete horizontal
4. Toda posición más vertical descendente

CA = Corriente alterna.
 CDPI = Corriente directa polaridad invertida (electrodo positivo)
 CDPD = Corriente directa polaridad directa (electrodo negativo)

Figura 37. Clasificación de electrodos según la AWS para SMAW.[45]

Para la determinación del diámetro del electrodo, junto con la apertura adecuada para la soldabilidad de este ángulo, se utiliza las especificaciones de la figura 38. Para el caso en que se requiera utilizar otros espesores, se utilizara las recomendaciones de la figura 39.

SOLDAR RANURA CUADRADA(1) UNION TRASERA (B)		ESPESOR METAL BASE (U - LENTE)		PREPARACION DE RANURA			POSICION DE SOLDADURA FORMADA	TAMAJO DE SOLDADURA (E)	NOTAS
PROCESO DE SOLDADURA	DESIGNACION DE UNION	T ₁	T ₂	ABERTURA DE BASE R = 0 to 1/16	TOLERANCIAS				
					CON DETALLE (VER 3.12.3)	COMO EQUIPAR (VER 3.12.3)			
SMAW	B-P1a	1/8 max	—	R = 0 to 1/16	+1/16, -0	±1/16	TODO	T ₁ - 1/32	B, D
	B-P1c	1/4 max	—	R = $\frac{T_1}{2}$ min	+1/16, -0	±1/16	TODO	$\frac{T_1}{2}$	B, D

Figura 38. Especificaciones de soldadura para espesor de 3mm.[46]

Espesor del Material a Soldarse					
1/16	1/8"	5/32"	3/16"	1/4"	3/8"
a	a	a	a	a	a
3/32"	5/32"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"
Diámetro del Electrodo					
			5/32"	3/16"	
3/32"	1/8"	5/32"	a	a	1/4"
			3/16"	1/4"	

Figura 39. Diámetro de electrodo según el espesor.[47]

Una vez determinado que el diámetro es de 1/8", se puede proceder a calcular el amperaje adecuado, en [48] se menciona que existen distintas formas para calcular el amperaje, para este caso se utilizara la ecuación 24.

$$I = 50 * (\varnothing - 1)$$

Ecuación 24. Intensidad de la corriente para soldar.

Donde:

I es la intensidad de corriente para soldar (A)

\varnothing es el diámetro del electrodo (mm)

$$I = 50 * (\varnothing - 1)$$

$$I = 50 * (3.2 - 1)$$

$$I = 110 A$$

En [48], se presenta la tabla 52, donde se tienen valores tentativos de voltaje y corriente en función del diámetro del electrodo, la cual será útil para para la para la aplicación de este proyecto.

Tabla 52. Tabla de amperaje y voltaje según el diámetro del electrodo. [42]

\varnothing del electrodo (mm)	Intensidad de corriente (A)	Voltaje (V)
1	35	18
2	70	19 a 21
3	105	22 a 25
4	140	26 a 28
5	175	29 a 30

6	210	31 a 36
---	-----	---------

Calculo para el diseño de la guarda de seguridad

En base a la información mostrada en dispositivos de seguridad, junto con el ANEXO XIX mostrado en [49], ayudan a reforzar la idea de implementar una guarda de protección para el sistema de poleas del molino de pines, para lo cual un aspecto importante a tomar en cuenta es la apertura mínima para proteger la mano y dedos del usuario obteniéndose así un valor de apertura de 6 mm junto con una distancia mínima entre guarda y parte móvil de 13mm , para lo cual se utilizó el ANEXO XX (ANSI B11.19), otro aspecto importante a tomar en cuenta son las dimensiones mínimas de los marcos encargadas de unirán las láminas perforadas o mallas de alambre, las cuales generalmente son ángulos en L, para lo cual en [50] , se recomienda que las dimensiones mínimas para estos ángulos sean de 2.5 cm x 2.5 cm x 0.3 cm o 3.8 cm x 3.8 cm x 0.5 cm.

Otro aspecto importante a considerarse es la distancia radial entre polea y guarda, por lo que tener datos de antropométricos de la mano es útil para el diseño de la guarda, en [51], se tienen valores que van de entre 7 a 10 cm, esto para motivos de mantenimiento o cambio de banda, con lo que se obtuvo los siguientes resultados mostrados en la tabla 53.

Tabla 53. Tabla de parámetros para la guarda de seguridad.

Parámetros	Detalle
Distancia normal entre Guarda – parte móvil (mm)	Mayor o igual a 13 mm hasta 63
Espacio de la malla (mm)	Menor o igual a 6 mm
Material de la malla	Hierro estructural
Perfil en sección L (cm)	25 x 25 x 3 - 38 x 38 x 5
Geometría de lámina de malla	Angular, cuadrada o circunferencial
Consideración adicionales	Resistencia a la corrosión
Distancia radial entre guarda - polea	7 a 10 cm más que el diámetro de las poleas

En base a la tabla 53, se tiene que las dimensiones de la guarda son muy grades, por lo que la distancia radial entre polea y guarda no tomara en cuenta el valor de 7 a 10cm, se lo cambiara por un valor de 4 cm, con el objetivo de que toda la guarda sea pequeña y desmontable en su totalidad. Para la determinación del espesor de la malla se utilizará

laminas perforadas disponibles en el mercado para esta aplicación, tal como se muestra en el ANEXO XXI.



Figura 40. Guarda para el molino de pines.

Calculo de la viga que soporta al motor

Para el cálculo de la viga que soporta a motor del molino, primero se tiene que identificar bajo que cargas va estar sometido los ángulos que funcionan como soporte. Para la determinación del ángulo de inclinación de las fuerzas P1 y P2 se utilizó dimensiones geométricas, con lo que se estimó un ángulo $\phi=8.62$ para P1 y $\alpha=0.74$ para P2. Cabe mencionar que P1 es el lado tenso y P2 es el lado flojo de la banda. La masa del motor es de 22.3Kg con lo que el peso es de 223N, pero como esta soportado por dos ángulos, se divide el peso para dos, con lo que 115N son aplicados en cada angulo.

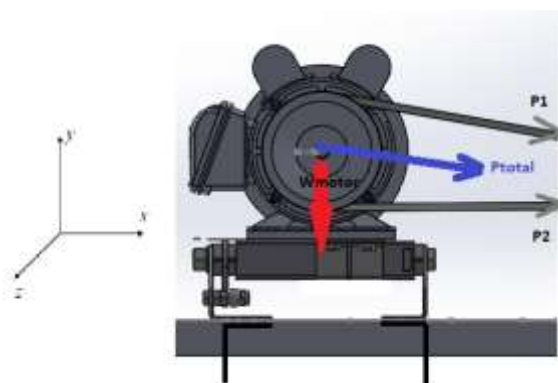


Figura 41. Fuerzas que sobre el soporte del motor.

Calculo de reacciones y momentos que actúan sobre los ángulos

$$\Sigma F_x = P_{total}x$$

$$P_{totalx} = P_1 \cos(\varnothing) + P_2 \cos(\alpha)$$

$$P_{totalx} = 151.1 \cos(8.62) + 30.3 \cos(0.74)$$

$$P_{totalx} = 180.09 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = P_{totaly}$$

$$P_{totaly} = P_1 \sin(\varnothing) + P_2 \sin(\alpha)$$

$$P_{totaly} = 151.1 \sin(8.62) + 30.3 \sin(0.74)$$

$$P_{totaly} = 22.24 \text{ N}$$

$$\Sigma M_y = M_y$$

$$P_{totaly} * \text{Altura}_{\text{base-centro de polea}} = M_y$$

$$M_y = 180.09 \text{ N} * 188.8 \text{ mm}$$

$$M_y = 34015.39 \text{ N mm}$$

$$\Sigma M_x = M_x$$

$$P_{totalx} * L_{\text{centro de viga en eje z}} = M_x$$

$$M_x = 22.24 \text{ N} * 210 \text{ mm}$$

$$M_x = 4670.4 \text{ N mm}$$

Obteniéndose que el lado izquierdo del motor es el elemento más crítico debido a los momentos M_x , M_y y el peso del motor, con lo que el diagrama del cuerpo libre de este lado es el mostrado en la figura 42. Obteniéndose así un caso de una viga hiperestática, por lo que para su solución se utilizara el método de los tres momentos.

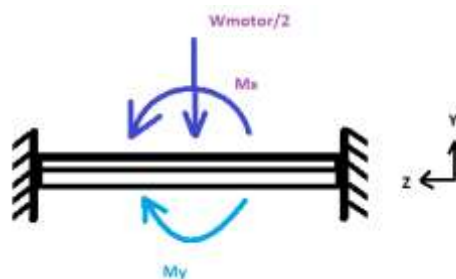


Figura 42. DCL de ángulo crítico que soporta al motor.

Calculo para el plano YZ



Figura 43. Fuerzas que actúan en el plano YZ.

Usando el método de los tres momentos, la figura 44 que representa el problema actual, puede ser remplazada por el siguiente modelo equivalente con respecto a la carga $W_{motor}/2$ y el M_x , todo esto en el plano YZ

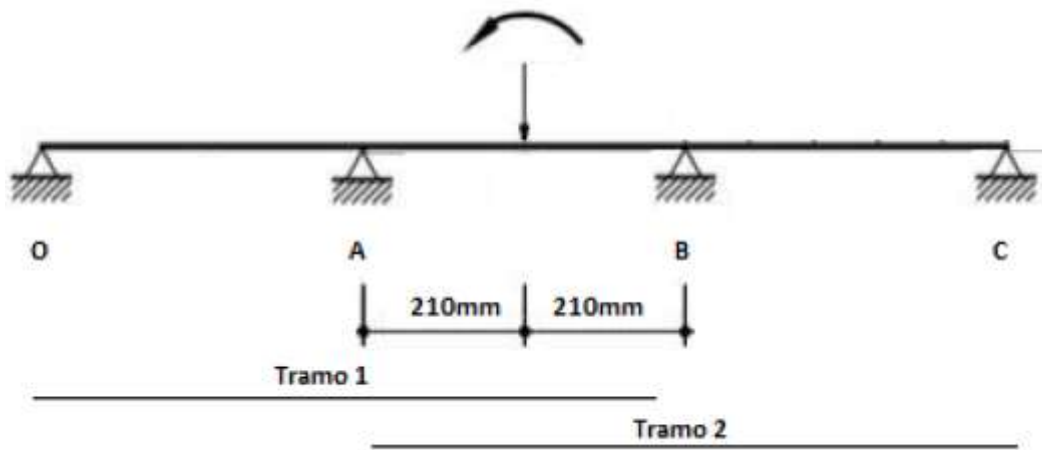


Figura 44. Tramos equivalentes para la viga hiperestática.

Carga para el tramo 1 y 2 en el plano YZ

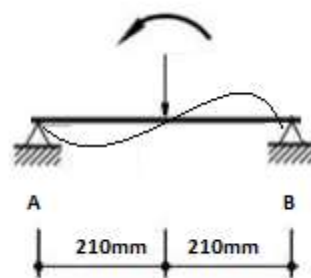


Figura 45. Elástica en el tramo 1.

Ángulos de giro

Para la solución de este problema en el plano YZ, se tiene los ángulos de giro son distintos en el extremo izquierdo y derecho por lo que se debe calcular cada uno de estos casos, usando los radios de giro según cada caso con expuesto en el ANEXO XXII.

Para el lado en A (lado izquierdo) se tiene que

$$\theta = \theta_{Carga} + \theta_{Momento}$$

$$\theta = \frac{P l^2}{16} + \frac{M l}{24}$$

$$\theta = \frac{P l^2}{16} + \frac{M l}{24}$$

$$\theta = \frac{0.1115 (420)^2}{16} + \frac{4.670 (420)}{24}$$

$$\theta = 1311.014$$

Para el lado en B (lado derecho) se tiene que:

$$\theta = \theta_{Carga} - \theta_{Momento}$$

$$\theta = \frac{P l^2}{16} + \frac{M l}{24}$$

$$\theta = \frac{P l^2}{16} + \frac{M l}{24}$$

$$\theta = \frac{0.1115 (420)^2}{16} - \frac{4.670 (420)}{24}$$

$$\theta = 1147.456$$

Usando la figura 44, se iniciará con la solución del Tramo 1, aplicando la ecuación 25.

$$m_i L_i + 2M(L_i + L_d) + M_d L_d = -6(\theta_i + \theta_d)$$

Ecuación 25. Ecuación de los tres momentos.

Analizando el tramo 1, los datos de utilizarse son los de la tabla 55.

Tabla 54. Datos para la solución del tramo 1.

Li	0	M	MA	θi	0
Ld	420 mm	Md	MB	θd	1311.014

Obteniéndose la siguiente ecuación:

$$840 MA + 420 MB = -7866.084$$

Usando la figura 47, se iniciará con la solución del Tramo 2, aplicando la ecuación 25, usando los siguientes datos de entrada presentes en la tabla 56.

Tabla 55. Datos para la solución del tramo 2.

Li	420	Mi	MA	θi	1147.456
Ld	0 mm	M	MB	θd	0

Obteniéndose la siguiente ecuación:

$$420 MA + 840 MB = -6885.276$$

Solucionando las ecuaciones (1) y (2), se tiene que:

$$MA = -7.021 \text{ kNmm y } MB = -4.68$$

Calculo de reacciones por carga

$$\Sigma MA = 0$$

$$RB(420) - 0.1115(420) + 4.6704 = 0$$

$$RB = 0.0446 \text{ kN}$$

Calculo de reacciones por momentos hiperestáticos

$$RA', RB' = \pm \left(\frac{Mi - Md}{L} \right)$$

$$RA', RB' = \pm \left(\frac{(-7.021) - (-4.686)}{420} \right)$$

$$RA' (\text{izquierdo}) = +0.00555$$

$$RB' (\text{derecho}) = -0.00555$$

Calculando las reacciones totales se obtuvieron los siguientes resultados en la tabla 57, para luego graficar los cortantes y momentos en este plano.

Tabla 56. Resultado de momentos y reacciones en la viga hiperestática.

	A	B
Momentos	-7.021	4.686
	A	B
Reacción por carga	0.06687	0.04463

Reacción ' por momentos hiperestáticos	+0.0055	-0.0055
Reacción total	0.0724	0.039

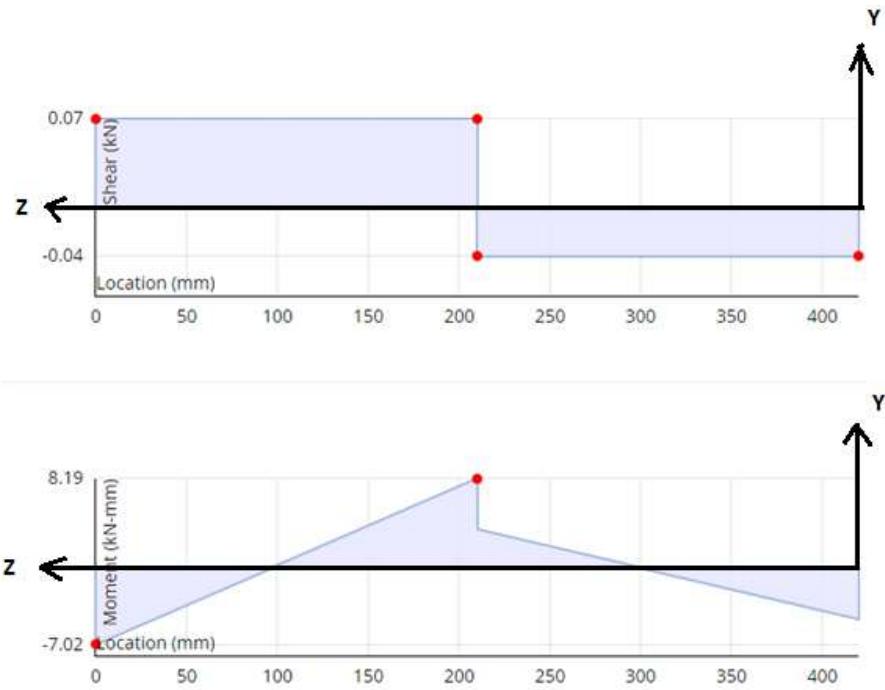


Figura 46. Diagrama de corte y momento plano YZ

Calculo para el plano XZ

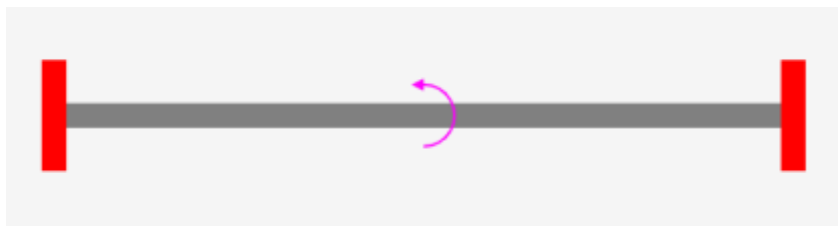


Figura 47. Fuerzas que actúan en el plano XZ.

Para el caso en el plano XZ, solo basta utilizar las formulas del ANEXO XXIII, con lo que se obtiene los siguientes gráficos de cortantes y momentos para este plano.

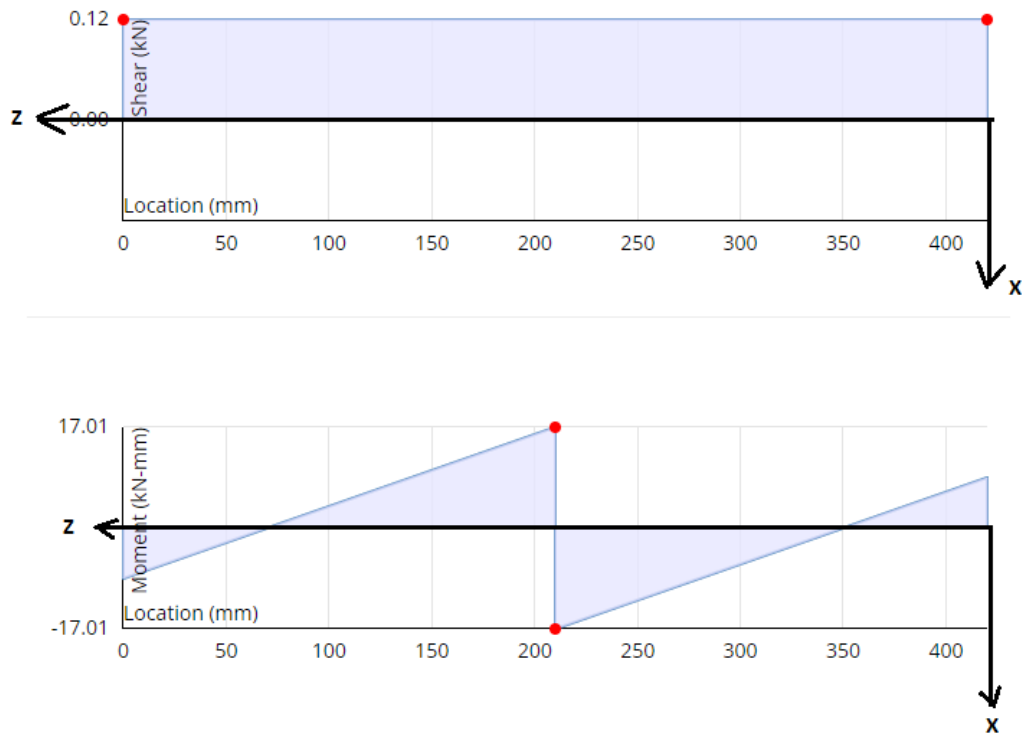


Figura 48. Diagrama de corte y momento para el plano XZ.

Obteniéndose que el punto crítico es debido a los momentos generados que están en el plano XY y el plano XZ, luego se pasa a identificar las secciones críticas bajo las cuales están cada cara del ángulo, tal cual como se muestra en la figura 49.

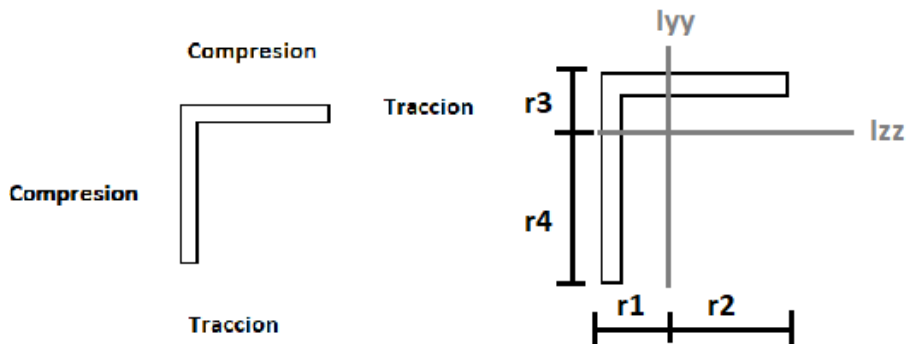


Figura 49. Radios de giro en el ángulo.

Calculo del radio de giro del ángulo en L

Este cálculo tiene como objetivo identificar el radio de giro y momentos de inercia, los cuales permitirán la combinación de esfuerzos presente en las distintas caras del ángulo.

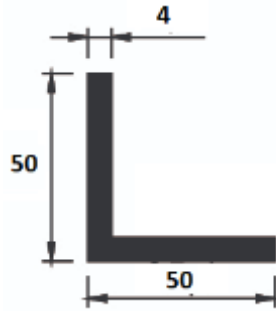


Figura 50. Dimensiones del perfil critico que soporta al motor.

Tabla 57. Calculo del centroide para el Angulo seleccionado

Elemento	Área (mm ²)	Y _i (mm)	A _i Y _i (mm ³)
1	200	2	400
2	184	27	4968
ΣA	384mm ²	ΣA _i Y _i	5368 mm ³

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{x}_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Ecuación 26. Centroide

$$\bar{X} = 13.98 \text{ mm}$$

Calculo del momento de inercia

$$I_{yy} = \Sigma(I + Ad^2)$$

Ecuación 27. Teorema de Steiner.

$$I_{yy} = \left[\left(\frac{50 * 4^3}{12} \right) + (200)(13.98 - 2)^2 \right] + \left[\left(\frac{4 * 46^3}{12} \right) + (184)(36.02 - 23)^2 \right]$$

$$I_{yy} = 92607.82 \text{ mm}^4$$

De la misma manera se procede a calcular el radio de giro en Z y el momento de inercia en el eje z (I_{zz}), obteniéndose que $r_z=13.98$ y I_{zz} es de 96607.82 mm^4 . Una vez obtenido los radios de giro y momentos de inercias, se pasa a los cálculos de esfuerzos para las aristas críticas, con la ecuación 29, obteniéndose los resultados en la tabla 58.

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I}$$

Ecuación 28. Esfuerzo por flexión.

Tabla 58. Esfuerzo de compresión y tracción en el plano YZ, XZ.

Plano	Compresión	Tracción
YZ	2.56 Mpa	6.61 Mpa
XZ	1.24 Mpa	3.18 Mpa

Calculo de esfuerzos combinado

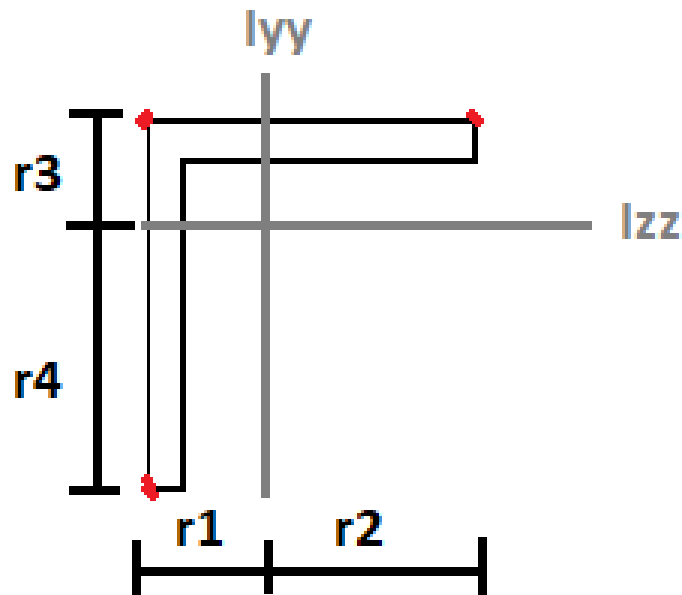


Figura 51. Momentos de inercia y radios de giro.

Para el cálculo de esfuerzos combinados se realiza en los puntos más críticos del ángulo, que en este caso son las aristas de color rojo, para luego pasar a utilizar Von Mises y el valor del límite a la fluencia del material del ángulo, con el objetivo de obtener el factor de seguridad, tal como se detalla en la tabla 59.

Tabla 59. Resultado de esfuerzos combinados en el perfil ángulo.

Arista	σ' von Mises	Sy A36 MPa	n
Tracción - Compresión	6.08	250	41.07

Compresión - Compresión	2.217	250	112.74
Compresión - Tracción	2.919	250	85.62

Calculo de pernos para la base del motor

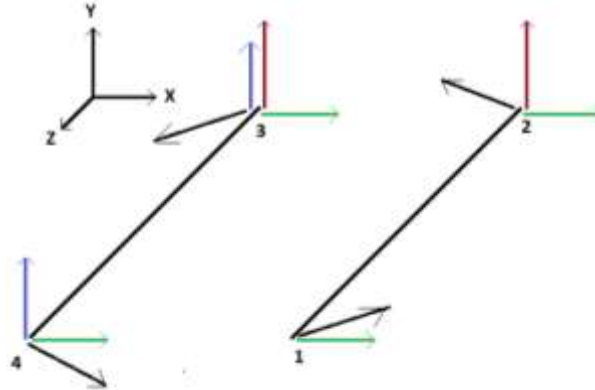


Figura 52. Cargas que actúan en cada perno.

La fuerza generada por la tensión en la polea motriz, generan un momento en el eje y, un momento en el eje z, un momento en el eje x y un cortante en la dirección del eje X, dichas carga son transportadas al centro de la base, luego mediante un análisis se determina que existe un caso crítico en el lado izquierdo que agarra al motor a la base, tal como se muestra en la figura 52, dicho elemento está sometido a cargas de tracción, otra tracción por otro momento, una carga cortante y un cortante producido por un momento, por lo que el análisis se dividirá en dos casos, un análisis para el corte y otro análisis para la tracción.

Análisis para el corte en el plano XZ.

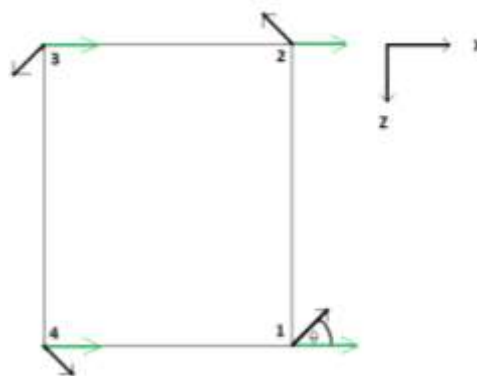


Figura 53. Cortantes en el plano XZ para los pernos

En este plano se analiza el cortante y el cortante generado por el momento, con lo cual existen cuatro casos en el plano XZ, a continuación, se presenta como ejemplo el análisis del caso uno.

En la tabla 60, se presenta un resumen todos los casos analizados en este plano. A continuación, se realiza la suma total vectorial en el eje X y el eje Z, para el caso 1.

Sumatoria en el eje X para el caso 1:

$$F1x = FA + Fcos$$

$$F1x = 45,0225 + 76,43\text{Cos}(46,69)$$

$$= 97,446\text{Nmm}$$

Sumatoria en el eje Y para el caso 2

$$F1y = 76,43\text{Sen}(46,69) = 55,6145$$

Tabla 60. Cortantes en el plano XZ

Casos	Fx (N)	Fz(N)	F.Total
Caso 1	93.81	51.76	107.14
Caso 2	-3.76	51.76	56.10
Caso 3	-3.76	-51.76	56,10
Caso 4	93.81	-51.76	107.14

Obteniéndose que los casos más críticos son para el caso 1 y 4, todo esto por cortante. Para el cálculo para esta sección, asumirá un perno M10x1.5 de Acero bajo o medio carbono perno grado 4,8, además se tendrá en cuenta que el espesor de las dos placas que sujetan al motor son de 4mm y son de acero. Utilizando el ANEXO XXIV, se asume un perno con de paso grueso, con lo que se obtiene A_t que es el esfuerzo de tensión la cual es de 50 mm² y el A_r que es el área del diámetro menor tendrán un valor de 52.3mm². Usando el ANEXO XXV, se tiene que la altura del perno es de 8.4mm. El análisis se hace para los pernos críticos 1 y 4, los cuales están a corte máximos en el plano XZ.

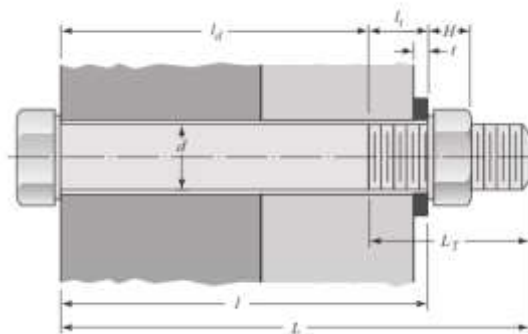


Figura 54. Esquema de una conexión con un perno. [43]

Para la longitud aproximada del perno se toma en cuenta la longitud del perno, la longitud de altura de la altura de la tuerca, el espesor de la arandela y 2 mm adicionales para la salida de rosca del perno, obteniéndose que:

$$L = L_{placa-placa} + L_{altura\ tuerca} + L_{arandela} + L_{salida\ de\ rosca}$$

$$L = 8 + 8.4 + 2.8 + 2$$

$$L = 21.2\ mm$$

Una vez establecido la longitud del perno, se verifica la longitud disponible usando el ANEXO XXVI, con lo que se tiene que $L=28\text{mm}$. Como el perno es un M10 y la longitud del perno es menor a 125 mm, se utiliza la ecuación

$$LT = 2d + 6\text{mm} \quad L \leq 125\text{mm}, d \leq 48\text{mm}$$

$$LT = 2(10) + 6\text{mm}$$

$$LT = 26\ \text{mm}$$

Una vez determinado LT, se puede determinar la longitud de la parte sin rosca en agarre:

$$ld = L - LT$$

$$ld = 28 - 26$$

$$ld = 2\ \text{mm}$$

Como $ld=2$, se tiene que $ld <$ longitud de ambas placas que agarran a la base del motor, se debe utilizar A_r para el cálculo del esfuerzo por cortante y también se debe analizar esfuerzo por aplastamiento, con lo que:

Esfuerzo por cortante

$$\tau = \frac{F}{A_r}$$

$$\tau = \frac{107.14\text{N}}{52,3\text{mm}^2}$$

$$\tau = 2,04\text{MPa}$$

Área de aplastamiento

$$A_p = (t)(d)$$

$$A_p = (4)(10)$$

$$A_p = 40 \text{ mm}^2$$

Esfuerzo por aplastamiento

$$\sigma_{ap} = \frac{F_{total}}{A_p}$$

$$\sigma = \frac{107.14 \text{ N}}{40 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma = 2,67 \text{ MPa}$$

Se tiene que $\sigma_b > \tau_{max}$

Factor de seguridad

Una vez que se tiene bajo esfuerzo puede fallar el perno, se decide sacar el factor de seguridad para el esfuerzo de aplastamiento, con lo que se obtiene que para un perno M10 de acero de bajo contenido de carbono o medio de grado 4.8, usando el ANEXO XVII se tiene que el S_y es de 340 Mpa.

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{ap}}$$

$$n = \frac{340}{2.67}$$

$$n = 127.34$$

Análisis para la tracción en el eje y

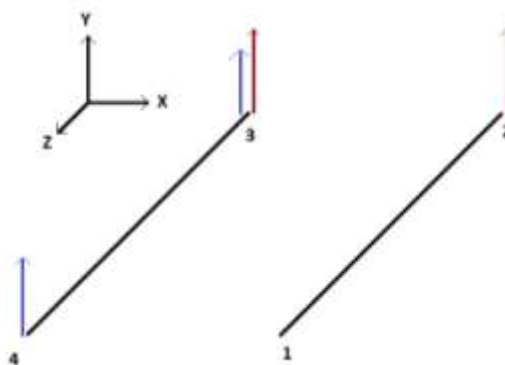


Figura 55. Pernos a tracción.

Para este análisis se consideran los mismos parámetros tomados para el cálculo anterior, usando el ANEXO XXVII, se tiene que la resistencia de prueba mínima es de 310 Mpa ($S_p=310 \text{ Mpa}$), la resistencia mínima a la tensión es de 420 Mpa ($S_{ut}=420 \text{ Mpa}$) y que la resistencia mínima a la fluencia es de 340 Mpa ($S_y=340 \text{ Mpa}$).

Determinación de precarga recomendada

Para la determinación de la precarga se usará como opción, que la conexión se reutilizable, por lo que:

$$F_i = 0,75F_p$$

$$F_i = 0,75 A_t \cdot s_p$$

$$F_i = 0,75 \cdot (58\text{mm}^2)(310)$$

$$F_i = 13485 \text{ N}$$

Luego usando el ANEXO XXVIII se define la condición del perno, con lo que $K=0.30$ “, es decir será un perno sin recubrimiento, acabado negro. Además, se debe recordar que $L_T=26$ mm, $l_d=2$ mm, $L=28$ mm, con lo que:

Se determina la torsión para precarga

$$T = K \cdot F_i \cdot d$$

$$T = 0,30 \cdot (13485,0)(10)$$

$$T = 240455 \text{ Nmm}$$

Determinación de la longitud de la parte roscada en agarre

$$l_t = l - l_d$$

$$l_t = 10.8 - 2$$

$$l_d = 8.8 \text{ mm}$$

Determinación del área del diámetro mayor

$$A_d = \frac{\pi(d)^2}{4}$$

$$A_d = \frac{\pi(10)^2}{4}$$

$$A_d = 78,53\text{mm}^2$$

Ahora se procede a determinar de la rigidez de la unión, con lo que se tiene que:

Determinación de la rigidez de la parte roscada

$$K_b = \frac{A_d \cdot A_t \cdot E}{A_d \cdot l_t + A_t \cdot l_d}$$

$$Kb = \frac{(78,54)(58)(207)}{(78,54)(8.8) + (58)(2)}$$

$$Kb = 1168244.94 \frac{N}{mm}$$

Como ambas placas que agarran al motor a la mesa y además ambos son hechos de material de acero, se puede calcular directamente a rigidez del elemento con más sencillez.

Determinación de la rigidez del elemento

$$Km = \frac{0,5774 \cdot \pi \cdot Ed}{2 \ln \left(5 \frac{0,5774l + 0,5d}{0,5774l + 2,5d} \right)}$$

$$Km = \frac{0,5774 \cdot \pi (207)(10)}{2 \ln \left(5 \cdot \frac{0,5774 \cdot (10.8) + 0,5(10)}{0,5774(10.8) + 2,5(10)} \right)}$$

$$Km = 3198453.26 \text{ N/mm}$$

Determinación de la fracción de la carga externa P soportada por el perno

$$C = \frac{kb}{kb + km}$$

$$c = 0.26$$

Determinación de la tracción en el perno crítico

$$P = \frac{Ptraccion}{\#pernos}$$

$$P = \frac{225.79}{1}$$

$$P = 225.79N$$

Factor de seguridad contra la fluencia

$$np = \frac{Sp \cdot At}{CP + Fi}$$

$$np = \frac{(310)(58)}{(0,26)(225.79) + 13485}$$

$$np = 1,32$$

Factor de seguridad contra la sobrecarga

$$nl = \frac{Sp * At - Fi}{CP}$$

$$nl = \frac{310 * 58 - 13485}{0.26 * 225.79}$$

$$nl = 76.56$$

Factor de seguridad contra la separación

$$no = \frac{Fi}{P(1 - C)}$$

$$no = \frac{13485}{225.79(1 - 0.26)}$$

$$no = 80.70$$

Calculo y selección de elementos para el sistema eléctrico

Selección de elementos eléctricos para un molino de pines

Para el encendido de una máquina que utilice un motor, como es el caso de este molino de pines, se requieren varios dispositivos que garantice el funcionamiento junto la protección para el motor y el usuario. Para el presente proyecto de integración curricular se asume que la instalación eléctrica del sitio donde se usara este molino tiene los dispositivos de protección necesarios como el adecuado interruptor termomagnético e interruptor diferencial los cuales garantizaran la protección de la instalación eléctrica y la vida de las personas, brevemente se hará una descripción rápida de estos dispositivos asumidos.

Interruptor diferencial

Es un dispositivo encargado para la protección humana, el cual se activa de manera instantánea cortando el flujo eléctrico ante la presencia de corrientes de fuga por contacto directo o indirecto.

La corriente nominal del diferencial debe ser mayor que la del termomagnético, algo también a tomar en cuenta en este dispositivo es el nivel de sensibilidad (corriente de corte) que es aquel nivel de corriente de fuga a la cual el dispositivo salta, por ejemplo, en una casa la corriente de corte es de 0.01A (10mA) y 0.03A (30mA).

Breaker, interruptor termomagnético o disyuntor magnetotérmico

Este es un dispositivo de protección para una instalación eléctrica, el cual está encargado de desconectar la fuente de alimentación durante una sobrecarga o cortocircuito. El cálculo para la selección de este dispositivo debe ser adecuado para permitir que la corriente de arranque del motor no haga saltar el breaker.

Una vez mencionado los dispositivos asumidos que debería tener la instalación eléctrica, se procede a seleccionar los elementos necesarios que se utilizaran para el encendido y apagado del motor, para lo cual se tomaron en cuenta los siguientes elementos, el cable eléctrico, dispositivos para el circuito de control o mando y el circuito de fuerza o potencia.

Cable conductor

Los cables de alimentación de un motor es un elemento muy importante, puesto que deben soportan la corriente de plena carga, cualquier sobrecarga durante el funcionamiento y la corriente de arranque. La corriente de plena carga es la corriente que va al motor cuando este alcanza la potencia nominal, mientras que la corriente de arranque es la corriente que fluye hacia el motor cuando se da el arranque, cuya magnitud es de 6 a 7 veces la corriente en plena carga, dura milisegundos en motores pequeños, este tiempo puede alcanzar los minutos en motores grandes y de la inercia que tenga que vencer. [52]

Para el cálculo del diámetro del alambre conductor se procederá a utilizar las siguientes ecuaciones que me permitirán determinar la corriente nominal del motor.

$$P_e = \frac{P_m}{n}$$

Ecuación 29. Potencia eléctrica en el motor

Donde:

Pe es la potencia eléctrica consumida en Watt

Pm es la potencia mecánica en el eje en hp

n es la eficiencia del motor

$$P_m = 2hp * \frac{745.7W}{1hp}$$

$$P_m = 1491.4 [W]$$

$$P_e = \frac{P_m}{n}$$

$$P_e = \frac{1491.4}{0.781}$$

$$P_e = 1909.6 [W]$$

$$P_e = IxVxCos\phi$$

Ecuación 30. Potencia eléctrica consumida por el motor.

Donde:

Pe es la potencia eléctrica consumida (W)

I es la corriente nominal (A)

V es la tensión (V)

Cos ϕ es el factor de potencia

$$I = \frac{P_e}{VxCos\phi}$$

$$I = \frac{1909.6}{115x0.78}$$

$$I = 21.28 [A]$$

La corriente nominal del motor que se usara en el presente proyecto es de 21 amperios, cabe mencionar que a esta corriente nominal se le agregar un 25%, con el objetivo de cubrir el pico de arranque o sobrecarga, con lo que la corriente es de 26.25 amperios, con este valor se busca el número de cable en el ANEXO XXIX, obteniéndose los siguientes resultados en la tabla 61. Cabe mencionar que el número de alambre elegido estará en función del contactor disponible en el mercado.

Tabla 61. Resultado de numero de cable para el motor.

Voltaje de Alimentación [V]	Corriente nominal [A]	125% de la corriente nominal [A]	Numero de cable AWG	Tipo de aislamiento
115	21	26.25	12 (25A) – 10 (35A)	THW
230	10.5	13.12	14 (15A)	TW

Contactor

Este dispositivo es un switch de control eléctrico el cual puede ser monofásico o trifásico, el cual conecta y desconecta las líneas de energía que van hacia la carga, donde para la selección de un contactor adecuado se debe tener en cuenta el voltaje a utilizar por la bobina y que la corriente del contactor debe ser mayor a la corriente servicio del motor, obteniéndose así que el contactor adecuado, en la tabla 62, para más información se recomienda ir al ANEXO XXX. También se determina que el cable eléctrico a utilizarse será un AWG 14.

Tabla 62. Parámetros básicos del contactor seleccionado.

Marca	ABB AF26-30-00-11
Categoría	AC3
Corriente máxima	26 amperios
Tensión en la bobina	20 – 60 VDC / 24-60 VAC
Tensión de control del circuito de potencia	Hasta 220 VCC / Hasta 690 VCA
Numero de polos principales	3
Numero de polos auxiliares	1

3 PRUEBAS, RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Pruebas

El presente tema para el diseño y selección del sistema de potencia y estructura, ha tenido varias etapas para su realización, para la etapa de desarrollo de la casa de la calidad se lo ha realizado mediante la recopilación de la voz del usuario el cual supo manifestar varios requerimientos, como la necesidad de que la maquina ocupe el menor espacio posible, que sea económico, entre otros más requerimientos, los cuales fueron usados y transformados a voz del ingeniero, para luego pasar a obtener la casa de la calidad, tal como se muestra en el ANEXO 1. Además, en base a la misma casa de la calidad se ha logrado establecer las especificaciones básicas para este molino, las cuales están en la Tabla 6.

Por otro lado, para el establecimiento de la estructura funcional y modular, se reconoció las funciones principales que debe cumplir el molino para su funcionamiento, lo cual fue útil para reconocer más sub funciones las cuales forman parte de estos mismos subsistemas principales, datos con los cuales se logró obtener una estructura funcional y modular desde el nivel 0, hasta una estructura funcional del nivel 2 lo cual se refleja desde la Figura 22 hasta la Figura 24.

Para el análisis de las alternativas de solución, se procedió a establecer distintas formas de solución para cada módulo que conformaría el molino de pines, logrando analizar las ventajas y desventajas de cada uno de estas soluciones, tal como se muestra en la Tabla 7, la cual fue útil aplicar varias matrices de criterios ponderados para cada módulo, logrando así establecer la mejor solución posible para cada una de ellas, las cuales luego formarían parte de la mejor solución global para el diseño del molino de pines, la cual se refleja en la Tabla 40.

Para la obtención de la potencia necesaria para el molino de pines se buscó mucha información bibliográfica primarias con el objetivo de poner obtener información segura, con lo que se logró obtener la ecuación 4, la cual permitió calcular la potencia del molino de pines tomando en cuenta varios factores como la velocidad de alimentación, índice de trabajo, tamaño del material a moler a la entrada, salida del molino, junto con el tamaño deseado de molienda, obteniéndose así la potencia de 2HP para el motor. Luego se pasó al desarrollo del cálculo para el sistema de transmisión seleccionado, para lo cual se usó el catálogo de la compañía INTERMEC, pudiendo así establecer varios parámetros

necesarios como la determinación del diámetro mínimo para el sistema de poleas, el cual tomaba en cuenta un factor de potencia, para así determinar la potencia de diseño la cual es útil para seleccionar el tipo de perfil de correa o banda, la cual fue una banda 3V, además se estableció una relación de transmisión de 1 a 2 para así obtener una velocidad de más de 3500 rpm, todo esto con el objetivo de llegar a valores de velocidad similares en molinos de 2 a 3 HP, con lo que también se obtuvo que el diámetro de la polea conducida es de 67 mm, además se utilizando el catálogo de la misma compañía se logró obtener la distancia mínima entre centros para ambas poleas, la longitud de la correa, junto con la capacidad de transmisión en hp por cada canal de polea, el material del adecuado según la velocidad lineal del presente caso, otro aspecto importante para la determinación de las poleas es la geometría del canal según el tipo de banda y diámetro efectivo de la polea, la cual se obtuvo en [36]. Además, se determinó la tensión en el lado flojo y tenso de la polea en base a la información brindada por los catálogos de la compañía RODAVIGO junto con la información en [35], Luego se pasó a determinar las fuerzas de tensión que actúa en el eje conducido, las cuales fueron descompuesta vectorialmente con el objetivo de brindar esta información para el diseño del eje para mi otro compañero. Una vez determinado el diámetro del eje por mi compañero, se procedió a calcular el chaveta para el eje conducido, analizando los dos casos de falla más común como falla a corte y aplastamiento, pudiendo así determinar la longitud mínima de la chaveta y además se comprobó la sección transversal de la chaveta en el eje motriz junto con su longitud.

Otro componente esencial para el molino de pines es la mesa que soportara a todos los componentes que conforman este molino, para lo cual se estableció la altura de la mesa, la geometría del tipo de junto más resistente, el material adecuado en base a la norma AWS D14.1/D14.1M la cual es una norma para molinos, grúas y equipos de manejo para materiales. Además usando la misma norma se estableció el tipo de electrodo adecuado según el material seleccionado, el cual fue un electrodo de la serie E60xx, donde la el establecimiento de los dos últimos dígitos de este electrodo se utilizó la nomenclatura de la dad por la AWS, obteniéndose así un electrodo E6011 para SMAW, para el diámetro del electrodo se utilizo [47], lo cual permitió establecer los diámetros necesarios de electrodos para este proyecto. Además, se realizaron cálculos para el lado que soporta al motor. Otro componente designado fue el diseño de las guardas de seguridad, para lo cual se usó la norma B11.19 estableciéndose así varios parámetros presentados en la Tabla 54, con lo que se pudo modelar esta guarda de seguridad.

Para el componente eléctrico se definió el tipo de cometida eléctrica a la cual deberá conectarse el molino, con el objetivo de brindar seguridad al usuario y la máquina, además

se estableció el tipo de arranque para el motor, el calibre de alambre adecuado, el modelo del contactor, junto con su respectivo diagrama de conexión para el circuito de fuerza control. Finalmente se logro generar los planos de taller, conjunto y montaje del componente respetivo enfocado al diseño para el presente documento.

3.2 Resultados

En la presente sección se presentan todos los resultados obtenidos para el Diseño y Selección del sistema de potencia, eléctrico, estructura y guardas de seguridad.

Comparación de la potencia del motor requerida

La potencia calculada para el presente proyecto de molino de pines, se lo realizo tomando en cuenta varias consideraciones presentadas en la sección de potencia requerida para molino de pines, la cual fue comparada, con modelos de molinos de pines de la misma capacidad, tal como se presenta en la tabla 63.

Tabla 63. Comparación de resultados 1

Parámetros	Calculado	Mercado actual
Potencia	1.09 HP	2 a 3HP
Motor	2HP	2HP
Velocidad	3525 rpm	3500 rpm
Tamaño de material molido	0.080mm	0.149 – 0.074mm

Comparación para el sistema de transmisión

Una vez realizado los cálculos para el sistema de trasmisión por poleas, en base a ciertas recomendaciones dadas por varios fabricantes, se lo sometió a un análisis comparativo con respecto a una calculadora para sistemas de trasmisión, obteniéndose los siguientes resultados mostrados en la tabla figura 56.

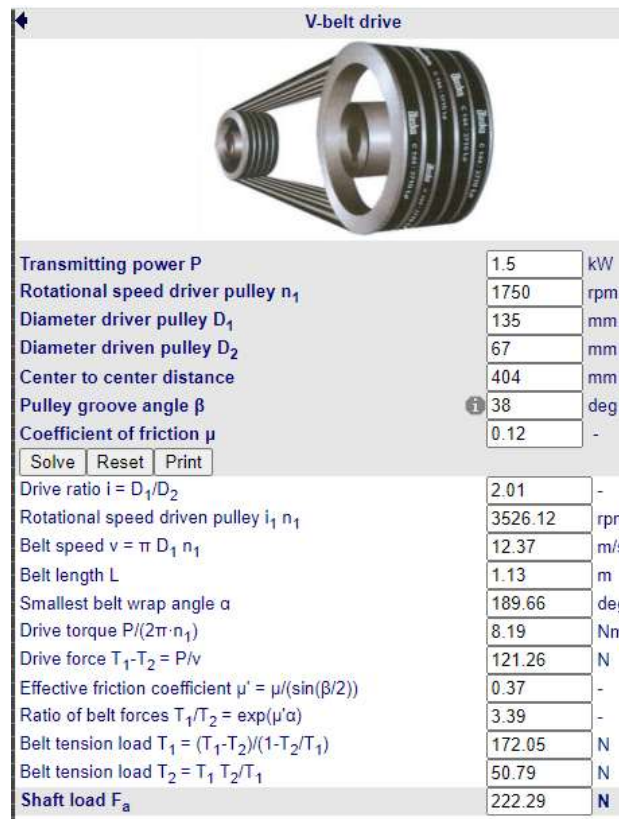


Figura 56. Resultados obtenidos con calculadora de poleas.[53]

Para una mejor comprensión de los cálculos realizados y obtenidos por la calculadora hasta ahora se recomienda revisar la tabla 47 y la tabla 48, donde se puede ver la gran mayoría de datos calculados son correctos y solo existe una pequeña variación con respecto al lado tenso y lado flojo de la banda.

La variación obtenida con respecto al cálculo del lado tenso y flojo se debe a que la apertura de la banda en la polea conducida no es 180 grados para poder utilizar la relación de tensión de 5 a 1, pues el ángulo de apertura en la polea conducida es de 170.36 grados, además existe un error del 13% para el lado tenso, mientras que para el lado flojo es de alrededor del 67%, cabe mencionar que estos valores varían debido a coeficiente de fricción tomado para calcularlo en la calculadora en línea.

Tabla 64. Datos de entrada para el cálculo de la tensión de la banda.

Datos de entrada	Resultado calculado	Resultado calculadora
Tipo de banda	3V	V
Potencia de transmisión (kW)	1.5	1.5
n motriz (rpm)	1750	1750
Ø conducido (mm)	67	67
Ø motriz (mm)	135	135
C distancia entre centros (mm)	404	404
Angulo de ranura (grados)	38	38
Coeficiente de fricción	ninguno	0.12

Tabla 65. Resultados obtenidos para varios parámetros de la banda.

Resultados	Calculado	Calculadora
Relación de transmisión	1:2	1:2
n conducido (rpm)	3526.11	3526.12
Velocidad lineal (m/s)	12.37	12.37
Longitud de banda (m)	1.128	1.13
Angulo de apertura motriz (grados)	189.64	189.66
Torque motriz del motor (N)	8.135	8.19
Tensión 1 en banda (N)	151.49	172.05
Tensión 2 en banda (N)	30.29	50.79

Comparación de la longitud de la chaveta conducida.

Para la validación del cálculo de la longitud de la chaveta conducida, Se lo comparó con valores obtenidos por una calculadora para chavetas, con lo que se obtuvo los mismos resultados mostrados en la Tabla 66.

Tabla 66. Comparación de resultados 3.

Parámetros	Calculado	Calculadora
Base de la chaveta (in)	3/16" (4.73mm)	6 mm
Altura de la chaveta (in)	3/16" (4.73mm)	6 mm
Torque (lbf in)	35.75	
Fuerza de corte (lbf)	104	0.45 KN
Longitud contra falla por corte (in)	0.09 (2.41 mm)	
Longitud contra falla por aplastamiento (in)	0.11 (2.78 mm)	

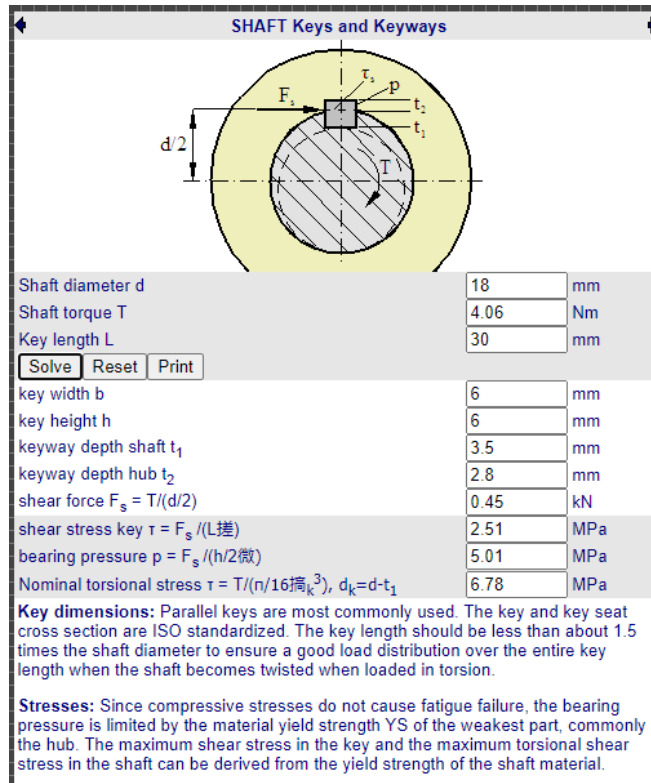


Figura 57. Resultados de calculadora de chavetas. [53]

Comparación de intensidad de corriente para el electrodo para la soldadura del perfil

La intensidad de corriente calculado para el electrodo E6011 cuyo diámetro es de 1/8" para el ángulo de 40x40x3mm fue de 110 amperios, el cual es correcto, ya que en la Tabla 52, se tienen valores de intensidad de corriente según el diámetro del electrodo.

Factor de seguridad para la viga crítica que soporta al motor

Los valores obtenidos para el factor de seguridad de este elemento son de 41.07, 112.74 y 85.62, estos valores son altos, lo cual garantiza que el elemento soportara el peso del motor, junto con las tensiones producidas por el lado tenso y lado flojo de la banda, permitiendo así que el molino funcione correctamente.

Resultados obtenidos para el sistema eléctrico del molino

Una vez seleccionados los componentes principales se tiene que el circuito de control estará compuesto por un pulsador de start, stop, junto una lámpara de señalización que indicara el encendido y apagado del molino, mientras que el circuito de fuerza está conformado por el breaker, el contactor, y cables, con lo que se puede obtener esquema

del circuito a utilizarse, usando el programa CADe SIMU se procedió a simular el funcionamiento del motor monofásico con el circuito propuesto, Obteniéndose que al presionar Start el motor entra en funcionamiento y al presionar STOP el foco de señalización se apaga junto con el motor

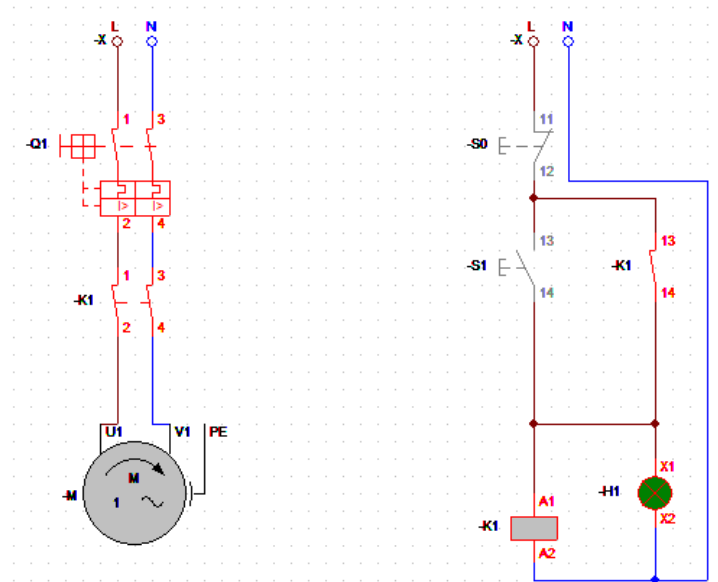


Figura 58. Circuito de fuerza y control para el molino de pines.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El desarrollo de la ingeniería para el diseño de un molino de pines en el país si es viable, debido existe gran cantidad información disponible en la red.
- La estructura funcional y modular de un molino de pines básico está conformado por 5 módulos principales, como el sistema de alimentación, sistema de transmisión de potencia, sistema de molienda, sistema de tamizado y sistema de descarga, los cuales permiten cumplir con la funcionalidad básica de esta máquina.
- La potencia más baja para un molino de pines es de 2HP, potencia con la cual se puede alcanzar una velocidad máxima de 3526.12 rpm en la cámara de molienda, potencia con la cual también se logra alcanzar tamaños de partícula de hasta 0.08mm, todo esto tomando en cuenta el diámetro mínimo para la polea en el sistema de transmisión de potencia y velocidad.

- Para la construcción de una mesa para el molino de pines el cual sea económico, el cuerpo del bastidor usara perfiles angulares de 40x40x3 de acero ASTM A36, junto con soldadura SMAW con electrodos E6011 de 1/8" con amperaje de aproximado de 110A.
- Toda guarda de seguridad se debe cumplir normas mínimas, tales como que su estructura sea resistente, además tendrá un mallado el cual deberá tener un espaciado mínimo menor o igual de 6mm lo cual permitirá precautelar la vida y hasta evitar accidentes de los usuarios.
- En el mercado existen muchas máquinas que no cumplen con los estándares mínimos de seguridad y que a pesar de ello se comercializan.
- El desarrollo para la selección del sistema eléctrico y mecánico de este tipo de molinos está disponible en el mercado nacional, por lo que la construcción de este tipo de maquina es viable

Recomendaciones

- Una vez seleccionado el tipo de motor, se debe constatar que exista el modelo del motor comercialmente en nuestro medio, todo esto con el objetivo de poder realizar el ensamblaje más real del molino, evitando así cambios y redimensionamientos de varios componentes.
- Se debe definir la ubicación definitiva del motor y del sistema de molienda, además se debe tomar en cuenta la longitud del eje de cada uno de estos componentes, para así evitar cambios de perforaciones las cuales sujetarán dichos componentes junto con la guarda de seguridad.
- Debido a que el molino solo presenta la velocidad de 3526.11 rpm en el eje encargado de realizar la molienda, se podría implementar un sistema de cono de poleas para así de esta manera tener varios rangos disponibles de velocidad con el objetivo de poder tener más variedad de tamaño de material molido, quedando así en función de la velocidad de alimentación y velocidad de rotación del disco de pines.
- Antes de realizar cálculos, se debe definir primero todos los componentes que tendrá el molino, para así definir la geometría aproximada que tendrá el molino, todo esto con el objetivo de evitar el recalcu constante de varios elementos

- Durante el modelado de la mesa se debe verificar que el tipo de junta para la unión de los ángulos tenga el corte correcto y el tipo de unión sea el adecuado.
- Se recomienda realizar el estudio de una nueva estructura que permita la reubicación del motor y guardas de seguridad, con el objetivo de ocupar menos espacio.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] L. F. Casado, *Equipos de trituración, molienda y clasificación: tecnología, diseño y aplicación*. Rocas y Minerales, 1999.
- [2] «Desintegración Mecánica de Sólidos Teoría | PDF | Molino (molienda) | Mineral», *Scribd*. <https://es.scribd.com/document/540660263/233149352-Desintegracion-Mecanica-de-Solidos-Teoria> (accedido 24 de diciembre de 2021).
- [3] «Capitulo9.pdf». Accedido: 24 de diciembre de 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.criba.edu.ar/cinetica/solidos/Capitulo9.pdf>
- [4] «Crushing_Handbook.pdf - Metalliferous Mining Processing Crushing Resource Book C R U S H I N G Table of Contents TABLE OF CONTENTS 2 INTRODUCTION TO | Course Hero». <https://www.coursehero.com/file/52726383/Crushing-Handbookpdf/> (accedido 25 de diciembre de 2021).
- [5] N. P. Waganoff, *Trituración, molienda y separación de minerales*. Alsina, 1956.
- [6] «Molino de Bolas, molino de barras, molinos de bolas, molinos de minerales, molono de bola, molino de barra_Zhongxin Maquinaria Industrial Pesada». <https://www.zxcruiser.es/ball-crusher.html> (accedido 7 de enero de 2022).
- [7] «06_Apunte Molienda.pdf». Accedido: 24 de diciembre de 2021. [En línea]. Disponible en: http://materias.fi.uba.ar/7202/MaterialAlumnos/06_Apunte%20Molienda.pdf
- [8] «Molino de Martillos». <https://molinodemartillos.com/> (accedido 7 de enero de 2022).
- [9] «PAXAA Pin Mill-PINPAXX.pdf». Accedido: 30 de diciembre de 2021. [En línea]. Disponible en: <http://paxaa.com/img/userfiles/files/PAXAA%20Pin%20Mill-PINPAXX.pdf>
- [10] «Molino Industrial - 4 modelos UM». <https://www.palamaticprocess.es/maquinas-industriales/molinos-industriales> (accedido 7 de enero de 2022).
- [11] «<https://www.hosokawamicron.es/novedades/publicaciones/conoce-las-5-mejores-tecnologias-de-molienda-utilizadas-en-aplicaciones-industriales.html>». Accedido: 23 de febrero de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.hosokawamicron.es/novedades/publicaciones/conoce-las-5-mejores-tecnologias-de-molienda-utilizadas-en-aplicaciones-industriales.html>
- [12] «Identifying a Pin Mill for Optimal Performance and Minimal Downtime», *powderbulksolids.com*, 21 de marzo de 2018. <https://www.powderbulksolids.com/size-reduction/identifying-pin-mill-optimal-performance-and-minimal-downtime> (accedido 23 de febrero de 2022).
- [13] R.-M. O. Corporation, «Pin Mill», *Mill Powder Tech Solutions*. <https://www.mill.com.tw/en/product/Pin-Mill/19.html> (accedido 17 de febrero de 2022).
- [14] «Mill, Pin Mill - S. Shin Co., Ltd. _ALLMA.NET». https://www.allma.net/en/Pin_Mill-p.2254-pc.99.html (accedido 23 de febrero de 2022).
- [15] «Molinillo De Pimienta Con Certificado Ce, Pulverizador Universal Para Azúcar, Granos De Cacao, Pimienta - Buy Spice Chilli Pepper Grinding Machine With Ce Certificate, Chilli Universal Pulverizer Machine, Chili Spices Cocoa Bean Grinder Machine Product on Alibaba.com».

- https://spanish.alibaba.com/p-detail/chili-1600286864853.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_title.d74f6634XdOFyK&s=p (accedido 23 de febrero de 2022).
- [16] «Molino De Pin De Polvo De Cacao,Alta Calidad - Buy Cocoa Powder Pin Mill,Pin Mill,Powder Pin Mill Product on Alibaba.com». https://spanish.alibaba.com/p-detail/High-60536470353.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_title.d74f6634XdOFyK&s=p (accedido 23 de febrero de 2022).
- [17] «Cacao En Polvo Pin Molino - Buy Mill For Cocoa,China Pin Mill,Powder Sugar Grinding Mill Product on Alibaba.com». https://spanish.alibaba.com/p-detail/cocoa-669044239.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_title.d74f6634XdOFyK (accedido 23 de febrero de 2022).
- [18] P. J. Fellows, *Food Processing Technology: Principles and Practice, Second Edition*. CRC Press, 2000.
- [19] Mayra Pelagio, *Leyes de fragmentación | Molienda*, (24 de septiembre de 2020). Accedido: 7 de enero de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=NULyWGFxDLY>
- [20] «Leyes de molienda», *Wikipedia, la enciclopedia libre*. 22 de febrero de 2021. Accedido: 7 de enero de 2022. [En línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Leyes_de_molienda&oldid=133443885
- [21] «Motor eléctrico», *Wikipedia, la enciclopedia libre*. 25 de noviembre de 2021. Accedido: 7 de enero de 2022. [En línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Motor_el%C3%A9ctrico&oldid=139955372
- [22] <https://www.areatecnologia.com>, «Tipos de Motores Electricos». <https://www.areatecnologia.com/electricidad/tipos-de-motores-electricos.html> (accedido 7 de enero de 2022).
- [23] «Comparación de Motores Eléctricos – MYG Inc Motores Eléctricos». <https://motoresygeneradores.com/comparacion-de-motores-electricos/> (accedido 7 de enero de 2022).
- [24] «TEF | Selección y aplicación de motores eléctricos | Editores». https://www.editores-srl.com.ar/revistas/ie/308/weg_seleccion_aplicacion_motores_electricos (accedido 7 de enero de 2022).
- [25] «WEG-w50-motor-electrico-trifasico-50005368-brochure-spanish-web.pdf». Accedido: 26 de diciembre de 2021. [En línea]. Disponible en: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h1d/h3d/WEG-w50-motor-electrico-trifasico-50005368-brochure-spanish-web.pdf>
- [26] R. L. Mott, *Diseño de elementos de máquinas (4a. ed.)*. Pearson Educación, 2006.
- [27] S. Rifà, «Transmisiones de potencia», *Suministros industriales Rifà*, 21 de julio de 2015. <http://si-rifa.com/blog/transmisiones-de-potencia/> (accedido 26 de diciembre de 2021).
- [28] R. L. Norton, *DISEÑO DE MAQUINARIA*. McGraw-Hill Interamericana de España S.L., 2009.
- [29] «4.4.- Cadenas.» https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contido/44_cadenas.html (accedido 7 de enero de 2022).
- [30] «Aplicación de cadenas de transmisión | Correas, Cadenas, Retenedores y Sellos». http://www.portalelectromecanico.org/CURSOS/correas/aplicacion_de_cadenas_de_transmision.html (accedido 7 de enero de 2022).
- [31] «mts_4036381.pdf». Accedido: 17 de febrero de 2022. [En línea]. Disponible en: https://corp.mts.com/cs/groups/public/documents/library/mts_4036381.pdf
- [32] «OSHAcademy Course 154 Machine Safeguarding: Basic Module 2». <https://www.oshatraining.org/courses/mods/154m2.html> (accedido 17 de febrero de 2022).
- [33] D. D. Lauriski, «MSHA's Guide to Equipment Guarding», p. 40.

- [34] «Asme B15.1-2000 | PDF», *Scribd*. <https://www.scribd.com/document/423858165/ASME-B15-1-2000> (accedido 17 de febrero de 2022).
- [35] B. Molinos Trituradores, Kick, Rittinger, Perry, Green, rolos B., «UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE QUIMICA, ING QUIMICA E ING AGROINDUSTRIAL EAP INGENIERIA AGROINDUSTRIAL OPERACIONES UNITARIAS 1 REDUCCION. - ppt descargar». <https://slideplayer.es/slide/13980570/> (accedido 30 de diciembre de 2021).
- [36] A. Alvarez, «Perry. Manual del ingeniero químico. Tomo II (6a. ed.)», Accedido: 7 de enero de 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/25306420/Perry_Manual_del_ingeniero_qu%C3%83_mico_Tomo_II_6a_ed_
- [37] «Different Mesh Sizes and Mesh to Micron Conversion : Pharmaceutical Guidelines». <https://www.pharmaguideline.com/2015/09/mesh-sizes-used-in-pharmaceuticals-and-its-conversion.html> (accedido 7 de enero de 2022).
- [38] «Pin Milling | Baking Processes», *BAKERpedia*. <https://bakerpedia.com/processes/pin-milling/> (accedido 30 de diciembre de 2021).
- [39] 情, «Notes of a 2nd year pharm student: Particle size Reduction», *Notes of a 2nd year pharm student*, 29 de enero de 2011. <http://pharmnotesyear2.blogspot.com/2011/01/particle-size-analysis.html> (accedido 7 de enero de 2022).
- [40] R. K. | J. Gupta, *Theory of Machines*. S. Chand Publishing, 2005.
- [41] «Design Manual - SeekPart.com». <https://studylib.net/doc/18858868/design-manual---seekpart.com> (accedido 17 de febrero de 2022).
- [42] «GATES 04 Sección D - Datos técnicos.pdf». Accedido: 17 de febrero de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://rodavigo.net/catalogos/GATES/Manual%20de%20dise%C3%B1o%20de%20correas%20de%20transmisi%C3%B3n%20en%20V%20de%20alta%20resistencia/GATES%2004%20Secci%C3%B3n%20D-%20Datos%20t%C3%A9cnicos.pdf>
- [43] B. G Richard y N. Keith J., *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9a. ed.)*. 2012.
- [44] F. M. Marlow, *Welding Fabrication & Repair: Questions and Answers*. Industrial Press Inc., 2002.
- [45] «Clasificaci³n de alambre segun la AWS para procesos GMAW (soldadura de arco metlico y gas), - [PDF Document]», *fdocuments.ec*. <https://fdocuments.ec/document/-clasificacion-de-alambre-segun-la-aws-para-procesos-gmaw-soldadura-de-arco.html> (accedido 18 de febrero de 2022).
- [46] «carcamo_gonzalez_2005.pdf». Accedido: 18 de febrero de 2022. [En línea]. Disponible en: http://www.umag.cl/biblioteca/tesis/carcamo_gonzalez_2005.pdf
- [47] S. Sarmiento, «manual de soldadura», Accedido: 18 de febrero de 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/12095536/manual_de_soldadura
- [48] L. C. Eduardo, «MÓDULO SOLDADURA AL ARCO ELÉCTRICO», Accedido: 18 de febrero de 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/36360962/M%C3%93DULO_SOLDADURA_AL_ARCO_EL%C3%89CTRICO
- [49] «14.pdf». Accedido: 18 de febrero de 2022. [En línea]. Disponible en: http://biblio3.url.edu.gt/Libros/2011/seg_ind/14.pdf
- [50] «ea8b76426a7e3b054bc2af5cc215ab35.pdf». Accedido: 18 de febrero de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/segumar/Laura/material/Mec%E1nico.pdf>
- [51] R. Avila-Chaurand, L. Prado-León, y E. González-Muñoz, *Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana : México, Cuba, Colombia, Chile / R. Avila Chaurand, L.R. Prado León, E.L. González Muñoz*. 2007.

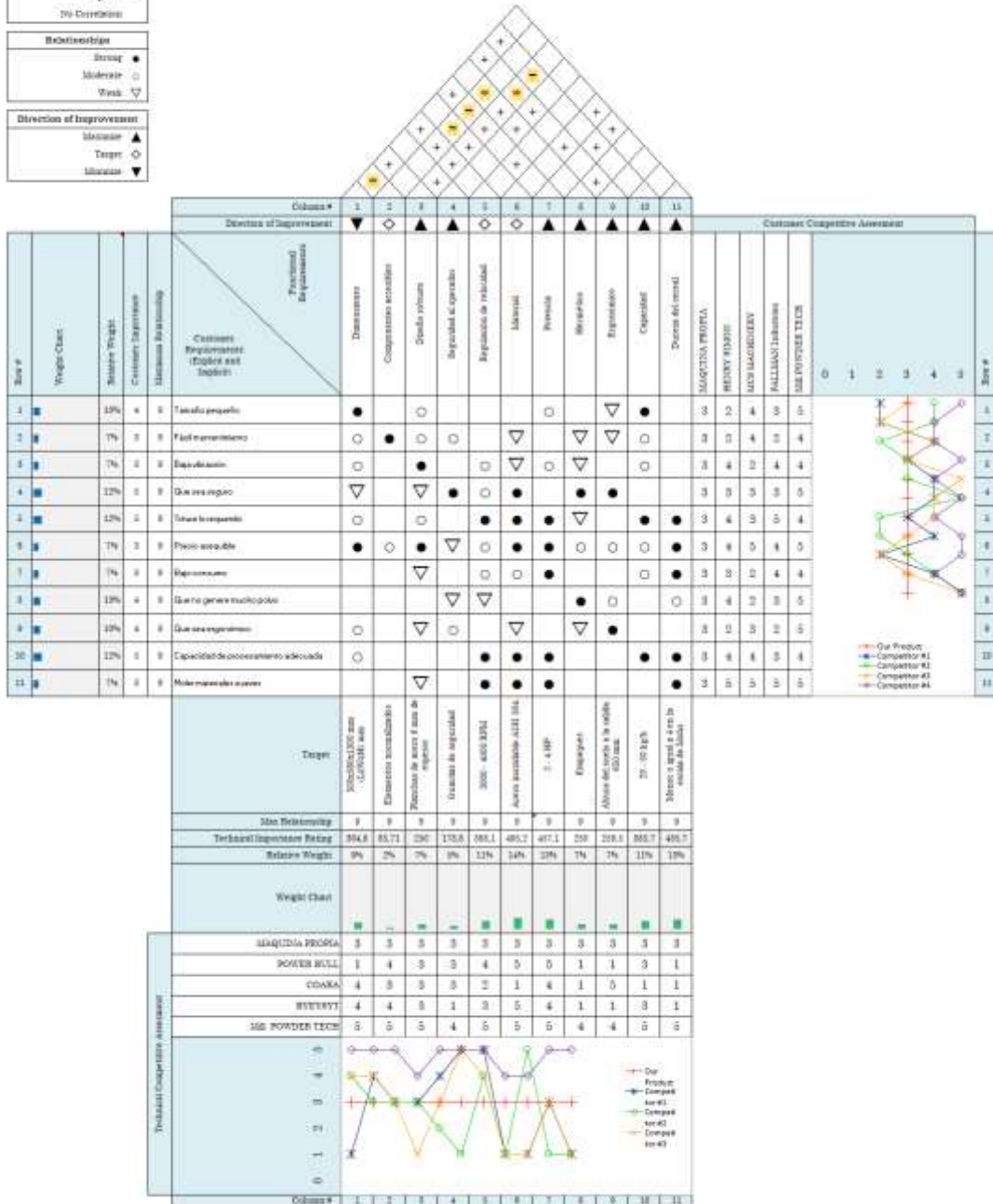
- [52] «El efecto de la variación del voltaje en los motores eléctricos», *vyp hidroasesores.com*, 6 de agosto de 2020. <https://www.vyp hidroasesores.com/el-efecto-de-la-variacion-del-voltaje-en-los-motores-electricos/> (accedido 15 de febrero de 2022).
- [53] «TRIBOLOGY-ABC». <https://www.tribology-abc.com/> (accedido 24 de febrero de 2022).
- [54] «Uso Rural 2 HP 4P G56H 1F 115/230 V 60 Hz IC411 - TEFC - Con pies | Uso General | Uso Rural | Motor de Inducción - NEMA | Motores Eléctricos | WEG - Productos», *WEG*. <https://www.weg.net/catalog/weg/US/es/Motores-El%C3%A9ctricos/Motor-de-Inducc%C3%ADon---NEMA/Us-Rural/Us-General/Us-Rural-2-HP-4P-G56H-1F-115-230-V-60-Hz-IC411---TEFC---Con-pies/p/10021988> (accedido 24 de febrero de 2022).
- [55] «Manual Poleas en v Intermec - [PDF Document]». <https://fdocuments.ec/document/manual-poleas-en-v-intermec.html> (accedido 24 de febrero de 2022).
- [56] «FT-02-001-AISI-SAE-4140.pdf». Accedido: 24 de febrero de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.ferrocortes.com.co/download/FT-02-001-AISI-SAE-4140.pdf>
- [57] «Catalogo- Dipac- aceros y metales - Resistencia - UG», *StuDocu*. <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-de-guayaquil/resistencia/catalogo-dipac-aceros-y-metales/20511252> (accedido 24 de febrero de 2022).
- [58] «SSOst0016_Guardas de Protección_v.02.pdf». Accedido: 24 de febrero de 2022. [En línea]. Disponible en: https://publicportal.fmi.com/sites/publicportal/files/Files/cerro_verde_files/seguridad/estandares/SSOst0016_Guardas%20de%20Protecci%C3%B3n_v.02.pdf
- [59] «Catalogo acerimallas», 16:15:51 UTC. Accedido: 24 de febrero de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/Ralvarezparedes/catalogo-acerimallas>
- [60] G. S. Pisarenko, A. A. YAKOVLEV, A. P. Yákovlev, y V. V. Matvéev, *Manual de resistencia de materiales*. Editorial Mir, 1979.
- [61] «cata-logo-electrocables-2018.pdf». Accedido: 24 de febrero de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.electrocable.com/uploads/catficha/cata-logo-electrocables-2018.pdf>
- [62] «AF26-30-00-13 | ABB», *SmartLinks*. <http://new.abb.com/products/es/1SBL237001R1300/af26-30-00-13> (accedido 24 de febrero de 2022).

ANEXOS

ANEXO I. CASA DE LA CALIDAD

QFD: House of Quality
 Project: MOLINO DE PINES
 Revision: 2021-11-06
 Date: 2021-12-30

Correlations	
Positive	+
Negative	-
No Correlation	
Relationships	
Strong	●
Moderate	○
Weak	▽
Direction of Improvement	
Increase	▲
Target	◇
Decrease	▼

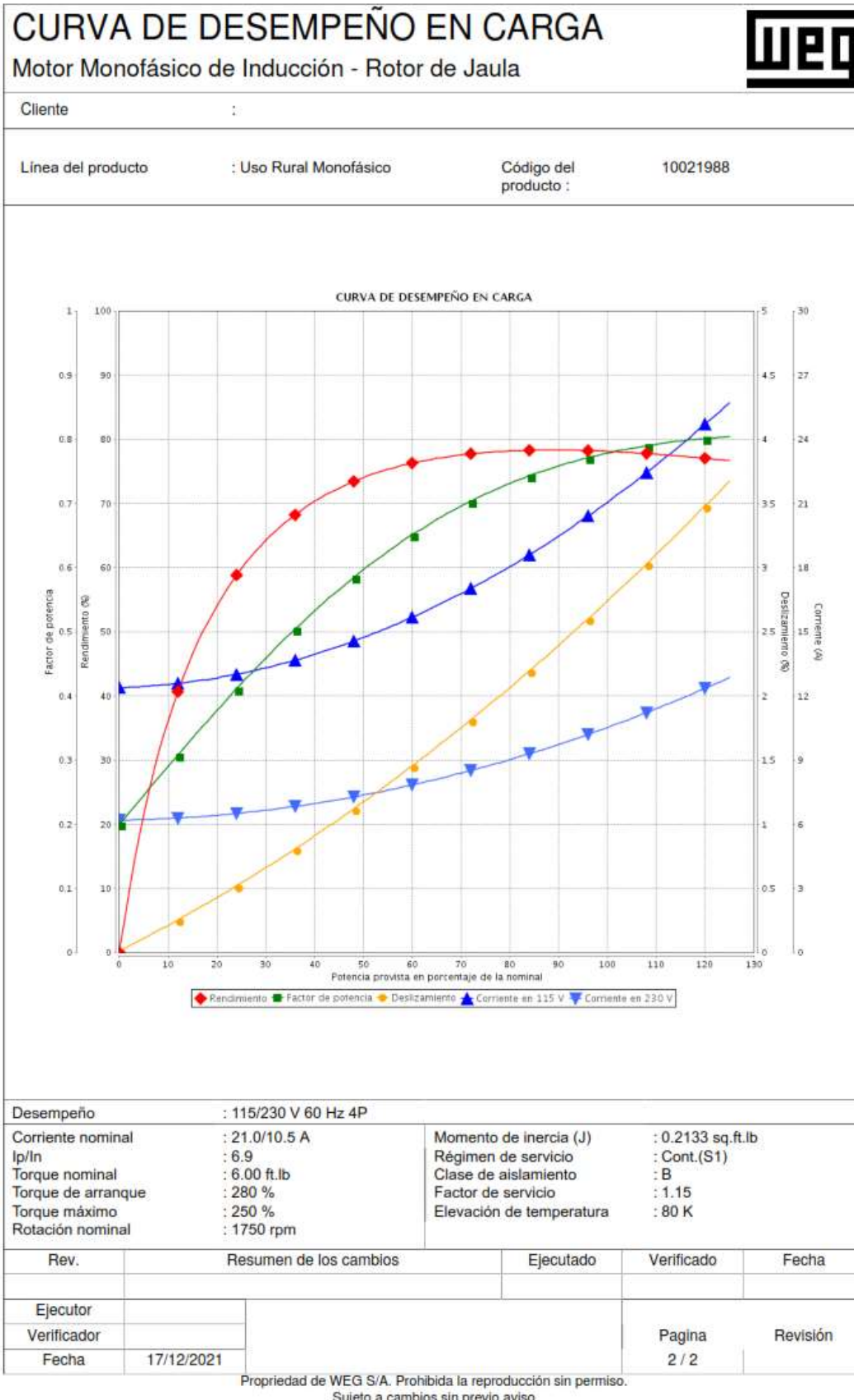


ANEXO II. MOTOR MARCA WEG 2 HP. [54]

HOJA DE DATOS					
Motor Monofásico de Inducción - Rotor de Jaula					
Cliente :					
Línea del producto : Uso Rural Monofásico		Código del producto :		10021988	
Carcasa : G56H Potencia : 2 HP (1.5 kW) Polos : 4 Frecuencia : 60 Hz Tensión nominal : 115/230 V Corriente nominal : 21.0/10.5 A Corriente de arranque : 145/72.5 A Ip/In : 6.9x(Cód. K) Corriente en vacío : 12.4/6.20 A Rotación nominal : 1750 rpm Resbalamiento : 2.78 % Torque nominal : 6.00 ft.lb Torque de arranque : 280 % Torque máximo : 250 % Clase de aislamiento : B Factor de servicio : 1.15 Momento de inercia (J) : 0.2133 sq.ft.lb		Tiempo de rotor bloqueado : 10s (frio) 6s (caliente) Elevación de temperatura : 80 K Régimen de servicio : Cont.(S1) Temperatura ambiente : -20°C hasta +40°C Altitud : 1000 m Grado de protección : IP55 Método de refrigeración : IC411 - TEFC Forma constructiva : F-1 Sentido de giro ¹ : Ambos Nivel de ruido ² : 55.0 dB(A) Método de Arranque : Partida directa Masa aproximada ³ : 51.4 lb			
Potencia 25% 50% 75% 100% Rendimiento (%) 73.4 74.0 78.0 78.1 Cos Φ 0.34 0.60 0.71 0.78		Fuerzas en la fundación Tracción máxima : 122 lb Compresión máxima : 173 lb			
Tipo de cojinete : Sello : Intervalo de lubricación : Cantidad de lubricante : Tipo de lubricante :		<u>Delantero</u> 6204 ZZ V'Ring - - Mobil Polyrex EM	<u>Trasero</u> 6203 ZZ V'Ring - - Mobil Polyrex EM		
Notas					
Esta revisión substituí y cancela la anterior, la cual deberá ser eliminada. (1) Mirando la punta delantera del eje del motor. (2) Medido a 1m y con tolerancia de +3dB(A). (3) Masa aproximada sujetos a cambios después del proceso de fabricación. (4) Al 100% de la carga completa.		Los valores indicados son valores promedio con base en ensayos y para alimentación en red senoidal, sujetos a las tolerancias de la norma NEMA MG-1.			
Rev.	Resumen de los cambios		Ejecutado	Verificado	Fecha
Ejecutor					
Verificador				Pagina	Revisión
Fecha	17/12/2021			1 / 2	

Propiedad de WEG S/A. Prohibida la reproducción sin permiso.
Sujeto a cambios sin previo aviso

ANEXO III. MOTOR MARCA WEG 2 HP. [54]



ANEXO IV. DIAMETRO MINIMO DE POLEA.[55]

Diámetros mínimos en mm				
Caballos de fuerza (HP)	RPM de Motor			
	900	1200	1800	3600
0,50	65	-	-	-
0,75	65	65	-	-
1,00	65	65	60	-
1,50	75	65	65	60
2,00	75	65	65	65
3,00	75	75	65	65
5,00	100	75	75	65
7,50	115	100	75	75
10,00	115	115	100	75
15,00	135	115	115	100
20,00	155	135	115	115
25,00	170	155	115	115
30,00	170	170	135	-
40,00	210	170	155	-
50,00	230	210	170	-
60,00	260	230	190	-
75,00	260	260	230	-
100,00	350	350	250	-
125,00	380	350	280	-
150,00	465	350	-	-
200,00	550	-	-	-
250,00	-	-	-	-
300,00	-	-	-	-

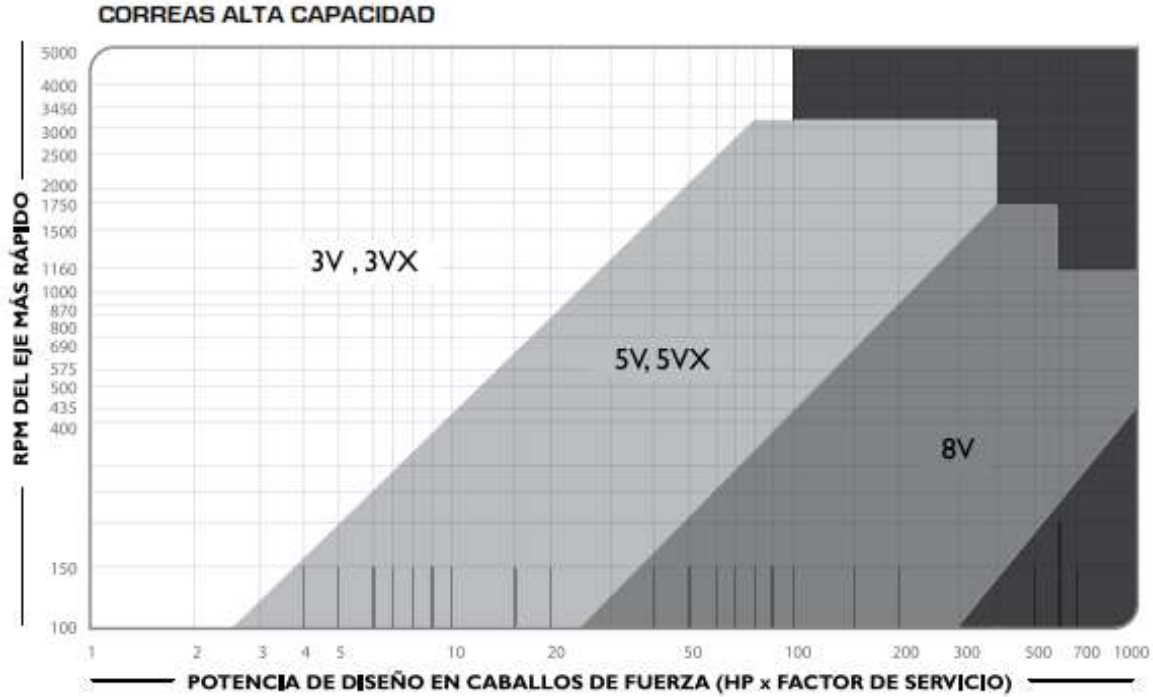
ANEXO V. FACTOR DE POTENCIA. [55]

TIPOS DE MÁQUINAS O EQUIPOS	SERVICIO INTERMITENTE	SERVICIO NORMAL	SERVICIO CONTINUO
Agitadores para líquidos Sopladores y aspiradores Transportadores de trabajo ligero Ventiladores de hasta 10 caballos de fuerza	1.1	1.2	1.3
Transportadores de banda para arena, grano, etc Bombas rotativas de desplazamiento positivo Máquinas herramientas Maquinaria de lavandería Mezcladores de masa Ejes de línea Generadores Maquinaria de imprenta Taladros-prensas-cortadores Cribas giratorias y vibratorias Ventiladores de más de 10 caballos de fuerza	1.2	1.3	1.4
Maquinaria para aserrios y trabajos en madera Transportadores (arrastre o tornillo) Compresores de pistón Molinos de martillo Pulverizadores Excitadores Maquinaria textil Bombas de pistón Elevadores cangilones Maquinaria para ladrillos Sopladores de desplazamiento positivo	1.4	1.5	1.6
Trituradoras (giratorias-mandibula-rodillo) Extrusoras-molinos de caucho Molinos de bolas Malacates	1.5	1.6	1.8

SI SE UTILIZAN POLEAS TENSORAS, AÑADA EL SIGUIENTE VALOR AL FACTOR DE SERVICIO:

Polea tensora en tramo suelto (interior)	Ninguno
Polea tensora en tramo suelto (exterior)	0.1
Polea tensora en tramo tenso (interior)	0.1
Polea tensora en tramo tenso (exterior)	0.2

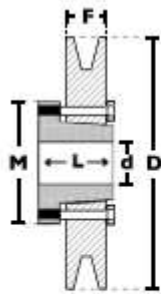
ANEXO VI. TABLADE PERFIL DE CORREA O BANDA. [55]



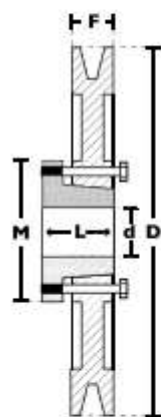
ANEXO VII. CAPACIDAD DE TRASMISION DE POLEA TIPO 3V. [55]

TABLA DE CAPACIDAD DE TRANSMISSION POR CANAL (EN HP)										CORREAS TIPO 3V
Diámetro exterior de la Polea Motriz (en milímetros)										RPM del Eje más Rápido
115	120	125	135	140	150	165	175	200	270	
0,37	0,40	0,43	0,47	0,50	0,55	0,61	0,65	0,78	1,07	100
0,70	0,75	0,81	0,88	0,95	1,04	1,15	1,23	1,48	2,04	200
1,01	1,10	1,17	1,27	1,37	1,50	1,66	1,80	2,14	2,95	300
1,30	1,40	1,52	1,64	1,77	1,94	2,15	2,32	2,78	3,84	400
1,60	1,72	1,85	2,00	2,17	2,37	2,63	2,84	3,40	4,70	500
1,80	1,95	2,10	2,28	2,46	2,70	3,00	3,22	3,86	5,32	575
1,87	2,02	2,18	2,37	2,55	2,80	3,10	3,35	4,00	5,53	600
2,10	2,30	2,47	2,68	2,89	3,17	3,55	3,80	4,54	6,26	690
2,14	2,32	2,50	2,70	2,93	3,20	3,56	3,84	4,60	6,34	700
2,20	2,40	2,58	2,80	3,02	3,30	3,67	3,96	4,74	6,54	725
2,40	2,60	2,80	3,05	3,30	3,60	4,00	4,32	5,18	7,13	800
2,60	2,80	3,03	3,30	3,55	3,90	4,32	4,66	5,56	7,57	870
2,67	2,90	3,12	3,40	3,66	4,00	4,45	4,80	5,74	7,90	900
2,80	3,04	3,27	3,55	3,84	4,20	4,67	5,03	6,02	8,26	950
2,93	3,17	3,42	3,72	4,00	4,40	4,88	5,26	6,30	8,55	1000
3,18	3,45	3,72	4,04	4,36	4,78	5,30	5,72	6,84	9,37	1100
3,33	3,60	3,90	4,23	4,57	5,00	5,56	6,00	7,16	9,90	1160
3,43	3,72	4,00	4,36	4,70	5,16	5,72	6,17	7,37	10,07	1200
3,67	3,98	4,30	4,67	5,04	5,53	6,13	6,60	7,90	10,75	1300
3,90	4,25	4,58	4,98	5,37	5,90	6,53	7,03	8,40	11,40	1400
3,97	4,30	4,65	5,05	5,45	5,98	6,63	7,14	8,52	11,56	1425
4,15	4,50	4,86	5,28	5,70	6,24	6,92	7,45	8,88	12,02	1500
4,38	4,75	5,13	5,57	6,00	6,60	7,30	7,86	9,36	12,62	1600
4,60	5,00	5,40	5,86	6,32	6,93	7,68	8,26	9,92	13,20	1700
4,72	5,13	5,53	6,00	6,48	7,10	7,86	8,46	10,05	13,46	1750
4,83	5,25	5,66	6,15	6,63	7,26	8,04	8,65	10,27	13,73	1800
5,05	5,50	5,92	6,43	6,93	7,60	8,40	9,03	10,70	14,24	1900
5,27	5,72	6,17	6,70	7,22	7,90	8,75	9,40	11,13	14,72	2000
5,48	5,95	6,42	6,97	7,50	8,22	9,10	9,76	11,53	15,16	2100
5,70	6,18	6,66	7,23	7,80	8,52	9,42	10,10	11,92	15,57	2200
5,90	6,40	6,90	7,50	8,06	8,82	9,74	10,45	12,30	15,94	2300
6,10	6,62	7,13	7,74	8,33	9,10	10,05	10,77	12,65	16,28	2400
6,30	6,83	7,36	7,98	8,60	9,40	10,35	11,10	13,00	16,58	2500
6,50	7,04	7,58	8,22	8,85	9,66	10,64	11,40	13,30	16,84	2600
6,67	7,24	7,80	8,45	9,10	9,92	10,92	11,68	13,50	17,06	2700
6,86	7,44	8,01	8,68	9,33	10,17	11,18	11,96	13,90	17,23	2800
6,95	7,54	8,10	8,80	9,45	10,30	11,30	12,10	14,02	17,30	2850
7,04	7,63	8,22	8,90	9,56	10,42	11,44	12,22	14,15	17,36	2900
7,20	7,82	8,42	9,10	9,80	10,66	11,70	12,47	14,40	17,45	3000
7,55	8,18	8,90	9,58	10,20	11,10	12,15	12,93	14,80	17,48	3200

ANEXO VIII. TABLA DE POLEAS DE 1 CANAL PARA BANDA 3V. [55]



Modelo T1



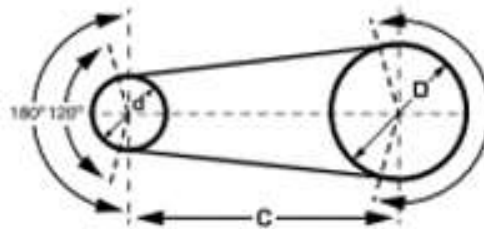
Modelo T3

1 CANAL									
Ancho (F) = 17,5 mm									
Diámetro Exterior (D)		Referencia Polea	Ref. Buje	Huevo máximo con caucho estándar (d)		Longitud del Buje en mm (L)	Diámetro del buje en mm (M)	Modelo	Peso sin Buje en Lb
pulg	mm			mm	pulg				
2,0	50	PQ 1-3V50	JA	25,4	1	27	50	T1	0,6
2,2	55	PQ 1-3V55	JA	25,4	1	27	50	T1	0,7
2,3	60	PQ 1-3V60	JA	25,4	1	27	50	T1	0,8
2,5	65	PQ 1-3V65	JA	25,4	1	27	50	T1	0,8
2,6	67	PQ 1-3V67	JA	25,4	1	27	50	T1	0,9
2,8	70	PQ 1-3V70	JA	25,4	1	27	50	T1	0,9
3,0	75	PQ 1-3V75	JA	25,4	1	27	50	T1	1,0
3,1	80	PQ 1-3V80	JA	25,4	1	27	50	T1	1,0
3,3	85	PQ 1-3V85	JA	25,4	1	27	50	T1	1,1
3,6	90	PQ 1-3V90	SH	34,9	1-3/8	33	70	T1	1,3
3,9	100	PQ 1-3V100	SH	34,9	1-3/8	33	70	T1	1,6
4,1	105	PQ 1-3V105	SH	34,9	1-3/8	33	70	T1	1,7
4,3	110	PQ 1-3V110	SH	34,9	1-3/8	33	70	T1	2,0
4,5	115	PQ 1-3V115	SH	34,9	1-3/8	33	70	T1	2,1
4,7	120	PQ 1-3V120	SH	34,9	1-3/8	33	70	T1	2,5
5,0	125	PQ 1-3V125	SH	34,9	1-3/8	33	70	T1	2,8
5,1	130	PQ 1-3V130	SH	34,9	1-3/8	33	70	T1	2,9
5,3	135	PQ 1-3V135	SH	34,9	1-3/8	33	70	T1	3,0
5,6	140	PQ 1-3V140	SH	34,9	1-3/8	33	70	T1	3,2
6,0	150	PQ 1-3V150	SH	34,9	1-3/8	33	70	T1	3,5
6,3	160	PQ 1-3V160	SH	34,9	1-3/8	33	70	T1	3,8
6,5	165	PQ 1-3V165	SH	34,9	1-3/8	33	70	T1	3,9
6,7	170	PQ 1-3V170	SH	34,9	1-3/8	33	70	T1	4,0
6,9	175	PQ 1-3V175	SH	34,9	1-3/8	33	70	T1	4,5
7,0	180	PQ 1-3V180	SDS	42,9	1-11/16	35	80	T1	4,6
7,5	190	PQ 1-3V190	SDS	42,9	1-11/16	35	80	T1	5,1
8,0	200	PQ 1-3V200	SDS	42,9	1-11/16	35	80	T3	5,5
9,0	230	PQ 1-3V230	SDS	42,9	1-11/16	35	80	T3	6,0
9,9	250	PQ 1-3V250	SDS	42,9	1-11/16	35	80	T3	7,8
10,6	270	PQ 1-3V270	SDS	42,9	1-11/16	35	80	T3	8,0
11,0	280	PQ 1-3V280	SK	54,0	2-1/8	50	100	T3	10,6
11,8	300	PQ 1-3V300	SK	54,0	2-1/8	50	100	T3	11,3
12,5	320	PQ 1-3V320	SK	54,0	2-1/8	50	100	T3	12,0
13,7	350	PQ 1-3V350	SK	54,0	2-1/8	50	100	T3	13,2
14,0	355	PQ 1-3V355	SK	54,0	2-1/8	50	100	T3	13,5
15,7	400	PQ 1-3V400	SK	54,0	2-1/8	50	100	T3	14,1
16,0	485	PQ 1-3V485	SK	54,0	2-1/8	50	100	T3	17,0

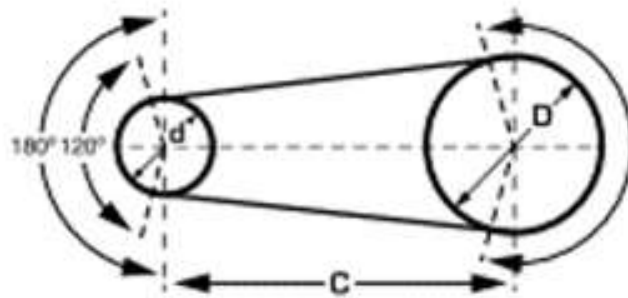
ANEXO IX. DISTANCIA ENTRE CENTRO Y ARCO DE CONTACTO. [55]

Dist. "Recomendada": $C = 1,5 (D + d)$
 Dist. "Máxima": $C = 2 (D + d)$
 Dist. "Mínima": $C = 0,7 (D + d)$

C- Distancia entre centros.
D- Diámetro polea mayor.
d- Diámetro polea menor.



$\frac{(D-d)}{c}$	Arco de contacto [Grados]	Factor de corrección
0,00	180	1,00
0,10	174	0,99
0,20	169	0,97
0,30	163	0,96
0,40	157	0,94
0,50	151	0,93
0,60	145	0,91
0,70	139	0,89
0,80	133	0,87
0,90	127	0,85
1,00	120	0,82
1,10	113	0,80
1,20	106	0,77
1,30	99	0,73
1,40	91	0,70
1,50	83	0,65



ANEXO X. VELOCIDADES MAXIMAS SEGUN EL TIPO DE MATERIAL EN POLEAS. [55]

VELOCIDADES MÁXIMAS SEGÚN MATERIAL

MATERIAL		VELOCIDAD
Fundición gris	GG 20	33 m/s
Fundición nodular	GGG 40	41 m/s
Aluminio	A329	33 m/s
Fundición de acero	1020	45 m/s
Acero laminado	1020	61 m/s

ANEXO XI. PROPIEDADES MECANICAS AISI 4140.[56]

Tipo de proceso y acabado	Resistencia a la tracción		Limite de Fluencia		Alarga/ en 2" (%)	Reducción de área (%)	Dureza (HB)	Relación de maquinabilidad 1212 EF =100%
	MPa	PSI	MPa	PSI				
Caliente y maquinado	614	89000	427	62000	26	57	187	70
Estirado en frío	703	102000	620	90000	18	50	223	
Templado y revenido*	1172	170000	1096	159000	16	50	341	-

* Sólo como guía, pues dependen de variables como composición química real, temperaturas de tratamiento, diámetro de la barra.

ANEXO XII. PROPIEDADES DE ACEROS.[43]

Tabla A-20

Resistencias mínimas determinísticas a la tensión y a la fluencia ASTM de algunos aceros laminados en caliente (HR) y estirados en frío (CD) [Las resistencias listadas son valores ASTM mínimos estimados en el intervalo de tamaños de 18 a 32 mm ($\frac{3}{4}$ a $1\frac{1}{4}$ pulg)]. Estas resistencias resultan adecuadas para usarse con el factor de diseño definido en la sección 1-10, a condición que los materiales se ajusten a los requisitos ASTM A6 o A568 o que se requieran en las especificaciones de compra. Recuerde que un sistema de numeración no es una especificación] Fuente: 1986 SAE Handbook, p. 2.15.

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesamiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg, %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131

ANEXO XIII. PROPIEDADES MECANICAS DE OTROS ACEROS. [43]

Tabla A-22

Resultados de ensayos a la tensión de algunos metales* Fuente: J. Datsko, "Solid Materials", capítulo 32, en Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke y Thomas H. Brown, Jr. [editores en jefe]. *Standard Handbook of Machine Design*, 3a. ed., McGraw-Hill, Nueva York, 2004, pp. 32.49-32.52.

Número	Material	Condición	Resistencia (a la tensión)					
			Fluencia	Última	A la fractura,	Coefficiente	Resistencia a	
			S_y	S_u	σ_F	σ_w	la deformación,	Resistencia a
MPa (kpsi)	MPa (kpsi)	MPa (kpsi)	MPa (kpsi)	exponente m	la fractura e_f			
1018	Acero	Recocido	220 (32.0)	341 (49.5)	628 (91.1) [†]	620 (90.0)	0.25	1.05
1144	Acero	Recocido	358 (52.0)	646 (93.7)	898 (130) [†]	992 (144)	0.14	0.49
1212	Acero	HR	193 (28.0)	424 (61.5)	729 (106) [†]	758 (110)	0.24	0.85
1045	Acero	TyR 600°F	1 520 (220)	1 580 (230)	2 380 (345)	1 880 (273) [†]	0.041	0.81
4142	Acero	TyR 600°F	1 720 (250)	1 930 (210)	2 340 (340)	1 760 (255) [†]	0.048	0.43
303	Acero inoxidable	Recocido	241 (35.0)	601 (87.3)	1 520 (221) [†]	1 410 (205)	0.51	1.16
304	Acero inoxidable	Recocido	276 (40.0)	568 (82.4)	1 600 (233) [†]	1 270 (185)	0.45	1.67
2011	Aleación de aluminio	T6	169 (24.5)	324 (47.0)	325 (47.2) [†]	620 (90)	0.28	0.10
2024	Aleación de aluminio	T4	296 (43.0)	446 (64.8)	533 (77.3) [†]	689 (100)	0.15	0.18
7075	Aleación de aluminio	T6	542 (78.6)	593 (86.0)	706 (102) [†]	882 (128)	0.13	0.18

ANEXO XIV.

SECCION DE CHAVETA EN FUNCION DEL DIAMETRO. [43]

Tabla 7-6

Dimensiones en pulgadas de algunas aplicaciones de cuñas cuadradas y rectangulares estándar

[Fuente: Joseph E. Shigley, "Unthreaded Fasteners", capítulo 24, en Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke y Thomas H. Brown Jr. (eds.), *Standard Handbook of Machine Design*, 3a. ed., McGraw-Hill, Nueva York, 2004.]

Diámetro del eje		Tamaño de la cuña		Profundidad del cuñero
Más de	Hasta (inclusive)	w	h	
$\frac{5}{16}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{64}$
$\frac{7}{16}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{64}$
		$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
$\frac{9}{16}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
		$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{32}$
$\frac{7}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{32}$
		$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
		$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{32}$
$1\frac{3}{8}$	$1\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
		$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{16}$
$1\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{16}$
		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
$2\frac{1}{4}$	$2\frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{7}{32}$
		$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{16}$
$2\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
		$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$

ANEXO XV. PROPIEDADES ACERO AISI 304.[57]

EJES

ACERO INOXIDABLE

Especificaciones Generales:

Norma: AISI 304

Descripción: Acero Inoxidable austenítico al cromo-níquel con bajo contenido de carbono. Resiste a la corrosión intercrystalina hasta 300 C. Resiste al efecto corrosivo del medio ambiente, vapor, agua y ácidos, así como de soluciones alcalinas, si se emplea con la superficie pulida espejo.

Aplicaciones: Industrias alimenticias, cervecera, azucarera, utensillos domésticos, industria del cuero, farmacéutica, dental, etc...

Largo: 6 mts

COMPOSICIÓN QUÍMICA

%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Ni	%Cr
0 - 0,08	0 - 1	0 - 2	0 - 0,045	0 - 0,03	8 - 10,5	18 - 20

PROPIEDADES MECÁNICAS

RESISTENCIA MECÁNICA (N/mm ²)	PUNTO DE FLUENCIA (N/mm ²)	Elongación % Min.	DUREZA ROCKWELL B
520	220	20	249 - 278

DIMENSIONES

DIÁMETRO

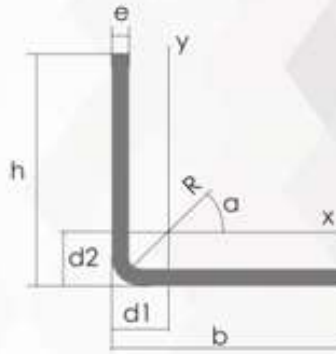
3/16"
1/4"
5/16"
3/8"
1/2"
5/8"
3/4"
1"
1-1/4"
1-1/2"
2"
2-1/2"
3"
3-1/2"
4"
5"
6"

ANEXO XVI. CARACTERISTICAS DE ANGULO COMERCIAL. [57]

PERFILES ESTRUCTURALES ÁNGULOS "L" DOBLADO

Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 1623
Calidad:	ASTM A36
Largo Normal:	6,00m y medidas especiales
Espesores:	Desde 2,00mm - 12mm
Acabado:	Acero Negro



Descripción	b	h	e	Masa	Área	d1	d2	Ángulo α	Ejes de Inercia											
									Eje X-X			Eje Y-Y			Eje U-U			Eje V-V		
									Ix	Wx	ix	Iy	Wy	iy	Iu	Wu	iu	Iv	Wv	iv
cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm									
L 20x 2	20	20	2	0,57	0,73	0,60	0,60	45,00	0,28	0,20	0,62	0,28	0,20	0,62	0,46	0,32	0,79	0,10	0,14	0,37
L 20 x 3	20	20	3	0,81	1,03	0,65	0,65	45,00	0,38	0,28	0,60	0,38	0,28	0,60	0,63	0,45	0,78	0,12	0,17	0,34
L 25x 2	25	25	2	0,73	0,93	0,72	0,72	45,00	0,56	0,32	0,78	0,56	0,32	0,78	0,92	0,52	1,00	0,20	0,23	0,47
L 25x 3	25	25	3	1,05	1,33	0,78	0,78	45,00	0,78	0,45	0,77	0,78	0,45	0,77	1,30	0,74	0,99	0,28	0,30	0,45
L 30 x 2	30	30	2	0,88	1,13	0,85	0,85	45,00	1,00	0,46	0,94	1,00	0,46	0,94	1,63	0,77	1,20	0,37	0,35	0,57
L 30x 3	30	30	3	1,28	1,63	0,90	0,90	45,00	1,40	0,67	0,93	1,40	0,67	0,93	2,32	1,09	1,19	0,49	0,46	0,55
L 30x 4	30	30	4	1,65	2,10	0,95	0,95	45,00	1,76	0,86	0,91	1,76	0,86	0,91	2,93	1,38	1,18	0,58	0,55	0,52
L 40x 2	40	40	2	1,20	1,33	1,10	1,10	45,00	2,44	0,84	1,26	2,44	0,84	1,26	3,96	1,40	1,61	0,92	0,65	0,78
L 40x 3	40	40	3	1,75	2,23	1,15	1,15	45,00	3,49	1,22	1,25	3,49	1,22	1,25	5,71	2,02	1,60	1,27	0,90	0,75
L 40x 4	40	40	4	2,28	2,90	1,20	1,20	45,00	4,44	1,59	1,24	4,44	1,59	1,24	7,23	2,59	1,59	1,55	1,10	0,73
L 40x 5	40	40	5	2,77	3,54	1,25	1,25	45,00	5,29	1,92	1,22	5,29	1,92	1,22	8,80	3,11	1,58	1,77	1,25	0,71
L 50x 2	50	50	2	1,51	1,93	1,35	1,35	45,00	4,85	1,33	1,59	4,85	1,33	1,59	7,85	2,22	2,02	1,85	1,05	0,98
L 50x 3	50	50	3	2,22	2,83	1,40	1,40	45,00	7,01	1,95	1,57	7,01	1,95	1,57	11,42	3,23	2,01	2,61	1,47	0,96
L 50x 4	50	50	4	2,90	3,70	1,45	1,45	45,00	9,01	2,54	1,56	9,01	2,54	1,56	14,76	4,18	2,00	3,25	1,84	0,94
L 50x 5	50	50	5	3,56	4,54	1,50	1,50	45,00	10,84	3,10	1,55	10,84	3,10	1,55	17,89	5,06	1,99	3,79	2,14	0,91

ANEXO XVII. CLASIFICACION DE ACEROS SOLDABLES SEGÚN LA NORMA WAS D14.1

**Table 1
Weldability Classification of Steels**

Material Class ⁽¹⁾	Steel Specification and Grade		Minimum or Range of Tensile Strength ksi [MPa]	Minimum Yield Strength ksi [MPa]
I	AISI/SAE		See Notes (2), (3), & (4)	See Notes (2) & (4)
	1005	Sheet, Plate	Hot Rolled 42 [290]	23.5 [162]
	1006	Bar or Casting	Hot Rolled 43 [295]	24 [165]
	1008	(Usually specified by composition only—without mechanical properties)	Hot Rolled 44 [305]	24.5 [170]
	1010		Hot Rolled 47 [325]	26 [180]
	1012		Hot Rolled 48 [330]	26.5 [183]
	1013		Hot Rolled 49 [338]	27 [186]
	1015		Hot Rolled 50 [345]	27.5 [190]
	1016		Hot Rolled 55 [380]	30 [205]
	1017		Hot Rolled 53 [365]	29 [200]
	1018		Hot Rolled 58 [400]	32 [220]
	1020		Hot Rolled 55 [380]	30 [205]
	1021		Hot Rolled 61 [420]	33 [230]
	1025	Hot Rolled 58 [400]	32 [220]	
II	ASTM		See Note (5)	See Note (5)
	A27	Grade N-1 Castings Chemistry Only	Not Specified—See 4.3	Not Specified—See 4.3
		Grade 60-30	60 [415]	30 [205]
		Grade 65-35	65 [450]	35 [240]
	A36	Shapes, Plate, Bar	58-80 [400-550]	36 [250]
	A53	Grade B Pipe	60 [415]	35 [240]
	A106	Grade B Pipe	60 [415]	35 [240]
	A131	Grade A, B, D, CS, DS Ship Building Shapes, Plate, Bars	58-75 [400-520]	34 [235]
	A139	Grade A Pipe	48 [330]	30 [205]
		Grade B	60 [415]	35 [240]
		Grade C	60 [415]	42 [290]
		Grade D	60 [415]	46 [315]
		Grade E	66 [455]	52 [360]
	A283	Grade C, ≤ 2 in. [50 mm] Plate	55-75 [380-515]	30 [205]
		Grade D, ≤ 1 in. [25 mm]	60-80 [415-550]	33 [230]
	A381	Grade Y35 Pipe	60 [415]	35 [240]
	A500	Grade A Tubing	45 [310]	33 [288]
		Grade B	58 [400]	42 [290]
	A501	Tubing	58 [400]	36 [250]
	A515	Grade 55, ≤ 8 in. [200 mm] Plate <i>Grade no longer listed in A515-2003</i>	55-75 [380-515]	30 [205]
	A516	Grade 55, ≤ 8 in. [200 mm] Plate	55-75 [380-515]	30 [205]
		Grade 60, ≤ 8 in. [200 mm] Plate	60-80 [415-550]	32 [220]
	A524	Grade I, ≤ 0.375 in. [10 mm] Pipe	60-85 [414-586]	35 [240]
		Grade II, > 0.375 in. [10 mm] Pipe	55-80 [380-550]	30 [205]
	A570— Withdrawn in 2000	Grade 36 Sheet, ≤ 0.229 in. [6 mm]	53 [365]	36 [250]
	A573	Grade 58 Plate, ≤ 1.5 in. [40 mm]	58-71 [400-490]	32 [220]
		Grade 65 Plate, ≤ 1.5 in. [40 mm]	65-77 [450-530]	35 [240]
	A662	Grade A Plate, ≤ 1.5 in. [40 mm]	58-78 [400-540]	40 [275]
		Grade B Plate, ≤ 1.5 in. [40 mm]	65-85 [450-585]	40 [275]
	A709	Grade 36 Shapes, Plate, Bar	58-80 [400-550]	36 [250]
	API ⁽¹⁰⁾ 5L	Grade B Pipe	60 [410]	35 [240]

(continued)

ANEXO XVIII. ELECTRODOS RECOMENDADOS SEGÚN LA AWS D14.1

AWS D14.1/D14.1M:2005

Table 9
Matching Filler Metal Requirements^{(1), (2), (3)}

Base Metal ⁽⁴⁾	Welding Process			
	SMAW	SAW	GMAW	FCAW
Class I Class II	AWS A5.1 or A5.5 E60XX, E70XX E70XX-X	AWS A5.17 or A5.23 F6XX-EXXX F7XX-EXXX F7XX-EXX-XX	AWS A5.18 ER70S-X AWS A5.18 or A5.28 E70C-XX	AWS A5.20 or A5.29 E6XT-X, E6XTX-X, E7XT-X, or E7XTX-X (except -2, -3, -10, -13, -14, or GS) ⁽⁵⁾
Class III	AWS A5.1 or A5.5 ⁽¹⁾ E70XX ⁽⁶⁾ E70XX-X ⁽⁶⁾	AWS A5.17 or A5.23 F7XX-EXXX F7XX-EXX-XX	AWS A5.18 ER70S-X AWS A5.18 or A5.28 E70C-XX	AWS A5.20 or A5.29 E7XT-X or E7XTX-X (except -2, -3, -10, -13, -14, or GS) ⁽⁵⁾
Class IV UTS > 70 ksi [485 MPa]	AWS A5.5 E80XX-X	AWS A5.23 F8XX-EXX-XX	AWS A5.28 ER80S-X E80C-XX	AWS A5.29 E8XTX-X
UTS ≤ 70 ksi [485 MPa]	AWS A5.1 or A5.5 E70XX-X ⁽⁶⁾ E70XX ⁽⁶⁾	AWS A5.17 or A5.23 F7XX-EXX F7XX-EXX-X	AWS A5.18 ER70S-X E70C-XX	AWS A5.20 E7XT-X or E7XTX-X (except -2, -3, -10, -13, -14, or GS) ⁽⁵⁾
Class V Thickness < 2.5 in. [65 mm]	AWS A5.5 E110XX-X ⁽⁶⁾ E11018M	AWS A5.23 F11XX-EXX-XX	AWS A5.28 ER110S-X	AWS A5.29 E11XTX-X
≥ 2.5 in. [65 mm]	E100XX-X ⁽⁶⁾ E10018M	F10XX-EXX-XX	ER100S-X	E10XTX-X

Notes:

- (1) The use of the same type of filler metal having the next higher strength classification as listed in AWS filler metal specifications is permitted. A filler metal of a lower strength may be used where the Engineer has stipulated less than 100% joint efficiency.
- (2) When welds are to be thermally stress relieved, the deposited weld metal shall not exceed 0.05% vanadium.
- (3) Filler metals of alloy groups B3, B3L, B4L, B5, B6, B6L, B7, B7L, B8, B8L, or B9, in AWS A5.5, A5.23, A5.28, or A5.29, are not prequalified for use in the as-welded condition.
- (4) In joints involving base metals of different yield points or strengths, filler metals applicable to the lower strength metal may be used.
- (5) These electrode classifications do not have yield strength or elongation requirements specified in AWS A5.20. If E7XT-2 filler metals are qualified by prototype testing (see 9.5.3), this qualifies the use of these filler metals for production. However, it is recommended that these classifications and the E7XT-11 classification from AWS A5.20 be limited to weld thicknesses less than 1/2 in. [13 mm].
- (6) Low hydrogen classifications only (i.e., EXX15, EXX15-XX, EXX16, EXX16-XX, EXX18, EXX18-XX, EXX28, EXX48).

ANEXO XIX. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA DECISIÓN DE IMPLEMENTACION DE GUARDAS[49]

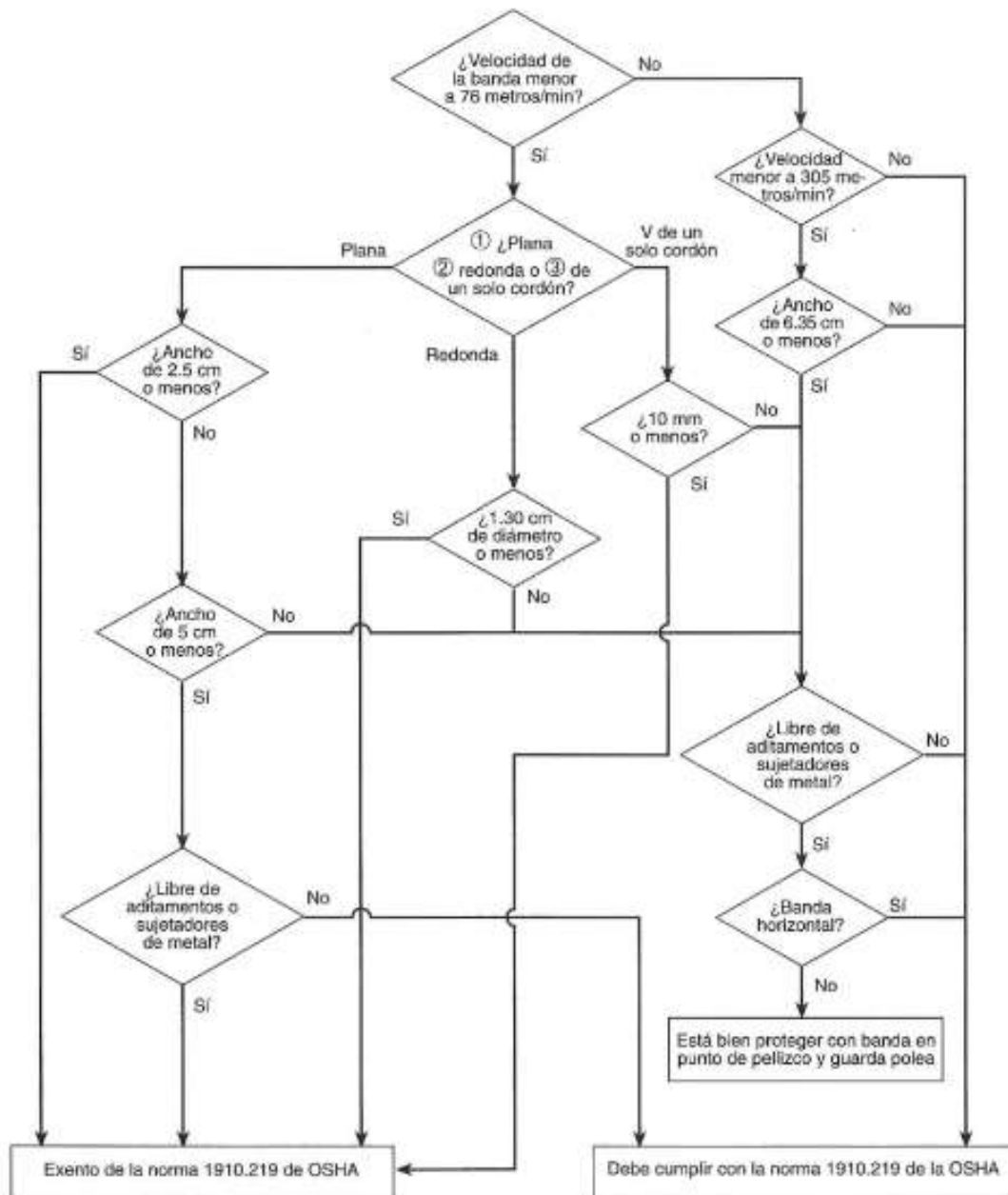


Figura 14-39 Diagrama de decisión para la norma de protección de bandas de la OSHA.

ANEXO XX. DISTANCIA PARA GUARDAS DE SEGURIDAD. [58]

Figura 2: Ubicación de las guardas VS abertura cuadrada; Distancia al peligro en milímetros y pulgadas

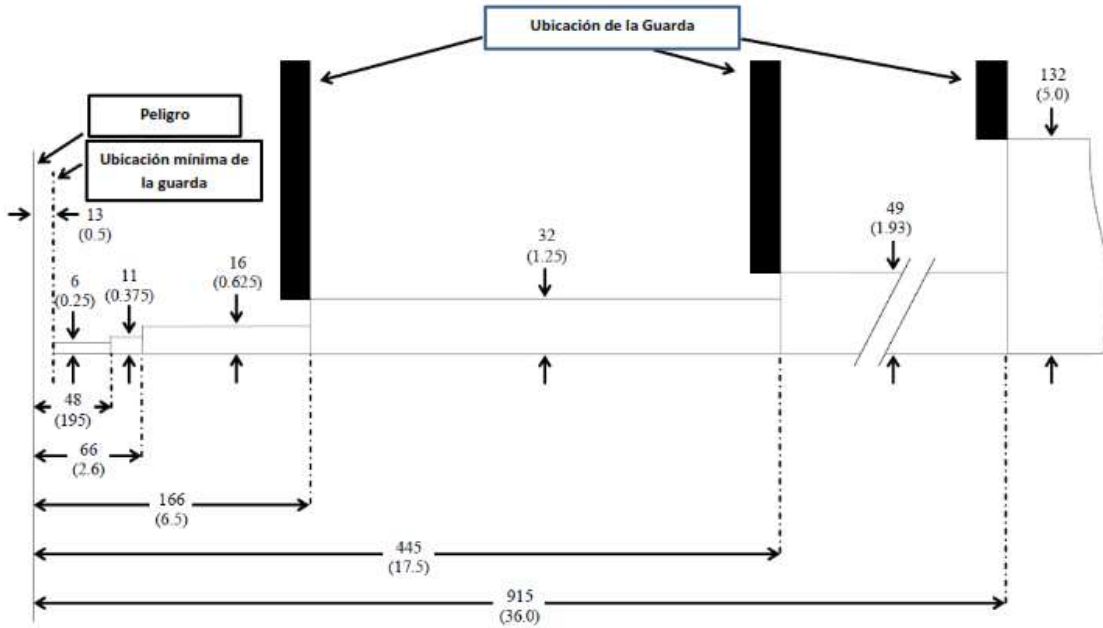


Tabla 1: Máxima abertura ranurada de la guarda VS Distancia de la zona de peligro en milímetros y pulgadas

En función al tamaño de la abertura		En función a la distancia	
Abertura conocida	Distancia mínima	Distancia conocida	Máxima abertura
0 – 6 (0 – 0.250)	13 (0.5)	< 13 (< 0.5)	Not permitted
6.1 – 11 (0.251 – 0.375)	64 (2.5)	13 – 63.9 (0.5 – 2.49)	6 (0.25)
11.1 – 16 (0.376 – 0.625)	89 (3.5)	64 – 88.9 (2.5 – 3.49)	11 (0.375)
16.1 – 32 (0.626 – 1.250)	166 (6.5)	89 – 165.9 (3.5 – 6.49)	16 (0.625)
32.1 – 49 (1.251 – 1.875)	445 (17.5)	166 – 444.9 (6.5 – 17.49)	32 (1.25)
49.1 – 132 (1.876 – 5.0)	915 (36.0)	445 – 914.9 (17.5 – 35.99)	49 (1.875)
> 132 (> 5.0)	See Note below	≥ 915 (≥ 36.0)	See Note below

Para las aberturas de guardas mayores de 132mm, una evaluación del riesgo debe determinar la distancia apropiada del peligro basado en el diseño de la guarda y la antropometría humana.

ANEXO XXI. MALLA COMERCIAL PARA LA GUARDA.[59]

Metal Perforado

Perforaciones hechas a medida, en diferentes tamaños, modelos y tipos de materiales.

Tipos de Materiales

- Hierro Negro (Laminado en frío o caliente)
- Acero Inoxidable
- Galvanizado
- Aluminio
- Bronce

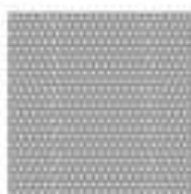
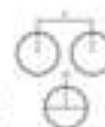
Tamaños

Standard:

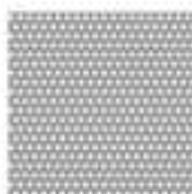
- 1mt. x 2mts.
- 1.22mts x 2.44mts.

Perforaciones Redondas

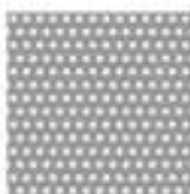
Perforación Standard: D= Diámetro de la perforación / C= Distancia entre centros



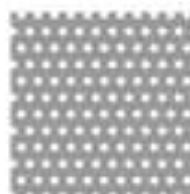
D= 0.50mm
C= 1.20mm



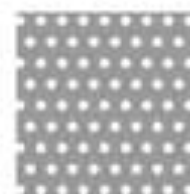
D= 0.80mm
C= 1.60mm



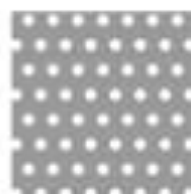
D= 1.00mm
C= 2.00mm



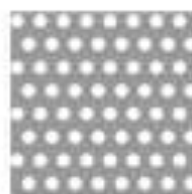
D= 1.25mm
C= 2.50mm



D= 1.50mm
C= 3.20mm



D= 1.75mm
C= 3.75mm



D= 2.00mm
C= 3.50mm



D= 2.25mm
C= 4.75mm



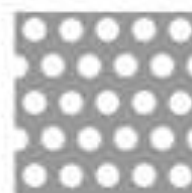
D= 2.50mm
C= 4.40mm



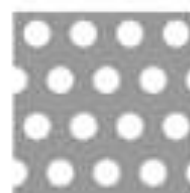
D= 2.75mm
C= 4.75mm



D= 3.00mm
C= 5.00mm



D= 3.50mm
C= 5.50mm



D= 4.00mm
C= 7.00mm

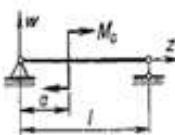
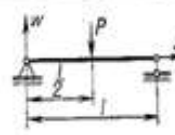


D= 5.00mm
C= 8.00mm



D= 6.00mm
C= 8.40mm

ANEXO XXII. VIGAS ISOSTATICAS. [60]

Esquema de la viga	Ecuación de la línea elástica $w(z)$ y la flecha máxima f	Angulo de giro θ
	$0 < z < a$ $w(z) = \frac{M_0 l^2}{6EJ} \left[\left(6 \frac{a}{l} - 3 \frac{a^2}{l^2} - 2 \right) \frac{z}{l} - \frac{z^3}{l^3} \right]$ $w = \frac{M_0 l^2}{6EJ} \left(3 \frac{a^2}{l^2} - \frac{a}{l} - \frac{13}{8} \frac{a^3}{l^3} \right) \text{ para } z = \frac{a}{2}$ $w = \frac{M_0 l^2}{3EJ} \left(3 \frac{a^2}{l^2} - \frac{a}{l} - 2 \frac{a^3}{l^3} \right) \text{ para } z = a$	$\theta = - \frac{M_0 l}{6EJ} \left(2 - 6 \frac{a}{l} + 3 \frac{a^2}{l^2} \right) \text{ para } z = 0$ $\theta = - \frac{M_0 l}{EJ} \left(\frac{1}{3} - \frac{a}{l} + \frac{a^2}{l^2} \right) \text{ cuando } z = a$ $\theta = \frac{M_0 l}{6EJ} \left(1 - 3 \frac{a^2}{l^2} \right) \text{ cuando } z = l$
	$0 < z < l/2$ $w(z) = - \frac{P l^2}{48EJ} \left(3 \frac{z}{l} - 4 \frac{z^3}{l^3} \right)$ $f = - \frac{P l^2}{48EJ} \text{ para } z = \frac{l}{2}$	$\theta = - \frac{P l^2}{16EJ} \text{ para } z = 0$ $\theta = \frac{P l^2}{16EJ} \text{ para } z = l$

ANEXO XXIII. VIGAS HIPERESTATICAS. [60]

Reacciones de apoyo, fuerzas transversales, momentos flectores y desplazamientos en vigas hiperestáticas de un solo tramo

Esquema de sollicitación de la viga. Diagramas de Q y M	Reacciones de apoyo, fuerza cortante Q , momento flector M , coordenada de la sección peligrosa z_0 , momento máximo M_{\max}	Ecuaciones de la línea elástica $w(z)$, ángulo de giro θ de la sección de extremo, flecha máxima f (siendo constante EJ)
--	---	---



$$Q = -6M_0 \frac{ab}{l^2};$$

$$M = M_0 \frac{ab}{l^2} \left(2 - \frac{b}{a} - 6 \frac{z}{l} \right)$$

$$a < z < l$$

$$Q = -6M_0 \frac{ab}{l^2};$$

$$M = M_0 \frac{ab}{l^2} \left(2 - \frac{b}{a} - 6 \frac{z}{l} + \frac{l^2}{ab} \right)$$

$$z'_0 = 0$$

$$M'_{\max} = M_0 \frac{b}{l^2} (2a - b)$$

$$z''_0 = a$$

$$M''_{\max} = -M_0 \left(1 - 4 \frac{a}{l} + 9 \frac{a^2}{l^2} - 6 \frac{a^2}{l^2} \right)$$

$$z'''_0 = a$$

$$M'''_{\max} = M_0 \left(4 \frac{a}{l} - 9 \frac{a^2}{l^2} + 6 \frac{a^2}{l^2} \right)$$

$$z^{IV}_0 = l$$

$$M^{IV}_{\max} = -M_0 \frac{a}{l^2} (2b - a)$$

$$\frac{l}{3} < a < 2 \frac{l}{3}$$

$$w_{\max} (> 0) \text{ cuando}$$

$$z = \frac{1}{3} \left(2 - \frac{b}{a} \right) l$$

$$w_{\max} (< 0) \text{ cuando}$$

$$z = \frac{1}{3} \left(1 + \frac{a}{b} \right) l$$

ANEXO XXIV. PERNO DE ROSCA GRUESA Y FINA. [43]

Tabla 8-1
Diámetros y áreas de roscas métricas de paso grueso y fino*

Diámetro mayor nominal d , mm	Serie de paso grueso			Serie de paso fino		
	Paso p , mm	Área de esfuerzo de tensión A_t , mm ²	Área del diámetro menor A_r , mm ²	Paso p , mm	Área de esfuerzo de tensión A_t , mm ²	Área del diámetro menor A_r , mm ²
1.6	0.35	1.27	1.07			
2	0.40	2.07	1.79			
2.5	0.45	3.39	2.98			
3	0.5	5.03	4.47			
3.5	0.6	6.78	6.00			
4	0.7	8.78	7.75			
5	0.8	14.2	12.7			
6	1	20.1	17.9			
8	1.25	36.6	32.8	1	39.2	36.0
10	1.5	58.0	52.3	1.25	61.2	56.3
12	1.75	84.3	76.3	1.25	92.1	86.0
14	2	115	104	1.5	125	116
16	2	157	144	1.5	167	157
20	2.5	245	225	1.5	272	259
24	3	353	324	2	384	365
30	3.5	561	519	2	621	596
36	4	817	759	2	915	884
42	4.5	1 120	1 050	2	1 260	1 230
48	5	1 470	1 380	2	1 670	1 630
56	5.5	2 030	1 910	2	2 300	2 250
64	6	2 680	2 520	2	3 030	2 980
72	6	3 460	3 280	2	3 860	3 800
80	6	4 340	4 140	1.5	4 850	4 800
90	6	5 590	5 360	2	6 100	6 020
100	6	6 990	6 740	2	7 560	7 470
110				2	9 180	9 080

* Las ecuaciones y los datos utilizados para elaborar esta tabla se obtuvieron de la norma ANSI B1.1-1974 y B18.3.1-1978. El diámetro menor se determinó mediante la ecuación $d_r = d - 1.226869p$, y el diámetro de paso a partir de $d_{pr} = d - 0.649519p$. La media del diámetro de paso y el diámetro menor se usaron para calcular el área de esfuerzo de tensión.

ANEXO XXV. DIMENSIONES ROSCA HEXAGONAL. [43]

Tabla A-31

Dimensiones de roscas hexagonales

Tamaño nominal, pulg	Ancho W	Altura H		
		Hexagonal regular	Gruesa ranurada	Contra-tuerca
$\frac{1}{4}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{7}{32}$	$\frac{9}{32}$	$\frac{5}{32}$
$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{17}{64}$	$\frac{21}{64}$	$\frac{3}{16}$
$\frac{3}{8}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{21}{64}$	$\frac{13}{32}$	$\frac{7}{32}$
$\frac{7}{16}$	$\frac{11}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{29}{64}$	$\frac{1}{4}$
$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{5}{16}$
$\frac{9}{16}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{31}{64}$	$\frac{39}{64}$	$\frac{5}{16}$
$\frac{5}{8}$	$\frac{15}{16}$	$\frac{35}{64}$	$\frac{23}{32}$	$\frac{3}{8}$
$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{8}$	$\frac{41}{64}$	$\frac{13}{16}$	$\frac{27}{64}$
$\frac{7}{8}$	$1\frac{5}{16}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{29}{32}$	$\frac{31}{64}$
1	$1\frac{1}{2}$	$\frac{55}{64}$	1	$\frac{15}{16}$
$1\frac{1}{8}$	$1\frac{11}{16}$	$\frac{31}{32}$	$1\frac{5}{32}$	$\frac{19}{64}$
$1\frac{1}{4}$	$1\frac{7}{8}$	$1\frac{1}{16}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{23}{32}$
$1\frac{3}{8}$	$2\frac{1}{16}$	$1\frac{11}{64}$	$1\frac{3}{8}$	$\frac{25}{32}$
$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{4}$	$1\frac{9}{32}$	$1\frac{1}{2}$	$\frac{27}{32}$
Tamaño nominal, mm				
M5	8	4.7	5.1	2.7
M6	10	5.2	5.7	3.2
M8	13	6.8	7.5	4.0
M10	16	8.4	9.3	5.0
M12	18	10.8	12.0	6.0
M14	21	12.8	14.1	7.0
M16	24	14.8	16.4	8.0
M20	30	18.0	20.3	10.0
M24	36	21.5	23.9	12.0
M30	46	25.6	28.6	15.0
M36	55	31.0	34.7	18.0

ANEXO XXVI. LONGITUD DE PERNOS. [43]

Tabla A-17

Tamaños preferidos y números de Renard (serie R). (Cuando pueda elegir, use uno de estos tamaños; sin embargo, no todas las partes o artículos están disponibles en todos los tamaños que se muestran en la tabla.)








Fracción de pulgadas
$\frac{1}{64}$, $\frac{1}{32}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{3}{32}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{5}{32}$, $\frac{3}{16}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{5}{16}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{7}{16}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{9}{16}$, $\frac{5}{8}$, $\frac{11}{16}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{7}{8}$, 1, $1\frac{1}{4}$, $1\frac{1}{2}$, $1\frac{3}{4}$, 2, $2\frac{1}{4}$, $2\frac{1}{2}$, $2\frac{3}{4}$, 3, $3\frac{1}{4}$, $3\frac{1}{2}$, $3\frac{3}{4}$, 4, $4\frac{1}{4}$, $4\frac{1}{2}$, $4\frac{3}{4}$, 5, $5\frac{1}{4}$, $5\frac{1}{2}$, $5\frac{3}{4}$, 6, $6\frac{1}{2}$, 7, $7\frac{1}{2}$, 8, $8\frac{1}{2}$, 9, $9\frac{1}{2}$, 10, $10\frac{1}{2}$, 11, $11\frac{1}{2}$, 12, $12\frac{1}{2}$, 13, $13\frac{1}{2}$, 14, $14\frac{1}{2}$, 15, $15\frac{1}{2}$, 16, $16\frac{1}{2}$, 17, $17\frac{1}{2}$, 18, $18\frac{1}{2}$, 19, $19\frac{1}{2}$, 20
Décimas de pulgadas
0.010, 0.012, 0.016, 0.020, 0.025, 0.032, 0.040, 0.05, 0.06, 0.08, 0.10, 0.12, 0.16, 0.20, 0.24, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.80, 1.00, 1.20, 1.40, 1.60, 1.80, 2.0, 2.4, 2.6, 2.8, 3.0, 3.2, 3.4, 3.6, 3.8, 4.0, 4.2, 4.4, 4.6, 4.8, 5.0, 5.2, 5.4, 5.6, 5.8, 6.0, 7.0, 7.5, 8.5, 9.0, 9.5, 10.0, 10.5, 11.0, 11.5, 12.0, 12.5, 13.0, 13.5, 14.0, 14.5, 15.0, 15.5, 16.0, 16.5, 17.0, 17.5, 18.0, 18.5, 19.0, 19.5, 20
Milímetros
0.05, 0.06, 0.08, 0.10, 0.12, 0.16, 0.20, 0.25, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90, 1.0, 1.1, 1.2, 1.4, 1.5, 1.6, 1.8, 2.0, 2.2, 2.5, 2.8, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 8.0, 9.0, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 250, 300
Números de Renard*
1a. elección, R5: 1, 1.6, 2.5, 4, 6.3, 10
2a. elección, R10: 1.25, 2, 3.15, 5, 8
3a. elección, R20: 1.12, 1.4, 1.8, 2.24, 2.8, 3.55, 4.5, 5.6, 7.1, 9
4a. elección, R40: 1.06, 1.18, 1.32, 1.5, 1.7, 1.9, 2.12, 2.36, 2.65, 3, 3.35, 3.75, 4.25, 4.75, 5.3, 6, 6.7, 7.5, 8.5, 9.5

* Se pueden multiplicar por, o dividir entre, potencias de 10.

ANEXO XXVII. PROPIEDADES MECANICAS DE PERNOS. [43]

Tabla 8-11

Clases métricas de propiedad mecánica de pernos, tornillos y birlos de acero*

Clase de propiedad	Intervalo de tamaños, inclusive	Resistencia de prueba mínima, [†] MPa	Resistencia mínima a la tensión, [†] MPa	Resistencia mínima a la fluencia, [†] MPa	Material	Marca en la cabeza
4.6	M5-M36	225	400	240	Acero de bajo o medio carbono	
4.8	M1.6-M16	310	420	340	Acero de bajo o medio carbono	
5.8	M5-M24	380	520	420	Acero de bajo o medio carbono	
8.8	M16-M36	600	830	660	Acero de medio carbono, T y R	
9.8	M1.6-M16	650	900	720	Acero de medio carbono, T y R	
10.9	M5-M36	830	1 040	940	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
12.9	M1.6-M36	970	1 220	1 100	Acero aleado, T y R	

* La longitud de la rosca de pernos y tornillos de cabeza es

$$L_T = \begin{cases} 2d + 6 & L \leq 125 \\ 2d + 12 & 125 < L \leq 200 \\ 2d + 25 & L > 200 \end{cases}$$

donde L es la longitud del perno. La longitud de la rosca de pernos estructurales es ligeramente menor que la indicada.

[†]Las resistencias mínimas son las resistencias que exceden 99 por ciento de los sujetadores.

ANEXO XXVIII. CONDICION DEL PERNO. [43]

Tabla 8-15

Factores del par de torsión K para su empleo con la ecuación (8-27)

Condición del perno	K
Sin recubrimiento, acabado negro	0.30
Galvanizado	0.20
Lubricado	0.18
Con recubrimiento de cadmio	0.16
Con Anti-Seize Bowman	0.12
Con tuercas Bowman-Grip	0.09

ANEXO XXIX. TABLA DE CABLES ELECTRICOS.[61]

CONDUCTOR			Espesor de Aislamiento (mm)	Diámetro Externo Aprox (mm)	Peso total Aprox. (kg/ km)	*Capacidad de Corriente (A)
CALIBRE (AWG o kcmil)	Sección Transversal (mm ²)	No. Hilos				
FORMACIÓN UNILAY						
14	2.08	19	0.76	3.32	27.58	20
12	3.31	19	0.76	3.82	40.60	25
10	5.261	19	0.76	4.41	60.56	35
8	8.37	19	1.14	5.90	100.61	50
6	13.3	19	1.52	7.60	162.56	65
4	21.15	19	1.52	8.78	242.87	85
2	33.62	19	1.52	10.29	367.85	115
1	42.4	19	2.03	12.20	480.40	130
1/0	53.5	19	2.03	13.21	591.62	150
2/0	67.4	19	2.03	14.33	730.21	175
3/0	85.0	19	2.03	15.59	903.58	200
4/0	107.2	19	2.03	17.01	1120.73	230

CONDUCTOR			Espesor de Aislamiento (mm)	Diámetro Externo Aprox (mm)	Peso total Aprox. (kg/ km)	*Capacidad de Corriente (A)
CALIBRE (AWG o kcmil)	Sección Transversal (mm ²)	No. Hilos				
FORMACIÓN UNILAY						
14	2.08	19	0.76	3.32	27.58	15
12	3.31	19	0.76	3.82	40.60	20
10	5.261	19	0.76	4.41	60.56	30
8	8.367	19	1.14	5.90	100.61	40
6	13.3	19	1.52	7.60	162.56	55
4	21.15	19	1.52	8.78	242.87	70
2	33.62	19	1.52	10.29	367.85	95
1	42.4	19	2.03	12.20	480.40	110
1/0	53.49	19	2.03	13.21	591.62	125
2/0	67.44	19	2.03	14.33	730.21	145
3/0	85.02	19	2.03	15.59	903.58	165
4/0	107.2	19	2.03	17.01	1120.73	195

ANEXO XXX. CONTACTOR ELECTRICO SELECCIONADO.[62]

AF26-30-00-13

Información General

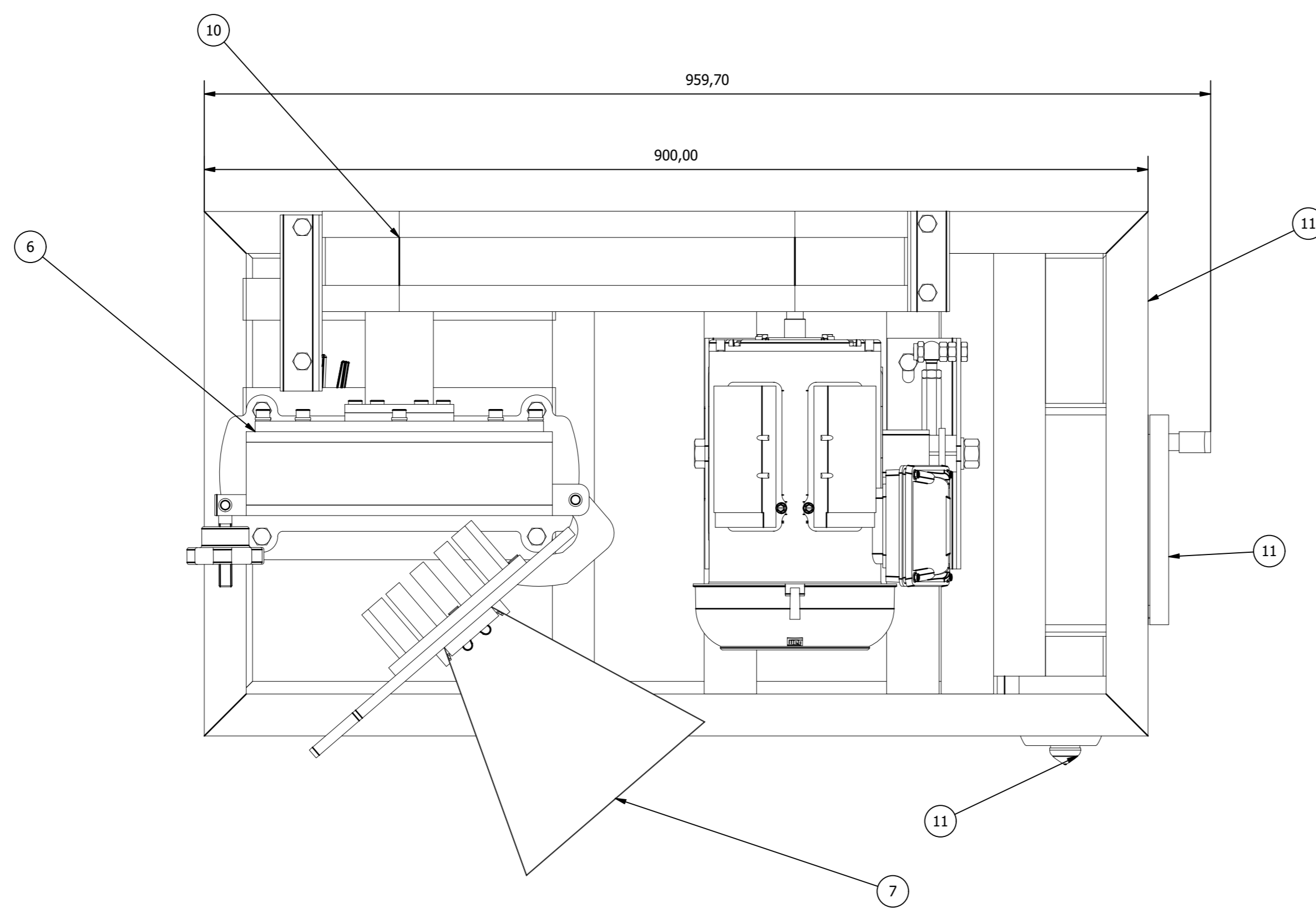
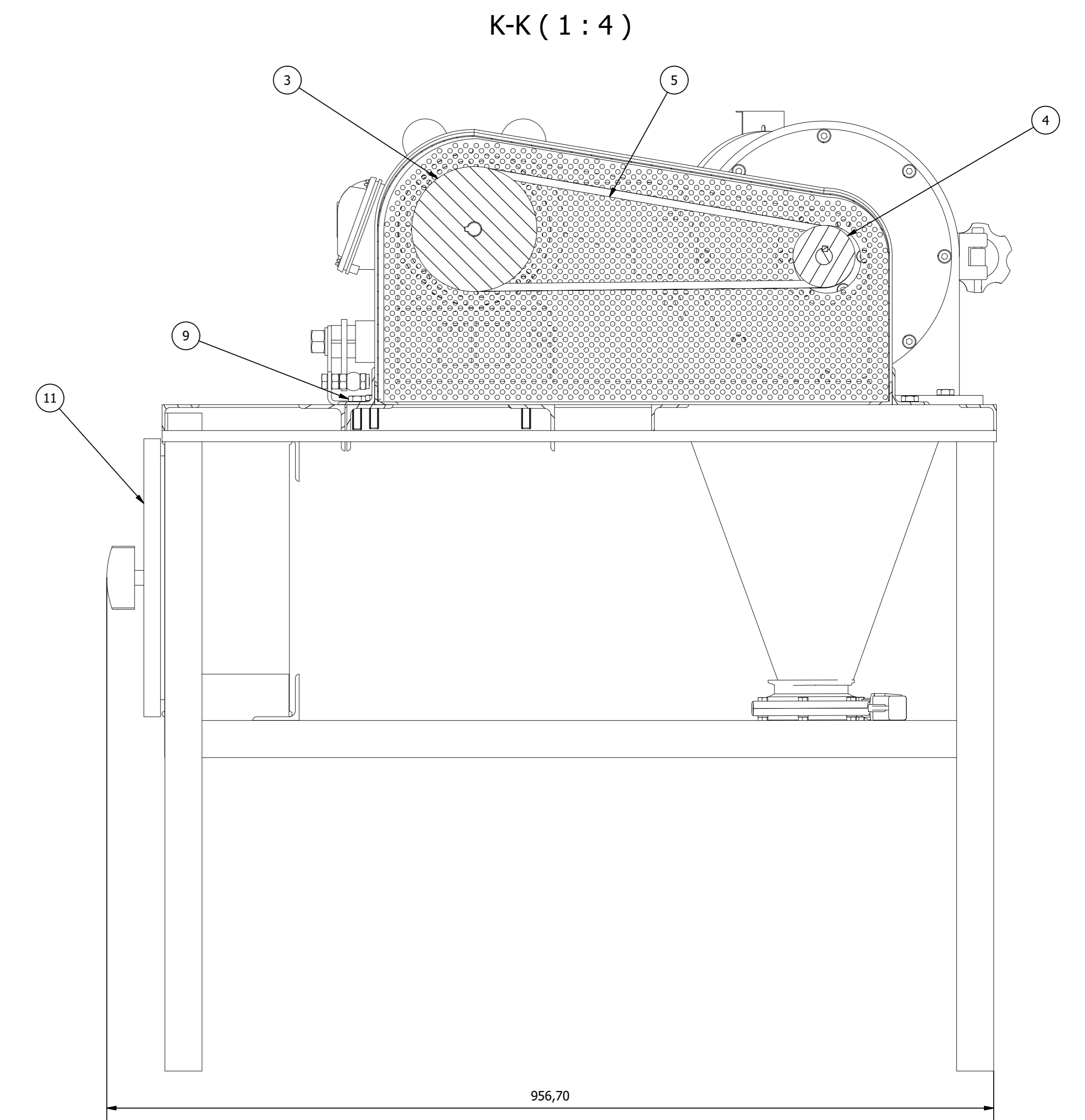
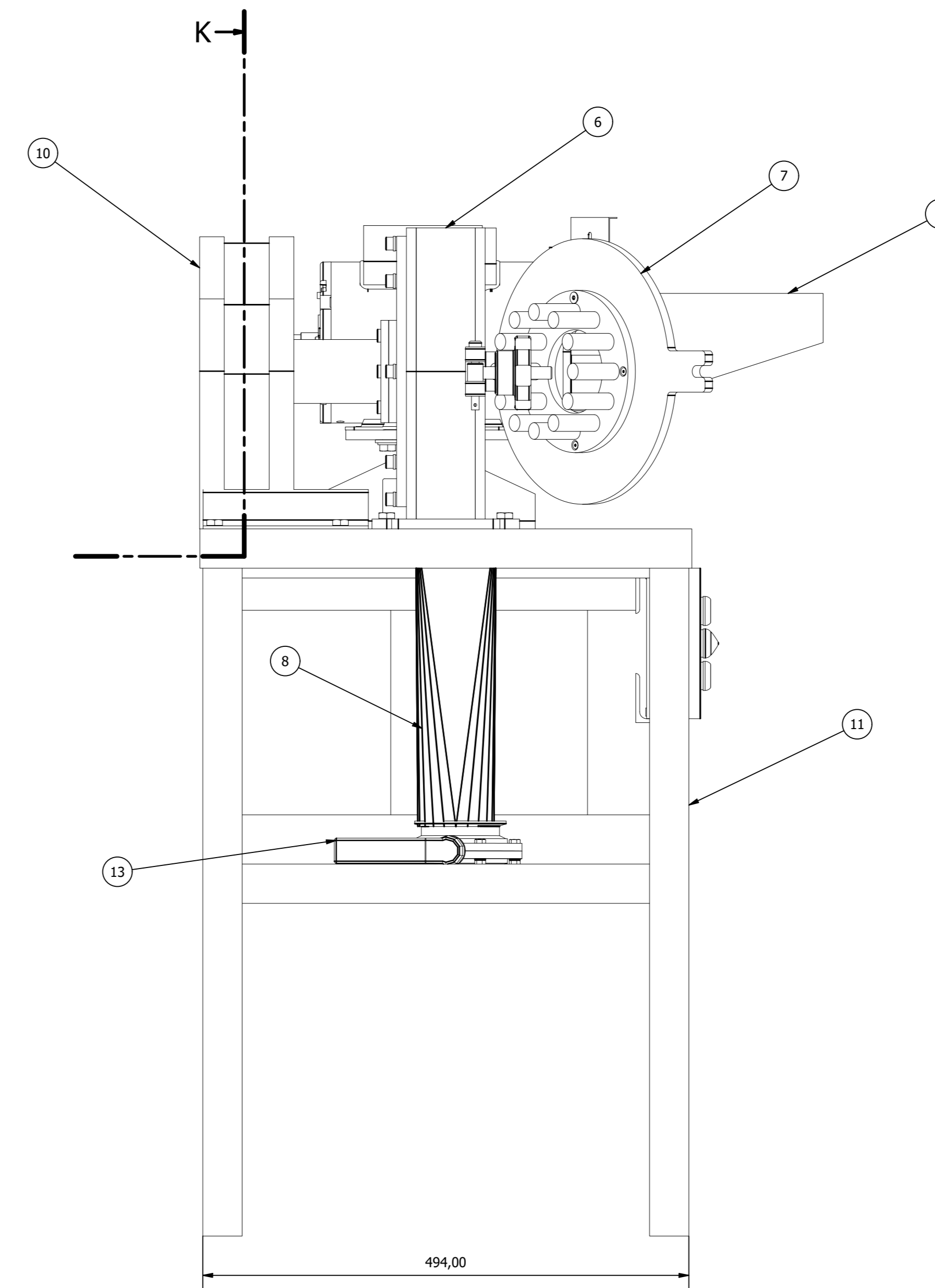
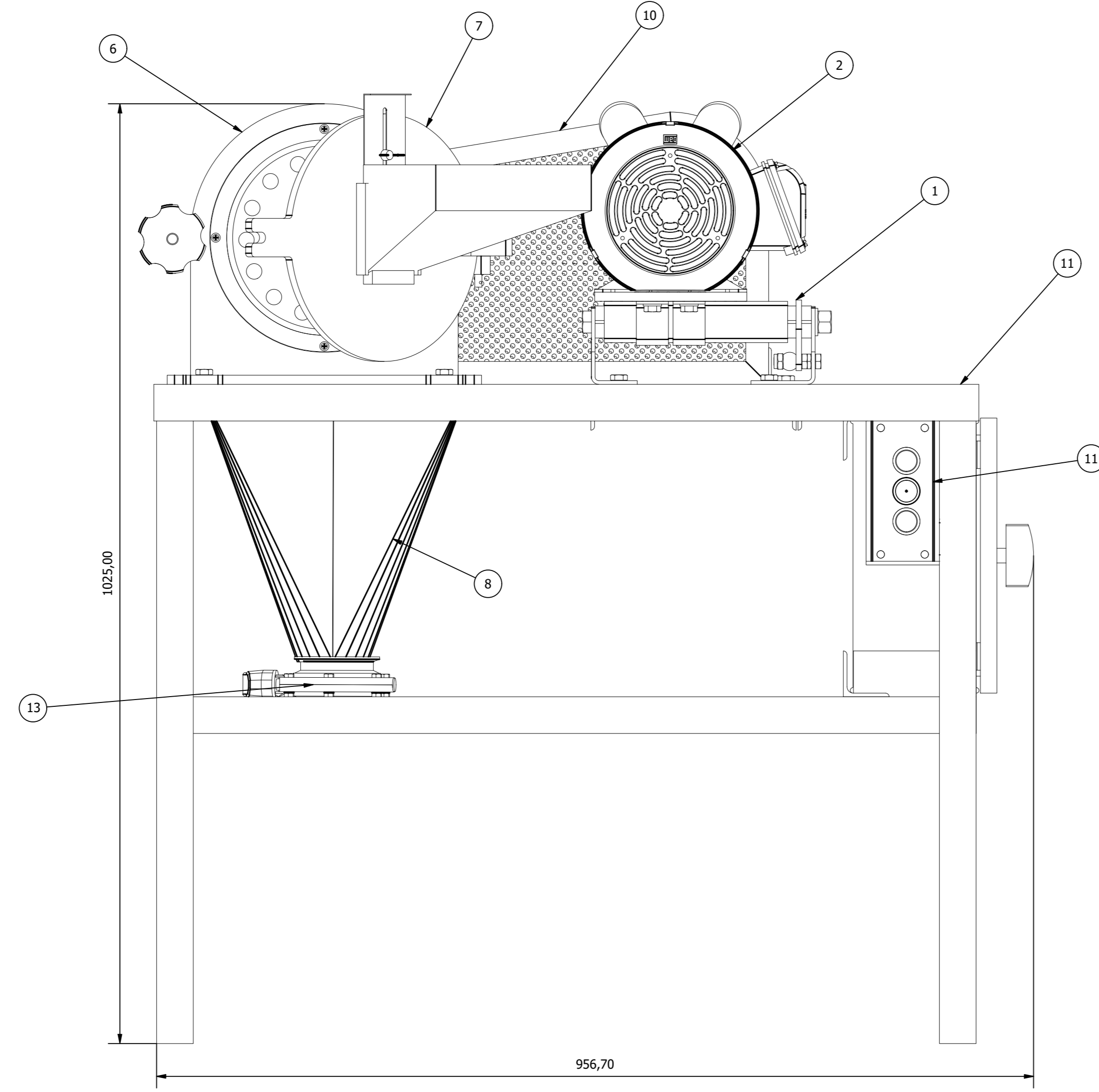
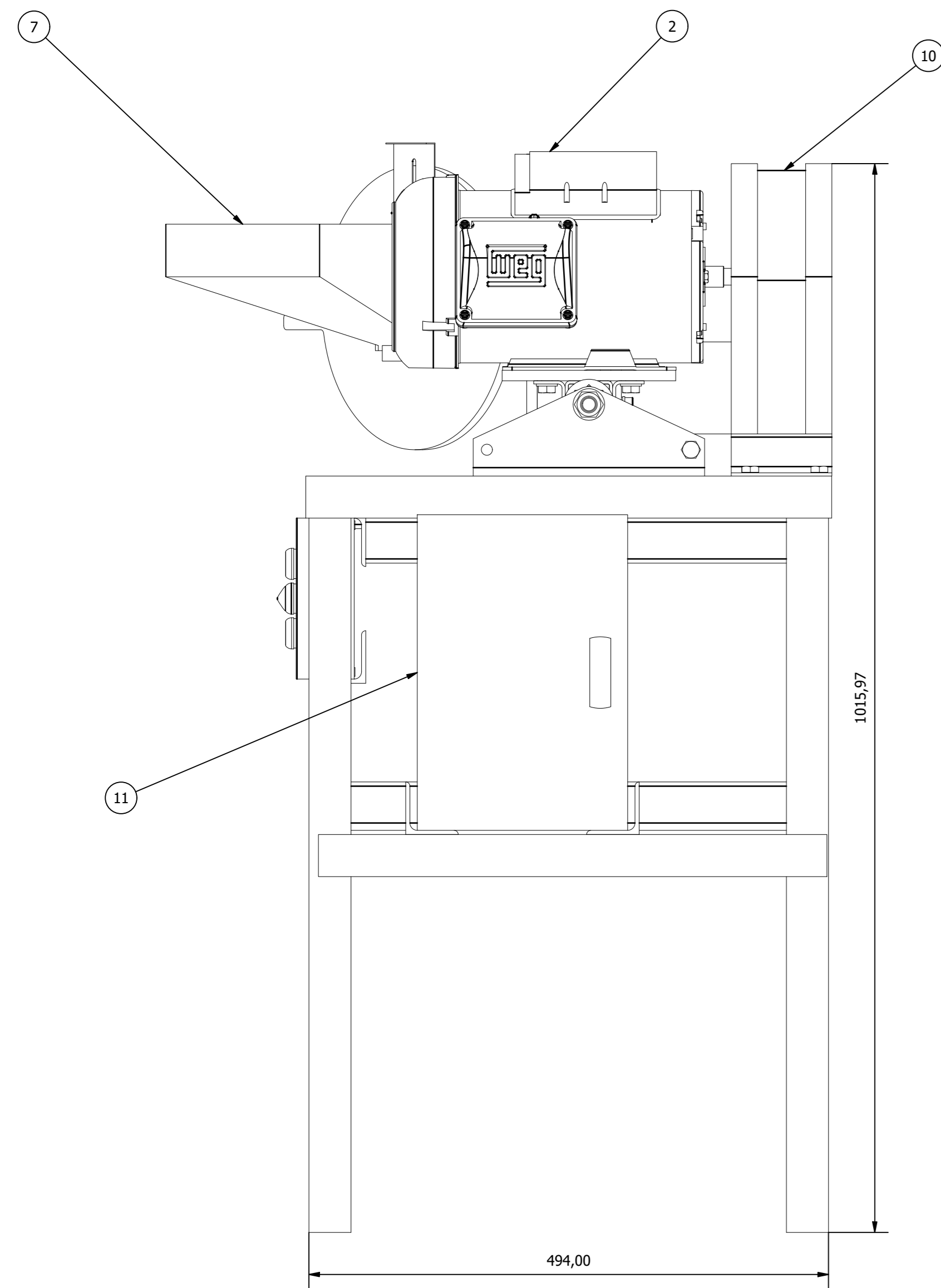
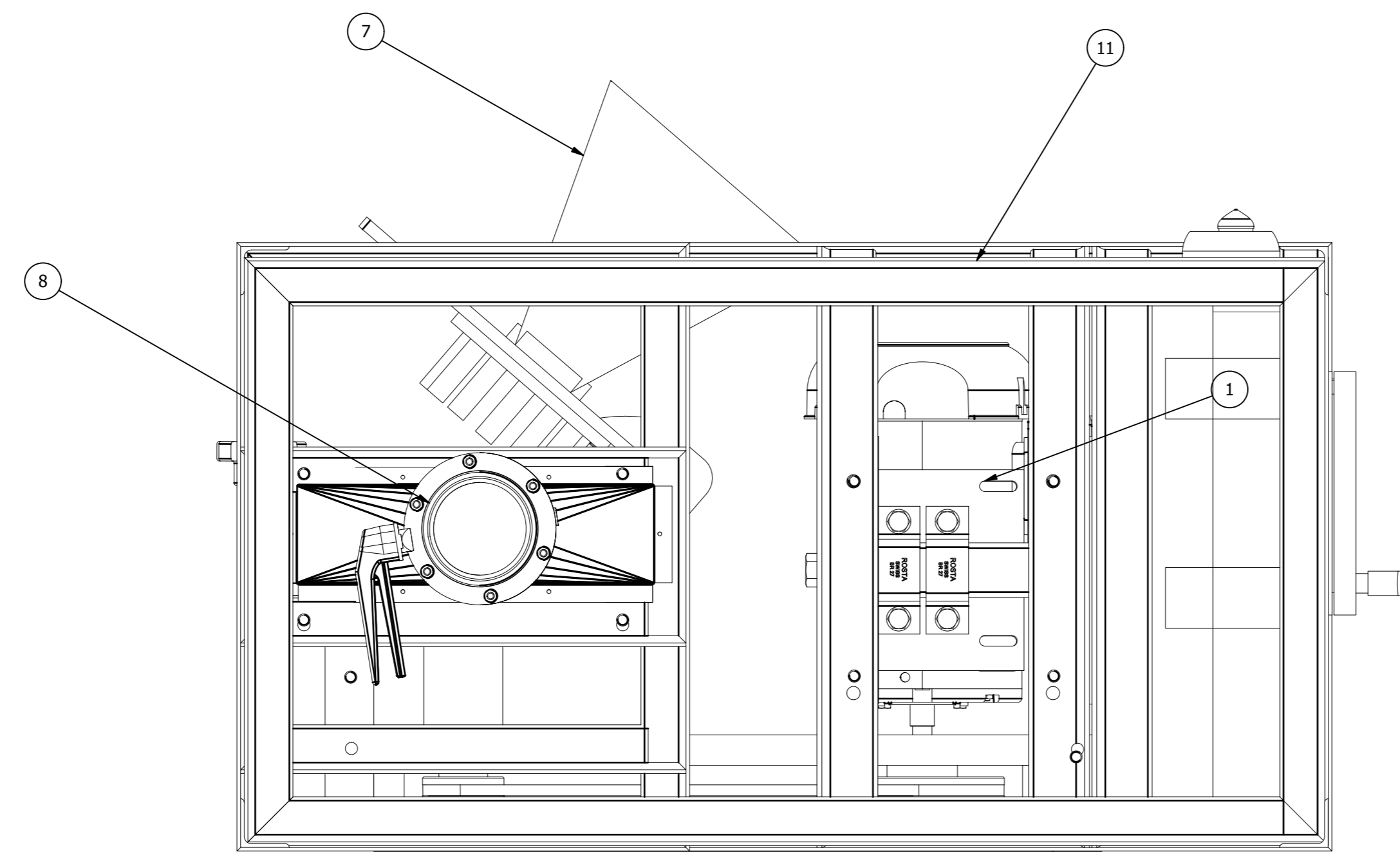
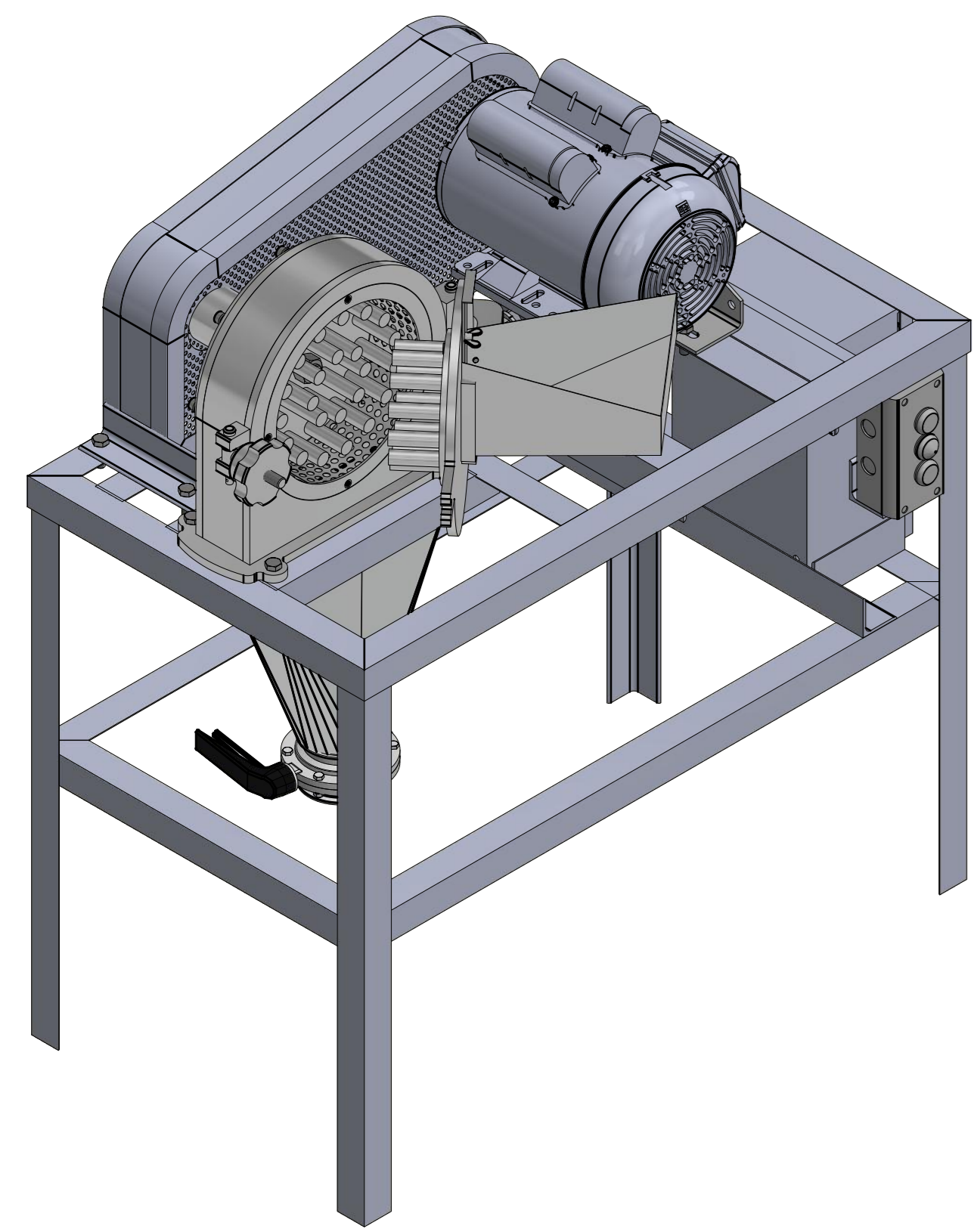
Tipo de producto extendido:	AF26-30-00-13
Código de producto:	15BL237001R1300
EAN:	3471523110939
Descripción corta:	AF26-30-00-13 100-250V50/60HZ-DC Contactor
Descripción larga:	The AF26-30-00-13 is a 3 pole - 690 V IEC or 600 UL contactor with screw terminals, controlling motors up to 11 kW / 400 V AC (AC-3) or 15 hp / 480 V UL and switching power circuits up to 45 A (AC-1) or 45 A UL general use. Thanks to the AF technology, the contactor has a wide control voltage range (100-250 V 50/60 Hz and DC), managing large control voltage variations, reducing panel energy consumptions and ensuring distinct operations in unstable networks. Furthermore, surge protection is built-in, offering a compact solution. AF contactors have a block type design, can be easily extended with add-on auxiliary contact blocks and an additional wide range of accessories.



Technical

Number of Main Contacts NO	3
Number of Main Contacts NC	0
Number of Auxiliary Contacts NO	0
Number of Auxiliary Contacts NC	0
Standards	IEC 60947-1 / 60947-4-1 and EN 60947-1 / 60947-4-1, UL 508, CSA C22.2 N° 14
Rated Operational Voltage	Main Circuit 690 V
Rated Frequency (f)	Main Circuit 50 / 60 Hz
Conventional Free-air Thermal Current (I _{th})	acc. to IEC 60947-4-1, Open Contactors q = 40 °C 50 A
Rated Operational Current AC-1 (I _a)	(690 V) 40 °C 45 (690 V) 60 °C 40 A (690 V) 70 °C 32

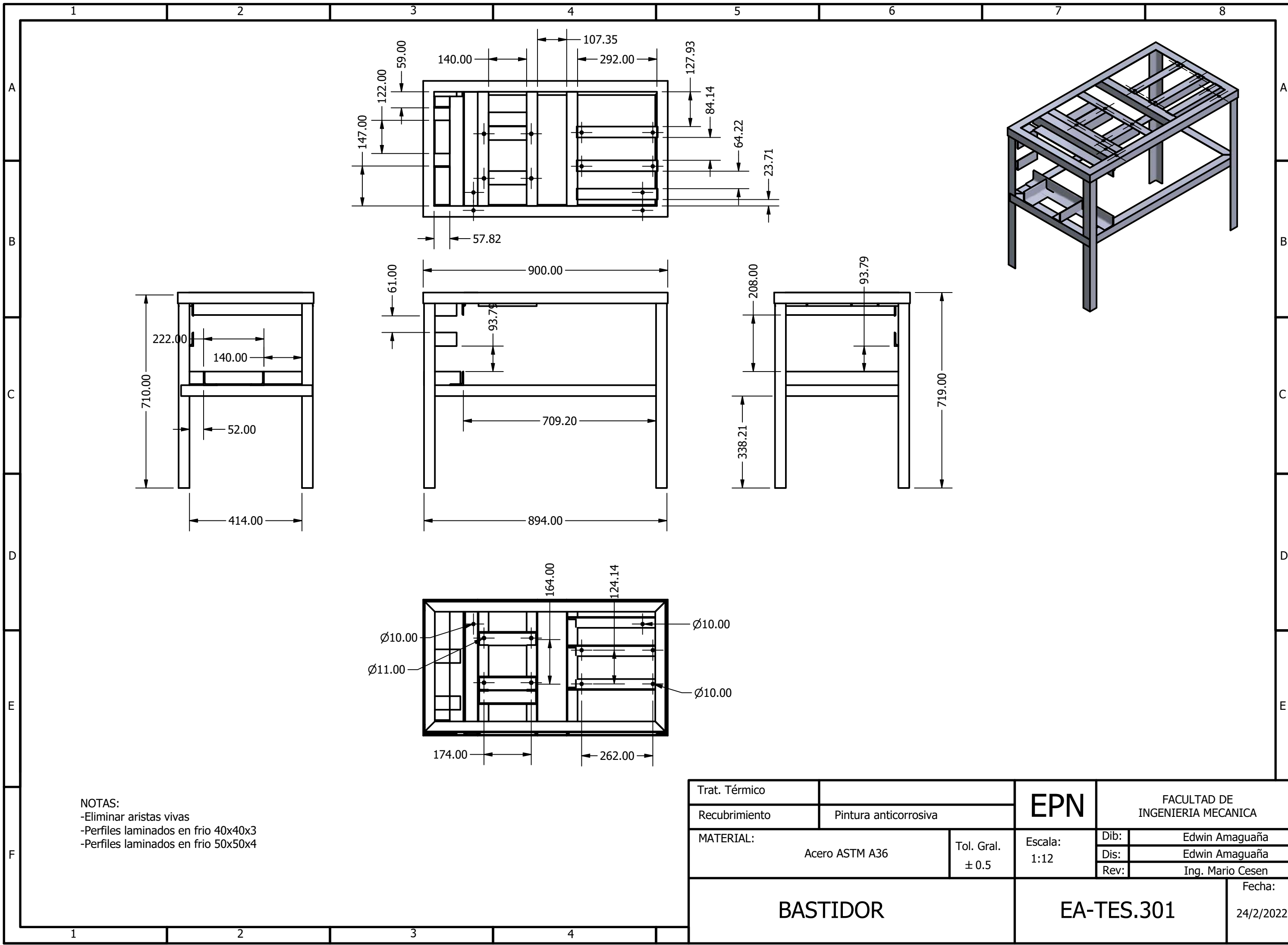
Rated Operational Current AC-3 (I _a)	(415 V) 60 °C 26 A (440 V) 60 °C 26 A (500 V) 60 °C 23 A (690 V) 60 °C 17 A (380 / 400 V) 60 °C 26 A (220 / 230 / 240 V) 60 °C 26 A
Rated Operational Power AC-3 (P _e)	(400 V) 11 kW (415 V) 11 kW (440 V) 15 kW (500 V) 15 kW (690 V) 15 kW (380 / 400 V) 11 kW (220 / 230 / 240 V) 6.5 kW
Rated Short-time Withstand Current Low Voltage (I _{cw})	at 40 °C Ambient Temp, in Free Air, from a Cold State 10 s 350 A at 40 °C Ambient Temp, in Free Air, from a Cold State 15 min 50 A at 40 °C Ambient Temp, in Free Air, from a Cold State 1 min 150 A at 40 °C Ambient Temp, in Free Air, from a Cold State 1 s 700 A at 40 °C Ambient Temp, in Free Air, from a Cold State 30 s 225 A for 1 s -empty- A
Maximum Breaking Capacity	cos phi=0.45 (cos phi=0.35 for I _e > 100 A) at 440 V 500 A cos phi=0.45 (cos phi=0.35 for I _e > 100 A) at 690 V 200 A
Maximum Electrical Switching Frequency	(AC-1) 600 cycles per hour (AC-2 / AC-4) 150 cycles per hour (AC-3) 1200 cycles per hour
Rated Insulation Voltage (U _i)	acc. to IEC 60947-4-1 and VDE 0110 (Gr. C) 690 V acc. to UL/CSA 600 V
Rated Impulse Withstand Voltage (U _{imp})	6 kV
Maximum Mechanical Switching Frequency	3600 cycles per hour
Rated Control Circuit Voltage (U _c)	50 Hz 100 ... 250 V 50 Hz / 60 Hz 100 ... 250 V 60 Hz 100 ... 250 V DC Operation 100 ... 250 V
Operate Time	Between Coil De-energization and NC Contact Closing 13 ... 98 ms Between Coil De-energization and NO Contact Opening 11 ... 95 ms Between Coil Energization and NC Contact Opening 38 ... 90 ms Between Coil Energization and NO Contact Closing 40 ... 95 ms



Nº	ZONA	DENOMINACIÓN	PLANO Y/O NORMA	CANT.	MATERIAL	OBSERVACIÓN
13	6G	VÁLVULA DE MARIPOSA		1	Acero inoxidable AISI 304	
12	7F	BOTONERA		1		
11	5B	BASTIDOR	EA-TES.003	1	ASTM A36	Angulo 40x40x3 mm
10	F11	GUARDA DE SEGURIDAD	EA-TES.002	1	ASTM A36	
9	C5	PERNO HEX G2 GALV M10 x 30	ASTM A307 / SAE J429	12	ASTM A307	Pernos y tornillos de precisión hexagonales métricos ISO
8	F5	DUCTO DE DESCARGA	IC-TES.701	1		
7	F5	TAPA FRONTAL	IC-TES.003	1		
6	F5	CUERPO MOLINO	IC-TES.002	1	Acero inoxidable AISI 304	
5	F11	BANDA 3V		1		
4	F11	POLEA CONDUCCIDA	EA-TES.101	1	Aluminio 6061	
3	F11	POLEA MOTRIZ	EA-TES.102	1	Aluminio 6061	
2	D5	MOTOR MONOFÁSICO G56H		1		WEG, 2 HP
1	F3	BASE TENSORA		1		

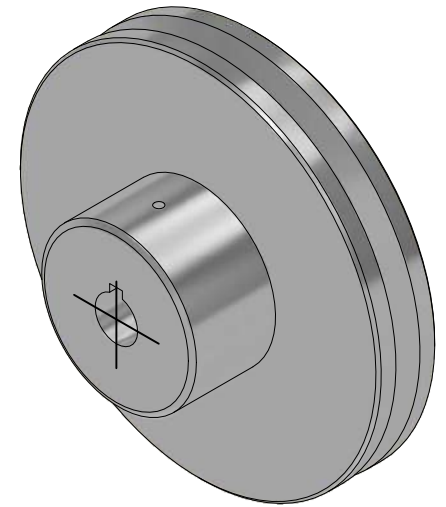
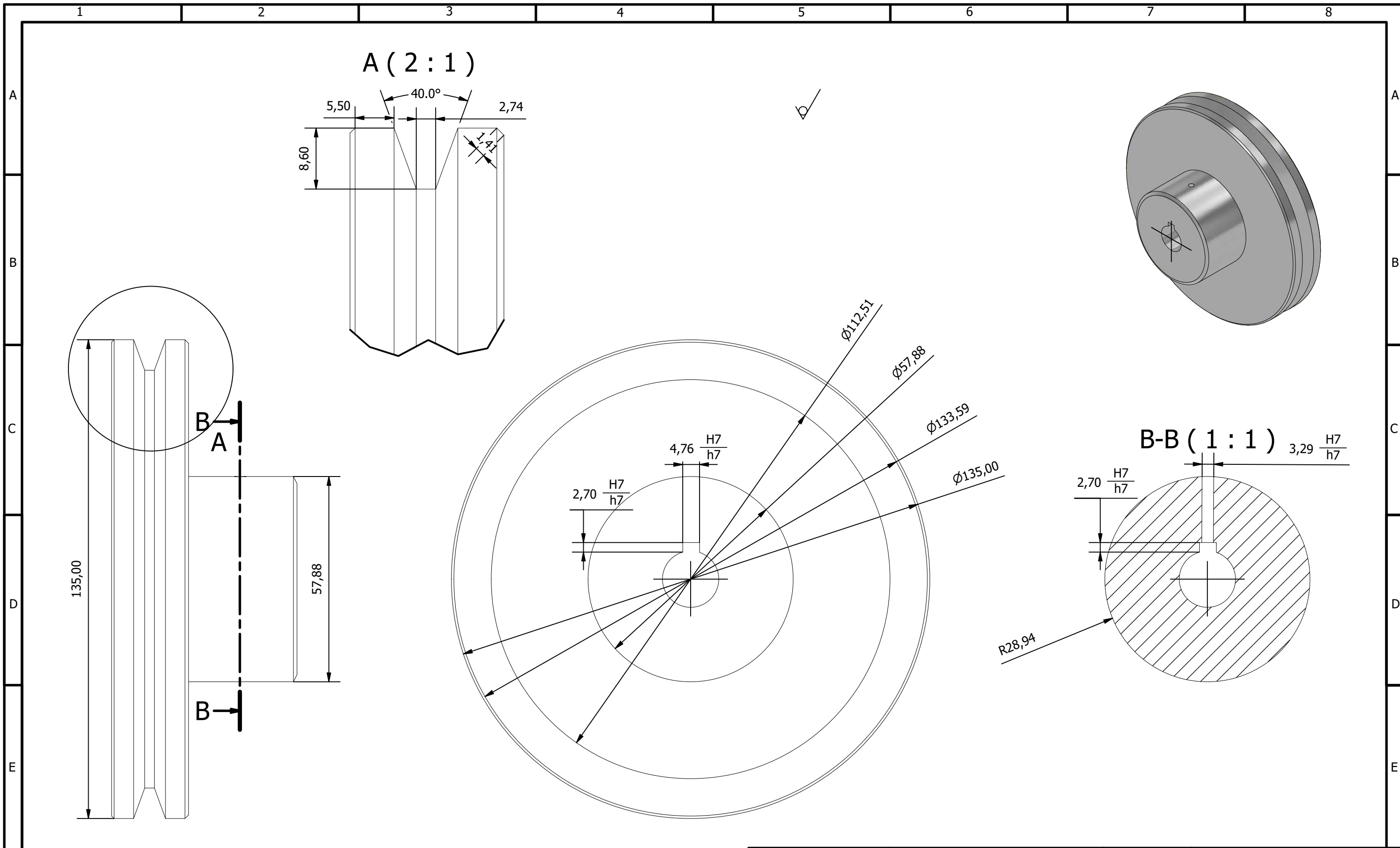
EPN FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA
 DIB: Edwin Amagualla Escala: 1 : 6
 Dis: Edwin Amagualla
 Rev: Inq. Mario Céspedes Fecha: 24/2/2022

MOLINO DE PINES IC-TES.001



NOTAS:
 -Eliminar aristas vivas
 -Perfiles laminados en frio 40x40x3
 -Perfiles laminados en frio 50x50x4

Trat. Térmico		EPN	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
Recubrimiento	Pintura anticorrosiva		Dib:	Edwin Amaguaña
MATERIAL:	Acero ASTM A36	Tol. Gral. ± 0.5	Escala:	Dis:
			1:12	Edwin Amaguaña
				Rev:
BASTIDOR			EA-TES.301	
				Fecha: 24/2/2022



NOTAS:
-Eliminar aristas vivas

Trat. Térmico		EPN	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
Recubrimiento			Dib:	Edwin Amaguaña
MATERIAL: Aluminio 6061	Tol. Gral. ± 0.5	Escala: 1 : 1	Dis:	Edwin Amaguaña
			Rev:	Ing. Mario Cesen
			Fecha: 24/2/2022	
POLEA MOTRIZ		EA-TES.102		

1

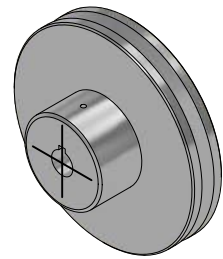
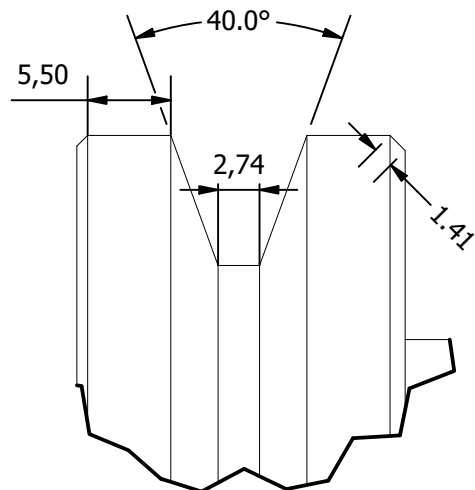
2

3

4

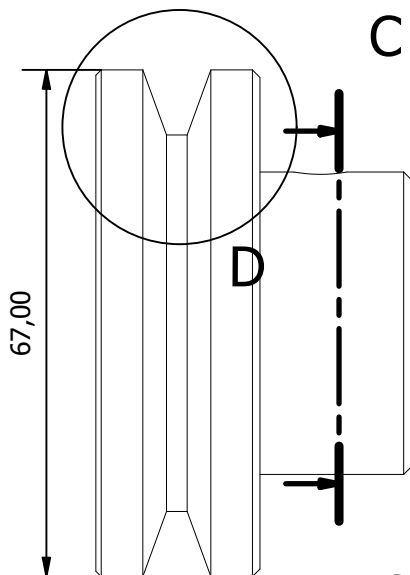
A

D (2 : 1)



B

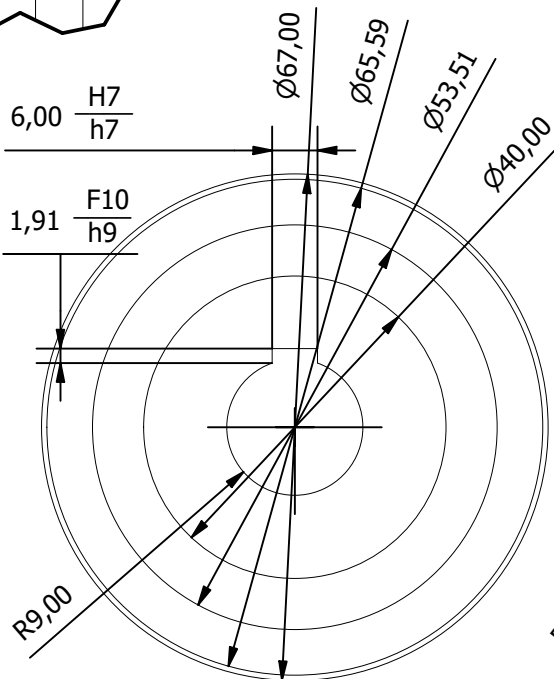
C



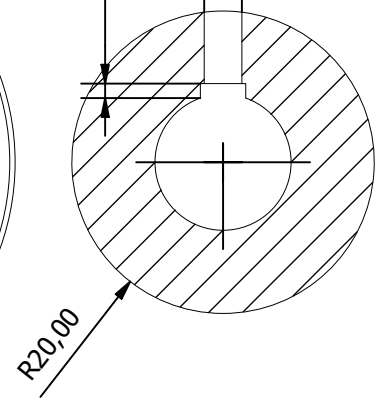
C

6,00 $\frac{H7}{h7}$ 1,91 $\frac{F10}{h9}$

C



C-C (1 : 1)

1,91 $\frac{F10}{h9}$ 6 $\frac{H7}{h7}$ 

D

E

NOTAS:
-Eliminar aristas vivas

Trat. Térmico

Recubrimiento

MATERIAL:

Aluminio 6061

Tol. Gral.
 ± 0.5

EPN

Escala:
1 : 1FACULTAD DE
INGENIERIA MECANICA

Dib: Edwin Amaguaña

Dis: Edwin Amaguaña

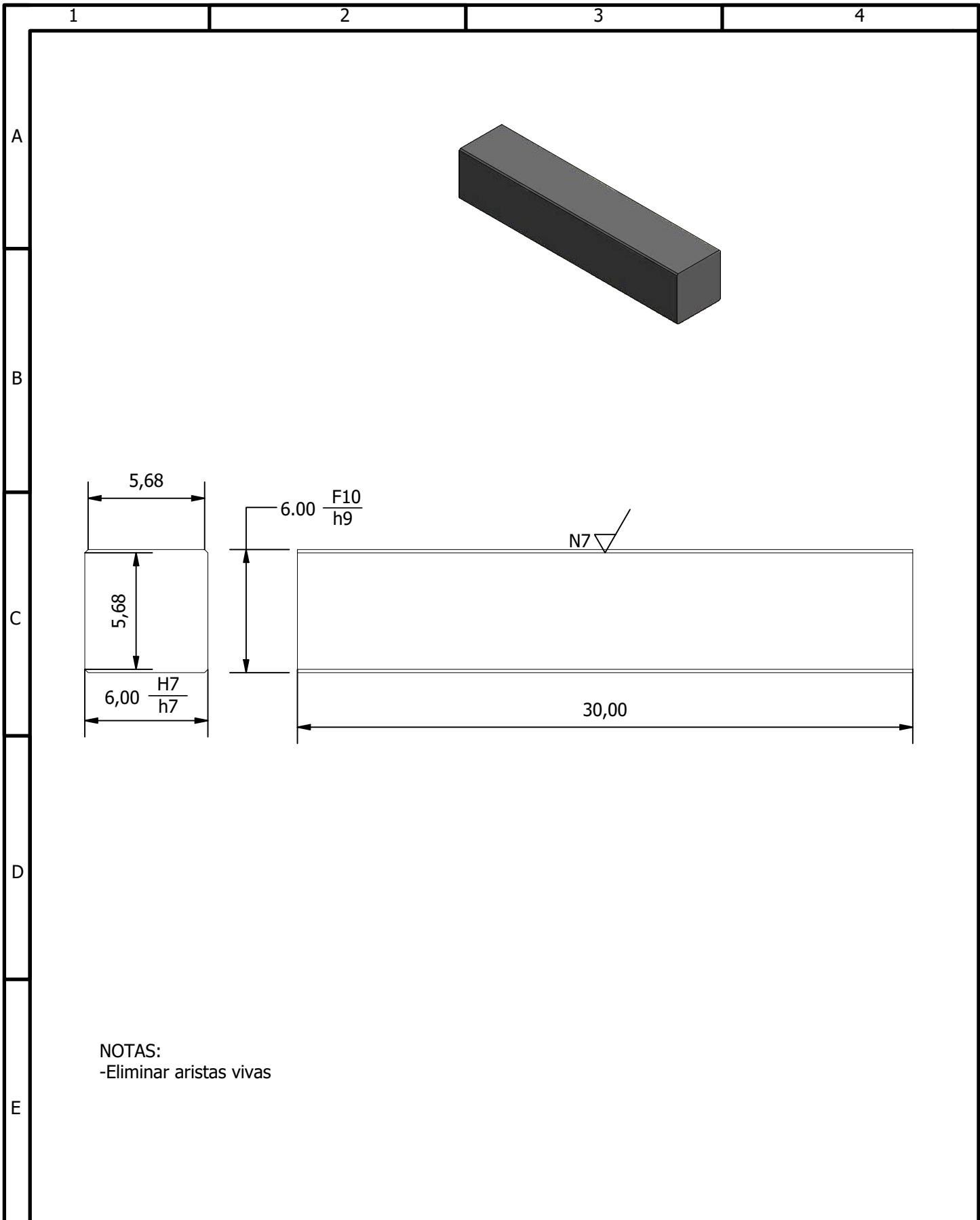
Rev: Ing. Mario Cesen

POLEA CONDUCCIDA

EA.TES.101

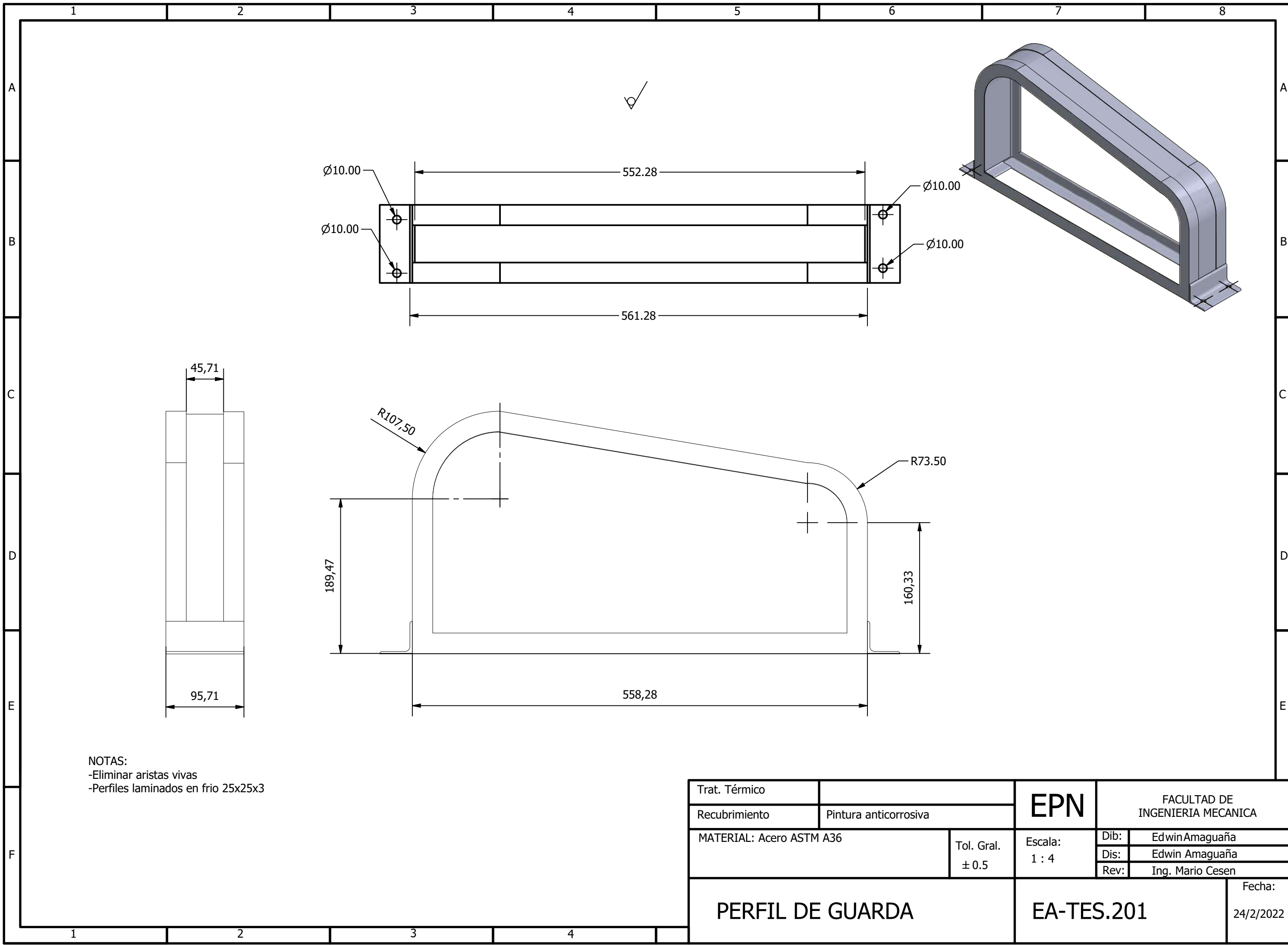
Fecha:

24/2/2022



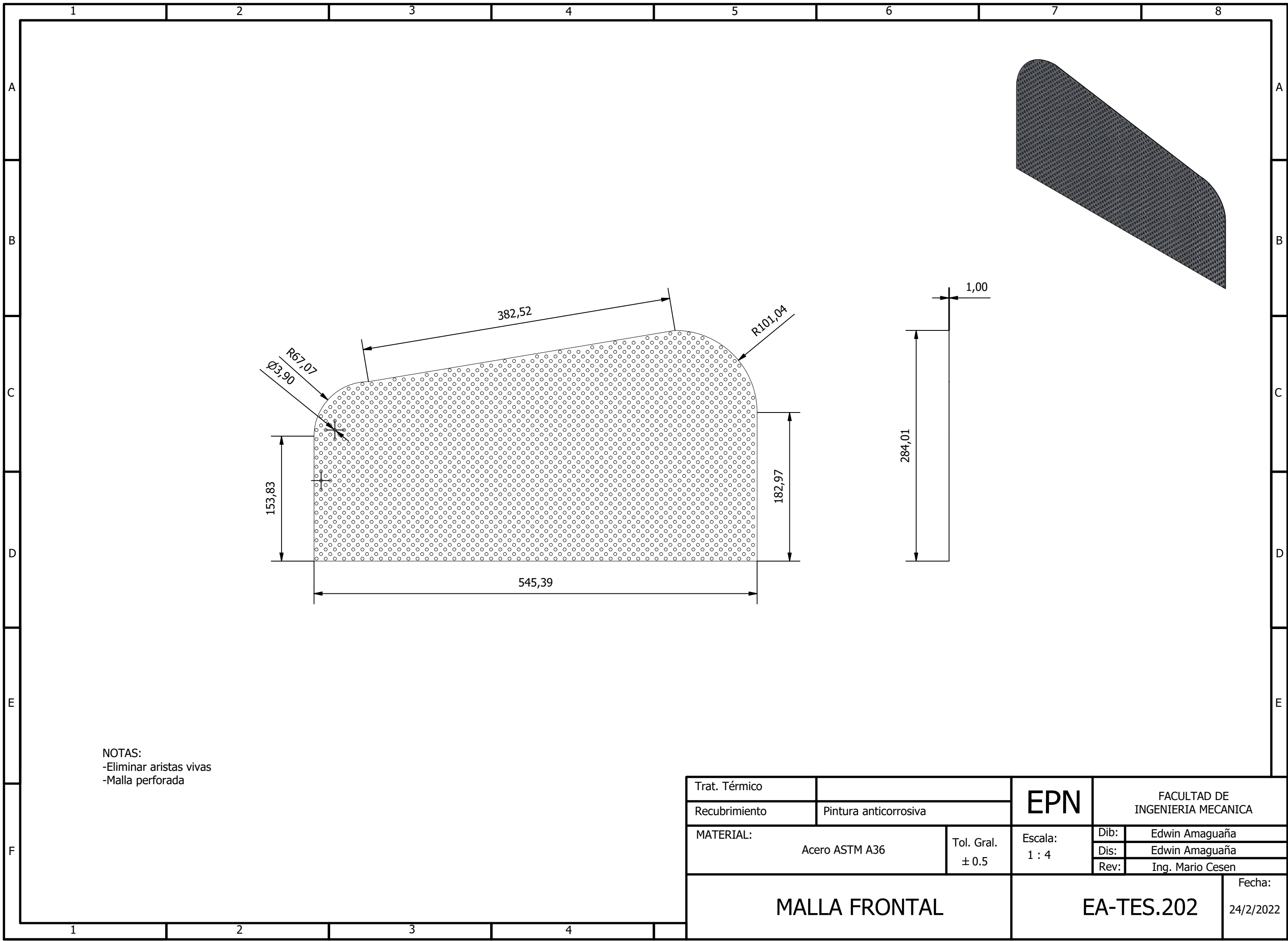
NOTAS:
-Eliminar aristas vivas

Trat. Térmico		EPN	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA		
Recubrimiento			Dib:	Edwin Amaguaña	
MATERIAL:	ACERO AISI 1020	Tol. Gral. ± 0.5	Escala: 4 : 1	Dis:	Edwin Amaguaña
			Rev:	Ing. Mario Cesen	
CHAVETA		EA-TES.103		Fecha: 24/02/2022	



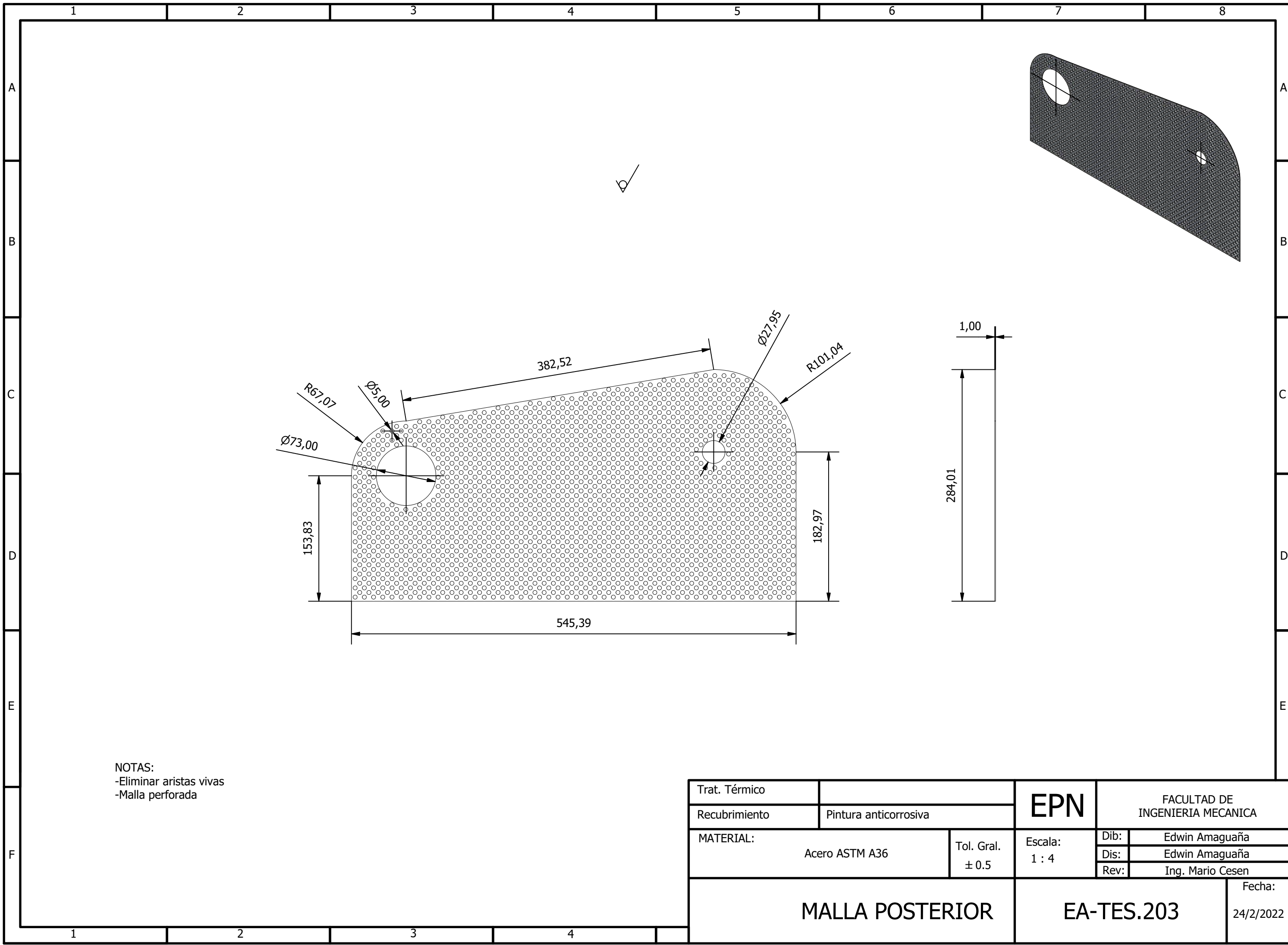
NOTAS:
 -Eliminar aristas vivas
 -Perfiles laminados en frio 25x25x3

Trat. Térmico		EPN	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
Recubrimiento	Pintura anticorrosiva		Dib:	Edwin Amaguaña
MATERIAL: Acero ASTM A36		Tol. Gral. ± 0.5	Escala:	Dis:
			1 : 4	Edwin Amaguaña
			Rev:	Ing. Mario Cesen
PERFIL DE GUARDA		EA-TES.201		Fecha: 24/2/2022



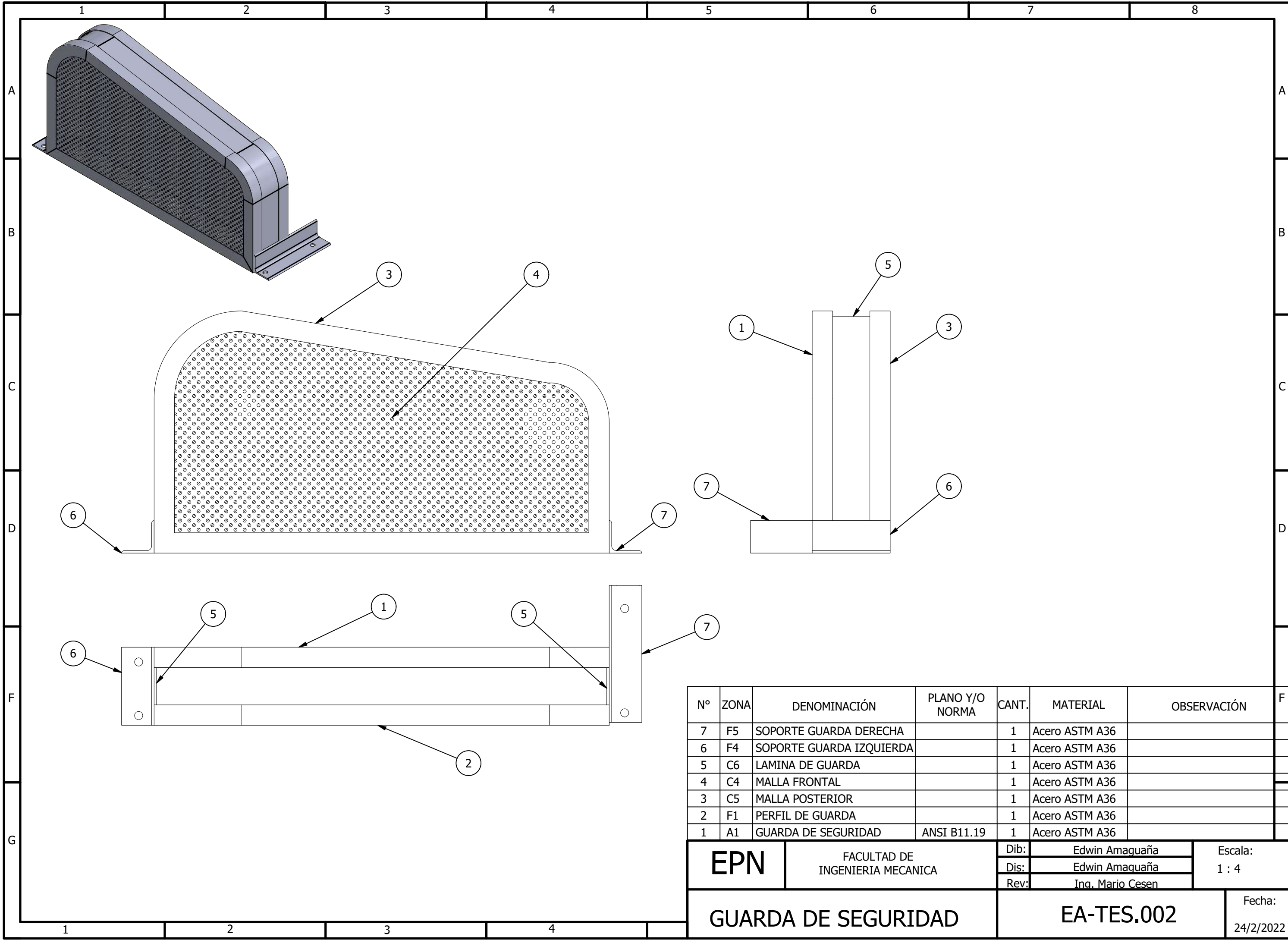
NOTAS:
 -Eliminar aristas vivas
 -Malla perforada

Trat. Térmico		EPN	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
Recubrimiento	Pintura anticorrosiva		Dib:	Edwin Amaguaña
MATERIAL:		Escala: 1 : 4	Dis:	Edwin Amaguaña
Acero ASTM A36			Rev:	Ing. Mario Cesen
Tol. Gral. ± 0.5			Fecha: 24/2/2022	
MALLA FRONTAL			EA-TES.202	



NOTAS:
 -Eliminar aristas vivas
 -Malla perforada

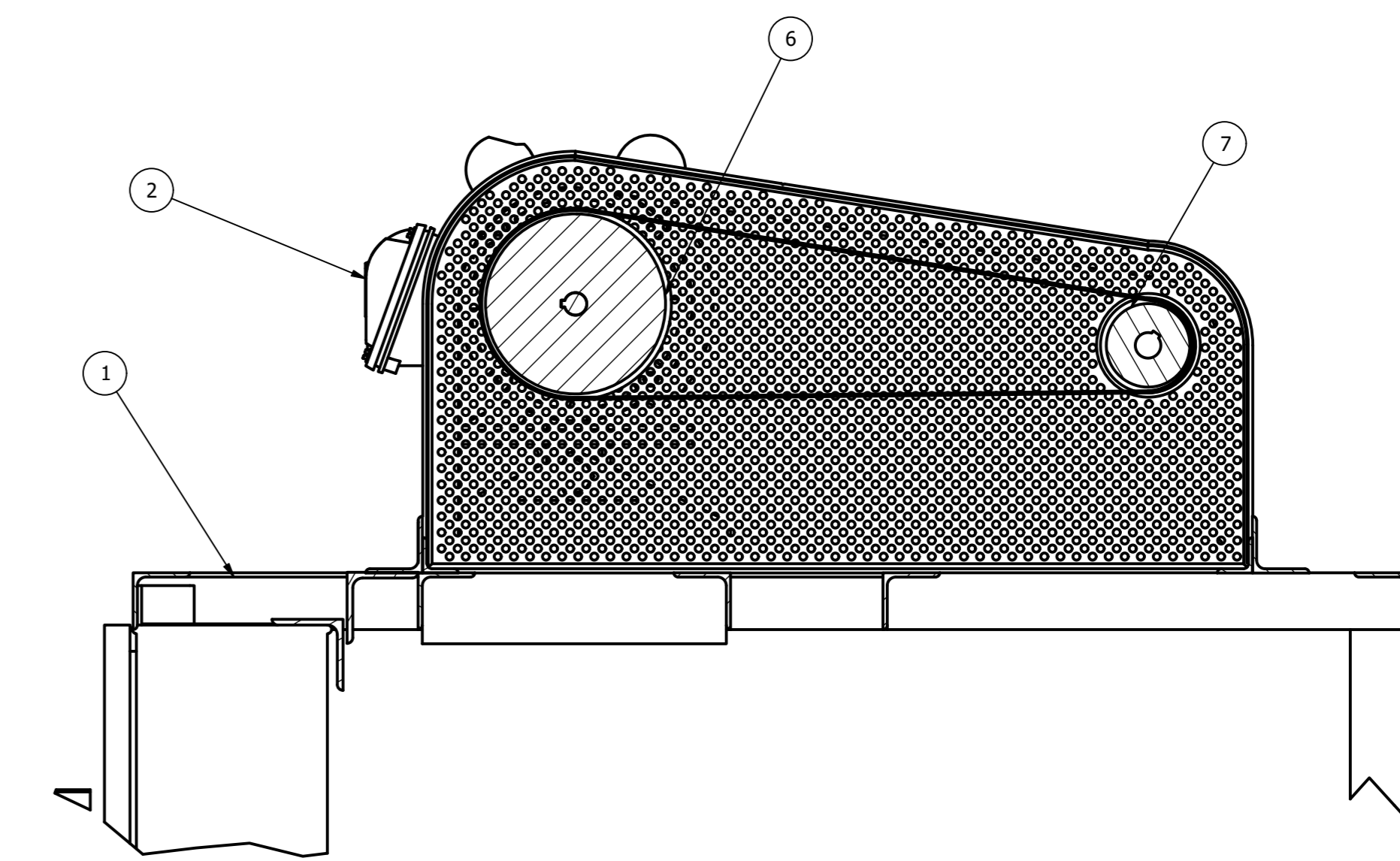
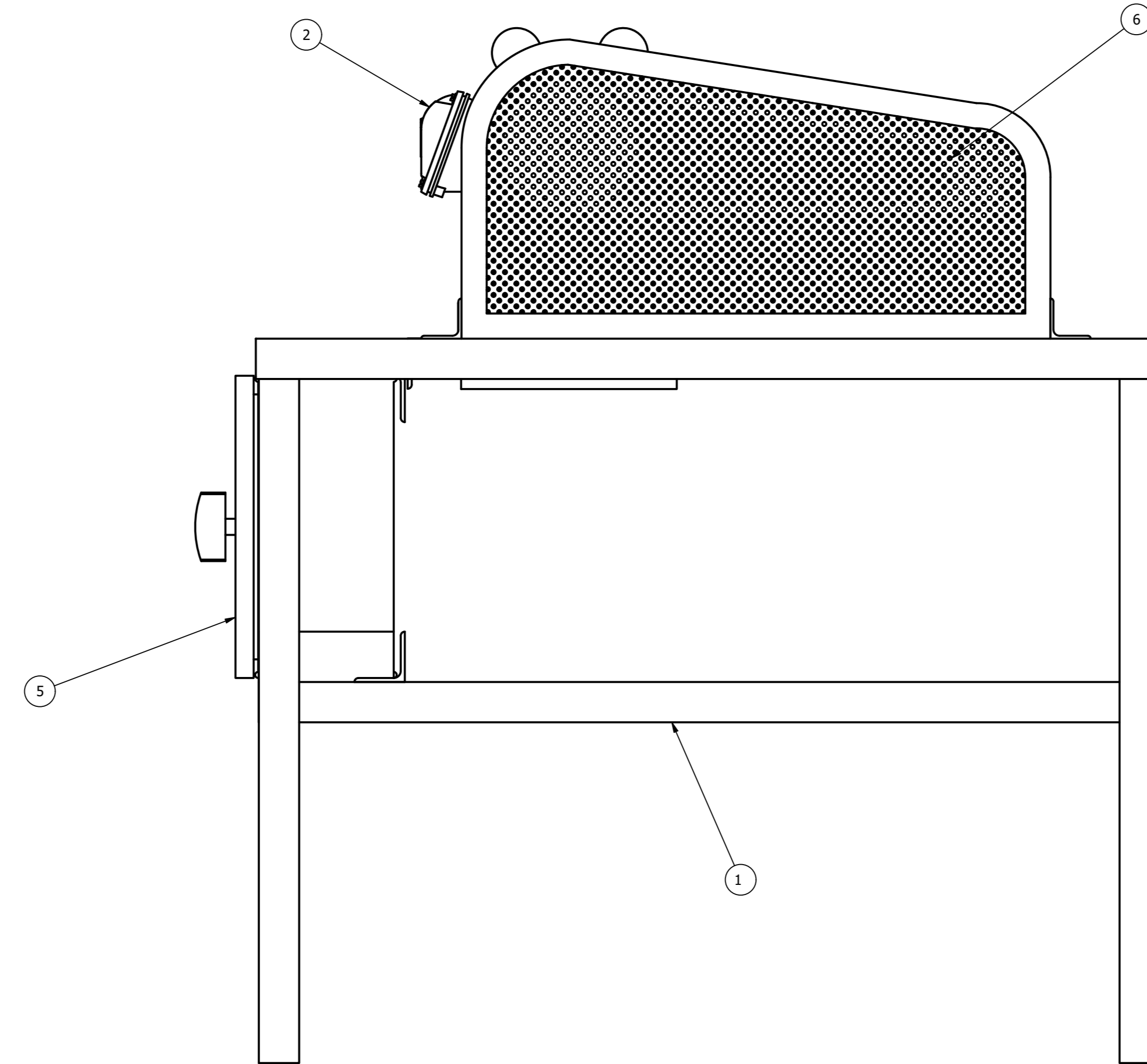
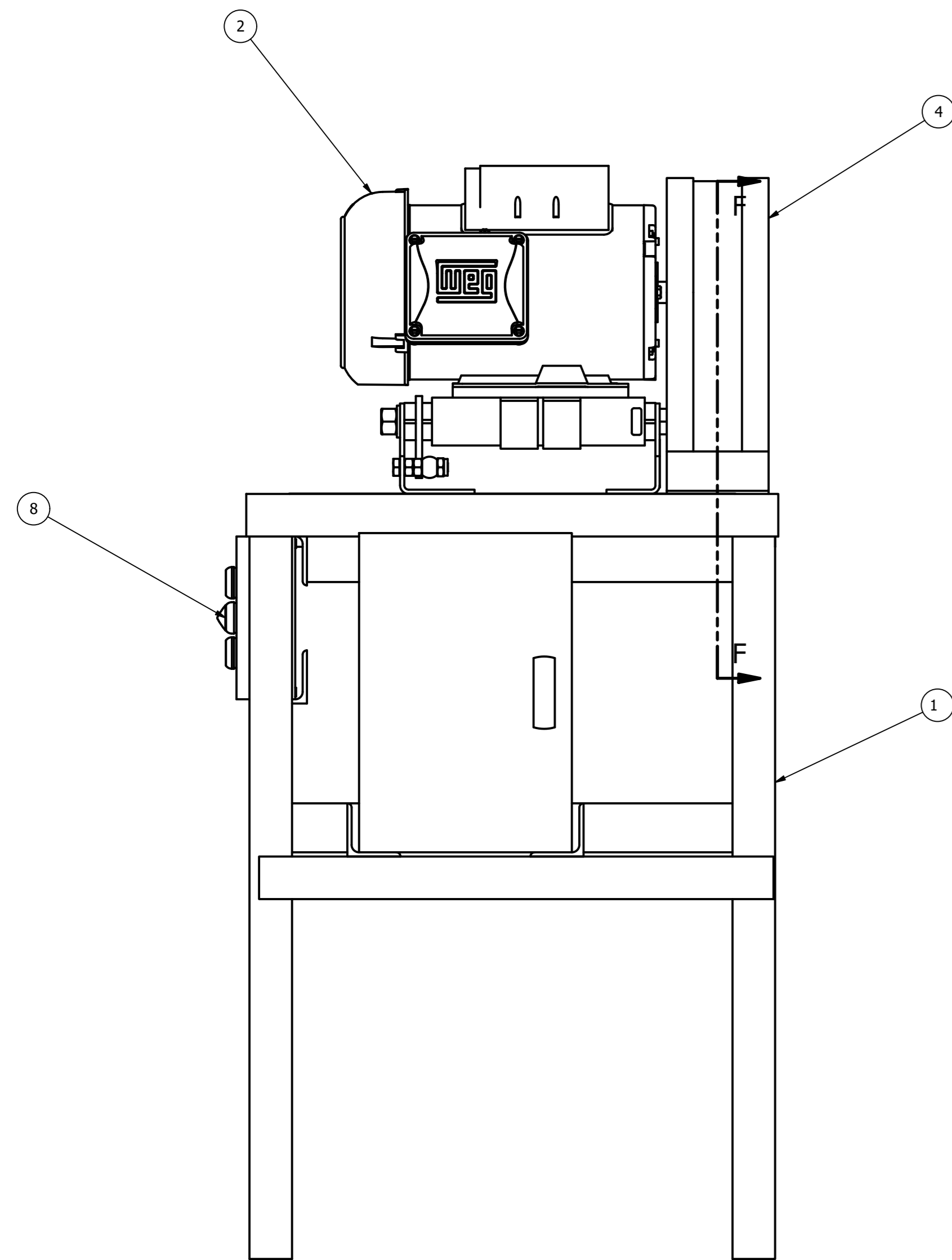
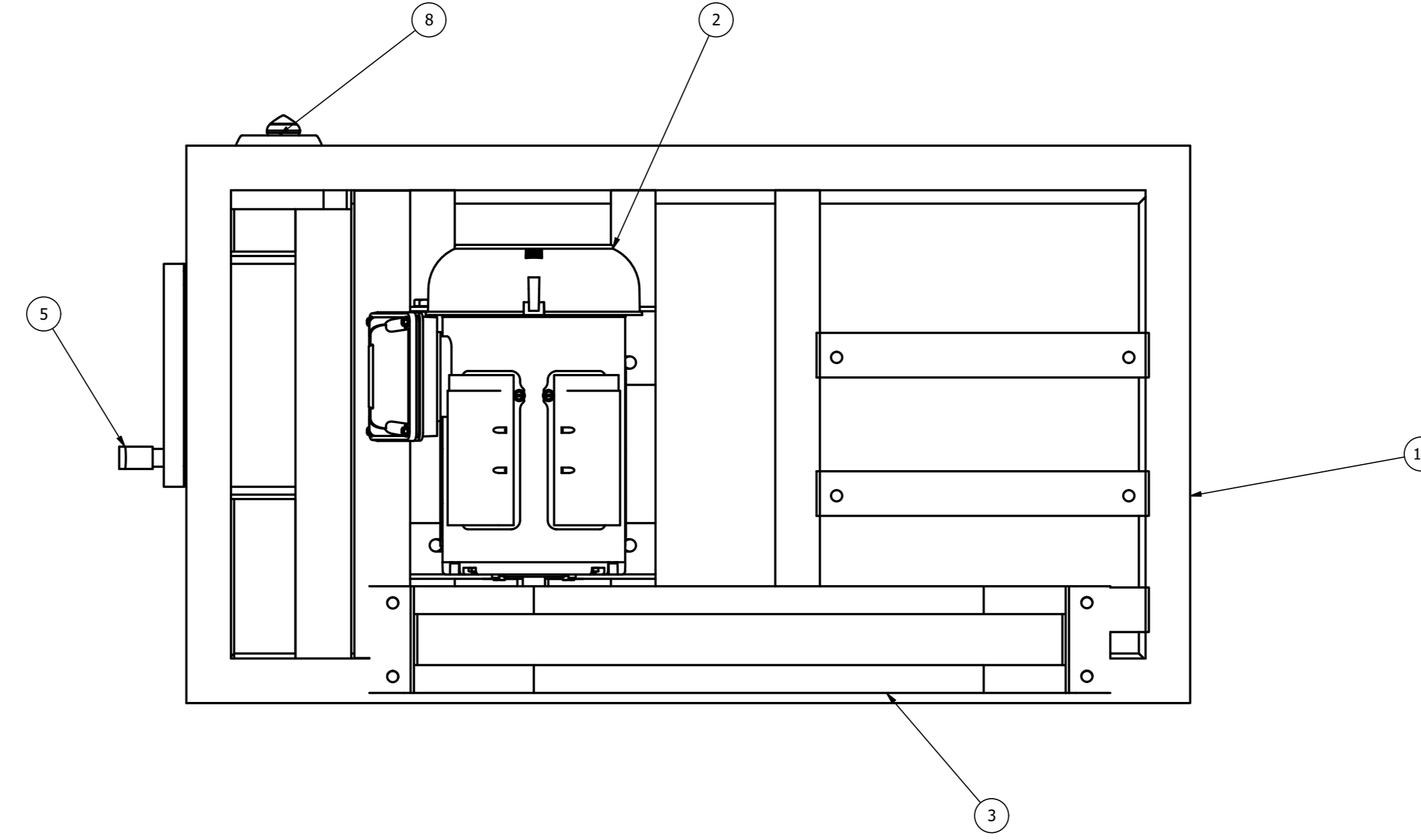
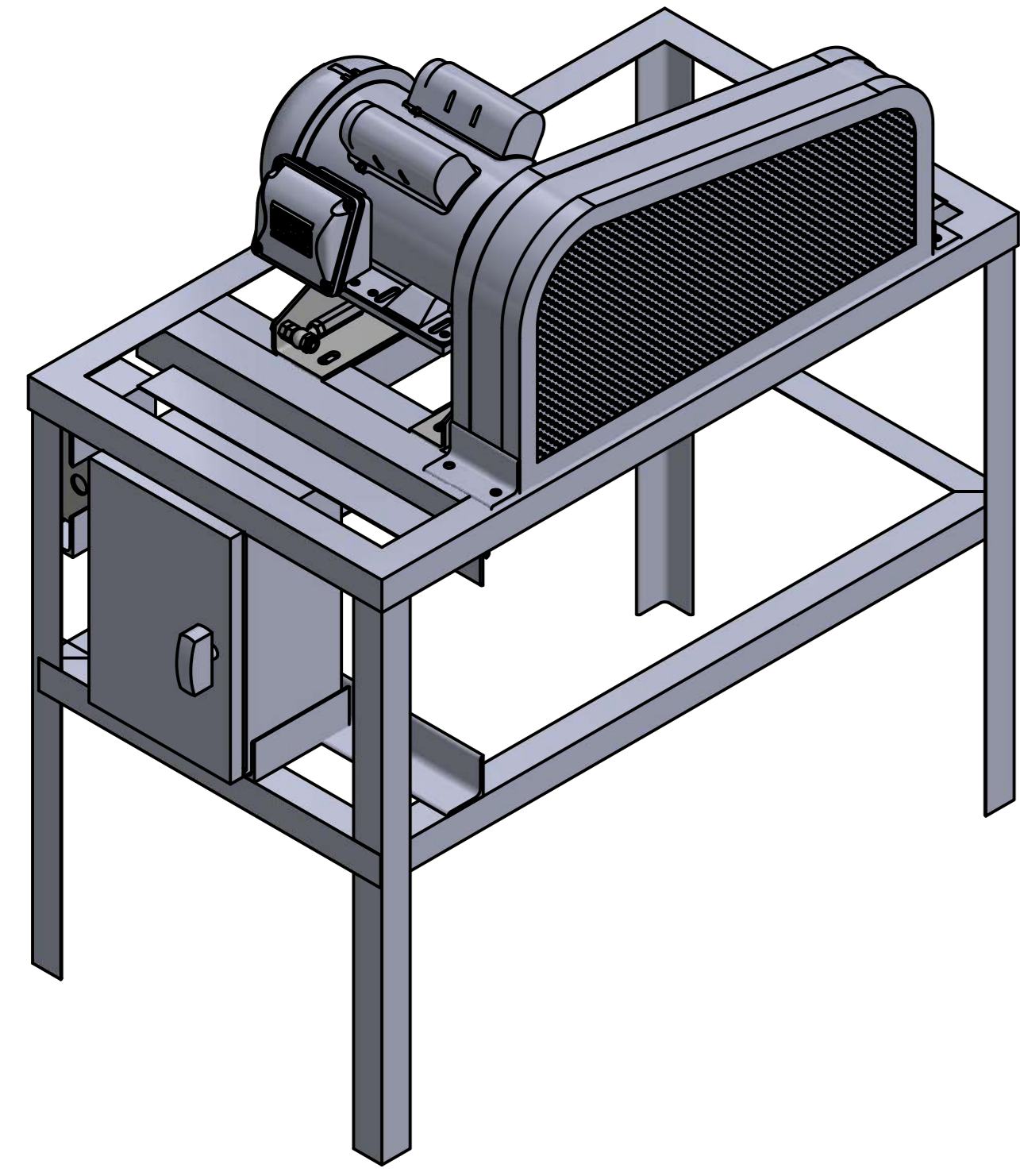
Trat. Térmico		EPN	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
Recubrimiento	Pintura anticorrosiva		Dib:	Edwin Amaguaña
MATERIAL:	Acero ASTM A36	Tol. Gral. ± 0.5	Escala:	Dis:
			1 : 4	Edwin Amaguaña
				Rev:
MALLA POSTERIOR			EA-TES.203	Fecha: 24/2/2022



Nº	ZONA	DENOMINACIÓN	PLANO Y/O NORMA	CANT.	MATERIAL	OBSERVACIÓN
7	F5	SOPORTE GUARDA DERECHA		1	Acero ASTM A36	
6	F4	SOPORTE GUARDA IZQUIERDA		1	Acero ASTM A36	
5	C6	LAMINA DE GUARDA		1	Acero ASTM A36	
4	C4	MALLA FRONTAL		1	Acero ASTM A36	
3	C5	MALLA POSTERIOR		1	Acero ASTM A36	
2	F1	PERFIL DE GUARDA		1	Acero ASTM A36	
1	A1	GUARDA DE SEGURIDAD	ANSI B11.19	1	Acero ASTM A36	

EPN	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	Dib:	Edwin Amaquaña	Escala: 1 : 4
		Dis:	Edwin Amaquaña	
		Rev:	Ing. Mario Cesen	

GUARDA DE SEGURIDAD	EA-TES.002	Fecha: 24/2/2022
----------------------------	-------------------	---------------------



SECTION F-F
SCALE 1 / 4

Nº	ZONA	DENOMINACIÓN	PLANO Y/O NORMA	CANT.	MATERIAL	OBSERVACIÓN
8	C7	BOTONERA		1		
7	H4	POLEA CONDUCTIDA		1	Aluminio 6061	
6	H3	POLEA MOTRIZ		1	Aluminio 6061	
5	H3	CAJA DE CONEXION		1		
4	H4	MALLA FRONTAL		1	Acero ASTM A36	
3	E8	ESTRUCTURA GUARDA		1	Acero ASTM A36	
2	D8	MOTOR		1		WEG 2HP
1	D10	BASTIDOR		1	Acero ASTM A36	

EPN	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	Dib:	Edwin Amaguña	Escala:	1 / 4
		Dis:	Edwin Amaguña		
		Rev:	Ina. Mario Ceson		
BASTIDOR		EA-TES.003		Fecha: 24/2/2022	