

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Diseño de estructura para trituradora de plástico de alta
densidad y análisis de seguridad ocupacional**

Trabajo de graduación presentado por María Andrea Fernández Paiz
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica
Industrial

Guatemala,
2023

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



Diseño de estructura para trituradora de plástico de alta
densidad y análisis de seguridad ocupacional

Trabajo de graduación presentado por María Andrea Fernández Paiz
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica
Industrial

Guatemala,
2023

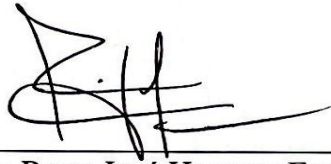
Vo.Bo.:



(f)

Ingeniero Rony José Herrarte Estevez

Tribunal Examinador:



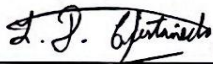
(f)

Ingeniero Rony José Herrarte Estevez



(f)

Ingeniero César Alberto Rosales Gómez



(f)

Ingeniero Luis Diego Castañeda Fernández

Fecha de aprobación: Guatemala, 5 de diciembre de 2023.

Lista de figuras	x
Lista de cuadros	xii
Resumen	xiii
1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
2.1. Antecedentes generales trituradora	3
2.2. Problemática por resolver - estructura	4
2.3. Antecedentes - estructura	5
3. Justificación	9
4. Objetivos	11
4.1. Objetivo general	11
4.2. Objetivos específicos	11
5. Marco teórico	13
5.1. Diseño de una trituradora	13
5.1.1. Dimensiones trituradora	14
5.2. Diseño tolva de entrada	15
5.2.1. Altura de la tolva	16
5.3. Material de la estructura y alza	16
5.4. Seguridad	19
5.5. Soldadura	21
5.6. Análisis estructural Ansys	23
5.7. Análisis vibraciones	23
6. Metodología	25
6.1. Requisitos	26
6.2. Diseños preliminares	28

6.2.1. Alza	28
6.2.2. Soporte estructura y placa soporte	29
6.2.3. Caja cuchillas	30
6.2.4. Porta criba	31
6.2.5. Tolva extracción	31
6.2.6. Tolva entrada	32
6.2.7. Ensamble caja cuchillas – tolvas – porta criba	34
6.2.8. Ensamble trituradora	34
6.2.9. Ensamble trituradora final	35
6.3. Plan de simulación	36
6.4. Cálculos y diseño	36
6.4.1. Cálculos caja cuchillas	37
6.4.2. Cálculos porta cuchillas	41
6.4.3. Cálculos soleras (soportes caja cuchilla)	41
6.4.4. Cálculos laterales caja cuchillas	42
6.4.5. Cálculos soporte estructura	42
6.4.6. Cálculos alza	45
6.4.7. Cálculos tornillo de potencia	46
6.4.8. Cálculos pernos sujetadores	52
6.4.9. Cálculos soldadura	55
6.5. Análisis vibraciones	60
6.6. Diseño final	61
6.7. Plan de fabricación	63
6.7.1. Tolva de entrada	64
6.7.2. Tolva de extracción	65
6.7.3. Carcasa caja cuchillas	66
6.7.4. Porta criba	67
6.7.5. Guardas de seguridad	68
6.7.6. Soporte estructura	69
6.7.7. Alza	70
6.7.8. Tornillo de potencia	71
6.7.9. Pernos sujetadores	71
6.8. Estrategias de compra	72
6.9. Fabricación	73
7. Resultados	75
7.1. Requisitos	75
7.2. Selección materiales	77
7.3. Factor de seguridad elementos críticos	77
7.4. Factor de seguridad soldadura	80
7.5. Frecuencias modales	80
7.6. Cotizaciones	81
7.7. Métodos de verificación de requisitos	83
8. Análisis de resultados	85
9. Conclusiones	89

10.Recomendaciones	91
11.Bibliografía	93
12.Anexos	97
12.1. Planos de fabricación	98
12.2. Cotizaciones	100
12.2.1. Cotización materiales Alaisa	100
12.2.2. Cotización materiales ProAceros	101
12.2.3. Cotización materiales Grupo AP	102
12.2.4. Cotización tornillo de potencia	103
12.2.5. Cotización fabricación trituradora	104
12.3. Fichas técnicas	105
12.3.1. Ficha técnica ASTM A36	105
12.3.2. Ficha técnica ASTM A500	106
12.3.3. Ficha técnica A572 Grado 50	107
12.3.4. Ficha técnica Acero 750 VCN 150	108
12.4. Manual de mantenimiento estructura	109

Lista de figuras

1. Tolva ideal	15
2. Diseño alza	28
3. Diseño soporte estructura y placa	29
4. Diseño ensamble estructuras	30
5. Diseño caja cuchillas	30
6. Diseño porta criba	31
7. Diseño tolva extracción	32
8. Diseño tolva entrada	33
9. Ensamble caja cuchillas – tolvas – porta criba	34
10. Ensamble trituradora	34
11. Tornillo potencia diseño inicial	35
12. Ensamble trituradora final	35
13. DCL caja cuchillas vista frontal	38
14. DCL caja cuchillas vista posterior	38
15. Cargas caja cuchillas vista frontal	39
16. Cargas caja cuchillas vista posterior	39
17. Mallado caja cuchillas	40
18. Representación Fuerza de Corte Ansys	41
19. Soleras soporte	41
20. Fuerza de reacción soleras	42
21. Cálculos laterales caja cuchillas	42
22. Cargas soporte estructura	44
23. Mallado soporte estructura	45
24. Fuerzas de reacción soporte estructura	45
25. Cargas alza	46
26. Mallado alza	46
27. DCL tolva cerrada	47
28. DCL tolva abierta	47
29. Condiciones de extremo	51
30. Constantes perno	53
31. Casos de soldadura	56
32. Tipo de soldadura en todo alrededor	57

33. Tipo de soldadura paralela	60
34. Frecuencias naturales caja cuchillas	61
35. Frecuencias naturales estructura soporte	61
36. Frecuencias naturales alza	61
37. Vista frontal trituradora	62
38. Vista posterior trituradora	62
39. Elementos módulo estructura trituradora	63
40. Tolva de entrada trituradora	64
41. Tolva de extracción trituradora	65
42. Carcasa caja de cuchillas	66
43. Porta criba	67
44. Guarda de seguridad volante de inercia y motor	68
45. Guarda de seguridad volante de inercia	68
46. Soporte estructura	69
47. Alza	70
48. Tornillo de potencia	71
49. Factor de seguridad 10.17 en porta cuchillas fijas	78
50. Factor de seguridad 7.93 en pared lateral caja cuchillas	78
51. Factor de seguridad 6.72 en placa soporte	79
52. Factor de seguridad 4.14 en estructura	79
53. Factor de seguridad 7.04 en alza	80
54. Cotización materiales Alaisa	100
55. Cotización materiales ProAceros	101
56. Cotización materiales Grupo AP	102
57. Cotización fabricación tornillo potencia	103
58. Cotización fabricación trituradora	104
59. Ficha técnica ASTM A36	105
60. Ficha técnica ASTM A500	106
61. Ficha técnica A572 Grado 50	107
62. Ficha técnica Acero 750 VCN 150	108

Lista de cuadros

1. Propiedades químicas aceros	17
2. Propiedades mecánicas aceros	17
3. Comparación aceros	18
4. Ultimo dígito nomenclatura	22
5. Requisitos trituradora	26
6. Propiedades materiales	37
7. Cargas caja cuchillas	38
8. Fuerzas aplicadas caja cuchillas	39
9. Cargas estáticas en estructura soporte	43
10. Cargas aplicadas en estructura soporte	43
11. Cargas aplicadas alza	45
12. Propiedades material tornillo potencia	48
13. Dimensiones tornillo de potencia	48
14. Coeficientes de fricción según material	48
15. Constantes tornillo de potencia y tuerca	49
16. Factores de área	50
17. Propiedades material pernos sujetadores	53
18. Dimensiones pernos sujetadores	53
19. Constantes perno	54
20. Propiedades electrodos	55
21. Información tolva de entrada	64
22. Información tolva de extracción	65
23. Información carcasa caja cuchillas	66
24. Información porta criba	67
25. Información guardas de seguridad	69
26. Información estructuras	70
27. Información tornillo de potencia	71
28. Pernos sujetadores seguridad	71
29. Elementos a comprar	72
30. Costos totales fabricación	72
31. Cumplimiento de requisitos	75

32. Selección materiales	77
33. Factor de seguridad elementos críticos	77
34. Factor de seguridad soldadura	80
35. Frecuencias modales elementos	80
36. Cotización materiales estructura	81
37. Cotización trituradora final	82
38. Páginas planos ensamblajes principales	82
39. Protocolo de pruebas	83
40. Índice planos módulo estructura	98
41. Índice planos módulo trituración	99
42. Índice planos módulo transmisión de potencia	99

Actualmente Agrequima busca optimizar y volver autosostenible el programa Campo Limpio. Este consiste en un proceso de recopilación de envases agroquímicos, para que posteriormente sean triturados y se les pueda dar un manejo correcto. Aquellos desechos denominados como peligrosos deben ser incinerados.

Para poder llevar a cabo el proyecto se realizó una investigación sobre los diseños de estructuras de trituradoras de HDPE que se tienen en la actualidad, y una serie de visitas a uno de los centros de acopio de Agrequima, ubicado en Chimaltenango, ya que se quería replicar la trituradora que actualmente ellos operan. Lo que se buscaba principalmente era modificar únicamente las partes deficientes en la estructura y mejorar el diseño para hacerlo más eficiente.

Los materiales más recolectados son el Polietileno tereftalato (PET) y el Polietileno de alta densidad (HDPE), ya que son el material del que están hechos los envases que más se usan en la industria agropecuaria, y como se está buscando que el proyecto se vuelva autosostenible se quiere que los envases puedan ser triturados y venderse a recicladoras que lo reutilicen para realizar nuevos artefactos. Se planteó la solución de diseñar una trituradora con una capacidad de al menos 150 kg/h, con el fin de optimizar el proceso de trituración de Agrequima. Se realizó un juego de planos de 77 páginas, en el cual se puede ver todo el proceso necesario para poder fabricarla y el ensamblaje de toda la máquina.

Teniendo en cuenta que el sistema de transmisión de potencia y el diseño de cuchillas se analizaron en módulos separados, se estudiaron distintas alternativas para la estructura de la máquina. Es importante que para el diseño se tomaran en cuenta las normas de seguridad ocupacional hacia el operario y realizar un análisis para verificar que la estructura soportaría todas las cargas aplicadas. Todos los factores de seguridad establecidos en la estructura cumplieron, siendo una máquina segura para operarla sin ninguna probabilidad de falla alguna.

Se cotizaron en 3 lugares distintos, tomando en cuenta la Universidad del Valle de Guatemala, obteniendo el mejor costo de fabricación de Q.214,200 en el taller Proyectos mecánicos e Inoxidables.

CAPÍTULO 1

Introducción

El proyecto se enfocó en el diseño de la estructura de una trituradora para polietileno de alta densidad. Para ello fue necesario definir la capacidad de trituración, de 150 kg/h, que fue dada por la empresa Agrequima según la cantidad de desechos agropecuarios recolectados en sus centros de acopio. El proyecto se dividió en 3 módulos, los cuales son el sistema de transmisión de potencia, sistema de trituración y estructura que es el que tiene enfoque en este trabajo.

Actualmente Agrequima cuenta con una trituradora la cual fue obtenida de China, con un diseño óptimo según las necesidades del programa Campo Limpio. Debido a la cantidad de envases recolectados era necesario optar por una segunda trituradora que pudiera volver autosostenible el programa e instalarla en el centro de acopio más grande.

Según las pequeñas problemáticas que fueron presentadas por Agrequima en el diseño de la trituradora, se realizaron investigaciones de trituradoras de capacidad similar para contemplar diversas ideas en los sistemas que comprendan la máquina y poder tomar los más adecuados según las necesidades de la empresa. De igual manera se consideraron las leyes establecidas en el Acuerdo Gubernativo de Guatemala No.229-2014 para el diseño y seguridad del operario.

Ahora bien, previo a la elección de los materiales que se utilizarían para el diseño de la trituradora, se investigó los más comunes para estas máquinas que pudieran brindar un costo-beneficio según lo que se quiere diseñar.

Cabe mencionar que el análisis de la estructura en su mayoría fue realizado por medio del *Software* Ansys Workbench 2022, en el cual se analizaron esfuerzos, factores de seguridad y frecuencias modales para tener un análisis integral de la máquina.

Agrequima es una empresa que se dedica a la recolección de envases que son utilizados en el área agrícola, como envases de pesticidas/y o plaguicidas. Este tipo de envases agroquímicos después de haber sido utilizados debe de tener un manejo responsable incluyendo el transporte, almacenamiento, disposición de envases vacíos, productos no usados y vencidos.

Por estas razones es que el proyecto “Campo Limpio” el cual es dirigido en Guatemala por la empresa Agrequima está buscando la manera de poder hacerlo autosostenible por medio de una segunda trituradora de plástico de alta densidad HDPE la cual sea más eficiente en términos de combustible y con un costo menor de \$12,000.

2.1. Antecedentes generales trituradora

El tema de la recolección de envases ha ido tomando importancia conforme el tiempo. En los años 90's empezó una iniciativa llamada “Campo Limpio” en Brasil y Guatemala la cual tiene como finalidad afianzar el compromiso y la activa participación de todos los sectores de la cadena agrícola en el proceso de disposición adecuada de los envases para ampliar la cobertura y aumentar la cantidad de material (CropLife, [s.f.](#)).

El principal problema para este tipo de industrias y las razones por la cual no utilizan este tipo de materiales biodegradables para el uso de envases es por el tipo de químico que llevan dentro. Los envases que deben ser usados deben cumplir con la certificación UN que garantiza que este envase puede contener productos peligrosos y ser transportado con seguridad por vía terrestre, marítima y aérea sin riesgos aparentes (MaxiPet, [2019](#)).

Hay que tener en cuenta en primer lugar, que los envases utilizados con este fin son de un solo uso, y por esta razón es que se realiza el triple lavado, para que los envases ya no representen algún peligro para los agricultores, medio ambiente o seres vivos (MaxiPet, [2019](#)).

El único manejo responsable que se les ha podido dar, es clasificar el tipo de envases si puede ser triturado o compactado para usarlos como materia prima que produzcan nuevos productos o si es necesario incinerarlos por ser materiales peligrosos (MaxiPet, 2019).

En diversos países se realizan diferentes tipos de trituradoras para plástico, principalmente porque se busca la manera de darle un mejor manejo a los materiales y ver de qué manera pueden ser reutilizados.

En la Universidad Cooperativa de Colombia se realizó una trituradora específicamente para plástico PET debido a que, aunque se recicla del 20 % al 35 % de este plástico, en la Universidad no se lleva a cabo ningún modelo de gestión de residuos sólidos por lo que el PET generado no está siendo reciclado. A pesar de ser diseñada para plástico PET también puede triturar polipropileno, polietileno y poliéster (Vela Rojas y col., 2018).

Para la realización de esta máquina utilizaron planos de libre acceso obtenidos en una página específica, en la cual se indican las dimensiones de cada pieza y los componentes mecánicos y eléctricos del modelo. El diseño se basa en el tamaño de una botella plástica mediana estándar (Vela Rojas y col., 2018).

La trituradora diseñada por esta Universidad cuenta con cuatro partes: caja de cuchillas, estructura, suministro de poder y tolva. Al momento de fabricarla se debieron hacer ciertos ajustes en cada parte debido a los materiales disponibles. También se estableció que se podría triturar botellas más grandes que las mencionadas anteriormente, pero era necesario cortarlas para la facilidad de trituración (Vela Rojas y col., 2018).

En general, se pudo encontrar que se han fabricado una gran variedad de trituradoras para plásticos, pero la mayoría se enfoca en el material tipo PET, aunque sí hay trituradoras para algunos plásticos de alta densidad como la realizada en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, específicamente para los residuos sólidos de la ciudad de Ibagué.

La trituradora diseñada se hizo para el plástico ABS el cual es un polímero más fuerte que el PET y que se utiliza para aplicaciones electrónicas, sector automotriz y juguetes (Hernández & Fonseca, 2017).

Para la realización de esta máquina se tomó en cuenta la capacidad y la cantidad de residuos sólidos que se desechan en la ciudad, así como también el crecimiento de estos conforme al tiempo. También, por el enfoque en el ABS, para el diseño de la máquina se tomó en cuenta los mejores materiales para este tipo de plástico, la cantidad de cuchillas por eje, tipo de corte, fuerza necesaria para corte, tipo de motor, reducciones de velocidad, acoples del sistema completo, etc (Hernández & Fonseca, 2017).

2.2. Problemática por resolver - estructura

Para poder realizar el diseño de la trituradora que se hará para la empresa Agrequima, se debe analizar qué tipo de estructura debe tener que sea la que convenga más, ya que una de las propuestas es que la trituradora se pueda transportar fácilmente a los diferentes centros de acopio y que los repuestos sean fácil de conseguir. Se deberán tomar en cuenta todos los requisitos que fueron establecidos por Agrequima, cumpliendo principalmente con

la seguridad del operario y que pueda ser montada en un soporte fácil de transportar.

2.3. Antecedentes - estructura

Las trituradoras son máquinas que fueron inventadas con el fin de reducir el tamaño o cambiar la forma de materiales que puedan ser desechados. Otro uso que se le da es reducir tamaños de alguna mezcla sólida de materias primas para poder realizar alguna separación de materiales que sean necesarios. Es por esto que se puede decir que todas las trituradoras siguen un principio básico el cual es que las cuchillas deben tener una mayor resistencia que la del material a triturar.

El diseño de una estructura para una trituradora puede variar dependiendo del diseñador, de lo que se esté buscando triturar o los requisitos que se tengan, pero como mínimo cualquier tipo de estructura debería de contar con ciertos elementos básicos para obtener los mismos resultados.

En la Universidad de Colombia (Gaitán Hernández, 2017) realizaron un estudio de cuáles eran las distintas opciones de diseño que se podían elegir para la estructura de una trituradora. Como se había mencionado anteriormente siempre deben cumplir con ciertos requisitos para el diseño de cada parte y es por esto que presenta un análisis de las ventajas y desventajas para tomar en cuenta todas las alternativas que existen y los tipos de geometrías que pueden ser implementadas. El tema de seguridad es sumamente importante para el operario, en ningún momento puede salir algún tipo de desperdicio o material triturado que pueda lastimar a una personal; es por esto que las señales de precaución son recomendados colocar siempre en el área de caja de cuchillas, al igual que en la carcasa que cubre el sistema de transmisión de potencia.

Debido a la contaminación excesiva al medio ambiente de materiales como el plástico que tarda siglos en degradarse, se han generado problemáticas surgiendo necesidades que puedan evitar daños irreparables. Se han buscado y diseñado nuevas opciones para dar una solución a estos problemas como lo ha sido el proceso de trituración. Estas máquinas han ido evolucionando en cada elemento mecánico de la que está compuesta.

Es por esto por lo que se mencionarán todos los tipos de diseños posibles que se pueden hacer para que se pueda elegir más adelante el diseño que más convenga.

Tipos de tapas más usadas para colocar en tolvas (Gaitán Hernández, 2017).

- La tapa con bisagra es usada comúnmente por ser bastante económica pero como debe abrirse y cerrarse constantemente puede ocurrir un desgaste prematuro en la bisagra, arruinándose hasta el punto de necesitar cambio.
- La tapa tipo shut, que permite abrirla totalmente sin tener ningún tipo de interferencia con el material para meterlo, evita fugas de ruido por lo que la máquina es mucho más silenciosa, el inconveniente es que se debe abrir y cerrar todo el tiempo que se quiera meter material.
- Cortina de Vinil gruesa es la más práctica para su uso y menos costosa comparada con

las dos opciones anteriores, es la más útil ya que el material solo debe de ser ingresado como si no existiera ninguna tapa; pero la máquina termina siendo bastante ruidosa.

Tolvas más comunes con geometrías diferentes (Gaitán Hernández, 2017).

- Tolva (trapezoide + rectángulo): es una de las más comunes por su estructura tan básica y funcional ya que el material se queda acumulado, hasta que las cuchillas lo trituren, pero una desventaja es que tiende a devolver el material debido al impacto constante con los elementos de corte.
- Tolva (cubo + trapezoide invertido): este diseño permite acumular bastante material y no existe ningún tipo de riesgo al operario ya que el material que devuelve no tiene forma de salida hacia el exterior, pero debido a su geometría tiene una alta exigencia de fabricación lo que la hace más cara.
- Tolva (rampa + rubo + rectángulo): esta tolva lo que permite es minimizar cualquier tipo de pérdida de material, ya que no impacta con los elementos de corte, pero al tener un nivel muy alto de complejidad en su geometría la fabricación es demasiado costosa comparado con las anteriores. Sistemas de extracción del material (Gaitán, 2018)
- Recipiente de almacenamiento soldado a la máquina, el cual es un elemento que ya está unido a la estructura principal y solo debe de colocarse el recipiente que servirá de almacenaje para el material triturado. Es el sistema más común para trituradoras de plástico.
- Recipiente cúbico con riel de extracción, es una caja que está debajo del orificio por donde sale el material triturado, pero cuenta con rieles para sacar la caja con el material, no es muy práctico ya que se debe parar el proceso para que no se desperdicie el material.
- Recipiente cúbico con corredera de extracción total el cuál es un sistema muy similar al anterior, pero más sofisticado.

Un proyecto realizado en la Universidad Mayor de San Andrés por (Miranda, 2014) menciona que en todo momento se debe considerar la seguridad del operario para evitar cualquier tipo de accidente por un mal diseño. La propuesta de diseño que realizan es para una trituradora con capacidad de 300 kg/hora en donde estiman que la capacidad de la tolva en peso será de 50 kg.

Una de las partes más importantes del diseño de la estructura es poder definir qué tipo de material se usará para diseñar cada componente que forma parte de la estructura. Es por esto por lo que se considera importante mencionar los materiales que en este proyecto usaron para diseñar cada uno de los componentes. Para el sistema de alimentación, en la tolva usaron acero AISI 1010PL, para 2 pernos de sujeción UNC SAE grado 2 de 3/8"x2"x16, para 2 tuercas de sujeción UNC SAE grado 2 de 3/8"x16, 2 arandelas SAE grado 2 de presión de 3/8"x3/32" y 2 bisagras 3/4"x2" AISI 1010. Para el sistema de descarga determinaron que sería de acero AISI 1010PL con un área de descarga de 20 cm x 50 cm y por último

para el soporte de la trituradora usaron angulares de 1"x1/8" de igual forma con acero AISI 1010.

En varios proyectos estudiados mencionan que por medio de softwares llamados SAP2000 v.14, SolidWorks o Ansys 14.0 han conseguido diseñar con mayor rapidez y precisión el soporte de toda la trituradora, los cuáles son diseñados comúnmente con PTR; estos softwares muestran las deflexiones que el soporte puede llegar a presentar por el peso de la tolva, el material que se estará metiendo, el peso del motor y por último el peso del eje y las poleas.

Por último, son las uniones de soldadura que son necesarias para poder unir la mayoría de las piezas de la estructura y para poder decidir qué tipo de cordón se realizará o qué electrodo. Se debe hacer un análisis de cuánto peso soportará la soldadura para colocar la indicada. En otro proyecto de diseño de una Trituradora (Hernández & Fonseca, [2017](#)) mencionan que la más recomendable para Acero estructural 1020 es utilizar un electrodo de E60XX.

En Guatemala, gracias a una iniciativa, que empezó en 1988, llamada Limpiemos nuestro campo y que actualmente se llama Campo Limpio, el 65 % de envases de pesticidas y agroquímicos son recolectados para evitar el mal manejo de este tipo de desechos.

Tener buenas prácticas en los sectores agrícolas, como lo es recolectar todos los desechos que puedan afectar los cultivos, beneficia al sector agrícola para que pueda entrar a nuevos mercados. A nivel internacional existen regulaciones sanitarias que toman en cuenta este tipo de factores por lo que se ven beneficiados al cumplirlas.(Calderón, 2013)

En el sector agrícola, se trata de dar la mayor cantidad de capacitaciones posibles a los agricultores, pero aún faltan muchas personas por ser capacitadas. Aún no hay 100 % de conciencia sobre el manejo responsable de desechos, lo cuál conlleva a la contaminación del medio ambiente y pone en peligro la vida de seres vivos. (de Ambientes, 2019)

Solo en 2018 hubo 375 casos de intoxicación teniendo un aumento del 67 % con respecto al año anterior de casos debido a las malas prácticas y mal manejo de estos desechos. (Ola, 2019)

Hasta el momento, en Guatemala, el único manejo que se le da a este tipo de desechos es clasificarlo según si puede ser triturado o compactado para usarlo como materia prima o si es necesario incinerarlos por ser materiales peligrosos.(Super, 2020)

Debido a esta problemática, se trabajará con la empresa Agrequima que se encarga de dar un buen manejo a todos los desechos del sector agrícola, y se trabajará en el diseño de una trituradora de Polietileno de alta densidad con una capacidad de al menos 150 kg/h, y un manual de fabricación para que pueda ser fabricada. Con esta máquina se busca contrarrestar la contaminación del medio ambiente, y evitar que se ponga en peligro la vida de seres vivos por intoxicaciones. Esta trituradora será implementada en uno de los centros de acopio de la empresa que más desechos reciba, para poder optimizar el proceso de reciclaje y apoyar a que su proyecto se vuelva autosostenible.

El proyecto se llevó a cabo con 3 módulos que son el diseño de la estructura, de cuchillas

y del sistema de potencia, con una limitación de \$12,000 para la fabricación de la trituradora. Se buscaron los materiales indicados para la estructura que cuenten con las propiedades y características necesarias para soportar las cargas, vibraciones y que de igual forma cumpla con los requisitos de seguridad del operario. El proyecto beneficia indirectamente al sector agrícola, contribuirá a disminuir la contaminación del medio ambiente, proporciona el material necesario para la transformación y fabricación de artefactos de plástico reciclado, y apoyará directamente a la empresa Agrequima a mejorar los procesos de reciclaje para darle un buen manejo a los desechos agroquímicos.

4.1. Objetivo general

Diseñar una estructura para la trituradora de HDPE, que cumpla los estándares de seguridad ocupacional de Guatemala.

4.2. Objetivos específicos

- Establecer las medidas de la tolva de alimentación que cumpla con la capacidad de la máquina de al menos 150 kg/h.
- Diseñar un sistema estructural que cumpla con las normas y el Acuerdo Gubernativo de Guatemala 229-2014 de seguridad.
- Diseñar un alza con perfiles WF para darle altura a la trituradora y que soporte la estructura de esta.
- Diseñar los planos de la estructura de la trituradora y del alza.
- Unificar los planos de cada elemento que componga la trituradora

5.1. Diseño de una trituradora

Es importante que para poder diseñar una trituradora se tomen en cuenta una cierta cantidad de aspectos para definir las áreas principales en donde se debe enfocar para poder hacer un diseño y fabricación integral para una trituradora de polietileno de alta densidad(Panachal, [2021](#)).Es por esto que se mencionan 10 aspectos a continuación:

- **Conveniencia:** la trituradora debe ser sencilla de operar y se debe tomar en cuenta cuánto tiempo será utilizada
- **Analizar materiales a triturar:** se debe definir qué materiales se busca triturar, ya que es parte de lo que define la potencia del motor, medidas de la tolva y cámara de trituración, capacidad de la máquina y dimensiones de la estructura. Esto también nos ayuda a definir el rendimiento que podrá tener la máquina y el material que se debe usar para las cuchillas.
- **Limitaciones y tamaño:** nos ayuda a definir la capacidad que se busca para la trituradora, para así no sobrecargarla y que rinda en su totalidad.
- **Definir el rendimiento de la máquina:** se debe establecer cuál será la capacidad de trituración, y bajo qué condiciones podrá operar refiriéndose al tipo de energía necesaria para funcionar.
- **Aplicación posterior del material a triturar:** se debe investigar cuál será el uso que se le dará posteriormente al material ya triturado, ya que de esto depende la velocidad y torque de la máquina para no dañar la fibra de este.
- **Especificar los estándares de seguridad:** se debe asignar límites de apertura en todas aquellas partes internas de la máquina, tableros de control, requisitos de la máquina e instrumentos que aseguren la seguridad del operario.

- Lugar de almacenamiento: siempre se debe contar con un espacio en donde se pueda guardar la trituradora, en donde el ideal es un espacio cerrado, seco sin la exposición de humedad, por complicaciones que puede dar para el mantenimiento. Si la máquina se encontrará siempre en el exterior se debe asegurar que soporte las condiciones y lidiar con el clima.
- Verificar la trituradora: los repuestos de la máquina se deben adquirir fácilmente y se debe asegurar que esta sea capaz de triturar el material elegido.
- Mantenimiento: el equipo siempre necesitará mantenimientos continuos, por lo que se debe saber qué tipos de aceites y grasas son necesarios para mantener en óptimas condiciones la máquina y evitar desgastes previos que se pueden dar.
- Consideraciones de costo: se deben tomar en cuenta los costos extras como lo son los repuestos, cambios en las piezas que se desgastan y mantenimiento para asegurar que la vida de la trituradora sea la óptima.

5.1.1. Dimensiones trituradora

Ahora bien para las dimensiones de una trituradora dependen de muchos factores que el usuario está buscando en esta, de la capacidad de trituración y otros aspectos, pero se debe tomar en cuenta varios elementos para que al momento de diseñar no exista problema al momento de colocar la trituradora en el lugar que se le tiene predeterminado.

La trituradora se instalará en una bodega ubicada en Escuintla, Guatemala por lo que se debe tener en cuenta el espacio que ocupará dentro de la bodega y tomar en cuenta las dimensiones de esta.

Se debe considerar que si a futuro la empresa busca transportarla en un carretón hacia otro centro de acopio, cuente con las características para poder ser transportada en carretera.

Por la ubicación donde será colocada se investigó sobre el acuerdo Gubernativo No. 273-98 de la República de Guatemala el cual indica sobre las arterias y carreteras principales. Las vías deben contar con, al menos, 3.50 metros de ancho cada carril al igual que las autopistas, luego las arterias secundarias (vías urbanas) deben tener, al menos, 3 metros de ancho, y para carreteras secundarias deben contar con al menos 2.75 metros de ancho (Municipalidad de Guatemala, 2019). Esta información es valiosa para tomar en cuenta que las dimensiones de la trituradora deben ser acordes a estos reglamentos si en caso se transportará.

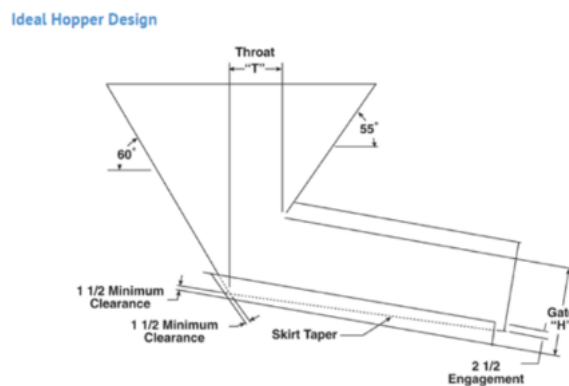
Teniendo en consideración el tamaño mínimo para las vías en Guatemala, se decidió buscar cuáles son las consideraciones que deben tener los carretones para su diseño, y así con esto ya definir las dimensiones de la trituradora. Según el acuerdo Gubernativo No.1084-92 basado en el reglamento de tránsito y la regulación federal ningún objeto que transite por las calles debe de exceder los 2.6 metros de ancho. Si la carga de la trituradora no sobrepasa las 2 toneladas y el remolque no excede una longitud de 3.5 metros, se puede usar un remolque sencillo con un solo eje; pero si sobrepasa de estas dimensiones se debe considerar usar un remolque tipo tándem o tri-eje por la seguridad del conductor que lleva el carretón (Quarzar, 2011).

5.2. Diseño tolva de entrada

La tolva de entrada de una trituradora cumple un papel muy importante en el proceso de trituración de cualquier material. Siempre se debe considerar ciertos aspectos que nos puede ayudar para asegurar que el flujo dentro de la tolva sea constante (Nichols, 2019).

- Propiedades del material: el tamaño, la densidad, las propiedades de corte y la resistencia a la cohesión son los principales factores que dictan la configuración del diseño de una tolva. Ahora los factores del conducto donde pasa el material, el ángulo de esta y la vibración de la tolva afecta que tan bien o mal puede fluir este material.
- Tamaño del material: se debe saber las medidas de los materiales que se ingresarán a la tolva para definir la dimensión de esta y evitar que haya espacios inadecuados que puedan promover un flujo inapropiado.
- Propiedades de cizallamiento: todos los materiales que son blandos y esponjosos no tienden a fluir bien en una tolva lo cuál genera puentes (obstáculos) y un flujo deficiente en el alimentador.
- Fuerza de cohesión: se debe de tomar en cuenta que todos aquellos materiales que presentan fuerzas de cohesión (se queden adheridos a una superficie) causarán movimientos lentos del flujo del material que se ingresará.
- Diseño de tolva ideal: el diseño ideal es cuando el flujo del material es uniforme hacia la cámara de corte, en donde el material debe de fluir en la parte frontal un poco más lento que en la parte trasera. Es importante tomar en cuenta que para lograr un flujo uniforme existe una relación de la garganta de la tolva (T) y la altura de la compuerta (H) que es de 0.6, la cuál se expresa como $T/H=0.6$ como se observa en la Figura 1.

Figura 1: Tolva ideal



Fuente: Nichols, 2019

- Diseño de tolva aceptable: la relación de la garganta con la altura de la compuerta es aceptable si está dentro de los rangos de 0.5 – 1, pero si la relación es mayor o menor del rango mencionada puede causar una reducción drástica en la velocidad que fluye el material.

Lo que se busca al momento de diseñar algún componente de una máquina es maximizar la efectividad de la tolva, es por esto que (Nichols, 2019) nos brinda algunas recomendaciones de como lograr un diseño óptimo para una tolva en donde se ingresa material que fluye libremente.

- El ángulo de la pared trasera de la tolva debe ser lo suficientemente empinado para permitir el flujo de material. El gerente de ingeniería de manipulación de materiales de Syntron, Brad Nichols, recomienda un ángulo de la pared posterior de $60^\circ \pm 2^\circ$.
- El ángulo de la pared frontal de la tolva debe ser lo suficientemente grande para permitir el flujo de material. La tasa de flujo en la pared frontal de la tolva debe ser ligeramente menor que la tasa de flujo en la pared trasera.
- La dimensión de la garganta de la tolva debe tener al menos el doble del diámetro de la partícula más grande de material para evitar bloqueos y atascos en la garganta.

5.2.1. Altura de la tolva

Algo que se debe de considerar es que un operario según el Acuerdo Gubernativo de Guatemala No.229-2014 recomienda que el peso máximo de carga a la cintura es de 50 kg según el artículo 90, pero como los residuos que son depositados en la tolva son livianos, siendo una caneca de 20 litros el envase más grande y con un peso de 900 gramos, jamás se excedería en la norma. Y como se debe tener un desplazamiento vertical de la carga por la tolva, la altura máxima no debe sobrepasar los 175 cm según el artículo 96, que es el límite. Por eso se recomienda que para la trituradora la altura máxima de levantamiento sea de 90 cm.(Ministerio de Trabajo y Prevención Social, 2014)

5.3. Material de la estructura y alza

El material del que estará hecha la estructura debe tener propiedades mecánicas que sean resistentes, poco pesadas y que soporten altas vibraciones. Según (Ogunedo, 2020) el mejor material para la fabricación de la estructura y soporte para una trituradora es el acero dulce. Este acero llamado también acero de bajo carbono tiene buenas propiedades y características para poder ser trabajado. Al ser un acero de bajo contenido de carbono lo que permite es que se potencien las cualidades del hierro puro y así evitar que las piezas se fracturen o exista alguna falla en la estructura por estar en constante funcionamiento (MetalsforCut, 2018). Algunas características importantes de este acero son:

- Maleable ya que se puede doblar, cortar y torcer para crear la forma deseada fácilmente comparada con otros metales. Por su alta demanda es un material bastante accesible de conseguir.
- El peso es mucho más ligero comparado con los metales altos en carbono, y esto se debe a la proporción de carbono que existe en el material.

- Es un metal muy accesible por lo que es ideal ya que mantiene el costo del proyecto lo más bajo posible.

Ahora se mencionarán las propiedades físicas del acero dulce (Velling, 2020).

- Alta fuerza de impacto.
- Alta resistencia a la tracción.
- Buena ductilidad y soldabilidad.
- Metal magnético por su contenido de ferrita.
- Maleable con posibilidades de conformado en frío.

Ahora bien, se muestran qué tipos de aceros bajos al carbono pueden ser usados para la fabricación de la estructura y soporte de la trituradora. Los cuales son el Acero 1018 y Acero ASTM-A36 que se mencionarán a continuación.

Acero 1018: Es un acero suave con bajo contenido de carbono con buenas cualidades de ductilidad, tenacidad y resistencia. El acero 1018 se puede soldar fácilmente utilizando la mayoría de los procesos de soldadura. (Cretive, 2019)

ASTM-A36: Es uno de los aceros más fabricados, ya que tiene muchas aplicaciones en diferentes industrias. Típicamente es laminado en caliente. (Cretive, 2019)

Cuadro 1: Propiedades químicas aceros

	A36	1018
Hierro, Fe	99 %	98.81 % - 99.26 %
Carbono, C	0.26 %	0.18 %
Manganeso, Mn	0.75 %	0.6 % - 0.9 %
Fósforo, P,	0.04 %	0.04 %
Azufre, S	0.05 %	0.05 %

Fuente: Cretive, 2019

Cuadro 2: Propiedades mecánicas aceros

	A36	1018
Resistencia a la tracción	58,000 psi	63,000 psi
Límite de elasticidad	36,300 psi	53,700 psi
Elongación	20 %	15 %

Fuente: Cretive, 2019

El acero 1018 se utiliza sobre el A36 para aplicaciones que requieren mecanizado, y se usa comúnmente en piezas de máquinas de tornillo de gran volumen, incluidos ejes, hileras, pasadores y varillas. El A36 se usa más a menudo en áreas de construcción para la fabricación

de edificios, puentes, ferrocarriles, plataformas petrolíferas, etc. El acero A36 es fácil de soldar con cualquier método de soldadura estándar, y como tiene una resistencia elástica menor que el 1018, es más fácil de doblar. Debido a que el acero estirado en frío requiere más mano de obra y tiempo, el precio de los productos laminados en caliente es significativamente menor que el estirado en frío. Para productos que no requieren acabados de mayor calidad, características de alta resistencia y maquinabilidad, el acero A36 tiene más sentido que el acero 1018 por temas de costos. (Cretive, 2019)

Cuadro 3: Comparación aceros

	A36	1018
Resistencia		x
Maquinabilidad		x
Acabado Superficial		x
Costo	x	

Fuente: Cretive, 2019

Es importante mencionar que para los trabajos de investigación de (Eder, 2019) y (Espino & Lizárraga, 2016) el material que fue usado para la construcción de la estructura de su trituradora fue el acero A36, debido a las propiedades mecánicas, el costo del proyecto y no era necesario tener acabados de la mejor calidad.

Ahora bien, los materiales comúnmente usados para perfiles rectangulares huecos son con la norma de Acero ASTM-A500 Grado A, ASTM A513 y ASTM A53. El acero A53 se usa más para tuberías mecánicas que soportan altas presiones, comparado con las 2 normas mencionadas anteriormente (Abter, 2017).

Sin embargo, la norma A513 se usa para propósitos básicos como aplicaciones comerciales, de alto consumo y proyectos de baja escala. Por esa razón los costos de estos perfiles son menor comparado con el A500. Una de las ventajas es que pueden doblarse fácilmente (Olson, 2016).

Por último, la norma A500 es usada para fines estructurales, ya que soportan altas cargas, y tiene una mejor estética. Las propiedades de este material son mejores y más resistentes comparadas la norma A53 y A513.

Por lo tanto, se debe definir los materiales que se usan comúnmente para vigas WF. La norma más usada es la ASTM A992 con doble certificación de ASTM A572 Grado 50. Una de las ventajas del acero A992 es la facilidad para soldar y al tener una doble certificación con el A572 proporciona una alta resistencia del material y una buena relación peso y resistencia. Este acero se usa para estructuras que necesiten una alta resistencia a la corrosión y para el diseño de vigas que necesitan soportar altas cargas. (Carter, 2000)

Para la estructura y el soporte se eligió usar acero ASTM A36, comúnmente llamada acero negro debido a las propiedades que este material presenta, ya que comparado con el acero AISI 1018, no es necesario tener mejores propiedades en el material, ya que ambos son capaces de resistir las cargas aplicadas, y lo que se busca es reducir costos de fabricación. Para la estructura que soporta la máquina se definió el acero A500 Grado A, y para el alza

el acero A992/A572 ya que en Guatemala se consigue fácilmente estas normas para el diseño de perfiles rectangulares y vigas.

5.4. Seguridad

Al momento de diseñar una trituradora se deben tomar en cuenta todas las normas de seguridad para que no exista ningún tipo de accidente en la práctica (Worksafe.Gov, 2019). Como primero se deb evaluar la máquina y el equipo, y se debe considerar los posibles peligros mecánicos que pueden suceder, como lo son:

- Maquinaria y equipo con partes móviles accesibles para personas.
- Maquinaria y equipo que puede expulsar objetos (piezas, componentes, productos o desechos) que pueden golpear a una persona con fuerza suficiente para causar daño.

Según el acuerdo Gubernativo 229-2014 y reglamento de salud y seguridad ocupacional de Guatemala es importante tomar en cuenta cuáles son las áreas que se les debe dar mantenimiento, cambio de piezas y reparación. Es por esto que la protección se usa comúnmente en maquinaria según el artículo 427 y 437 para evitar el acceso a transmisión por poleas y bandas, ejes, partes móviles, engranajes, etc. (Ministerio de Trabajo y Prevención Social, 2014). En cierto tipo de máquinas que no se debe de acceder jamás a ciertos módulos se utiliza la protección permanente con soldadura, o asegurado con pernos permanentes. Pero si se está hablando de accesos pocos frecuentes se recomienda colocar protección removible con herramientas o tornillos removibles. Ahora bien está la protección de enclavamiento que se usa cuando se desconecta el mecanismo al momento de abrir el área a trabajar y funciona por sistemas eléctricos. Los sistemas de llaves cautivas funcionan por medio de paneles eléctricos de control, los cuáles permiten abrir áreas restringidas apagando con botones el panel.

En general, la seguridad del lugar debe tener señalizaciones de precaución en el área donde estará colocada la trituradora. Según la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres CONRED presenta un decreto sobre los colores que deben ser colocados para indicar precaución por potenciales accidentes (CONRED Guatemala, 2019).

- Rojo se utiliza para pintar señales de peligros, y prohibir acciones específicas.
- Amarillo se utiliza para designar precaución o advertencia de peligro, en áreas peligrosas en donde puede ocurrir algún accidente físico.
- Verde es para indicar una condición segura, zonas de seguridad.
- Azul nos indica señalamientos de acciones específicas que muestran imágenes indicando la acción a hacer o información necesaria.

Actualmente se usa la marca de colores ya que las personas tienen un tiempo de respuesta más rápido cuando ven estos. Las personas que operaran la trituradora deben ser capacitadas antes de hacerlo para que al momento que suceda un inconveniente con esta

sepan de qué forma puede ser resuelto. Los temas importantes que los operadores deben tomar en cuenta es si conocen el tamaño y la capacidad de alimentación adecuada; se debe dar un mantenimiento adecuado y mantenerla limpia para asegurar más horas de productividad y una máquina de trabajo más segura. Es fundamental que los operarios lleven un registro detallado del mantenimiento o problemas que son observados para más adelante darle un servicio completo a la trituradora. Algunos consejos que da (Krause, 2018) para poder mantener una trituradora segura son:

- Operar la trituradora a la capacidad dicha
- Mantener limpia el área que está alrededor de la máquina
- Asegurar que se controle la lubricación, temperatura, flujos, desgaste y la presión.

Seguridad operario EPIS

Ahora bien existe el equipo de protección individual de un operario necesario para poder trabajar con maquinaria peligrosa y evitar cualquier tipo de accidente. Según el Acuerdo Gubernativo 229-2014 de Guatemala, en el artículo 231 se menciona que el equipo necesario para proteger a los operarios de los riesgos que están expuesto deben estar certificados o respaldados por organismos como el Instituto Nacional para Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH) o La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA). Por lo que el equipo mínimo para operar una trituradora es:

1) Protección ocular

Es un artículo personal y debe emitirse para uso exclusivo de una persona en particular, los cuales se utilizan para evitar exposiciones de partículas que pueden dañar los ojos (Safety, 2021). Para operar máquinas como una trituradora se recomienda usar gafas de montura universal, según el artículo 243 del Acuerdo Gubernativo 229-2014 de Guatemala.

2) Protección auditiva

Según el artículo 244 del Acuerdo Gubernativo 229-2014 de Guatemala si el operario se expone a un ruido mayor o igual a 85 dB se debe proporcionar equipo de protección simple; pero si supera los 140 dB debe usar doble protección, ya que lo que se busca es poder reducir el nivel de ruido al que puede estar expuesto un operario según NIOSH. Para una trituradora se recomienda usar orejeras debido a que los motores diésel de 10 caballos de fuerza generan ruidos mayores de 85 dB. (NIOSH, 2020).

3) Protección en brazos y manos

Según la Universidad NC State o el artículo 254 del Acuerdo Gubernativo 229-2014 de Guatemala es necesario usar equipo para proteger de trabajos con herramientas, equipos o materiales que puedan causar cortes, laceraciones, amputaciones o abrasiones. Para el uso de la máquina se recomienda usar vestimenta de manga larga de la talla correspondiente del operario y guantes (no holgado) contra agresiones mecánicas. (State, 2020).

4) Protección en pies

Según la norma ANSI Z41 o el artículo 249 del Acuerdo Gubernativo 229-2014 de Guate-

mala cuando se trabaja con maquinaria y equipos tan grandes, es necesario usar calzado de seguridad para evitar que algún objeto pueda caer sobre los pies del operario y cause alguna lesión. Es por esto que para la trituradora se debe usar calzado de seguridad con punta de acero. (Princeton, [2021](#)).

5.5. Soldadura

Los materiales de aporte en una soldadura para acero dulce como lo es el ASTM-A36 y AISI 1018 generalmente están diseñados para superar a los materiales base, con mayor resistencia a la tracción y a la fluencia. Los materiales de aporte para el acero dulce comúnmente están disponibles en opciones de alambre sólido, alambres con núcleo de metal y núcleo fundente. (Underwood, [2018](#))

1) Alambres sólidos

La ventaja de los cables sólidos es que son versátiles para muchas aplicaciones porque se pueden usar con amperajes muy bajos o muy altos. De igual forma tiene una alta resistencia en columnas.

- Materiales gruesos: se recomienda utilizar un proceso de transferencia por pulverización
- Materiales delgados: se recomienda usar un proceso de transferencia de cortocircuito ya que funciona mejor

Los alambres sólidos tienen buenas velocidades de desplazamiento, capacidad de penetración profunda al momento de soldar esquinas estrechas y una buena apariencia. Los metales de aporte de alambre sólido para acero dulce más comunes se rigen por las clasificaciones de la *American Welding Society* (AWS) como ER70S-3 y ER70S-6. (Underwood, [2018](#))

2) Alambres con núcleo de metal

Para estos electrodos, la diferencia es que se usan cuando el perfil de penetración es más ancho y no tan profundo. Se unen mejor en las paredes laterales y su entrada de calor es menor a pesar que la apariencia del cordón es igual de buena. La velocidad de desplazamiento es mucho mayor y se pueden aplicar a materiales con superficies oxidadas o sucias. La utilización de estos electrodos tiene un costo mayor que los alambres sólidos. Una de las opciones con núcleo metálico más comunes para aplicaciones de acero dulce es E70C-6M. (Underwood, [2018](#))

3) Alambres con núcleo fundente con protección de gas

Se recomienda usar cuando son soldaduras grandes las que deben aplicarse. Los metales de aportación E70T-1 son adecuados para soldaduras gruesas y pesadas que requieren mucho metal de soldadura. También son buenas para los materiales base con mucho óxido y la velocidad de desplazamiento es alta a pesar de su apariencia.

Al soldar aceros dulces, dos opciones comunes de alambre con núcleo fundente y con gas son E70T-1 para soldaduras planas y horizontales, y E71T-1 para soldaduras en todas las posiciones. (Underwood, [2018](#))

Proceso de soldadura

La soldadura por arco eléctrico es uno de los métodos más comunes para la fusión de 2 metales, mediante la aplicación de calor en el electrodo y el material base para poder mezclarlos y permitir la unión de ambos. Al momento que se enfría el material depositado se crea la unión metalúrgica.

Sin embargo, los metales que están a altas temperaturas suelen reaccionar químicamente con ciertos elementos, como lo puede ser el oxígeno y nitrógeno, destruyendo la resistencia y dureza de la unión soldada. Es por esta razón que muchos procesos proporcionan medios para poder cubrir el arco, como lo puede ser gas, vapor o escoria que es la que comúnmente trae la soldadura convencional. Los electrodos tienen un revestimiento que cubre la varilla del metal de relleno, proporcionando un gas que protege el punto de contacto mientras la escoria protege la soldadura aplicada en ese instante del oxígeno. (Lincoln Electric, 2021)

Nomenclatura de electrodos

Es importante saber la nomenclatura de los electrodos, ya que esto toma en cuenta las propiedades del material de aportación. Las propiedades mecánicas dependen de los tipos de aleación que están incorporados en su proceso. *La American Welding Society* (AWS) es la encargada de clasificar todas las propiedades del material de aportación que son los electrodos. (Jet Arco, 2021)

Al usar la nomenclatura AWS, los electrodos de acero al carbono están definidos por las siglas “EXXYZ”. Donde la Sigla E nos indica que es una soldadura eléctrica manual, los dígitos XX indican cual es la mínima resistencia a la tracción sobre el material depositado en Ksi. Ahora bien el tercer dígito Y nos indica la posición a la que podría ser soldado y se tendrá una soldadura satisfactoria. El valor de 1 = todas las posiciones, valor 2 = plano y horizontal, y valor 3 = todas las posición pero beneficios para vertical descendente. Por último, el dígito Z es el tipo de corriente y polaridad en la que mejor va a trabajar el electrodo como se puede observar en el Cuadro 4. Jet Arco, 2021

Cuadro 4: Ultimo dígito nomenclatura

Ultimo dígito	Tipo de corriente	Revestimiento
E XX 10	CC EP	Orgánico
E XX 13	CA CC AP	Rutilo
E XX 16	CA CC EP	Bajo Hidrógeno
E XX 18	CA CC EP	Bajo Hidrógeno

Fuente: Jet Arco, 2021

Selección electrodos

Algunos de los consejos para la elección del material de aporte en soldadura son el estado del material base y cuáles son sus post procesos. Algunos aceros dulces A36 y 1018 vienen en estado laminado en caliente o en frío. Un acero dulce laminado en caliente puede producir cascarilla en la superficie del material, lo que es más difícil de soldar correctamente. Los aceros suaves que han sido laminados en frío tienen un acabado más limpio pero suelen

tener una capa aceitosa. Cuando el material base tiene una cascarilla de laminación u óxido, se recomienda eliminarlo, pero si no fuera posible, se debe seleccionar un alambre con núcleo fundente o de metal, que generalmente proporciona mejores resultados en estas situaciones.

Para ser más específico en la Norma ASTM A36 indican los electrodos más usados para soldar aceros de este tipo. Al ser un acero conocido de fácil soldabilidad, se recomienda utilizar los siguientes tipos de soldaduras 6010, 6011, 6013, 7018, 7024, 308, 309, 312, 316, ER70S-6, ER70S-3, E71T-1 según lo que indica la Norma.

Los electrodos que se encuentran fácilmente en Guatemala y son recomendados por ECA-Electrodos (Eca Electrodos, 2022) para los elementos que se estarán soldando son el E-6013 punta café que tiene una alta penetración y es para soldar hierro comercial, E-7018 que se usa para soldar estructuras metálicas pesadas como lo son los perfiles y las vigas, y el E-7024 que se usa generalmente para estructuras metálicas.

5.6. Análisis estructural Ansys

Para el diseño de la estructura y del soporte de la trituradora es importante tomar en cuenta que se deben realizar análisis para determinar si en algún momento la pieza puede llegar a fallar o presentar algún tipo de problema. Por esa razón el *Software* Ansys es una herramienta tecnológica que utiliza mallas inteligentes, para poder obtener el sistema ideal por medio de simulaciones. Para un análisis estructural en el programa se puede realizar simulaciones de casos en tensión y deformaciones que la pieza puede sufrir, cómo la estructura va a responder en vibraciones, se puede definir puntos de fatiga para mejorar la durabilidad, daños por impactos, etc.

Los pasos para poder realizar una simulación en Ansys son (IDC Industria, 2019):

- Crear el modelo de la estructura, el cual puede ser generado en el mismo programa o en el *software* Autodesk Inventor®
- Crear un mallado sobre la estructura aplicando las restricciones pertinentes y configuraciones para tener resultados confiables
- Aplicar soportes sobre la estructura indicando el punto de apoyo real donde se va a soportar
- Aplicar las fuerzas sobre la estructura
- Elegir los resultados que se busca para tener los valores deseados.
- Analizar los resultados en la simulación la cuál también nos brinda el factor de seguridad de la estructura.

5.7. Análisis vibraciones

Es importante tomar en cuenta la vibración que la estructura sufrirá al momento de estar triturando material, ya que cualquier geometría puede entrar en resonancia si la frecuencia

natural del sistema se encuentra cerca de las frecuencias del motor o el eje de cuchillas. Los factores que se deben de considerar aparte del material del que está formado la trituradora, para evitar daños en esta son:

- El rotor del motor debe de estar en la misma dirección del rotor de la trituradora
- Los pernos que unen partes de la estructura deben estar fijados con su par de apriete recomendado para reducir la vibración provocada por la inestabilidad al momento de la trituración del plástico.

Ahora bien, en un entorno industrial existen muchas fuentes de vibración por los procesos de impacto. Elementos que están en constante rotación como en el caso de la trituradora es el motor y el eje de las cuchillas. En algunos casos la presencia de vibraciones genera desgastes excesivos, elementos desplazados, pernos flojos, fallas estructurales y mecánicas. Por estas razones es importante tomar en cuenta las vibraciones que pueden generarse en la trituradora y asegurar que la máquina no entrará en resonancia(Rao, [2012](#)).

Por medio del *Software* Ansys se puede realizar un análisis modal, el cuál nos permite definir todas las frecuencias naturales del elemento, considerando las cargas y fuerzas aplicadas, y de esta manera poder controlar las frecuencias naturales del sistema que permitan prevenir el peor de los casos que es la resonancia. El *Software* realiza varias iteraciones para encontrar los valores de las 6 frecuencias naturales y ya con estos se puede comparar con el motor y el eje. La ecuación que se utiliza para encontrar la frecuencia natural es:

$$F_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \quad (1)$$

En donde K es la constante de rigidez del elemento y M es la masa, es necesario multiplicarlo por un medio por π para que la respuesta sea en Hz.

6.1. Requisitos

Cuadro 5: Requisitos trituradora

Área	Código	Requisito
Funcionamiento	FUN-01	La trituradora debe cortar plástico HDPE.
	FUN-02	La hojuela de salida debe tener un tamaño de 18 mm
	FUN-03	La trituradora debe poder cortar canecas de HDPE de hasta 20 litros.
	FUN-04	Se debe triturar al menos 150 kg/hr
	FUN-05	Se deberá poder colocar y retirar fácilmente los sacos donde se deposita el material triturado.
Estructura	EST-01	Todos los componentes móviles de la trituradora (cuchillas y poleas) deben ser accesibles para poder realizar revisiones, servicios, reparaciones o cambios.
	EST-02	La estructura debe tener un espacio designado para el motor y la batería.
	EST-03	La trituradora debe tener una tolva de salida de hojuela.
	EST-04	Las cuchillas de la trituradora deben ser reemplazables, por lo que se debe poder acceder a estas.
	EST-05	La tolva de salida debe estar a una altura de al menos 0.5 metros con respecto al suelo
	EST-06	La estructura de la trituradora debe soportar las cargas aplicadas.
	EST-07	La trituradora debe estar sobre una estructura de perfiles WF (alza) que estará a una altura de 450 cm con respecto al suelo.

Área	Código	Requisito
	EST-09	La tolva se debe poder abrir y cerrar con un mecanismo que incluya un tornillo de potencia.
	EST-10	Se podrá accesar únicamente a la caja de trituración por la tolva de entrada y el portacriba.
Dimensiones	DIM-01	La altura de la trituradora no debe exceder 2.4 metros, sin tomar en cuenta el alza.
	DIM-02	El ancho de la trituradora no debe exceder 1.5 metros y una profundidad de 2.5 metros.
	DIM-03	La tolva de entrada (ingreso material) de los plásticos a triturar debe ser mínimo de 50x70 cm y máximo de 60x85 cm.
Seguridad	SEG-01	Todos los componentes móviles de la trituradora (cuchillas y poleas) deben estar cubiertos con guardas de seguridad.
	SEG-02	Ningún elemento mecánico debe moverse cuando el motor de la trituradora esté apagado.
	SEG-03	La trituradora debe tener rótulos de advertencia sobre potenciales peligros.
	SEG-04	La entrada de la tolva donde es depositado el material debe contar con una cortina de vinil que proteja al operario si algún residuo rebota.
	SEG-05	Las advertencias de la máquina (rótulos) deben de indicar el equipo de seguridad que el operario debe utilizar.
	SEG-06	Todas las áreas con partes móviles deben estar señalizadas o pintadas de color rojo.
	SEG-07	Las cuchillas fijas y móviles se pueden cambiar únicamente con la trituradora apagada, y con la tolva de entrada y el portacriba abierto.
Repuestos	REP-01	Tanto la estructura como las cuchillas y el sistema de transmisión de potencia deben contar con repuestos que se puedan adquirir en Guatemala.
Operacionales	OPE-01	La trituradora requiere únicamente de un operador para funcionar.
	OPE-02	El mantenimiento de la trituradora debe ser capaz de realizarse en el centro de acopio por el operario de la trituradora.
Costos	COS-01	El costo de la estructura no debe exceder \$4,000

Fuente: elaboración propia

6.2. Diseños preliminares

Para el diseño de la estructura de la trituradora, se usaron 4 materiales diferentes para los elementos de los que está compuesta. Se usó Acero ASTM A572 Grado A para las vigas WF que darán soporte y altura a la trituradora por completo, Acero ASTM A500 Grado 50 para los perfiles rectangulares que constituyen la estructura, Acero ASTM A36 para todas las láminas que conforman el diseño como tal de la caja de cuchillas, tolvas, porta criba y guardas de seguridad, y por último se usó Acero 705 VCN-150 para el tornillo de potencia y los pernos de seguridad.

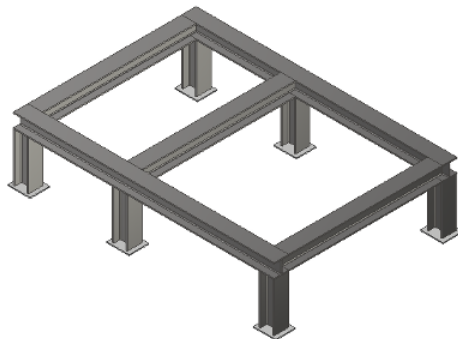
El diseño fue replicado de la trituradora que actualmente se usa en la empresa Agrequima ya que la estructura tiene muy pocas deficiencias en su uso y mantenimiento. Es importante tomar en cuenta que para que la extracción del material fuera más eficiente se debía diseñar una estructura que pudiera brindarle altura para que la tolva de extracción no quedará directamente en el suelo.

Algunas de las modificaciones que se realizaron al diseño de la trituradora, son los espesores de láminas para todo el ensamblaje, debido a los costos del acero ASTM A36, que es conocido comúnmente como lámina negra. Al momento de disminuir los espesores, se verificaron factores de seguridad y un análisis de vibraciones para asegurar que estas modificaciones no afectarían a la máquina y siguiera siendo robusta o que no pudiera fallar por alguna carga aplicada.

6.2.1. Alza

- Material: Acero ASTM A572 Grado A
 - Viga WF 4 x 13 lbs/ft x 20'
 - Altura: 0.46 m
 - Ancho: 1.30 m
 - Profundidad: 1.90 m

Figura 2: Diseño alza



Captura de pantalla de Autodesk reimpresapor cortesía de Autodesk, Inc.

Para el alza se debe mencionar que irá pernada al suelo, ya que se quiere fija en uno de los centros de acopio de la empresa. Esta es la encargada de soportar toda la estructura y brindarle altura a esta para que la extracción de material sea eficiente.

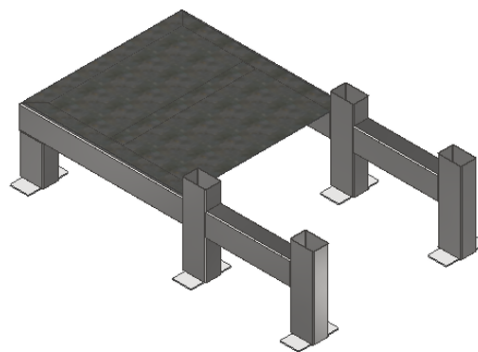
Se debe mencionar que en las vigas centrales habrá agujeros para poder asegurar la estructura de la trituradora, y si en algún momento se quiere transportar por medio de un carretón, solo se deberán quitar los pernos para desensamblarla fácilmente.

6.2.2. Soporte estructura y placa soporte

- Material: Material estructura: Acero ASTM A500 Grado 50
 - Viga WF 4 x 13 lbs/ft x 20'
 - Altura frontal: 0.52 m
 - Altura trasera: 0.40 m
 - Ancho: 1.05 m
 - Profundidad: 1.96 m

- Material placa soporte motor: Acero ASTM A36
 - Lámina de acero A36 3/16 in
 - Dimensiones placa: 1.02 mts x 1.04 mts

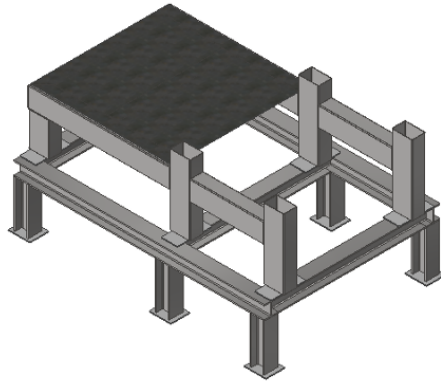
Figura 3: Diseño soporte estructura y placa



Captura de pantalla de Autodesk reimpresapor cortesía de Autodesk, Inc.

El soporte de la estructura se mantuvo con el mismo diseño, solo se redujo espesor en los perfiles y en la placa de soporte, y aún así la máquina sigue siendo robusta y estable según sus medidas, peso y factores de seguridad establecidos.

Figura 4: Diseño ensamble estructuras



Captura de pantalla de Autodesk reimpresapor cortesía de Autodesk, Inc.

Se puede observar donde se posicionará la estructura con el alza, la cual se unirá por medio de pernos, por si en un futuro se desean separar o ya sea trasladar. En la sección de planos se muestra a detalle cómo deben ensamblarse.

6.2.3. Caja cuchillas

- Material caja cuchillas: Acero ASTM A36
 - Lámina de acero A36 3/8 in (todo el ensamble, menos guardas de perno)
 - Dimensión pared lateral: 0.78 m x 0.7 m, ϕ eje=94 mm, ϕ porta criba = 36mm
 - Dimensión pared frontal: altura = 0.7 m, ancho aproximado = 0.95 m, altura patas = 0.33 m

Figura 5: Diseño caja cuchillas



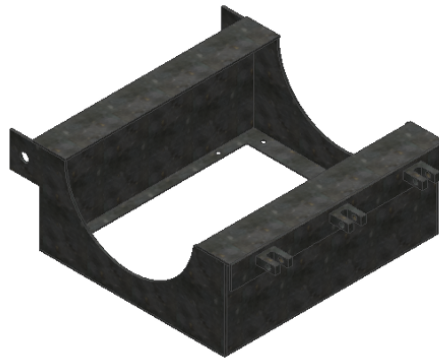
Captura de pantalla de Autodesk reimpresapor cortesía de Autodesk, Inc.

Para el diseño de la caja de cuchillas, no se modificó nada más que los espesores de láminas. Es importante que la parte donde van las cuchillas fijas tenga una geometría con curva, para que los envases que van a ser triturados no reboten constantemente al momento de caer sobre las cuchillas y puedan ser atrapados por estas. De igual manera el tamaño de la caja de cuchillas se diseñó tomando en cuenta que el envase más grande que triturará es una caneca de 20 litros. Toda la caja de cuchillas irá unida por medio de soldadura.

6.2.4. Porta criba

- Material porta criba: Acero ASTM A36
 - Lámina de acero A36 5/16 in (todo el ensamble, menos guardas de perno)
 - Altura: 0.32 m
 - Ancho: 0.85 m
 - Profundidad: 0.74 m

Figura 6: Diseño porta criba



Captura de pantalla de Autodesk reimpresapor cortesía de Autodesk, Inc.

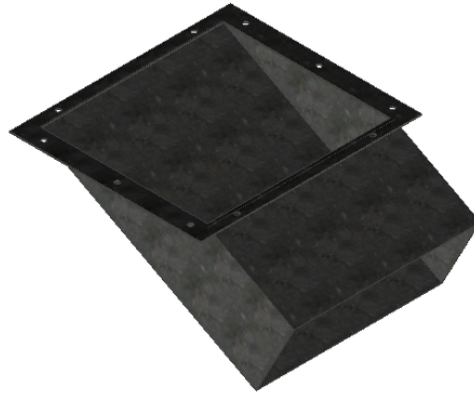
Para el diseño del Porta criba se redujo el espesor de lámina, e irá unida por medio de soldadura. El agujero que se observa en la Figura 6 en los laterales es donde irá un eje para que esta pueda subir o bajar sin ningún problema. El Porta criba tiene como finalidad sostener la criba que es la encargada de darle el tamaño de hojuela deseado al material triturado. Es importante que se esté dando mantenimiento constante, ya que suele quedar material atrapado en esta o si se desea cambiar la criba por otra que tenga una hojuela de menor o mayor tamaño, se realice sin ningún problema. Al momento que la máquina esté funcionando, siempre debe ir en su posición de cerrado, que es por medio de pernos de seguridad. La criba fue diseñada en el módulo de trituración.

6.2.5. Tolva extracción

- Material tolva extracción: Acero ASTM A36
 - Lámina de acero A36 3/16 in

- Ángulo colocación: 28 grados
- Altura: 0.31 m
- Ancho: 0.71 m
- Profundidad: 0.95 m

Figura 7: Diseño tolva extracción



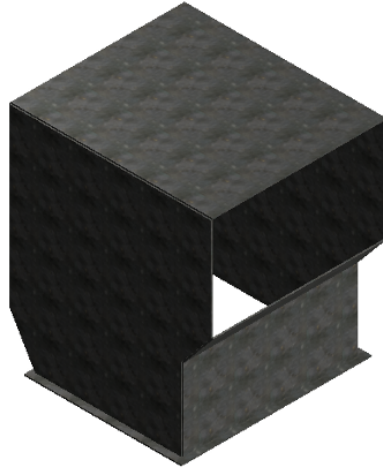
Captura de pantalla de Autodesk reimpresapor cortesía de Autodesk, Inc.

Para la tolva de extracción se diseñó para una sola salida de material, pero si se desean dos salidas o más se debe colocar una lámina que divida el camino de la tolva. El diseño es el mismo que usan actualmente con un espesor menor de lámina para que al momento de quitarla sea más fácil para el operario debido al peso de esta. Como se observa en la Figura 7 se tienen agujeros en el marco, esto se debe a que va unida directamente con el Porta criba por medio de pernos.

6.2.6. Tolva entrada

- Material tolva entrada: Acero ASTM A36
 - Lámina de acero A36 1/4 in
 - Altura: 1.08 m
 - Ancho: 0.86 m
 - Profundidad: 1.03 m
 - Ingreso material: 0.85 m x 0.5 m

Figura 8: Diseño tolva entrada

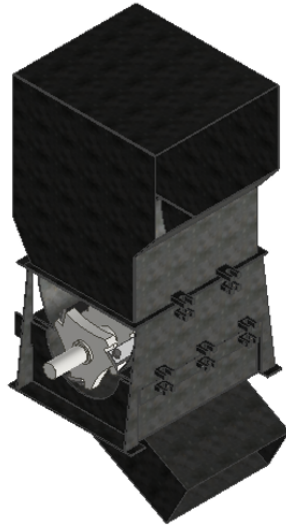


Captura de pantalla de Autodesk reimpresapor cortesía de Autodesk, Inc.

Para el diseño de la tolva de entrada fue importante considerar los ángulos en la parte trasera y frontal de la tolva, esto para evitar que el material caiga con un gran impacto dentro de la caja de cuchillas, y rebote bruscamente. El diseño se modificó quitando unos soportes que tenía la tolva en los laterales, por temas de costo y no había necesidad alguna de estos. Se redujo el espesor de la tolva, la cual sigue siendo resistente a daños y abolladuras ya que el único objeto que puede impactar con esta es plástico de alta densidad y de igual manera las revoluciones de giro de las cuchillas están reguladas para evitar que reboten, de manera brusca los recipientes ingresados a esta. Es importante mencionar que en la parte donde se ingresará el material, tendrá una cortina de vinil pesado, para evitar que salga disparado material triturado.

6.2.7. Ensamble caja cuchillas – tolvas – porta criba

Figura 9: Ensamble caja cuchillas – tolvas – porta criba

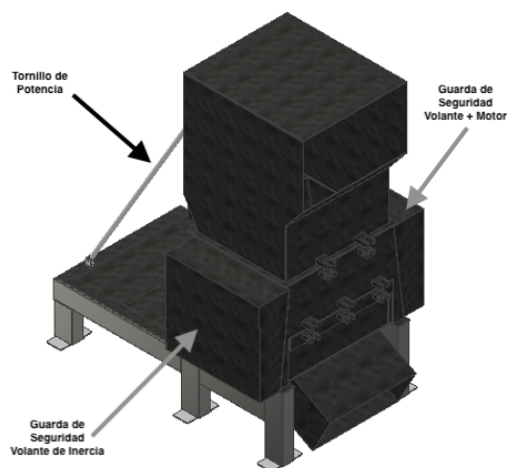


Captura de pantalla de Autodesk reimpresapor cortesía de Autodesk, Inc.

Se puede observar el ensamble de ambas tolvas, con la caja de cuchillas, para tener una idea de cómo se visualizarán estas juntas. De igual forma se puede observar el sistema de trituración que son las cuchillas que se colocó en la imagen por fines de visualización, pero son parte de otro módulo de diseño.

6.2.8. Ensamble trituradora

Figura 10: Ensamble trituradora



Captura de pantalla de Autodesk reimpresapor cortesía de Autodesk, Inc.

Se puede observar en la Figura 10 la trituradora ensamblada completamente, y se puede apreciar que la tolva de extracción, está casi al nivel del suelo. En este ensamble se puede distinguir el mecanismo para abrir y cerrar la tolva de entrada que es por medio de un tornillo de potencia y un timón el cual se gira para abrir o cerrar. Este mecanismo se mantuvo igual ya que es bastante eficiente y seguro. El diseño del mecanismo se podrá apreciar en la Figura 11 De igual manera se observan las guardas de seguridad que son colocadas para que los volantes de inercia y el motor no estén expuestos.

Figura 11: Tornillo potencia diseño inicial

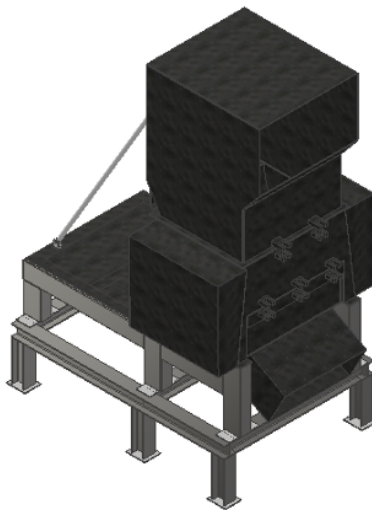


Captura de pantalla de Autodesk reimpresapor cortesía de Autodesk, Inc.

6.2.9. Ensamble trituradora final

- Altura: 2.78 m
- Ancho: 1.3 m
- Profundidad: 1.90 m

Figura 12: Ensamble trituradora final



Captura de pantalla de Autodesk reimpresapor cortesía de Autodesk, Inc.

Por último, en la Figura 12 se puede observar el diseño final con todos los ensambles que son necesarios para formar la trituradora sin tomar en cuenta los últimos detalles como lo es la pintura.

6.3. Plan de simulación

Se realizó simulaciones sobre el diseño de la trituradora, y los componentes más importantes de esta, ya que lo que se busca es optimizar el funcionamiento de la máquina, creando modelos donde se pueda tener iteraciones sobre sus dimensiones o cambios en cargas aplicadas, para poder entender cómo será el comportamiento de la máquina. El proceso que se siguió para obtener resultados fue:

1. Diseñar trituradora en Autodesk Inventor® 2022
2. Subir archivos en el *Software* Ansys Workbench 2022 R1
3. Ingresar material del que están hechos los ensamblajes
4. Modificar bocetos, realizando *Face Split* para poder colocar cargas en el punto específico donde irán
5. Configuración de contactos entre elementos
6. Configurar mallado
7. Definir soportes y cargas
8. Calcular esfuerzo Von Mises
9. Calcular factor de seguridad
10. Verificar frecuencias modales del sistema

Este proceso es explicado detalladamente en la sección de cálculos realizando una iteración en los espesores del material y el tipo de material para definir cuál es el más adecuado para el diseño y fabricación de la máquina.

6.4. Cálculos y diseño

Para poder realizar los cálculos, primero se definieron los factores de seguridad de los elementos más críticos de la trituradora como se pueden observar en los requisitos, y ya con base a estos se calcularon los factores de seguridad y los esfuerzos presentes en los elementos de la estructura de la trituradora, usando el *Software* Ansys Workbench 2022 R1. Se modelaron 3 ensambles distintos, la caja de cuchillas y la trituración del material, la estructura con perfiles rectangulares que soporta la trituradora y el alza que brinda altura a la trituradora.

Los materiales usados fueron Acero ASTM A36 para todas las planchas de las que estaba conformada la estructura; Acero ASTM A500 Grado A para los perfiles rectangulares de los que están hechos la estructura que soporta la trituradora y, por último, Acero A572 Grado 50 para las vigas WF de la estructura que dará altura a la trituradora. Las propiedades de estos materiales fueron obtenidas con las fichas técnicas de la empresa Grupo AP y Alaisa, que se pueden observar en el Cuadro 6.

Cuadro 6: Propiedades materiales

Material	Resistencia a la fluencia	Resistencia última a la tensión	Elementos
Acero ASTM A36	36,260 psi	58,015 psi	Placas y láminas (todos los otros elementos)
Acero ASTM A500 Grado A	39,160 psi	53,660 psi	Perfiles rectangulares (soporte estructura)
Acero A572 Grado 50	55,695 psi	75,855 psi	Viga (Alza)

Fuente: Grupo AP y Alaisa

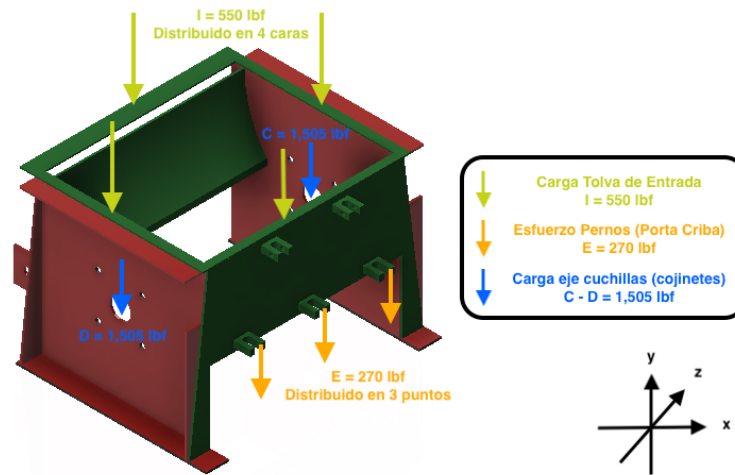
6.4.1. Cálculos caja cuchillas

Para la caja de cuchillas las cargas estáticas que esta soportaría como se muestra en el Cuadro 7 fueron obtenidos por medio del *Software* Autodesk Inventor® 2022 con la función de iProperties, donde se tiene que asignar a cada una de las piezas el material con el que será fabricado, y así obtener un valor del peso del elemento, el cual es bastante cercano a la realidad.

Ahora bien, como se observa en el Cuadro 8 se consideró la fuerza de corte del sistema de trituración que cada 0.02 segundos corta material por lo que existe una carga repetitiva sobre el porta cuchillas frontal y trasero. También está la fuerza de tensión que generan las fajas del motor sobre el volante de inercia que hacen girar el eje de las cuchillas. Esta fuerza la brindó el encargado del módulo de Sistema de Transmisión de Potencia. Algunas cargas fueron distribuidas en 2, 4 o 5 áreas, ya que lo soportan más elementos. En la Figura 13 y 14 se puede observar el diagrama de cuerpo libre de este ensamble para comprender mejor. Las cargas del eje de cuchillas (cojinetes) fueron obtenidas por parte del módulo de trituración.

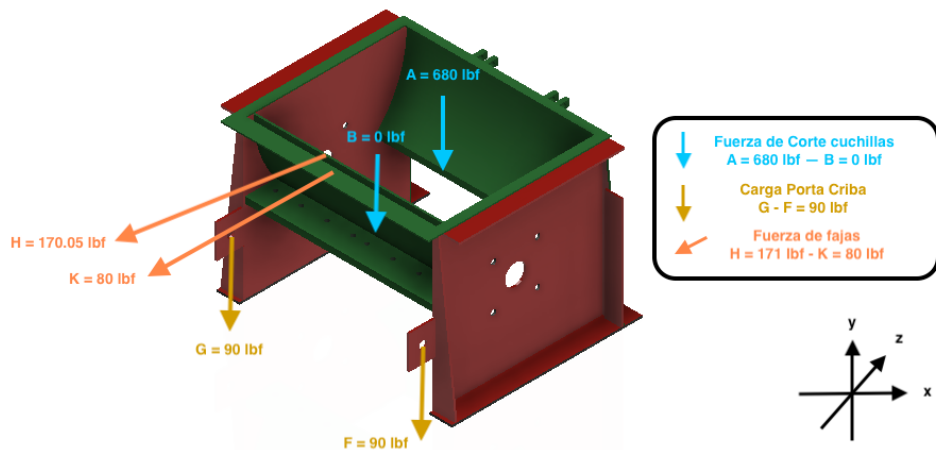
Para el eje con sus porta cuchillas se distribuyó en 2, justo donde van los cojinetes. El peso de la tolva de entrada se distribuyó en 4 áreas, ya que lo soporta la caja de cuchillas. El peso del porta criba y la tolva de extracción se distribuyó en 5 áreas, ya que lo soporta 3 pernos de seguridad y un eje circular acoplado en dos agujeros. Y por último la carcasa que es la caja de las cuchillas que lo soportan 2 bases (soleras). Esto se puede observar en el Cuadro 7.

Figura 13: DCL caja cuchillas vista frontal



Captura de pantalla de Autodesk reimpresapor cortesía de Autodesk, Inc.

Figura 14: DCL caja cuchillas vista posterior



Captura de pantalla de Autodesk reimpresapor cortesía de Autodesk, Inc.

Cuadro 7: Cargas caja cuchillas

Elemento	Distribución	Peso por áreas (lbs)	Peso total (lbs)
Eje y porta cuchillas	2	530	1,060
Tolva de entrada	4	138	550
Porta criba y tolva de extracción	5	90	450

Fuente: elaboración propia

Cuadro 8: Fuerzas aplicadas caja cuchillas

Elemento	Fuerza	Distribución	Fuerza (lbf)
Volante de inercia	Fuerza de fajas Tensión 1	1	$F_{tot} = 171$
			$F_x = 170$
			$F_y = 4.17$
Volante de inercia	Fuerza de fajas Tensión 2	1	$F_{tot} = 80$
			$F_x = 76$
			$F_y = 24$
Porta chuchillas	Fuerza de corte	4	340

Fuente: elaboración propia

En las figuras 15 y 16 se pueden observar las cargas estáticas y fuerzas aplicadas usando el *Software* Ansys Workbench 2022 R1 que se encuentran en los cuadros 7 y 8 las cuales se explican a continuación como fueron asignadas.

Figura 15: Cargas caja cuchillas vista frontal

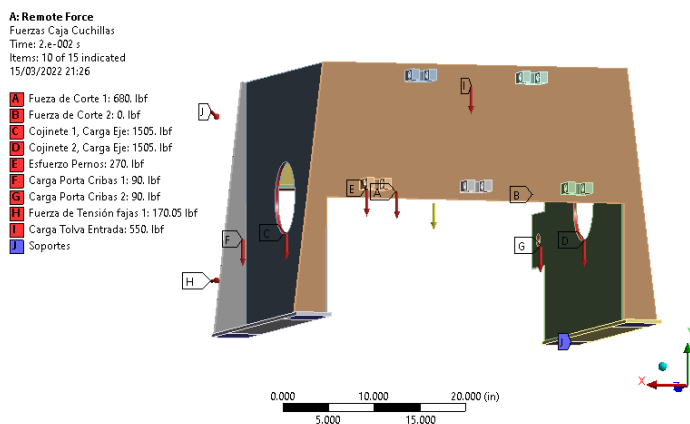


Imagen utilizada por cortesía de ANSYS, Inc.

Figura 16: Cargas caja cuchillas vista posterior

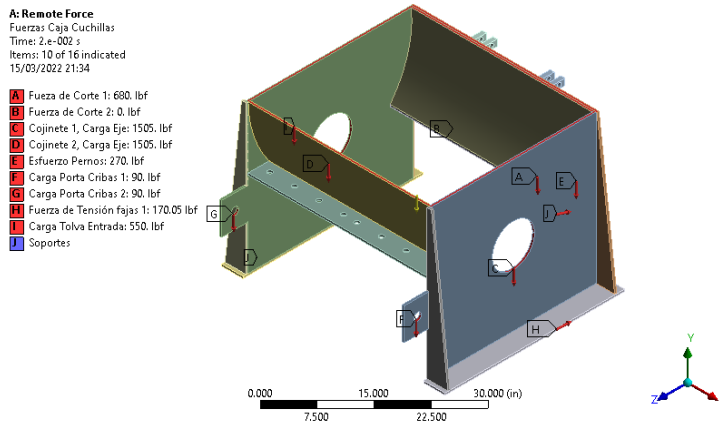


Imagen utilizada por cortesía de ANSYS, Inc.

Las cargas de la imagen están identificadas por medio de letras en el programa de Ansys, colocando el nombre detallado de la carga que está representando. En las figuras 15 y 16 se puede apreciar mejor la distribución de estas cargas. En la simulación se agregó la fuerza de gravedad que está representada como una flecha amarilla (en el centro) y la densidad de los materiales usados, para que en los cálculos realizados por el *Software* fueran tomados en cuenta los pesos de los elementos que están dentro de la simulación. Las letras A y B, son la representación del corte de las cuchillas fijas sobre los porta cuchillas. Como se observa la fuerza B, tiene un valor de 0 ya que estas fueron tabuladas y calculadas con el tiempo que tarda una de las cuchillas móviles en dar media revolución y tocar la cuchilla fija. Es por esa razón que la fuerza A tiene un valor de 680 lbs y la B de 0, porque estas no tocan al mismo tiempo la cuchilla fija, sino cada 0.02 segundos. Como el *Analysis Settings* toma las fuerzas en el primer tiempo, en la Figura 15 solo se podrá apreciar el valor de una de esas dos.

Las letras C y D, son la representación de las cargas de los cojinetes los cuales toman en consideración el peso del eje, de las cuchillas, porta cuchillas móviles y los volantes de inercia. Ahora bien la letra F representa la carga del porta criba que está distribuido en los 3 guardas de seguridad donde van los pernos que se observan en la parte frontal de la caja de las cuchillas, y las letras G y H en los 2 agujeros que van directamente en las paredes laterales. Estas últimas dos fueron representadas como un *Bearing Load* ya que se asemeja más a la realidad, porque representa la carga de un eje, osea la representación de un cojinete.

La letra H es la representación de la tensión que generan las fajas que van unidas directamente en el volante de inercia, y son tensadas por el motor. Esta fuerza se representó como un *Remote Force*, ya que lo que hace es representarla en un punto específico que no está presente en el elemento de la simulación, pero afecta directamente el agujero de las paredes laterales. Se hizo exactamente lo mismo para la fuerza de tensión 2, pero Ansys no lo representa en la Figura 16 porque existe un conflicto de fronteras al colocar dos *Remote Force* en la misma cara.

Por último, se tienen los soportes, los cuáles son representados con la letra J que son las 4 esquinas de las soleras (soportes caja cuchillas)

Para asegurar que los resultados obtenidos por el *Software* serían los más adecuados, se realizó un mallado lo más fino posible en todo el ensamble. Lo que indica si se tiene el mallado más conveniente y más cercano al ideal para nuestro ensamble o elementos, es la calidad *Skewness* que define que tan buena o mala calidad es el mallado de las figuras. Los valores van de 0 a 1, y entre más cercano a 0 indica que es mejor la malla realizada. Como se muestra en la Figura 17, el valor *Skewness* promedio obtenido es de 0.22 que se encuentra en el rango de 0 a 0.25 considerado como un mallado excelente, por lo que asegura que la calidad de los resultados será bastante precisa y cercana a la realidad.

Figura 17: Mallado caja cuchillas

Mesh Metric	Skewness
<input type="checkbox"/> Min	1.3057e-010
<input type="checkbox"/> Max	0.99982
<input type="checkbox"/> Average	0.22181
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	0.2028

Imagen utilizada por cortesía de ANSYS, Inc.

6.4.2. Cálculos porta cuchillas

Para el cálculo de la fuerza de corte en los porta cuchillas fijos, se tabuló en Ansys cada 0.02 segundos la fuerza de 680 lbf para simular la fuerza de corte real que tiene la trituradora durante 1 segundo como se observa en la Figura 18, representando la fuerza que ocurre repetidamente en los porta cuchillas fijos. Con esta figura se puede comprender de mejor manera que mientras una cuchilla realiza algún corte en el material, en el tiempo 0.2 segundos el porta cuchillas fijo frontal se le aplica la fuerza de corte de 340 lbs, mientras que el otro porta cuchillas trasero tiene una fuerza de corte de 0 lbs porque en ese momento no está pasando la otra cuchilla.

Figura 18: Representación Fuerza de Corte Ansys

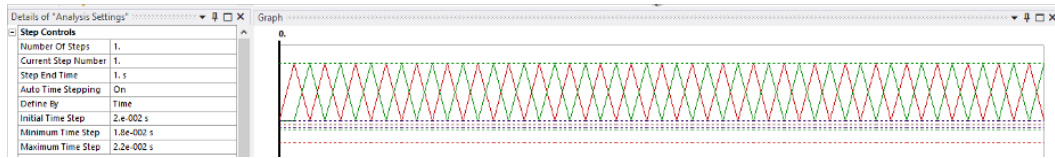


Imagen utilizada por cortesía de ANSYS, Inc.

6.4.3. Cálculos soleras (soportes caja cuchilla)

Las soleras son las encargadas de soportar toda la caja de las cuchillas y la tolva de entrada que están sobre la estructura de la trituradora. Por medio del *software* Ansys se definieron los 4 puntos que se observan en la Figura 19 los cuales son los puntos de apoyo de toda esa estructura. Para hacer un análisis más real, se encontraron las fuerzas de reacción que se generan al momento de estas soportar todas las cargas estáticas y dinámicas de la caja de cuchillas, que son los caras que van fijas en el soporte de la estructura y que están señaladas en la figura. Para tener un dato más exacto se tomaron las fuerzas de reacción en los 3 ejes axiales como se puede observar en la Figura 20. Luego estas reacciones fueron aplicadas en el soporte de la estructura de la trituradora las cuales se verán aplicadas más adelante en la Figura 22.

Figura 19: Soleras soporte

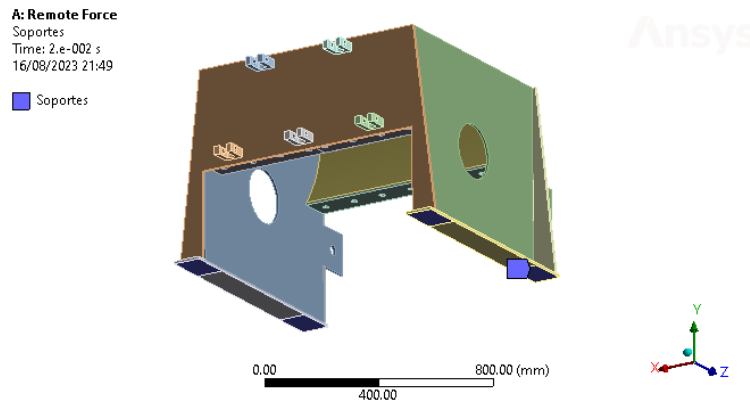


Imagen utilizada por cortesía de ANSYS, Inc.

Figura 20: Fuerza de reacción soleras

Results	
<input type="checkbox"/> X Axis	-4.7369e-007 lbf
<input type="checkbox"/> Y Axis	5133.8 lbf
<input type="checkbox"/> Z Axis	246. lbf
<input type="checkbox"/> Total	5139.7 lbf

Imagen utilizada por cortesía de ANSYS, Inc.

6.4.4. Cálculos laterales caja cuchillas

En las paredes laterales se tienen varias cargas presentes debido a que son las encargadas de sostener el eje con los porta cuchillas, los cojinetes, la carga de ambos volantes de inercia, la tolva de entrada y la fuerza de tensión que ejercen las fajas del motor que van unidas a un volante de inercia como se puede observar en la Figura 21. El análisis se realizó nuevamente en Ansys, y para colocar las fuerzas de tensión de las fajas se tuvo que definir los ángulos a las que iban a estar colocadas respecto al motor, de esta manera se colocarían ambas fuerzas en componentes y como un *Remote Force* (Fuerza remota) que permite colocarla en el lugar (espacio) exacto donde está situada la fuerza, y así la simulación sería cercana a la realidad. Para poder colocar las cargas del eje, porta cuchillas y volantes de inercia se configuró una carga tipo *Bearing Load* (carga en un cojinete). Por último, se tomó en cuenta las cargas que son ejercidas por el porta criba y la criba. Debido a que la sección sufre cargas en todas las direcciones, esfuerzos normales y cortantes combinados, se calculó el esfuerzo Von Mises para luego verificar el factor de seguridad de esta.

Figura 21: Cálculos laterales caja cuchillas

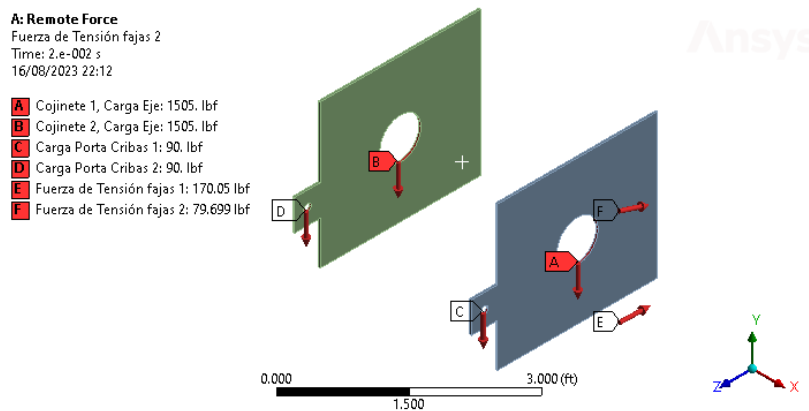


Imagen utilizada por cortesía de ANSYS, Inc.

6.4.5. Cálculos soporte estructura

La estructura de la trituradora es una parte importante, ya que esta es la que estará sosteniendo todos los componentes de los que está conformada la trituradora. Las cargas que soporta son estáticas, ya que soporta los pesos de todos los elementos que van sobre

esta. Para poder realizar un cálculo más real se determinaron las fuerzas de reacción que son ejercidas por los soporte de la caja de cuchillas (soleras) sobre los 4 perfiles que la soportan como se muestra en la Figura 19, y la fuerza que ejercen las fajas en el motor que fueron obtenidas por el encargado del módulo de transmisión de potencia, para poder configurarlo en Ansys. En el Cuadro 9 se puede observar las cargas estáticas que soporta la trituradora que fueron determinadas por el *Software* Autodesk Inventor® con iProperties. Es importante mencionar que no fueron colocadas todas las cargas que están en el Cuadro 9, ya que como se mencionó anteriormente en las fuerzas de reacción se están tomando en cuenta ya los pesos de los elementos mencionados en la caja de cuchillas menos el del motor y la batería. En el Cuadro 10 se encuentran las cargas dinámicas y la fuerza de reacción generada por los soporte de la caja de cuchillas (soleras) .

Cuadro 9: Cargas estáticas en estructura soporte

Elemento	Distribución	Peso por área (lbs)	Peso total (lbs)
Motor	1	450	450
Batería	1	50	50
Caja cuchillas	2	388	776
Tolva de entrada	2	275	550
Tolva de extracción	2	45	90
Porta criba	2	106	212
Criba	2	62	124
Eje y porta cuchillas	2	530	1,060
Volantes de inercia	2	445	890

Fuente: elaboración propia

Cuadro 10: Cargas aplicadas en estructura soporte

Elemento	Fuerza	Distribución	Fuerza (lbf)
			$F_{tot} = 171$
Motor	Fuerza tensión fajas	1	$F_x = 170$ $F_y = 4.17$
4 perfiles	Fuerza de reacción	4	5,139

Fuente: elaboración propia

En la Figura 22 se puede observar las cargas descritas del Cuadro 10 y los pesos de la batería y el motor que están en el Cuadro 9.

Figura 22: Cargas soporte estructura

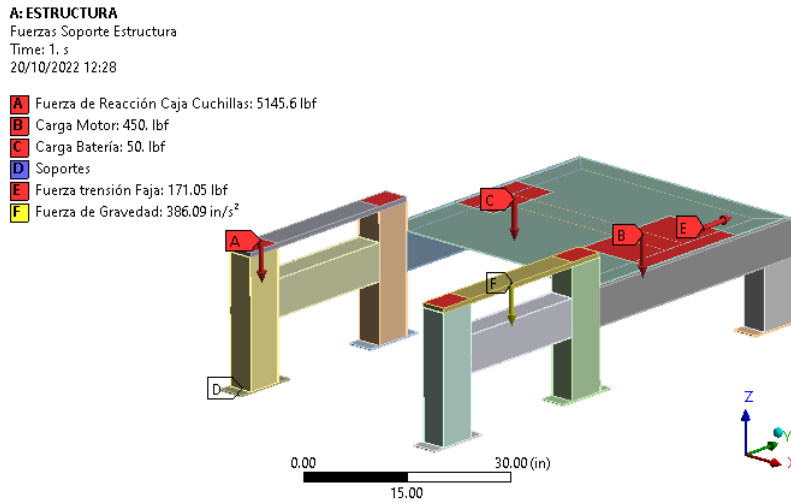


Imagen utilizada por cortesía de ANSYS, Inc.

En la simulación se agregó la fuerza de gravedad que está representada como una flecha amarilla (en el centro) y la densidad de los materiales usados, para que los cálculos realizados por el *Software* tomaran en cuenta los pesos de los elementos que están dentro de la simulación.

La letra A representa la fuerza de reacción que ejerce la caja de las cuchillas en el soporte de la estructura. Esta se colocó por medio de componentes para que fueran tomadas en cuenta en todas las direcciones representando la realidad. Las letras B y C, son la representación de las cargas del peso del motor y la batería. Estos pesos fueron determinados por los proveedores aproximando un valor, si en todo caso hubiera un cambio.

La letra E representa la fuerza de tensión que es ejercida por las fajas que van acopladas directamente en el motor, para definir cómo sería el comportamiento en la Placa del soporte, ya que el motor va ensamblado en esta por medio de pernos. Y por último la letra D es la que indica en qué partes están los soportes, que son las 6 bases.

Nuevamente para asegurarse que los resultados obtenidos por el *Software* serán los más acertados, se realizó un mallado para la estructura que no sobrepasara de un valor Skewness de 0.40. Se quitaron todos los redondeos que están presentes en los perfiles rectangulares, ya que esto no hace ninguna diferencia en los resultados de la simulación, más que retrasar el proceso de mallado y simulación por ser superficies con geometrías muy pequeñas y curvas. Como se muestra en la Figura 23, el valor Skewness promedio obtenido es de 0.35 que se encuentra en el rango de 0.25 a 0.5 considerado como un mallado bueno, por lo que asegura que la calidad de los resultados será buena y cercana a la realidad.

Figura 23: Mallado soporte estructura

Quality	
Check Mesh Qua...	Yes, Errors
Error Limits	Aggressive Mechanical
<input type="checkbox"/> Target Elemen...	Default (5.e-002)
Smoothing	Medium
Mesh Metric	Skewness
<input type="checkbox"/> Min	1.3057e-010
<input type="checkbox"/> Max	0.89538
<input type="checkbox"/> Average	0.35586
<input type="checkbox"/> Standard Devi...	0.19929

Imagen utilizada por cortesía de ANSYS, Inc.

Para hacer un análisis más real, se encontraron las fuerzas de reacción que son generadas en las 6 bases, para después poder aplicar estas fuerzas en las vigas del alza. Para tener un dato más real, y considerando el peso de la estructura, se tomaron las fuerzas de reacción en los 3 ejes como se puede observar en la Figura 24.

Figura 24: Fuerzas de reacción soporte estructura

Results	
<input type="checkbox"/> X Axis	-4.7369e-007 lbf
<input type="checkbox"/> Y Axis	5133.8 lbf
<input type="checkbox"/> Z Axis	246. lbf
<input type="checkbox"/> Total	5139.7 lbf

Imagen utilizada por cortesía de ANSYS, Inc.

6.4.6. Cálculos alza

Se diseñó el alza, la cual se encarga de darle altura a la trituradora, para que sea más eficiente la extracción del material triturado. La única carga presente que se colocó, son las fuerzas de reacción que generan las bases del soporte de la estructura que están en la Figura 24. Para que el peso de los elementos, que son los perfiles rectangulares y la placa de soporte, fueran tomados en cuenta en Ansys, se ingresó la densidad de los materiales y la fuerza de gravedad en las simulaciones, para que las reacciones dadas lo tomaran en cuenta. El esfuerzo que se verificó es el Von Mises en el alza, ya que se debe asegurar que las vigas no fallarán por fluencia. Todas las bases se colocaron fijas al suelo, ya que la empresa Agrequima desea que esta vaya sujeta al suelo con pernos para concreto, para que no se pueda mover a otra área y quede fija.

Cuadro 11: Cargas aplicadas alza

Elemento	Fuerza	Distribución	Fuerza (lbf)
Vigas centrales	Fuerza de reacción	6	5,651

Fuente: elaboración propia

En la Figura 25 se puede observar las fuerzas de reacción que fueron aplicadas al alza y en qué puntos fueron colocadas, que es justo donde irá ensamblada la trituradora completa.

Figura 25: Cargas alza

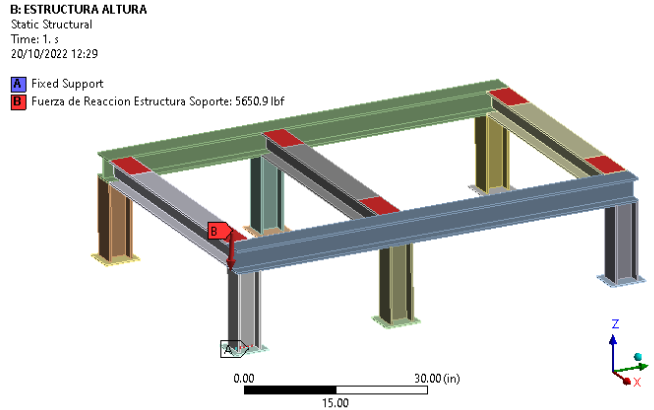


Imagen utilizada por cortesía de ANSYS, Inc.

Para asegurar que los resultados obtenidos por el *software* fueron apropiados, se realizó un mallado acorde al alza. También se quitaron todos los redondeos que están presentes en las vigas WF, ya que como se había explicado anteriormente esto no hace ninguna diferencia en los resultados obtenidos de la simulación. Como se muestra en la Figura 26, el valor Skewness promedio obtenido es de 0.14 que se encuentra en el rango de 0 a 0.25 considerado como un mallado excelente, por lo que asegura que la calidad de los resultados será muy cercana a la realidad.

Figura 26: Mallado alza

Quality	
Check Mesh Qua...	Yes, Errors
Error Limits	Aggressive Mechanical
<input type="checkbox"/> Target Elemen...	Default (5.e-002)
Smoothing	Medium
Mesh Metric	Skewness
<input type="checkbox"/> Min	1.3057e-010
<input type="checkbox"/> Max	0.41814
<input type="checkbox"/> Average	0.14815
<input type="checkbox"/> Standard Devi...	0.18055

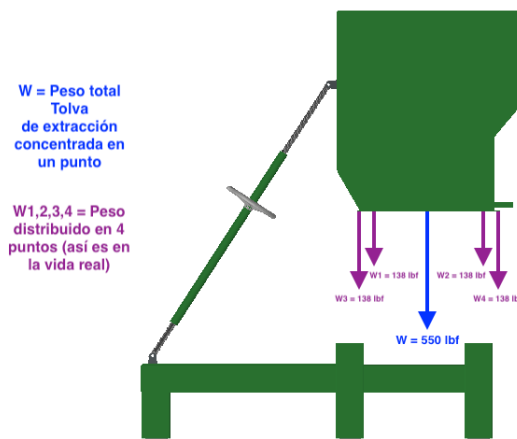
Imagen utilizada por cortesía de ANSYS, Inc.

6.4.7. Cálculos tornillo de potencia

Para poder abrir la tolva de entrada, se utilizará un sistema con dos tornillos de potencia el cual se puede observar en la Figura 11, para que se pueda abrir y cerrar fácilmente cuando

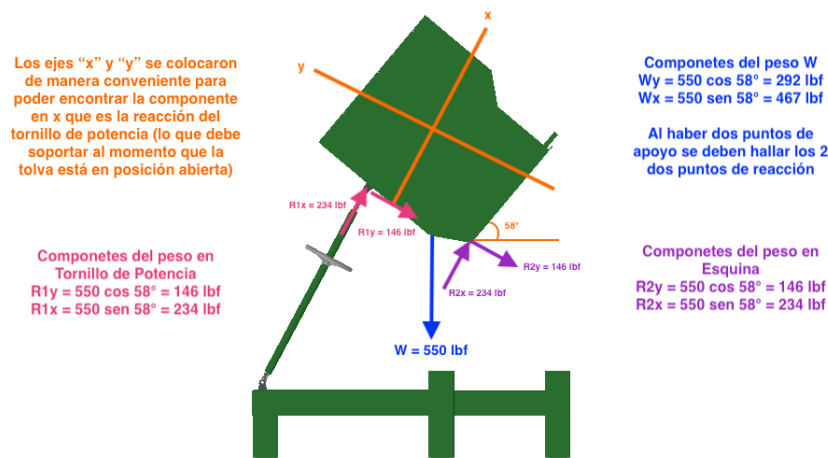
se necesite. Un tornillo debe tener rosca derecha, y el otro rosca izquierda para que al momento de girar la tuerca o capucha pueda tener el movimiento de abrir y cerrar. El peso de la tolva es de 550 libras, pero se realizó equivalencias de cargas para determinar cuánto será lo que realmente va a estar soportando el tornillo de potencia. Esta fuerza se encontró por medio de un análisis de diagrama de cuerpo libre con dos apoyos, uno en el marco de la caja de cuchillas y el otro en el tornillo de potencia que es el que más interesa. Definiendo una carga real de 240 libras. En la Figura 27 se puede observar la posición del tornillo de potencia cuando la tolva se encuentra cerrada (permanece la mayor parte del tiempo de esa forma), ahora bien en la Figura 28 se observa el DCL mencionado anteriormente con la posición de la tolva abierta.

Figura 27: DCL tolva cerrada



Captura de pantalla de Autodesk reimprimas por cortesía de Autodesk, Inc.

Figura 28: DCL tolva abierta



Captura de pantalla de Autodesk reimprimas por cortesía de Autodesk, Inc.

Se diseñaron ambos tornillos de potencia, donde uno irá sujeto en la parte trasera de la tolva de entrada y el otro en la placa de soporte.

Cuadro 12: Propiedades material tornillo potencia

Material	Resistencia a la fluencia	Resistencia última a la tensión
Acero 705 VCN-150	132,130 psi	148,230 psi

Fuente: Aceros Suecos de Guatemala

Se supusieron las medidas del tornillo de potencia, basándose en el tornillo de la trituradora que tienen actualmente, para realizar los cálculos correspondientes. Se diseñó para una rosca estándar ACME.

Cuadro 13: Dimensiones tornillo de potencia

Diámetro nominal	Paso (in)	Roscas	Diámetro mínimo (in)	Diámetro de paso (in)	Largo tornillo (m)
1.25	0.2	5	1.05	1.15	0.54

Fuente: elaboración propia

Se debe calcular la fuerza de torque necesaria para poder cerrar la tolva de entrada y para poder abrirla. Se tomó en cuenta un coeficiente de fricción de 0.15 entre la tuerca y el tornillo de potencia ya que este irá lubricado todo el tiempo con aceite. Este valor se obtuvo del Cuadro [14](#).

Cuadro 14: Coeficientes de fricción según material

Material del tornillo	Material de la tuerca (capucha)			
	Acero	Bronce	Latón	Hierro fundido
Acero, seco	0.15-0.25	0.15-0.23	0.15-0.19	0.15-0.25
Acero, aceite para máquina	0.11-0.17	0.10-0.16	0.10-0.15	0.11-0.17
Bronce	0.08-0.12	0.04-0.06	-	0.06-0.09

Fuente: Norton, [2011](#)

En el Cuadro [15](#) se puede observar todas las constantes necesarias para poder calcular el torque de subida y de bajada necesario para abrir o cerrar la tolva de entrada.

Cuadro 15: Constantes tornillo de potencia y tuerca

Constante	Símbolo	Valor
Diámetro nominal	nominal	1.25 in
Paso o avance	p	0.2
Área de tensión	At	0.95 in ²
Roscas * in	n	5
Diámetro mínimo	dr	1.05 in
Diámetro de paso	dp	1.15 in
Ángulo ACME	∠	14.5
Fuerza de fricción	μ	0.15
Carga equivalente	P	240

Fuente: elaboración propia

Nuevamente con los valores del Cuadro 15 se podrán resolver todas las ecuaciones para los cálculos necesarios para el diseño del tornillo.

Torque de levante:

$$T_{levnate} = \frac{Pd_p}{2} * \frac{\mu\pi d_p + L\cos\alpha}{\mu\pi d_p - L\cos\alpha} = 29lb - in \quad (2)$$

Torque de bajada:

$$T_{bajada} = \frac{Pd_p}{2} * \frac{\mu\pi d_p - L\cos\alpha}{\pi d_p \cos\alpha - L\mu} = 13lb - in \quad (3)$$

Fuente:(Norton, 2011)

Para el diseño del tornillo se tomó en cuenta todos los esfuerzos presentes en él, para luego poder compararlo con la resistencia del material del que estará hecho el tornillo, y verificar que no fallará por estos esfuerzos.

Esfuerzo cortante en dientes

Se puede presentar una posible falla por cortante en las roscas del tornillo o la tuerca, por lo que se debe calcular el área cortante por barrido con la siguiente ecuación:

$$A_s = \pi d_r w_i p = 0.51 in^2 \quad (4)$$

Donde w_i se obtuvo del Cuadro 16 que es el factor para áreas de cortante de barrido en las roscas. No fue necesario calcular el área cortante con w_o ya que lo que se busca es analizar el caso más crítico.

Cuadro 16: Factores de área

Tipo de cuerda	w_i (menor)	w_o (mayor)
UNS/ISO	0.80	0.88
Cuadrada	0.50	0.50
ACME	0.77	0.63
Reforzada	0.90	0.83

Fuente: Norton, [2011](#)

Y para el esfuerzo cortante se usa la ecuación clásica pero con el área cortante por barrido.

$$\tau_s = \frac{F}{A_s} = \frac{240lbs}{0.51 \text{ in}^2} = 472 \text{ psi} \quad (5)$$

Esfuerzo cortante por torsión

Se debe calcular el esfuerzo cortante por torsión, ya que al momento de aplicar un torque en la tuerca para poder subir o bajar la tolva, se genera este esfuerzo en el tornillo. Para calcular el esfuerzo se utiliza la ecuación convencional:

$$\tau = \frac{16T_{levante}}{d_r^2 \pi} = 128 \text{ psi} \quad (6)$$

Al estar analizando el caso más crítico se usa el torque de subida, ya que es mucho mayor al torque de bajada.

Esfuerzo axial de compresión

El tornillo al momento de abrir la tolva y esta se encuentra en la posición abierta, sufre un esfuerzo axial de compresión. Por lo que su esfuerzo se calcula con la ecuación:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{960lbs}{3.47 \text{ in}^2} = 277 \text{ psi} \quad (7)$$

Al ser 2 tornillos largos que están sufriendo compresión se debe calcular la falla por pandeo debido al esfuerzo aplicado. El esfuerzo normal por compresión puede estar muy por debajo de la resistencia de la fluencia del material, pero aun así se puede pandear.

Se usa la ecuación de razón de esbeltez, que se muestra más adelante. Donde l es la longitud efectiva de los tornillos, y k es el radio de giro. Esta razón indica que es una columna larga por tener una relación mayor a 10. Para poder definir cuál es el largo efectivo de los tornillos, se debe definir cómo van los extremos. Los tornillos tienen un extremo articulado-empotrado, ya que es necesario que pueda girar uno de los lados, mientras que el otro va empotrado con la capucha (tuerca que gira). En la Figura [29](#) se puede observar los valores correspondientes para los largos efectivos de todos los casos de extremos en columnas.

Figura 29: Condiciones de extremo

Condiciones de extremo	Valores teóricos	Recomendados por la AISC*	Valores conservadores
Redondeada-redondeada	$l_{ef} = l$	$l_{ef} = l$	$l_{ef} = l$
Articulada-articulada	$l_{ef} = l$	$l_{ef} = l$	$l_{ef} = l$
Empotrada-libre	$l_{ef} = 2l$	$l_{ef} = 2.1l$	$l_{ef} = 2.4l$
Empotrada-articulada	$l_{ef} = 0.707l$	$l_{ef} = 0.80l$	$l_{ef} = l$
Empotrada-empotrada	$l_{ef} = 0.5l$	$l_{ef} = 0.65l$	$l_{ef} = l$

Fuente: Budynas, [2012](#)

Para poder definir si los tornillos pueden sufrir pandeo se debe definir la razón de esbeltez con la ecuación:

$$S_r = \frac{l_{efectivo}}{k} = 48 \quad (8)$$

(Norton, [2011](#))

Por esta razón se tiene que verificar la carga crítica y permisible, definiendo un factor de seguridad de 4 para los tornillos. Para definir el factor de seguridad se usó la siguiente ecuación:

$$n = n_{material} \cdot n_{esfuerzo} \cdot n_{geometria} \cdot n_{ analisisdefalla} \cdot n_{confiabilidad} \quad (9)$$

Donde el $n_{material}$, $n_{esfuerzo}$ y $n_{ analisisdefallas}$ se asignó un valor de 1.3 al no tener las propiedades exactas del material, se estima que puede tener sobrecargas del 20% a 50% y puede presentar esfuerzo de fatiga mutiaxial respectivamente. Ahora bien para el $n_{geometria}$ se usó un valor de 1.1 ya que puede que al momento de manufacturar no se ajusten a las tolerancias solicitadas y para el $n_{confiabilidad}$ se asignó un valor de 1.5 para asegurar una confiabilidad alta. Se obtuvo un factor de seguridad de 3.6 aproximándolo a un valor de 4.

Se usó la ecuación de carga crítica y carga permisible para poder compararlas entre sí, y con esto asegurar si los tornillos podrían fallar por pandeo. Las ecuaciones son las siguientes:

$$P_{critica} = \frac{A\pi^2 E}{S_r^2} = 109,647 \text{ lbs} \quad (10)$$

$$P_{permisible} = \frac{P_{critica}}{n} = 27,412 \text{ lbs} \quad (11)$$

Al tener una carga permisible mayor a la carga que estará soportando el tornillo de 240 libras, se está seguro que no fallará por pandeo.

Por último, se definió el esfuerzo Von Mises provocado por la combinación de la rosca-tuerca por medio de la ecuación:

$$\sigma' = \frac{1}{\sqrt{2}} \left((\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2) \right)^{\frac{1}{2}} \quad (12)$$

Se sabe que los esfuerzos presentes en los tornillos según (Norton, 2011) son:

$$\sigma_x = \frac{6F}{d_r \pi n_t p} \quad (13)$$

$$\sigma_y = -\frac{4F}{\pi d_r^2} \quad (14)$$

$$\tau_{yz} = \frac{16T}{d_r^3 \pi} \quad (15)$$

En donde n_t es la cantidad de roscas que se tocan, y según (Norton, 2011) recomienda analizar para la primera rosca, la cual soporta una carga de $0.38F$. Los demás esfuerzos presentes en la ecuación de Von Mises son 0, por los que no son necesarios calcularlos.

Ahora bien, se debe tomar en cuenta la eficiencia que va a tener el tornillo al momento de levantar la carga y al momento de bajarla. Para determinar la eficiencia se usó la ecuación:

$$e = \frac{PL}{2\pi T_{levante,bajada}} \quad (16)$$

Donde P es la carga equivalente aplicada que es el peso de la tolva y L es el paso o avance del tornillo. Se determinó una eficiencia de 56 % de bajada y 26 % de subida, los cuales son datos bastante cercanos a la realidad para tornillos de $1 \frac{1}{4}$ in según (Budynas, 2012).

Por último, habiendo definido un coeficiente de fricción de 0.15 entre el tornillo y la tuerca que se girará, se realizó el cálculo para verificar si la tuerca se auto bloquearía sola por lo que se usó la ecuación:

$$\mu \geq \frac{L}{\pi d_p} \cos \theta \quad (17)$$

Donde d_p es el diámetro de paso, y el ángulo es 14.5 por ser una rosca ACME. Se obtuvo un valor de 0.05 por lo que el coeficiente de fricción entre la tuerca y el tornillo es mayor, y esto indica que la tuerca se bloqueará cuando el operario deje de girar en cualquiera de las direcciones.

6.4.8. Cálculos pernos sujetadores

Es importante que el porta criba pueda abrirse, para poder darle mantenimiento a todo el material que se queda depositado y nunca logra pasar la criba. Por esa razón el porta criba está sostenido por 3 pernos que van sujetos a los guardas de seguridad donde van colocados estos, que van en la pared frontal de la caja de las cuchillas. Se sabe que el único esfuerzo que sufren los pernos es por tensión por la carga del porta criba que está sosteniendo constantemente. Por esa razón la carga del porta criba y criba se distribuyó en los 3 pernos equitativamente, siendo una carga de 88 libras por perno. Para verificar que la fuerza es equitativa al ser un elemento simétrico, fabricado de un material uniforme se puede distribuir la carga equitativamente. En el Cuadro 17 se encuentran las propiedades del material con el que se harán los pernos sujetadores.

Cuadro 17: Propiedades material pernos sujetadores

Material	Resistencia a la fluencia	Resistencia última a la tensión
Acero 705 VCN 150	132,130 psi	148,230 psi

Fuente: Aceros Suecos de Guatemala

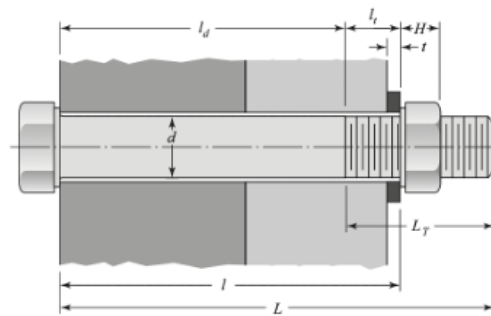
Cuadro 18: Dimensiones pernos sujetadores

Diámetro nominal	Paso (in)	Roscas	Diámetro mínimo (in)
0.75	0.166	10	0.62

Fuente: elaboración propia

Las medidas de los pernos sujetadores se basaron en los pernos de la trituradora que tienen actualmente, para realizar los cálculos correspondientes. Para poder establecer el esfuerzo axial que sufren los pernos, se debía encontrar la constante de rigidez del perno k_b , la constante de rigidez del elemento k_m , y la constante de rigidez C . En la Figura 30 se puede apreciar todas las constantes necesarias para el diseño de un perno sujetador, por lo que en el Cuadro 19 se colocaron los valores correspondientes.

Figura 30: Constantes perno



Fuente: Budynas, 2012

Cuadro 19: Constantes perno

Constante	Símbolo	Valor
Diámetro nominal	ϕ nominal	0.75 in
Paso o avance	p	1/16 in
Área de tensión	A_t	0.334 in ²
Roscas * in	n	10
Diámetro mínimo	d_r	0.62 in
Longitud roscada	L_t	3.15 in
Longitud parte sin rosca	l_d	3.5 in
Carga aplicada	P	88 lbs
Longitud de agarre	L	4.5 in
Longitud parte roscada en agarre	l_t	1 in

Fuente: elaboración propia

La longitud roscada se obtuvo tomando dimensiones de los que se tienen actualmente en la trituradora.

La constante de rigidez del perno se obtuvo por medio de la siguiente ecuación:

$$k_b = \frac{A_d A_t E}{A_d l_t + A_t l_d} \quad (18)$$

(Budynas, 2012)

Se usó un módulo de elasticidad del material de 3×10^7 psi por ser un acero y se definió el área de la parte sin rosca con la siguiente ecuación:

$$A_d = \frac{\pi d^2}{4} \quad (19)$$

(Budynas, 2012)

La constante de rigidez del elemento se obtuvo con la ecuación:

$$k_m = \frac{0.5774 \pi E d}{\ln\left(\frac{(1.155t+D-d)(D+d)}{(1.155t+D-d)(D-d)}\right)} \quad (20)$$

(Budynas, 2012)

Donde la t es el espesor del material del que el perno está sujetado, D es el diámetro de la arandela que se estima que es 1.5 el diámetro del perno.

Y la constante de rigidez se obtuvo con la ecuación:

$$C = \frac{k_b}{k_b + k_m} \quad (21)$$

(Budynas, 2012)

Con las 3 constantes definidas se encontró la carga resultante en el perno y el esfuerzo axial de cada perno con la ecuación:

$$\sigma_b = \frac{CP + F_i}{A_t} \rightarrow 90,085 \text{ psi} \quad (22)$$

Con el esfuerzo se prosiguió a definir los factores de seguridad contra la fluencia estática, con la siguiente ecuación:

$$n_p = \frac{S_p A_t}{CP + F_i} \quad (23)$$

Donde S_p es la resistencia de prueba mínima para un acero grado 8, que es justo con el que se está trabajando. Obteniendo un valor de $n_p = 1.33$, lo que indica que está bien ya que los pernos siempre trabajan cerca de la fluencia e indica que no fallará. Ahora bien, el factor de sobrecarga, se obtuvo con la ecuación:

$$n_L = \frac{S_p A_t - F_i}{CP} \quad (24)$$

El cual indica que los pernos no pueden sobrepasar de una fuerza mayor a 10,000 libras porque el perno fallará.

6.4.9. Cálculos soldadura

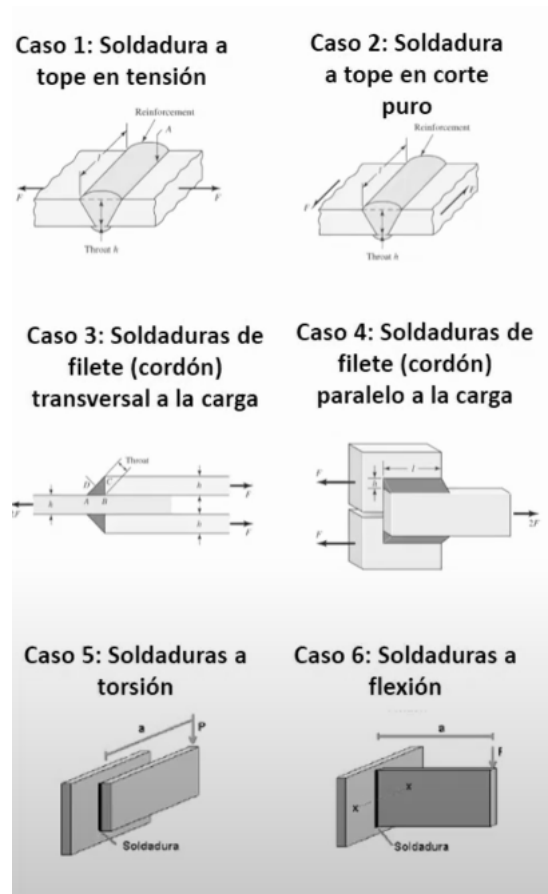
Es importante tomar en cuenta la soldadura que se realizará en la estructura y todos los elementos que van unidos. Ya que es importante asegurar que la soldadura no fallará por las cargas aplicadas. En el Cuadro 20 se puede observar las propiedades de los electrodos que se usarán, y en la Figura 31 se pueden observar los casos más comunes que se presentan en soldadura.

Cuadro 20: Propiedades electrodos

Material	Resistencia a la fluencia	Resistencia última a la tensión
ECA 7018 AC	57,000 psi	70,000 psi

Fuente: Eca Electrodo, 2022

Figura 31: Casos de soldadura



Fuente: Budynas, [2012](#)

Soldadura estructura perfiles

Desde el punto del análisis de soldadura, los únicos perfiles que están soportando una carga que pueden presentar alguna falla son los perfiles traseros que están cargando el motor, la batería y la placa.

Ahora bien, los 4 perfiles verticales más altos tienen un perfil perpendicular soldado, únicamente con la finalidad de dar estabilidad a la estructura. Para demostrar que estos 4 perfiles no fallarían por pandeo fracturando la soldadura se realizó un análisis en el *Software* Ansys Workbench 2022 mostrando los resultados en la Figura [52](#).

En la Figura [25](#), se observa los perfiles mencionados anteriormente que serán los analizados como un caso 6 de Soldadura a flexión, ya que las cargas que soportan se encuentran en el centro de estos. Se definió como una carga puntual en el centro de cada perfil.

Se estableció que la carga máxima que soportará uno de los perfiles, será de 500 lbs ya que para el análisis de este perfil se tomó en cuenta la carga del motor y la mitad del peso de la placa de soporte. Se analizó únicamente para este perfil, ya que, si este es capaz de soportar la carga, el otro que soporta la batería no fallará al tener un menor peso. Se definió que este elemento se soldará con un electrodo E7018 ya que según ECA Electrodo, es el

más indicado para soldar estructuras metálicas pesadas.

Se iteró para la garganta usando diámetros $h=3/32$ pulg y $h=1/8$ pulg, siendo los más adecuados según el tamaño del perfil y el factor de seguridad que se buscaba obtener, estableciendo que se soldaría alrededor de todo el perfil rectangular.

Se tuvo que definir el esfuerzo cortante primario y el esfuerzo cortante secundario, con las siguientes ecuaciones:

Esfuerzo primario

$$\tau' = \frac{V}{A} \quad (25)$$

Donde V es la carga cortante en el elemento de 500 libras, y el área de la garganta se encontró por medio de la ecuación que está en la Figura 32.

Esfuerzo secundario

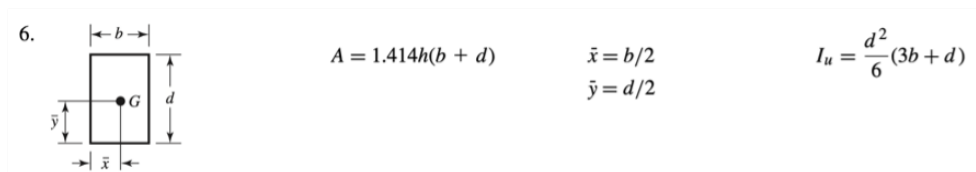
$$\tau'' = \frac{Mc}{I} \quad (26)$$

Donde M es el momento que se genera por la carga aplicada de 500 libras por el brazo donde está ubicada esta fuerza que es de 20.7 pulg. La constante c es la distancia que existe del centro del perfil a la superficie más alejada con un valor de 2.75 pulg. La inercia I se encontró con la ecuación:

$$I = 0.707I_u h \quad (27)$$

Donde la inercia I_u se encontró con la ecuación de la Figura 32 y h es el diámetro de la garganta.

Figura 32: Tipo de soldadura en todo alrededor



Fuente: Budynas, 2012

Se obtuvo un esfuerzo cortante total de 5,742 psi, que es la suma del cortante primario con el secundario, y con la teoría de la energía de la distorsión se definió un factor de seguridad de 5.7 por lo que la soldadura no fallará con la carga aplicada sobre estos elementos.

Soldadura soporte pernos

Los soportes donde van colocados los pernos de sujeción, son elementos que van soldados directamente en la pared frontal de la caja de las cuchillas. Por esa razón se debe asegurar que estos no fallarán en ningún momento por la carga aplicada del peso del porta criba y la tolva de extracción que soportan constantemente.

La carga $P=90$ lbs, provoca un caso de soldadura a flexión, y se usará nuevamente un electrodo E7018 de $3/32$ pulg. El procedimiento se repite como en el caso anterior usando

las mismas ecuaciones, y el área de soldadura ya que se soldará nuevamente alrededor de todo el elemento.

Esfuerzo primario

$$\tau' = \frac{V}{A} \quad (28)$$

Donde V es la carga cortante en el elemento de 90 libras, y el área de la garganta se encontró por medio de la ecuación que está en la Figura 32.

Esfuerzo secundario

$$\tau'' = \frac{Mc}{I} \quad (29)$$

Donde M es el momento que se genera por la carga aplicada de 90 libras por el brazo donde está ubicada esta fuerza que es de 1.77 pulg. La constante c es la distancia que existe del centro a la superficie más alejada con un valor de 0.59 pulg. Y la inercia I se encontró con la ecuación:

$$I = 0.707I_u h \quad (30)$$

Donde la inercia I_u se encontró con la ecuación de la Figura 32 y h es el diámetro de la garganta.

Se obtuvo un esfuerzo cortante total de 1,081 psi, y con la teoría de la energía de la distorsión se definió un factor de seguridad de 30 por lo que la soldadura no fallará con la carga aplicada sobre estos elementos.

Soldadura curva porta cuchillas

Estos elementos son muy importantes de considerar, ya que son los que reciben la fuerza de corte de las cuchillas móviles, y las cuchillas fijas van ensambladas en esta geometría.

La fuerza de corte de las cuchillas es 340 lbs en cada una, pero como hay dos cuchillas colocadas, se supuso una carga de P=700 lbs. Para el caso de soldadura se asume que esta pieza está en un caso de flexión, ya que se está recibiendo una carga repetitiva a una distancia de la parte lateral a $\frac{1}{4}$ del largo del elemento. Se harán los cálculos para la soldadura que se realice en los laterales del elemento para verificar que no fallará.

El procedimiento vuelve a ser el mismo que los cálculos anteriores para los esfuerzos, el área y la inercia.

Esfuerzo primario

$$\tau' = \frac{V}{A} \quad (31)$$

Donde V es la carga cortante en el elemento de 700 libras, y el área de la garganta se encontró por medio de la ecuación que está en la Figura 32, ya que nuevamente se soldará alrededor de los laterales.

Esfuerzo secundario

$$\tau'' = \frac{Mc}{I} \quad (32)$$

Donde M es el momento que se genera por la carga aplicada de 700 libras por el brazo donde está ubicada esta fuerza que es de 8.3 pulg. La constante c es la distancia que existe del

centro a la superficie más alejada con un valor de 5.9 pulg. Y la inercia I se encontró con la ecuación:

$$I = 0.707I_u h \quad (33)$$

Donde la inercia I_u se encontró con la ecuación de la Figura 32 y h es el diámetro de la garganta.

Se obtuvo un esfuerzo cortante total de 3,758 psi, y con la teoría de la energía de la distorsión se definió un factor de seguridad de 8.7 por lo que la soldadura no fallará con las cargas aplicadas sobre estos elementos, y aun así no se tomó en cuenta la soldadura que está hecha en la parte superior del elemento por lo que seguro se tiene un factor de seguridad mayor.

Soldadura Alza

Por último, en la Figura 25, se observa que la viga más propensa a fallar debido a la soldadura son las que están en el centro, porque soportan toda la trituradora. Por esa razón se analizó como un caso de soldadura a flexión, ya que la carga que soporta son las reacciones encontradas con el *Software* Ansys que están a una distancia de la soldadura aplicada y pueden provocar flexión.

Se estableció que la carga unitaria a soportar tomando en cuenta el peso de toda la trituradora, en los 6 puntos distintos, sería de P=1,200 lbs. Se definió que este elemento se va a soldar con un electrodo E7018 de 1/8 pulg. Se tuvo que definir el esfuerzo cortante primario y el esfuerzo cortante secundario, con las siguientes ecuaciones:

Esfuerzo primario

$$\tau' = \frac{V}{A} \quad (34)$$

Donde V es la carga cortante en el elemento de 1,200 libras, y el área de la garganta se encontró por medio de la ecuación que está en la Figura 33.

Esfuerzo secundario

$$\tau'' = \frac{Mc}{I} \quad (35)$$

Donde M es el momento que se genera por la carga aplicada de 1,200 libras por el brazo donde está ubicada esta fuerza que es de 2.6 pulg. La constante c es la distancia que existe del centro a la superficie más alejada con un valor de 1.7 pulg. Y la inercia I se encontró con la ecuación:

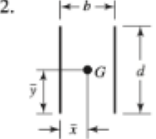
$$I = 0.707I_u h \quad (36)$$

Donde la inercia I_u se encontró con la ecuación de la Figura 33 y h es el diámetro de la garganta.

Para poder definir el área de la garganta, se definió como sería la soldadura alrededor de las vigas que se soldarán. Se estudió para el peor de los casos donde solo se podría soldar en los laterales del espesor del alma por ser una geometría compleja de soldar. Como se soldaría solo los laterales el área y la inercia se definía como se observa en la Figura 33.

Figura 33: Tipo de soldadura paralela

2.



$$A = 1.414hd$$

$$\bar{x} = b/2$$

$$\bar{y} = d/2$$

$$I_u = \frac{d^3}{6}$$

Fuente: Budynas, [2012](#)

Se obtuvo un esfuerzo cortante total de 11,158 psi, y con la teoría de la energía de la distorsión se definió un factor de seguridad de 2.95 por lo que la soldadura no fallará con la carga aplicada sobre estos elementos. Como en el caso anterior, no se tomó en cuenta la soldadura que está hecha en la parte superior del patín del perfil por lo que se tendrá un factor de seguridad mayor al calculado.

6.5. Análisis vibraciones

Es necesario saber la frecuencia del motor y del eje donde van las cuchillas para poder compararlo con las frecuencias y modos naturales de la trituradora. El motor trabaja a 667 rpm que es equivalente a 11 Hz, y el eje de las cuchillas gira a 514 rpm que equivale a 8.6 Hz.

Por medio del *Software* Ansys se realizó un Análisis Modal, el cual permite definir todas las frecuencias naturales del elemento, considerando las cargas y fuerzas aplicadas, y de esta manera poder controlar las frecuencias naturales del sistema que permitan prevenir el peor de los casos que es la resonancia. El *Software* realiza varias iteraciones para encontrar los valores de las primeras 6 frecuencias modales y ya con esto se puede comparar con la velocidad de giro del motor y eje, para asegurar que no estén en frecuencias cercanas. La ecuación que se utiliza para encontrarlas es:

$$F_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} \quad (37)$$

(Rao, [2012](#))

En donde K es la constante de rigidez del elemento y M es la masa.

En Ansys se realizó un análisis para el ensamble de la caja de cuchillas, para el soporte de la estructura y para el alza. En las figuras [34](#), [35](#) y [36](#) se pueden observar las 6 frecuencias modales obtenidas en cada una de las simulaciones.

Figura 34: Frecuencias naturales caja cuchillas

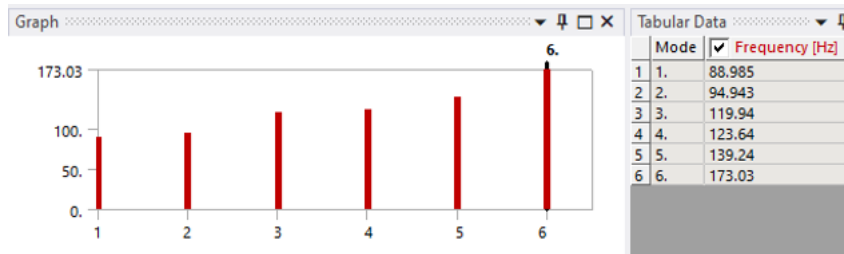


Imagen utilizada por cortesía de ANSYS, Inc.

Figura 35: Frecuencias naturales estructura soporte



Imagen utilizada por cortesía de ANSYS, Inc.

Figura 36: Frecuencias naturales alza



Imagen utilizada por cortesía de ANSYS, Inc.

Por lo que se puede establecer que la trituradora nunca entrará en resonancia porque la frecuencia del motor y el eje, no se encuentran cerca de los valores de frecuencia de los 3 ensambles.

6.6. Diseño final

En las figuras 37 y 38 se pueden observar el diseño final de la estructura de la trituradora, con un operario el cual no está directamente en el suelo, ya que este debe de contar con un banco que esté a una altura de al menos 0.5 metros para que pueda depositar el material, siguiendo las normas establecidas de seguridad operacional del artículo No.229-2014 del Acuerdo Gubernativo de Guatemala.

La estructura de la trituradora fue pintada color verde, ya que es necesario usar una pintura anticorrosiva para evitar que las láminas y perfiles puedan oxidarse. La trituradora

sin tomar en cuenta el alza tiene una altura de 2.35 metros, un ancho de 1.4 metros y profundidad de 2.12 metros. Es necesario indicar por medio de rótulos pegados en la trituradora las señalizaciones más importantes, que son el equipo necesario que debe de contar el operario para poder operarla, posibles peligros de aquellas partes móviles como lo son las cuchillas y los volantes de inercia.

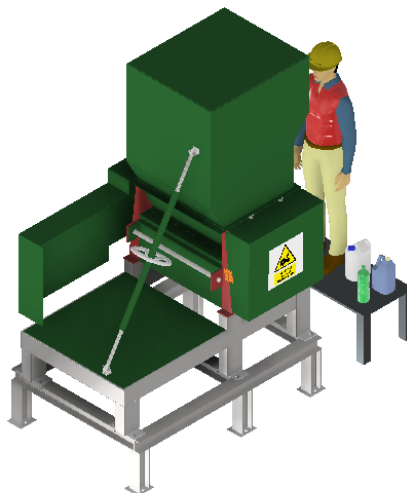
Es importante mencionar que toda la estructura de la trituradora fue unida en casi su totalidad por medio de soldadura, con electrodos ECA7018.

Figura 37: Vista frontal trituradora



Captura de pantalla de Autodesk reimprimas por cortesía de Autodesk, Inc.

Figura 38: Vista posterior trituradora

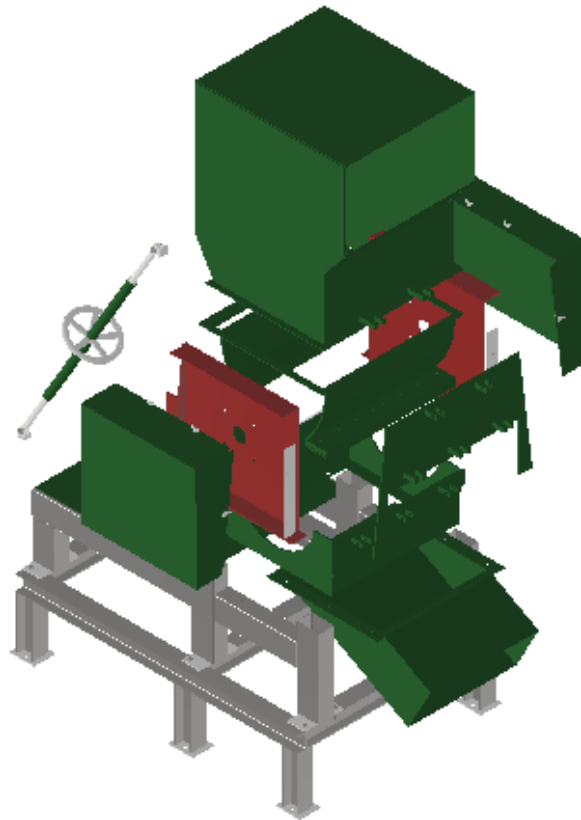


Captura de pantalla de Autodesk reimprimas por cortesía de Autodesk, Inc.

6.7. Plan de fabricación

Habiendo realizado el plan de simulación se mostrará el plan de fabricación de la trituradora ya que es una máquina con grandes geometrías. Es necesario considerar que debe ser manufacturada en algún taller externo, al igual que su ensamble, ya que se debe contar con maquinaria específica como montacargas para poder ensamblarla, por ser una máquina bastante robusta y pesada. Ahora bien, se mostrarán todos los elementos que deben fabricarse con una descripción de la información que se debe contemplar.

Figura 39: Elementos módulo estructura trituradora

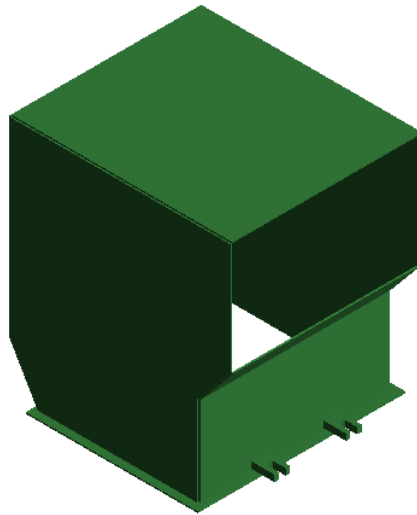


Captura de pantalla de Autodesk reimpresas por cortesía de Autodesk, Inc.

Se presentan cada uno de los elementos que conforman la estructura con su respectiva información.

6.7.1. Tolva de entrada

Figura 40: Tolva de entrada trituradora



Captura de pantalla de Autodesk reimpresas por cortesía de Autodesk, Inc.

Cuadro 21: Información tolva de entrada

Elemento	Cantidad	Descripción	Manufactura	Cotización material	Contacto
Tolva entrada	1	Material: Lámina acero ASTM A36 de espesor 1/4 pulg.	Cortar láminas con una cortadora láser y unir por medio de soldadura	Q.5,227	Grupo AP rosa@grupoap.com.gt Cel:4270-6026
Marco tolva de entrada	1	Material: Lámina acero ASTM A36 de espesor 1/4 pulg.	Cortar láminas con una cortadora láser y unir por medio de soldadura	Q.1,743	Grupo AP rosa@grupoap.com.gt Cel:4270-6026

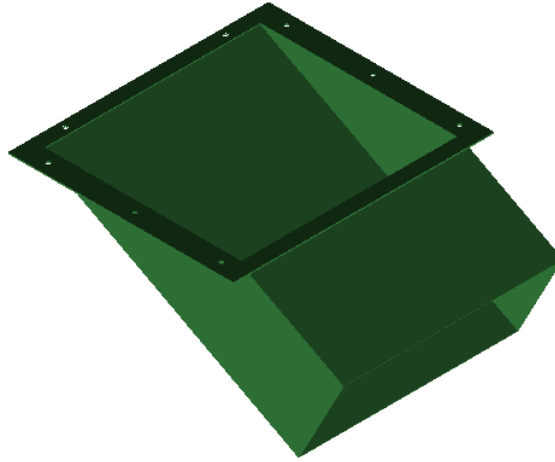
Fuente: elaboración propia

Las láminas se deben cortar por medio de una cortadora láser para acero, y unir las por medio de soldadura; con un electrodo ECA 7018 de 3/32 pulg.

Pintar las piezas con pintura anticorrosiva color verde ya que toda la tolva de entrada es de este color.

6.7.2. Tolva de extracción

Figura 41: Tolva de extracción trituradora



Captura de pantalla de Autodesk reimpresas por cortesía de Autodesk, Inc.

Cuadro 22: Información tolva de extracción

Elemento	Cantidad	Descripción	Manufactura	Cotización material	Contacto
Tolva extracción	1	Lámina acero ASTM A36 de espesor 3/16 pulg.	Cortar láminas con una cortadora láser y unir por medio de soldadura	Q842	Grupo AP rosa@grupoap.com.gt Cel: 4270-6026
Marco tolva de salida	1	Lámina acero ASTM A36 de espesor 3/16 pulg.	Cortar láminas con una cortadora láser y unir por medio de soldadura	Q842	Grupo AP rosa@grupoap.com.gt Cel: 4270-6026

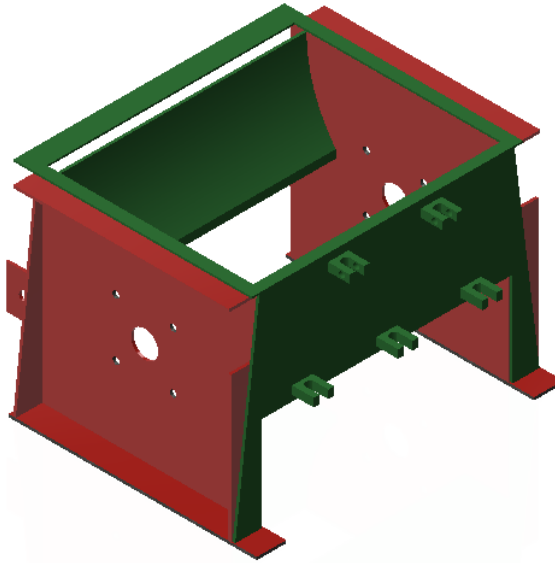
Fuente: elaboración propia

Las láminas se deben cortar por medio de una cortadora láser, y unir las por medio de soldadura; con un electrodo ECA 7018 de 3/32 pulg.

Pintar las piezas con pintura anticorrosiva color verde ya que toda la tolva de extracción es de este color.

6.7.3. Carcasa caja cuchillas

Figura 42: Carcasa caja de cuchillas



Captura de pantalla de Autodesk reimpresas por cortesía de Autodesk, Inc.

Cuadro 23: Información carcasa caja cuchillas

Elemento	Cantidad	Descripción	Manufactura	Cotización material	Contacto
Carcasa caja de cuchillas	1	Material: Lámina acero ASTM A36 de espesor 3/8pulg.	Cortar láminas con una cortadora láser, unir por medio de soldadura y dar la curvatura a los porta cuchillas fijos	Q6,276	Grupo AP rosa@grupoap.com.gt Cel: 4270-6026
Guarda pernos	5	Material: Lámina acero ASTM A36 de espesor 3/8 pulg.	Cortar láminas con su geometría con una cortadora láser, unir por medio de soldadura 3 láminas para que sea triple.	Q2,000	Grupo AP rosa@grupoap.com.gt Cel: 4270-6026

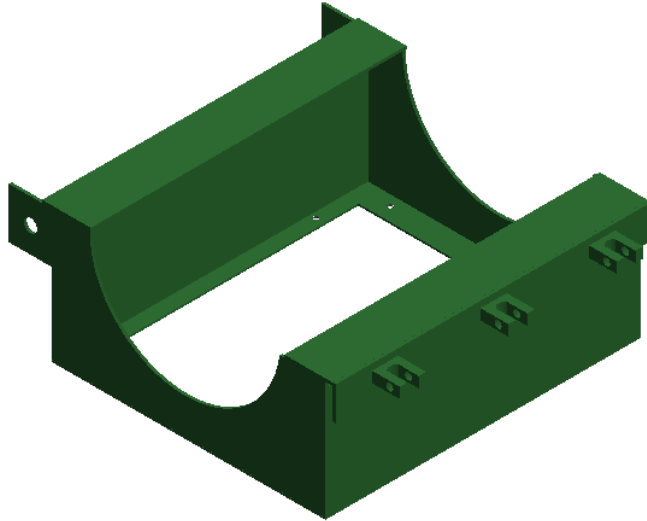
Fuente: elaboración propia

Las láminas se deben cortar por medio de una cortadora láser, y unir las por medio de soldadura; con un electrodo ECA 7018 de 3/32 pulg.

Pintar las piezas con pintura roja anticorrosiva para los laterales y pintura verde anticorrosiva los portacuchillas, cara frontal y marco de arriba. Es importante mencionar que el color rojo se utiliza para definir peligro, justo como en los laterales que van elementos que giran que son los volantes de inercia.

6.7.4. Porta criba

Figura 43: Porta criba



Captura de pantalla de Autodesk reimpresas por cortesía de Autodesk, Inc.

Cuadro 24: Información porta criba

Elemento	Cantidad	Descripción	Manufactura	Cotización material	Contacto
Carcasa porta criba	1	Lámina acero ASTM A36 de espesor 5/16 pulg.	Cortar láminas con una cortadora láser y unir por medio de soldadura.	Q2,696	Grupo AP rosa@grupoap.com.gt Cel: 4270-6026
Guarda pernos	3	Lámina acero ASTM A36 de espesor 3/8 pulg.	Cortar láminas con su geometría con una cortadora láser, unir por medio de soldadura 3 láminas para que sea triple.	Q1,200	Grupo AP rosa@grupoap.com.gt Cel: 4270-6026

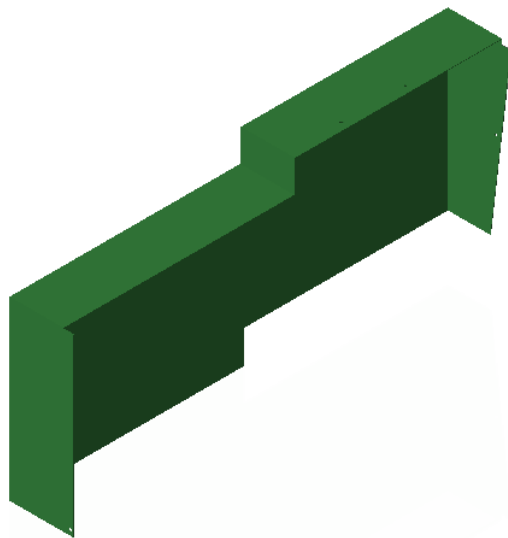
Fuente: elaboración propia

Las láminas se deben cortar por medio de una cortadora láser, y unirlas por medio de soldadura; con un electrodo ECA 7018 de 3/32 pulg.

Pintar toda el porta criba con pintura anticorrosiva verde.

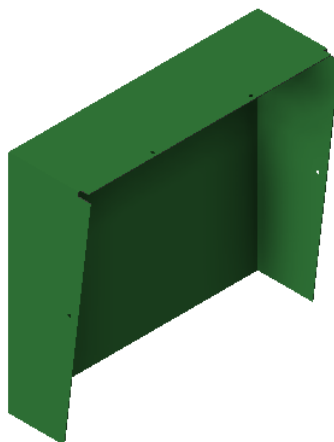
6.7.5. Guardas de seguridad

Figura 44: Guarda de seguridad volante de inercia y motor



Captura de pantalla de Autodesk reimprimas por cortesía de Autodesk, Inc.

Figura 45: Guarda de seguridad volante de inercia



Captura de pantalla de Autodesk reimprimas por cortesía de Autodesk, Inc.

Cuadro 25: Información guardas de seguridad

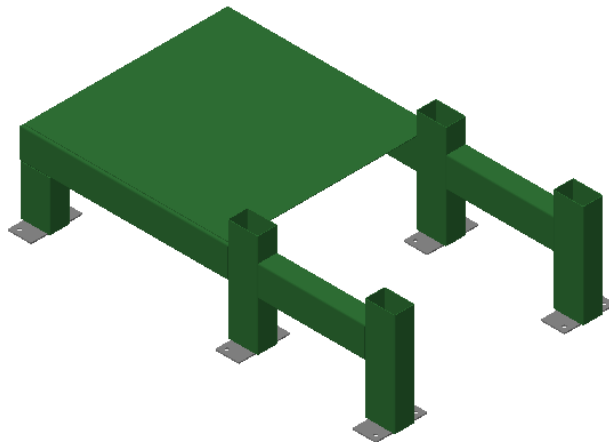
Elemento	Cantidad	Descripción	Manufactura	Cotización material	Contacto
Guarda de seguridad volante de inercia y motor	1	Lámina acero ASTM A36 de espesor 3/32 pulg.	Cortar láminas con una cortadora láser y unir por medio de soldadura	Q1,307	Grupo AP rosa@grupoap.com.gt Cel: 4270-6026
Guarda de seguridad volante de inercia	1	Lámina acero ASTM A36 de espesor 3/32 pulg.	Cortar láminas con una cortadora láser y unir por medio de soldadura	Q654	Grupo AP rosa@grupoap.com.gt Cel: 4270-6026

Fuente: elaboración propia

Ambos guardas de seguridad van pintados con pintura anticorrosiva color verde.

6.7.6. Soporte estructura

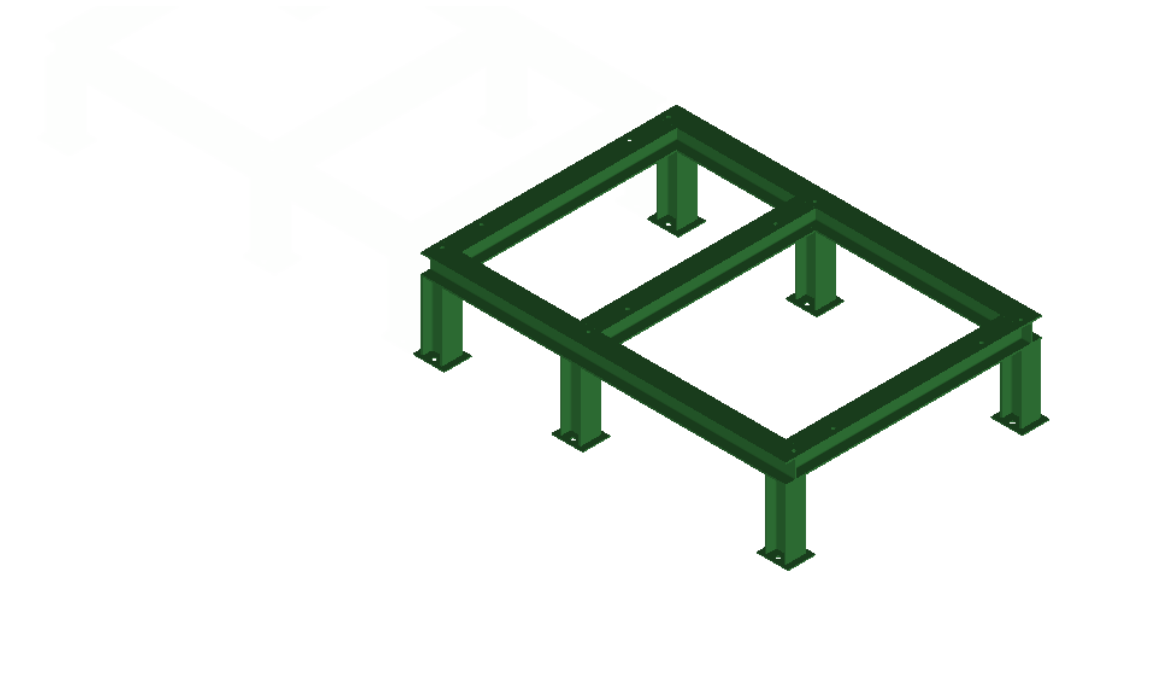
Figura 46: Soporte estructura



Captura de pantalla de Autodesk reimpresas por cortesía de Autodesk, Inc.

6.7.7. Alza

Figura 47: Alza



Captura de pantalla de Autodesk reimprimas por cortesía de Autodesk, Inc.

Cuadro 26: Información estructuras

Elemento	Cantidad	Descripción	Manufactura	Cotización material	Contacto
Soporte estructura	1	Perfil rectangular acero A500, 4"x6"	Cortar perfiles con cortadora láser y unir por medio de soldadura	Q1,045	Grupo AP rosa@grupoap.com.gt Cel: 4270-6026
Alza	1	Viga de acero A572 G50 W.F. 4x13 libras/ft	Cortar perfiles con cortadora láser y unir por medio de soldadura	Q3,302	Grupo AP rosa@grupoap.com.gt Cel: 4270-6026

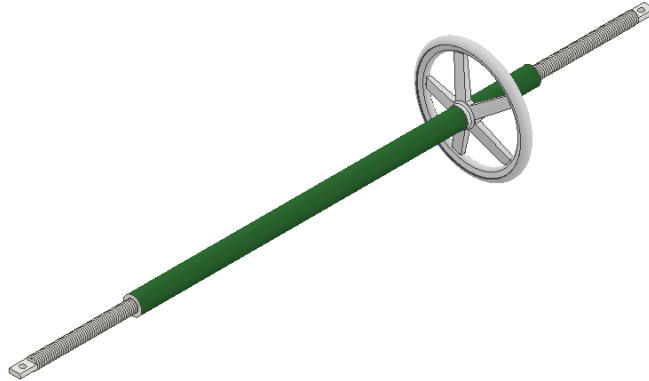
Fuente: elaboración propia

Las vigas y perfiles se deben cortar por medio de una cortadora láser, y unir las por medio de soldadura; con un electrodo ECA 7018 de 1/8 pulg.

Pintar las vigas y perfiles con pintura verde anticorrosiva.

6.7.8. Tornillo de potencia

Figura 48: Tornillo de potencia



Captura de pantalla de Autodesk reimpresas por cortesía de Autodesk, Inc.

Cuadro 27: Información tornillo de potencia

Elemento	Cantidad	Descripción	Manufactura	Cotización material	Contacto
Tornillo de potencia	2	Acero 705 VCN-150 Descripción: tornillos con rosca ACME, uno con rosca izquierda y otro con rosca derecha.	Trabajar ambos tornillos en un torno. Un tornillo tiene rosca derecha y el otro rosca izquierda.	Q2,750.33	Servicios Técnicos Industriales St.torno@gmail.com Cel: 2295-9780
Tuerca giratoria	1	Acero 705 VCN-150 Descripción: largo de tuerca 1.10mts.	Trabajar tuerca en torno, con ambos sentido de rosca internamente.	Q1,375.16	Servicios Técnicos Industriales St.torno@gmail.com Cel: 2295-9780

Fuente: elaboración propia

6.7.9. Pernos sujetadores

Cuadro 28: Pernos sujetadores seguridad

Elemento	Cantidad	Descripción	Manufactura	Cotización material	Contacto
Pernos sujetadores	5	Acero 705 VCN-150 Descripción: tornillos con rosca ACM	Trabajar pernos en torno	Q2,000.00	Servicios Técnicos Industriales St.torno@gmail.com Cel: 2295-9780

Fuente: elaboración propia

6.8. Estrategias de compra

Se debe cotizar todos los elementos simples o considerados como accesorios que puedan adquirirse en empresas de Guatemala, que no lleven un proceso de manufactura. La finalidad es que, al tener proveedores locales, si los repuestos son necesarios se puedan adquirir de una forma rápida sin necesidad de parar la operación de la máquina por un largo período si en todo caso fuera necesario.

Cuadro 29: Elementos a comprar

Elemento	Proveedor	Contacto	Costo unitario	Cantidad	Costo total
Cinta de neopreno	Agrinco, S.A	Melvin Vásquez Cel: 4001-6659	Q 400.00	1	Q 400.00
Bisagra soldable de 4 pulg.	EPA	cotizaciones@gt.epa.biz Cel: 2305-0100	Q 45.50	6	Q 279.00
Tornillos con cabeza de mariposa M10	La casa del tornillo	ventas@casator.com Cel: 5417-6008	Q 87.81	10	Q 879.00
Pernos hexagonales 8.8 negro M12 x1.75	La casa del tornillo	ventas@casator.com Cel: 5417-6009	Q 55.18	8	Q 442.00
Pernos hexagonales 8.8 negro M13x1.25	La casa del tornillo	ventas@casator.com Cel: 5417-6010	Q 60.28	2	Q 121.00
Pernos hexagonales 8.8 negro M16x2	La casa del tornillo	ventas@casator.com Cel: 5417-6011	Q 75.60	12	Q 908.00
Pernos para concreto 7/8	La casa del tornillo	ventas@casator.com Cel: 5417-6012	Q 100.00	16	Q 1,600.00
Timón para tornillo de potencia	La casa del tornillo	alexmicaceres@hotmail.com Cel: 4545-4423		1	
Galón pintura verde anticorrosiva	EPA	cotizaciones@gt.epa.biz Cel: 2305-0100	Q 209.00	2	Q 418.00
Galón pintura roja anticorrosiva	EPA	cotizaciones@gt.epa.biz Cel: 2305-0101	Q 209.00	1	Q 209.00

Fuente: elaboración propia

Cuadro 30: Costos totales fabricación

Módulo	Tiempo de entrega	Costo
Fabricación taller Prominox	12 semanas	Q.140,000
Fabricación taller Multimecánica	7 semanas	Q.233,400
Fabricación Universidad del Valle	16 semanas	Q.160,900
Elementos que se comprarán	Inmediata	Q.2,812.96
Materiales	3-5 días hábiles	Q.30,370

Fuente: elaboración propia

6.9. Fabricación

Debido a los costos tan altos de la trituradora, se cotizará por medio de los planos diseñados en Autodesk Inventor®[®], en distintos talleres la manufactura y ensamblaje de la trituradora, y se propondrá un plan incluyendo la Universidad del Valle de Guatemala.

Los planos de la trituradora se pueden observar en anexos, donde se especifican las dimensiones exactas de cada uno de los componentes, detalles de cómo debe ser el ensamblaje de la estructura, el módulo de cuchillas y el sistema de transmisión de potencia.

El protocolo de pruebas el cual especifica los procedimientos realizados para asegurar que la trituradora no fallará se encuentran en anexos igualmente.

En el plan de fabricación, se mencionan cada uno de los elementos que conforman la estructura de la trituradora con las cotizaciones del material y qué máquinas se debe usar para manufacturar. La fabricación no es un requisito del proyecto, pero si más adelante se desea fabricar, como se mencionó anteriormente los planos están disponibles para ver los procesos y etapas necesarias para construir la máquina.

7.1. Requisitos

Cuadro 31: Cumplimiento de requisitos

Área	Código	Requisito	Cumplido
Funcionamiento	FUN-01	La trituradora debe cortar plástico HDPE.	Sí
	FUN-02	La hojuela de salida debe tener un tamaño de 18 mm	Sí
	FUN-03	La trituradora debe poder cortar canecas de HDPE de hasta 20 litros.	Sí
	FUN-04	Se debe de triturar al menos 150 kg/hr	Sí
	FUN-05	Se deberá poder colocar y retirar fácilmente los sacos donde se deposita el material triturado.	Sí
Estructura	EST-01	Todos los componentes móviles de la trituradora (cuchillas y poleas) deben ser accesibles para poder realizar revisiones, servicios, reparaciones o cambios.	Sí
	EST-02	La estructura debe tener un espacio designado para el motor y la batería.	Sí
	EST-03	La trituradora debe tener una tolva de salida de hojuela.	Sí
	EST-04	Las cuchillas de la trituradora deben ser reemplazables, por lo que se debe poder acceder a estas.	Sí
	EST-05	La tolva de salida debe de estar a una altura de al menos 0.5 metros con respecto al suelo	Sí
	EST-06	La estructura de la trituradora debe de soportar las cargas aplicadas.	Sí
	EST-07	La trituradora debe estar sobre una estructura de perfiles WF (alza) que estará a una altura de 450 cm con respecto al suelo.	Sí

Área	Código	Requisito	Cumplido
	EST-09	La tolva se debe de poder abrir y cerrar con un mecanismo que incluya un tornillo de potencia.	Sí
	EST-10	Se podrá acceder únicamente a la caja de trituración por la tolva de la entrada y el portacriba.	Sí
Dimensiones	DIM-01	La altura de la trituradora no debe exceder 2.4 metros sin tomar en cuenta el alza.	Sí
	DIM-02	El ancho de la trituradora no debe exceder 1.5 metros y una profundidad de 2.5 metros.	Sí
	DIM-03	La tolva de entrada (ingreso material) de los plásticos a triturar debe ser mínimo de 50x70 cm y máximo de 60x85 cm.	Sí
Seguridad	SEG-01	Todos los componentes móviles de la trituradora (cuchillas y poleas) deben estar cubiertos con guardas de seguridad.	Sí
	SEG-02	Ningún elemento mecánico debe moverse cuando el motor de la trituradora esté apagado.	Sí
	SEG-03	La trituradora debe tener rótulos de advertencia sobre potenciales peligros.	Sí
	SEG-04	La entrada de la tolva donde es depositado el material debe de contar con una cortina de vinil que proteja al operario si algún residuo rebota.	Sí
	SEG-05	Las advertencias de la máquina (rótulos) deben de indicar el equipo de seguridad que el operario debe de utilizar.	Sí
	SEG-06	Todas las áreas con partes móviles deben estar señalizadas o pintadas de color rojo.	Sí
	SEG-07	Las cuchillas fijas y móviles se pueden cambiar únicamente con la trituradora apagada, y con la tolva de entrada y el portacriba abierto.	Sí
Repuestos	REP-01	Tanto la estructura como las cuchillas y el sistema de transmisión de potencia deben contar con repuestos que se puedan adquirir en Guatemala.	Sí
Operacionales	OPE-01	La trituradora requiere únicamente de un operador para funcionar.	Sí
	OPE-02	El mantenimiento de la trituradora debe ser capaz de realizarse en el centro de acopio por el operario de la trituradora.	Sí
Costos	COS-01	El costo de la estructura no debe exceder \$4,000	No

Fuente: elaboración propia

7.2. Selección materiales

Cuadro 32: Selección materiales

Elemento	Material	Forma
Carcasa caja de cuchillas	Acero ASTM A36	Lámina
Tolva entrada	Acero ASTM A36	Lámina
Tolva de extracción	Acero ASTM A36	Lámina
Porta criba	Acero ASTM A36	Lámina
Guardas de seguridad	Acero ASTM A36	Lámina
Soporte estructura	Acero A500	Perfiles rectangulares
Alza	Acero A572 G50	Viga W.F.
Tornillo de potencia	Acero 705 VCN-150	Barra redonda
Pernos	Acero 705 VCN-150	Barra redonda

Fuente: elaboración propia

7.3. Factor de seguridad elementos críticos

Cuadro 33: Factor de seguridad elementos críticos

Elemento	Factor de seguridad	Observación
Porta cuchillas	10.17	El factor mínimo se encuentra justo en los laterales de la pieza donde irán las soldaduras como se puede observar en la Figura 49
Pared lateral caja cuchillas	7.93	El factor mínimo se encuentra en el agujero donde va colocado el eje de las cuchillas como se puede observar en la Figura 50
Placa soporte motor	6.72	El factor mínimo se encuentra en un punto donde va pernado el motor como se puede observar en la Figura 51
Estructura soporte	4.14	El factor mínimo se encuentra en las orillas superiores de las 4 patas que soporta los 2 módulos de trituración y la carcasa de la trituradora como se puede observar en la Figura 52
Alza	7.04	El factor mínimo se encuentra en las vigas transversales, donde se coloca la soldadura como se puede observar en la Figura 53

Fuente: elaboración propia

Figura 49: Factor de seguridad 10.17 en porta cuchillas fijas

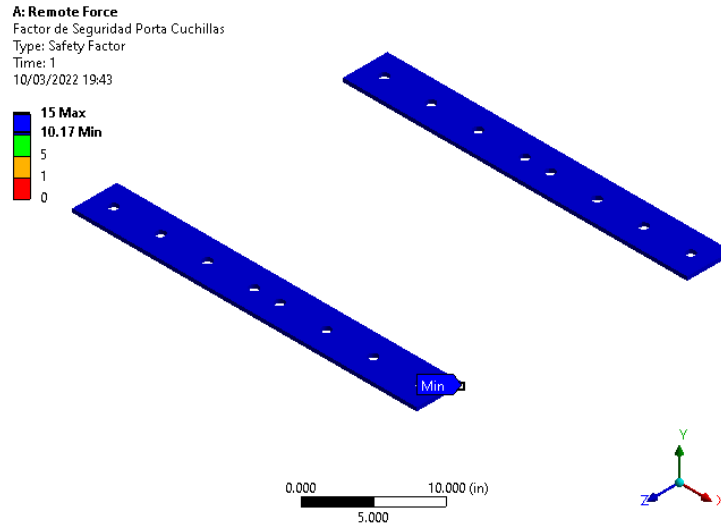


Imagen utilizada por cortesía de ANSYS, Inc.

Figura 50: Factor de seguridad 7.93 en pared lateral caja cuchillas

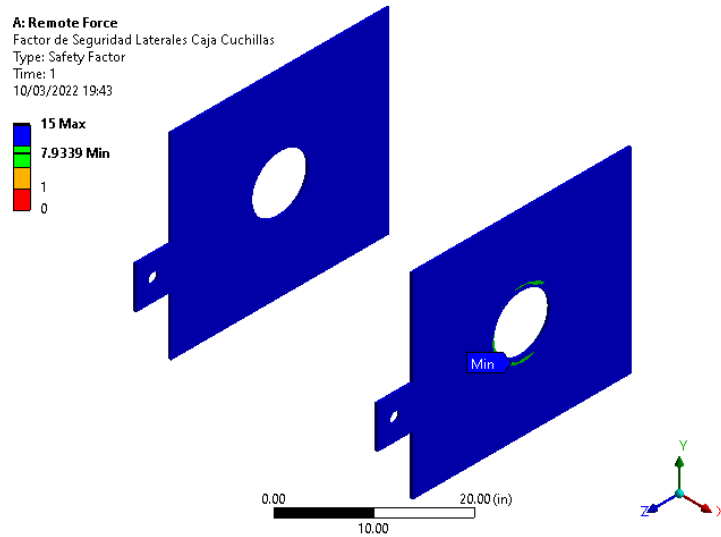


Imagen utilizada por cortesía de ANSYS, Inc.

Figura 51: Factor de seguridad 6.72 en placa soporte

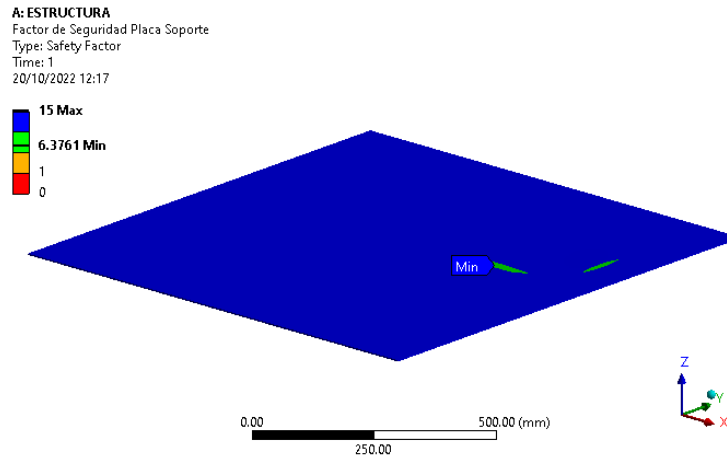


Imagen utilizada por cortesía de ANSYS, Inc.

Figura 52: Factor de seguridad 4.14 en estructura

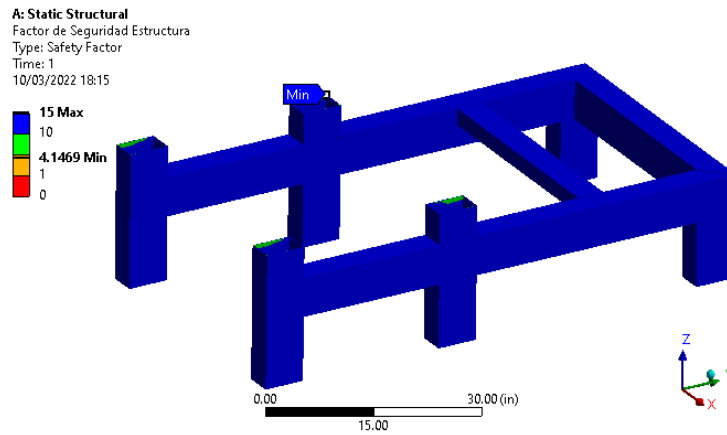


Imagen utilizada por cortesía de ANSYS, Inc.

Figura 53: Factor de seguridad 7.04 en alza

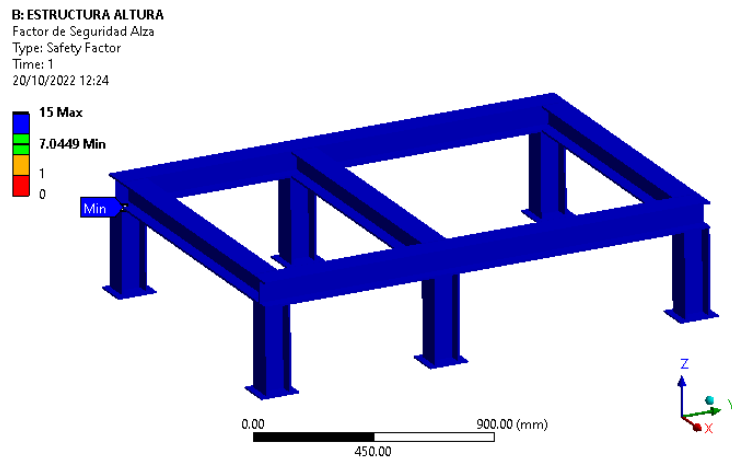


Imagen utilizada por cortesía de ANSYS, Inc.

7.4. Factor de seguridad soldadura

Cuadro 34: Factor de seguridad soldadura

Elemento	Factor de seguridad	Electrodo y garganta
Soporte estructura	5.7	ECA7018 3/32 in
Soporte pernos	30	ECA7018 3/32 in
Curva porta cuchillas	8.7	ECA7018 3/32 in
Alza	2.95	ECA7018 1/8 in

Fuente: elaboración propia

7.5. Frecuencias modales

Cuadro 35: Frecuencias modales elementos

Elemento	Frecuencia 1 (Hz)	Frecuencia 2 (Hz)	Frecuencia 3 (Hz)	Frecuencia 4 (Hz)	Frecuencia 5 (Hz)	Frecuencia 6 (Hz)
Caja cuchillas	88.98	94.99	119.94	123.64	139.24	173.03
Estructura soporte	5,012.1	11,674	14,909	19,571	21,625	22,013
Alza	147.99	172.44	177.75	204.74	217.4	219.43

Fuente: elaboración propia

7.6. Cotizaciones

Cuadro 36: Cotización materiales estructura

Cantidad	Descripción	Uso	Alaisa	Pro Aceros	Grupo AP
1	Perfil Rectangular A500 4"x 6"x chapa 11, 6 metros	Estructura soporte	Q 995.00	Q 1,341.00	Q. 1,045.00
2	Planchas de acero A36 3/8 in 4ft x 8 ft (usado 55 ft2)	Caja cuchillas	Q 6,096.00	Q 6,472.00	Q 6,276.00
3	Planchas de acero A36 1/4 in 4ft x 10ft	Tolva de entrada y marcos	Q 7,752.00	Q 8,085.00	Q 7,839.93
2	Láminas de acero A36 3/32 in 4ft x 10 ft	Guarda de seguridad	Q 1,954.00	Q 2,022.00	Q 1,960.00
1	Lámina de acero A36 1/8 in 3ft x 8 ft	Tolva de extracción	Q 1,033.00	Q 846.00	Q 842.00
1	Lámina de acero A36 3/16 in 3ft x 8 ft	Placa soporte	Q 1,551.00	Q 1,268.00	Q 1,263.00
1	Lámina de acero A36 5/16 in 4ft x 8 ft	Porta criba	Q 2,585.00	Q 2,839.00	Q 2,696.00
2	Viga de acero A572 G50 W.F 4 x 13 x lbs/ft, 20 ft	Alza	Q 3,350.00	Q 3,588.00	Q 3,302.00
	Electrodos E7018 de 1/8 in (40 libras)	Soldaduras	Q 535.00	Q 670.00	Q 535.60
1	Tonillo de potencia acero 705 VCN-150 (Servivos Técnicos Industriales)	Sistema abrir/cerrar tolva	Q 4,125.50	Q 4,125.50	Q 4,125.50
1	Tubo de Acero 705 VCN-150, $\phi = 25$ mm , 1.6 mts (Aceros Suecos)	Pernos sujetadores	Q 246.00	Q 246.00	Q 246.00
1	Barra redonde Acero 1018, $\phi = 35$ mm , 90 cms (Aceros Suecos)	Porta criba	Q 184.00	Q 184.00	Q 184.00
1	Barra redonde Acero 1018, $\phi = 25$ mm , 90 cms (Aceros Suecos)	Bisagra tolva	Q 55.00	Q 55.00	Q 55.00
TOTAL			Q 30,461.50	Q 31,741.50	Q 30,370.03

Fuente: elaboración propia

Cuadro 37: Cotización trituradora final

Módulo	Observación	Tiempo de entrega	Costo
Taller Prominox (Proyectos mecánicos e inoxidable)	-Incluye transporte al centro de acopio	12 semanas	Q.214,200
	-70 % del pago anticipado -Contacto: Hugo Cáceres (4545-4423)		
Taller multimecánica	-No incluye el motor diésel	7 semanas	Q.370,500
	-60 % del pago anticipado -Contacto: Ingeniero Jaime Matus (5412-5470)		
Universidad del Valle de Guatemala	-No incluye transporte al centro de acopio	16 semanas	Q.270,000
	-No incluye la contratación de servicios externos para el ensamble		
	- Las cuchillas se deben manufacturar en un taller externo -Contacto: Edgar Castillo (ercastillo@uvg.edu.gt)		

Fuente: elaboración propia

Manual de fabricación

Para poder llevar a cabo la fabricación de la trituradora, fue necesario realizar un manual de fabricación el cuál es parte de los planos de esta. Este se puede observar en la sección de anexos donde habrá ciertas páginas de los planos que tienen una explicación más detallada de los ensamblajes más importantes.

A continuación, se mencionarán los ensamblajes principales con sus respectivos números de página, para poder consultar estos si fuera necesario.

Cuadro 38: Páginas planos ensamblajes principales

No.	Ensamblajes	Página
1	Cuchillas móviles en porta cuchillas móvil	Pág.58
2	Carcasa caja cuchillas	Pág.22
3	Tornillo de potencia estructura	Pág.44
4	Fajas y poleas en estructura	Pág.70
5	Estructura soporte con alza	Pág.49
6	Guardas de seguridad en estructura	Pág.48
7	Porta cuchillas móvil y eje	Pág.57
8	Módulo de trituración con estructura	Pág.61
9	Módulo de potencia con estructura	Pág.70

Fuente: elaboración propia

7.7. Métodos de verificación de requisitos

Es importante realizar una verificación del cumplimiento de los requisitos más complejos de llevar a cabo en la trituradora.

Es por esto que se debe realizar una serie de pruebas para verificar si pudieron llevarse a cabo.

Cuadro 39: Protocolo de pruebas

No. Prueba	Condiciones a cumplir	Procedimientos	¿Cumplió?	¿Dónde se verificó?
1	Material de estructura debe soportar cargas aplicadas	Análisis por medio del software Ansys Workbench 2022 R1, usando las cargas mas adecuadas para el modelo.	Sí	Se verificó en la simulación del Software Ansys por medio de los factores de seguridad de las figuras No.49, 50, 51, 52 y 53
2	La altura de la trituradora sin tomar en cuenta el alza debe ser 2.4 metros	Por medio del software Autodesk Inventor® verificar dimensiones de diseño que cumplan con los requisitos.	Sí	Se verificó en el diseño realizado en el Software Inventor®, como se muestra en la Figura No.10
3	El alza debe soportar el peso de la trituradora tomando en cuenta todos los modulos	Verificar el peso de la trituradora tomando en cuenta los materiales que fueron usados para el diseño en el software Ansys Workbench 2022 R1, y en este mismo comprobar que no se pandeara ni fallara.	Sí	Se verificó en la simulación del Software Ansys por medio del factor de seguridad de la figura No.53
4	El sistema para abrir y cerrar la tolva debe ser por medio de 2 tornillos de potencia con roscas opuestas.	Seleccionar el material adecuado para los tornillos y así comprobar por medio de calculos que no se pandearán por el peso de la tolva.	Sí	Se verificó por medio de los cálculos realizados del tornillo de potencia en la sección 6.4.7
5	La tuerca giratoria debe tener autobloqueo cuando se abra y cierre la tolva.	Comprobar por medio de calculos que el coeficiente de fricción entre la tuerca y el tornillo es mayor al calculado.	Sí	Se verificó por medio de los cálculos realizados en la ecuación 17
6	Para unir los elementos de la maquina se hara por medio de soldadura	Se debe realizar los calculos necesarios, para verificar que los cordones de soldadura soportaran los esfuerzos aplicados.	Sí	Se verificó por medio de los cálculos realizados de la soldadura en la sección 6.4.9
7	Las vibraciones de la estructura cuando este trabajando, deben ser minimas	Por medio del software Ansys Workbench 2022 R1, se verificaran las frecuencias modales de la maquina, para asegurar que no entrara en resonancia por las rpm del motor y las cuchillas.	Sí	Se verificó en la simulación del Software Ansys por medio de las frecuencias modales mostradas en la sección 6.5
8	La trituradora debe tener un costo menor de \$12,000	Cotizar materiales y manufactura de la maquina.	No	Se verificó por medio de las cotizaciones realizadas que se muestran en el Cuadro No.30

Fuente: elaboración propia

Análisis de resultados

Toda la estructura de la trituradora fue simulada en el *Software* Ansys Workbench 2022, con la finalidad de verificar que no fallaría bajo las cargas de operación debido a los esfuerzos presentes y la vibración por el motor y el eje de cuchillas. Se obtuvieron distintos resultados sobre los elementos modelados en el programa, pero se mencionan las secciones más críticas de la trituradora.

Como fue mencionado en la sección de cálculos, los materiales que fueron seleccionados para la fabricación de la carcasa de la trituradora fueron láminas de acero ASTM A36, mejor conocido como acero negro en Guatemala, para la estructura de soporte acero A500 Grado A, y para el alza acero A572 Grado 50, donde se puede observar en el Cuadro 6 las propiedades de estos.

Para la selección de estos materiales se tomaron algunos criterios importantes, que fueron la resistencia del material, la disponibilidad en el mercado de Guatemala, el precio del material, y las cargas aplicadas en la máquina. Al haber tomado estos criterios se logró reducir costos en materiales apesar de obtener factores de seguridad cómodos, como se observa en el Cuadro 33, que permitieran dar como resultado una trituradora robusta, la cual se podía medir por su resistencia en los grosores de sus elementos y firmeza como la que se tiene actualmente.

En la sección de cálculos se explica cómo fue distribuida cada una de las cargas en la estructura de la trituradora, y los criterios tomados para elegir este tipo de cargas para crear una simulación que represente las cargas reales de operación.

Una de las secciones más importantes que se pudo haber visto comprometida por los esfuerzos generados en la trituradora, son los soportes de los porta cuchillas, ya que estos como había sido mencionado en los cálculos, estarán recibiendo el esfuerzo de corte que hacen las cuchillas continuamente. Como se observa en la Figura 49 se obtuvo un factor

de seguridad mínimo de 10 justo en los laterales que es donde irán soldadas en la caja de cuchillas. Es por eso por lo que se decidió soldar con electrodos ECA 7018 de 3/32 de pulgada, para asegurar que no fallará.

Como segunda sección crítica se tiene las paredes laterales de la caja de cuchillas, las cuales se encargan de soportar la tolva de entrada, los volantes de inercia, los cojinetes, el eje que soporta los porta cuchillas móviles y por ende las cuchillas también. Teniendo en cuenta las cargas que soporta, se obtuvo un factor de seguridad mínimo de 8 en el agujero como se observa en la Figura 50, pero es importante mencionar que en la simulación se usó un diámetro mayor de 10 cm al real para simular el peor de los casos.

La última sección es la placa que soporta el motor y la batería. Para esta se obtuvo un factor de seguridad mínimo de 7 como se puede observar en la Figura 51. En esta se tuvo que considerar las fuerzas que son generadas por las fajas que van unidas al volante de inercia y el motor, ya que genera una tensión en el motor que va pernado en esta placa.

Habiendo mencionado los elementos más importantes de la carcasa de la trituradora, se simuló para el soporte de la estructura que soportaría el sistema de trituración y sistema de transmisión de potencia. Como se observa en la Figura 52 se obtuvo un factor de seguridad mínimo de 4. Con este factor de seguridad, se sabe que los bordes de las orillas son capaces de resistir 4 veces más el peso al que se les está ejerciendo. Es por esto por lo que la estructura no fallará bajo ninguna circunstancia, ya que al estar todos los demás perfiles con un factor de seguridad mayor a 15, quiere decir que es capaz de soportar cargas mucho mayores.

Por último, se simuló para el alza de la trituradora, ya que es necesario que la trituradora tenga una altura de 0.45 metros respecto al suelo, para que la extracción del material sea más eficiente. Se debe mencionar que el alza debe ir pernada directamente al suelo, por medio de pernos para concreto, ya que debe quedar fija en uno de los centros de acopio. Se obtuvo un factor de seguridad mínimo de 6 como se observa en la Figura 53, que ocurre en las vigas centrales en donde tienen que cortar para soldar únicamente el alma de la viga dentro de las vigas paralelas. Aun así, el alza es capaz de soportar en ese punto 6 veces más de lo que soporta con los 3 módulos de la trituradora.

Ninguna de las simulaciones presentó deformaciones y desplazamiento con valores significativos, por lo que la estructura de la trituradora es capaz de soportar todas las cargas aplicadas, tomando en cuenta el peso de los desechos a triturar, sin ningún riesgo presente.

Posteriormente se realizó una simulación para las frecuencias naturales del sistema que se puede observar en la sección de cálculos, para asegurar que la máquina no entrará en resonancia debido a las frecuencias con las que trabaja el motor de 11 Hz (667 rpm) y el eje de cuchillas que trabaja a 8.6 Hz (514 rpm). Se realizó una simulación modal para la caja de cuchillas, la estructura y el alza, como se observa en el Cuadro 35 obteniendo como resultado que ninguna de las 6 frecuencias modales es la misma o se encuentra en un rango cercano del motor y el eje, por lo que el sistema no entrará en resonancia.

Es importante mencionar que el método de unión de la mayoría de los elementos para poder ensamblar la estructura de la trituradora es por medio de soldadura de arco eléctrico, habiendo elegido siempre electrodos ECA7018 con distinto tamaño de garganta. Se eligió este electrodo ya que es el más indicado para la unión de acero negro, y cuenta con una resistencia alta que permite asegurar que la soldadura en las uniones necesarias no fallará

como se puede observar en el área de cálculos. y en el Cuadro [34](#).

Ahora se debe mencionar que se cotizó en 3 lugares diferentes la fabricación de la trituradora como se puede observar en el Cuadro [37](#) donde se especifica el tiempo de fabricación y sus costos respectivos. El objetivo de tener 3 cotizaciones es poder elegir la opción con el mejor costo-beneficio para Agrequima, habiendo elegido el Taller Prominox, por su experiencia en fabricación de equipos y máquinas industriales, y tener el mejor precio competitivo de mercado comparado con los demás. Este taller ofrece la opción de fabricar la máquina dando el cliente los materiales y por esa razón se realizó una cotización de los materiales para el módulo de estructura de la trituradora como se puede observar en el Cuadro [36](#) en 3 empresas diferentes que son Alaisa, Grupo AP y Proaceros. Se realizó lo mismo para los otros 2 módulos, pero se definió que se tiene un mejor precio cuando Prominox da el servicio completo con los materiales.

Conclusiones

El diseño de la estructura de la trituradora cumple con las dimensiones para la capacidad de trituración de 150 kg/h, al igual que con los estándares de seguridad ocupacional de Guatemala, ya que la máquina no representa ningún peligro para el operario debido a los estándares de seguridad que fueron tomados en cuenta para el diseño de esta.

Se eligió el diseño y dimensiones de tolva más adecuado según el recipiente más grande a triturar en Agrequima, considerando el largo de su garganta el cual debe tener al menos el doble del diámetro de la partícula más grande de material para evitar bloqueos y atascos en esta.

Para la estructura en su mayoría se eligió trabajar con acero ASTM A36 ya que es el acero que mejor costo - beneficio brinda a la máquina. Con los espesores seleccionados para las distintas láminas de los elementos asegura que ninguna de estas fallará gracias a los esfuerzos hallados con sus respectivos factores de seguridad. El diseño de la estructura es seguro como la máquina que se tiene actualmente, a pesar de haber disminuido espesores de lámina en la mayoría de sus elementos.

El diseño del alza vuelve más eficiente la extracción del material, teniendo una altura de 0.45 metros, permitiendo colocar las bolsas y que caiga el material dentro de estas. Se diseñó con una viga WF 4 x 13 lb/ft, al ser la más adecuada por temas de dimensión para la colocación de la trituradora, y resistir el peso de la misma con un factor de seguridad de 7.

Se diseñaron los planos de la estructura de la trituradora con el *Software* Autodesk Inventor®), donde se unificó con los planos de los otros 2 módulos. Dentro de los planos se encuentra el manual de ensamblaje, ya que se unieron los 3 módulos con especificaciones puntuales que son necesarias tomar en cuenta para la fabricación.

Se cotizaron todos los materiales necesarios para la fabricación de la estructura de la trituradora en 3 empresas, y se definió que Grupo AP es la que tiene mejores precios competitivos en el mercado con un total de Q.30,370. También se cotizó la fabricación de la

trituradora con distintos talleres, donde se definió que la empresa Proyectos Mecánicos e Inoxidables (Prominox) tiene el mejor precio de fabricación, tomando en cuenta los otros 2 módulos del proyecto. El precio de fabricación de la trituradora con Prominox es de Q.214,200, incluyendo los materiales, con una estimación de 12 semanas para fabricarla.

El presupuesto dado por la empresa de Agrequima para la fabricación de la máquina fue \$12,000 para una trituradora con capacidad de 150 kg/h, pero dado que el costo de fabricación era muy elevado, no se pudo llevar a cabo. Se realizaron los planos especificando cada una de las dimensiones y detalles que fueran necesarios; y dentro de estos se realizó el manual de fabricación, el cual indica como se debe ensamblar la estructura con todos los componentes de los demás módulos.

Se debe mencionar que la trituradora nunca entrará en resonancia, causando fallos mecánicos en esta, ya que ninguna de las frecuencias del sistema, es cercana a las frecuencias de trabajo del motor y el eje de las cuchillas.

CAPÍTULO 10

Recomendaciones

1. El diseño de la trituradora fue pensado para poder ser transportado, por lo que se puede evaluar el diseño de un carretón para su transporte.
2. Previo a la fabricación de la estructura de la trituradora, se sugiere verificar existencias en el mercado de los mismos materiales para analizar alguna modificación que sea pertinente realizar.
3. Se sugiere verificar otros métodos óptimos de extracción del material triturado, y de esta manera no haya necesidad de fabricar un alza que complique el ensamble de la máquina. Esto permitirá disminuir el costo de fabricación y materiales.
4. Se recomienda diseñar una funda para la trituradora, si es que esta será colocada en exteriores, para evitar daños por corrosión a corto plazo.
5. Si se desea tener más de una salida de material en la tolva de extracción, solo se debe hacer una separación por medio de una lámina soldada en esta.

- Abter, H. (2017). Astm a53 vs. Tubos de acero astm a500. Consultado el 20 de marzo de 2022, desde <https://www.abtersteel.com/news/products-news/astm-a53-vs-astm-a500-steel-pipes/>
- Budynas, R. G. (2012). *Diseño en Ingeniería Mecánica* (9na Edición). Mc Graw Hill.
- Calderón, L. (2013). Los envases de agroquímicos también se reciclan. Consultado el 15 de noviembre de 2021, desde https://www.ecocienciagt.com/articulos/los-envases-de-agroquimicos-tambien-se-reciclan_5becea
- Carter, C. J. (2000). *THE MATERIALS AND PRODUCTS USED IN BUILDING DESIGN AND CONSTRUCTION*. https://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/u301/42120_are_you_properly_specifying_materials-.pdf
- CONRED Guatemala. (2019). Manual de uso para la norma de Reducción de Desastres NRD-2. https://conred.gob.gt/normas/NRD2/Manual_NRD2.pdf
- Cretive, N. (2019). A36 VS. 1018 STEEL. <https://www.capitalsteel.net/news/blog/a36-vs-1018-steel-comparison>
- CropLife. (s.f.). CampoLimpio, una solución ambiental para el Agro. Consultado el 10 de octubre de 2022, desde <https://www.croplifela.org/es/proteccion-cultivos/campolimpio>
- de Ambientes, M. (2019). Ministerio de ambiente y recursos naturales. Consultado el 15 de noviembre de 2021, desde https://www.marn.gob.gt/noticias/DelegacionesNotasII/Capacitan_sobre_envases_vacos_de_plaguicidas
- Eca Electrodo. (2022). Electrodo. <https://ecaelectrodos.com/electrodos/>
- Eder, L. (2019). Diseño de un prototipo de máquina trituradora de botellas PET. https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/2492/Eder%20Luque_Trabajo%20de%20Investigacion_Bachiller_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Espino & Lizárraga, P.
bibinitperiod A. (2016). Desarrollo mecatrónico sustentable: Diseño de una máquina trituradora de PET.

- Gaitán Hernández, D. F. (2017). DISEÑO DE UN MOLINO TRITURADOR PARA POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS PARA LA EMPRESA INDUSTRIA RECUPLAST S.A.S.
- Hernández, J. L. & Fonseca, D. (2017). DISEÑO DE UNA TRITURADORA DE RESIDUOS SÓLIDOS TIPO PET PARA LA FUNDACIÓN ALIANZA FORESTAL DE COLOMBIA E.S.P.
- IDC Industria. (2019). Proyecto en ANSYS, simulación de estructura. | IDC Industria. Consultado el 6 de noviembre de 2021, desde <https://idcindustria.com/portafolio/proyecto-en-ansys-simulacion-de-estructura/>
- Jet Arco. (2021). Nomenclatura y Clasificación de los electrodos Revestidos. <https://jet-arco.com/wp-content/uploads/2019/08/NOMENCLATURA-Y-CLASIFICACION-DE-ELECTRODOS-JET-ARCO.pdf>
- Krause, M. (2018). *Enhancing safety around crushers*. Consultado el 2 de noviembre de 2021, desde <https://www.pitandquarry.com/enhancing-safety-around-crushers/>
- Lincoln Electric. (2021). Fundamentos de soldadura por arco | lincoln electric. Consultado el 20 de marzo de 2022, desde <https://www.lincolnelectric.com/es-co/support/process-and-theory/Pages/arc-welding-detail.aspx>
- MaxiPet. (2019). Envases para insecticidas o agroquímicos. Consultado el 10 de octubre de 2022, desde <https://maxipet.net/blog/envases-para-insecticidas-o-agroquimicos>
- MetalsforCut. (2018). *Advantages and Disadvantages of Carbon Steel (Mild Steel)*. <https://metalscut4u.com/blog/post/advantages-and-disadvantages-of-carbon-steel-mild-steel.html>
- Ministerio de Trabajo y Prevención Social. (2014). Acuerdo Gubernativo de Salud y Seguridad Ocupacional. https://tuempleo.mintrabajo.gob.gt/index.php/welcome/doc/Acdo_Gub_Reglamento_de_Salud_y_Seguridad_Ocupacional_229-2014
- Miranda, W. (2014). DISEÑO DE UNA MAQUINA TRITURADORA DE PLÁSTICO PARA LA FABRICA LA PAZ.
- Municipalidad de Guatemala. (2019). Acuerdo Gubernativo Número 273-98 [publisher: MuniGuate]. Consultado el 23 de enero de 2022, desde http://www.muniguate.com/images/especiales/reglamento_transito/273_98/01t_02capitulo.htm
- Nichols, B. (2019). *Designing hoppers to optimize material flow. Powder and Bulk Engineering; Syntron Material Handling*. <https://www.powderbulk.com/article/designing-hoppers-optimize-material-flow/>
- NIOSH. (2020). *Personal protective equipment for reducing noise exposure | niosh | cdc*. Consultado el 2 de noviembre de 2021, desde <https://www.cdc.gov/niosh/topics/noise/reducenoiseexposure/adminppe.html>
- Norton, R. L. (2011). *Diseño de Máquinas* (4ta Edición). Pearson Education, Inc.
- Ogunedo, B. M. (2020). *Design and Construction of a Low Cost Plastic Shredding Machine*. Vol.7(Issue: 9), 13. www.ijrrjournal.com
- Ola, A. L. (2019). Por mal manejo de plaguicidas aumenta el número de intoxicados – Prensa Libre. Consultado el 15 de noviembre de 2021, desde <https://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/por-mal-manejo-de-plaguicidas-aumenta-el-numero-de-intoxicados/>
- Olson, K. (2016). *A500 versus a53: different from the inside out* [publisher: Steel Tube Institute]. Consultado el 20 de marzo de 2022, desde <https://steeltubeinstitute.org/resources/a500-versus-a53-different-inside/>
- Panachal, P. (2021). *15 Things To Note Before Buying Plastic Shredder Machine*. <https://panchal-plastic.com/15-things-to-note-before-buying-plastic-shredder-machine/>

- Princeton. (2021). *Foot protection | office of environmental health and safety*. Consultado el 2 de noviembre de 2021, desde <https://ehs.princeton.edu/workplace-construction/workplace-safety/physical-safety/personal-protective-equipment-ppe/foot-protection>
- Quarzar. (2011). Sugerencias para la fabricación de remolques. Consultado el 3 de noviembre de 2021, desde <http://www.cargafacil.com/blog/2011/07/04/sugerencias-para-la-fabricacion-de-remolques/>
- Rao, S. S. (2012). *Vibraciones Mecánicas* (5ta Edición). Pearson.
- Safety, E. H. a. (2021). *Eye protection | environmental health and safety*. Consultado el 2 de noviembre de 2021, desde <https://www.stonybrook.edu/commcms/environmental-health-and-safety/programs/laboratory-safety/personal-protective-equipment/eye-protection.php>
- State, N. (2020). *Personal protective equipment hand and arm protection*. Consultado el 2 de noviembre de 2021, desde <https://ehs.ncsu.edu/personal-protective-equipment-ppe/hand-and-arm-protection-appendix-d/>
- Super, U. (2020). Envases para insecticidas o agroquímicos. Consultado el 15 de noviembre de 2021, desde <https://maxipet.net/blog/envases-para-insecticidas-o-agroquimicos>
- Underwood, M. (2018). *Plant Engineering | Mild steel welding: find the right filler*. Consultado el 1 de noviembre de 2021, desde <https://www.plantengineering.com/articles/mild-steel-welding-find-the-right-filler/>
- Vela Rojas, C., Rey Romero, E. & Jaimes Rada, A. (2018). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO DE TRITURACIÓN PARA PET ANÁLISIS SISTEMÁTICO DE LITERATURA. https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/5086/1/2018_diseno_construccion_prototipo.pdf
- Velling, A. (2020). *Mild Steel*. <https://fractory.com/what-is-mild-steel/>
- Worksafe.Gov. (2019). *A Guide to machinery and equipment safety*.

12.1. Planos de fabricación

Cuadro 40: Índice planos módulo estructura

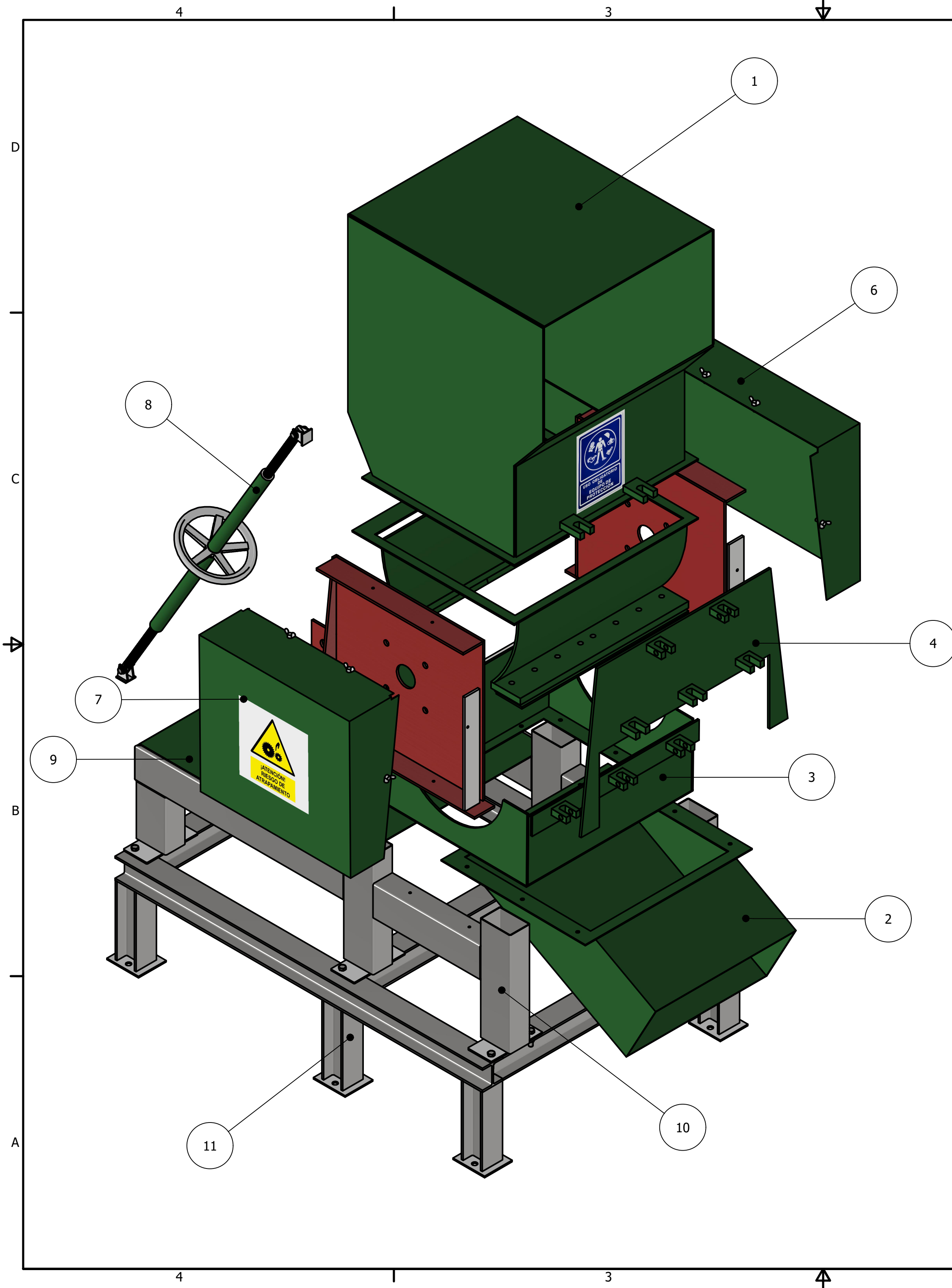
MÓDULO ESTRUCTURA			
Pág. 1	Vista explosionada versión para fabricar	Pág. 26	Pared frontal porta criba
Pág. 2	Materiales en bruto estructura	Pág. 27	Pared trasera porta criba
Pág. 3	Ensamble tolva de entrada	Pág. 28	Agarrador porta criba
Pág. 4	Tolva de entrada	Pág. 29	Base pernos porta criba
Pág. 5	Marco tolva de entrada	Pág. 30	Eje porta criba
Pág. 6	Guardas tolva de entrada	Pág. 31	Ensamble porta criba
Pág. 7	Carcasa caja cuchillas	Pág. 32	Tolva de extracción
Pág. 8	Frontal caja cuchilla	Pág. 33	Soldadura tolva de extracción
Pág. 9	Porta cuchillas frontal	Pág. 34	Ensamble porta criba y tolva de extracción
Pág. 10	Soldadura porta cuchillas frontal	Pág. 35	Guarda seguridad motor + volante
Pág. 11	Lateral caja cuchillas	Pág. 36	Guarda seguridad volante
Pág. 12	Porta cuchillas trasero	Pág. 37	Estructura trituradora
Pág. 13	Soldadura porta cuchillas trasero	Pág. 38	Placa soporte estructura
Pág. 14	Laterales traseros	Pág. 39	Base soporte estructura
Pág. 15	Soporte caja cuchillas	Pág. 40	Dimensionamiento estructura soporte
Pág. 16	Guarda seguridad	Pág. 41	Estructura alza
Pág. 17	Guarda seguridad simple	Pág. 42	Dimensionamiento estructura alza
Pág. 18	Ensamble pared con guardas	Pág. 43	Base alza
Pág. 19	Marco caja cuchillas	Pág. 44	Tornillo de potencia
Pág. 20	Base guarda horizontal	Pág. 45	Ubicación tornillo de potencia
Pág. 21	Base guarda vertical	Pág. 46	Soporte tornillo de potencia
Pág. 22	Ensamble carcasa caja cuchillas	Pág. 47	Ensamble estructura trituradora
Pág. 23	Porta criba	Pág. 48	Ensamble estructura con guardas
Pág. 24	Lateral porta criba	Pág. 49	Ensamble estructura y alza
Pág. 25	Marco porta criba		

Cuadro 41: Índice planos módulo trituración

MÓDULO TRITURACIÓN	
Pág. 50	Explosión eje sistema de trituración
Pág. 51	Base porta cuchilla
Pág. 52	Porta cuchilla
Pág. 53	Eje cuchillas
Pág. 54	Cuchilla móvil
Pág. 55	Cuchilla fija
Pág. 56	Seguro
Pág. 57	Eje y porta cuchillas
Pág. 58	Porta cuchillas y cuchillas
Pág. 59	Plancha criba
Pág. 60	Criba
Pág. 61	Ensamble cuchillas trituradora

Cuadro 42: Índice planos módulo transmisión de potencia

MÓDULO TRANSMISIÓN DE POTENCIA	
Pág. 62	Módulo generación de potencia
Pág. 63	Volante de inercia hierro fundido
Pág. 64	Tornillo unión eje con polea y volante
Pág. 65	Polea D con hierro fundido
Pág. 66	Ensamble de motor
Pág. 67	Placa base motor ASTM A36
Pág. 68	Placa laterales ASTM A36
Pág. 69	Polea d hierro fundido
Pág. 70	Ensamble de fajas y poleas
Pág. 71	Ensamble de motor
Pág. 72	Palanca AISI 1020
Pág. 73	Tornillo de potencia acero BCN750-150
Pág. 74	Placa frontal y lateral ASTM A36
Pág. 75	Guía de motor ASTM A356
Pág. 76	Explosión trituradora final
Pág. 77	Ensamble trituradora final



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	TOLVA DE ENTRADA	Lámina de 1/4 pulg de Acero ASTM A36 (Acero negro)
2	1	TOLVA DE EXTRACCIÓN	Lámina de 1/8 pulg de Acero ASTM A36 (Acero negro)
3	1	PORTA CRIBA	Lámina de 5/16 pulg de Acero ASTM A36 (Acero negro)
4	1	PARED FRONTAL CAJA CUCHILLAS	Lámina de 3/8 pulg de Acero ASTM A36 (Acero negro)
5	1	CAJA CUCHILLAS (CARCASA CUCHILLAS)	Lámina de 3/8 pulg de Acero ASTM A36 (Acero negro) Se refiere a todos los elementos de la pág.7
6	1	GUARDA SEGURIDAD MOTOR+VOLANTE	Lámina de 3/16 pulg de Acero ASTM A36 (Acero negro)
7	1	GUARDA SEGURIDAD VOLANTE	Lámina de 3/16 pulg de Acero ASTM A36 (Acero negro)
8	1	TORNILLO DE POTENCIA	Verificar página 44 para especificaciones de medidas del tornillo.
9	1	PLACA SOPORTE MOTOR Y BATERÍA	Lámina de 1/4 pulg de Acero ASTM A36 (Acero negro)
10	1	ESTRUCTURA TRITURADORA	Tubo rectangular HSS, Acero ASTM A500 Grado A; 6 x 4 x 1/8
11	1	ALZA	Viga de acero A572 G50 W.F 4 x 13 x lbs/ft, 20 ft

Nota 1: Aplicar una capa de pintura anticorrosiva verde en toda la estructura, en las partes que no incluyen algún elemento que se esté moviendo constantemente.

Nota 2: Aplicar una capa de pintura anticorrosiva roja en las partes móviles de la trituradora o en elementos donde van partes en movimiento.

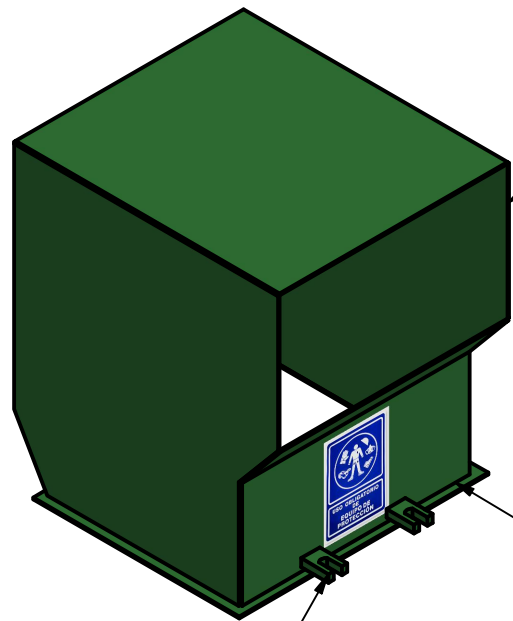
TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO. INTERPRETAR SEGUN ASME Y14.5 - 2009. TOLERANCIAS GENERALES LINEAL .X ± 0.1 .XX ± 0.05 .XXX ± 0.001 ANGULAR ± 1	DIBUJADO POR MARÍA ANDREA FERNÁNDEZ	UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA 18 avenida, 11-95 zona 15, Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala 01015 PBX: (502) 2634-0336 / 40
	REVISADO POR RONY HERRARTE	
APROBADO POR RONY HERRARTE	NOMBRE / NÚMERO DE PROYECTO ESTRUCTURA TRITURADORA HDPE	TÍTULO: VISTA EXPLOSIONADA VERSIÓN PARA FABRICAR
MATERIAL VER LISTADO PIEZA TRATAMIENTO VER NOTAS MASA: N/D	TERCER ÁNGULO DE PROYECCIÓN	NÚMERO DE DIBUJO: 1 FORMATO: C ESCALA: 1:11 UNIDADES: mm PÁGINA 1 DE 77 REV 0

TABLA MATERIALES EN BRUTO		
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	USO
1	Perfil Rectangular A500 4" x 6" x chapa 11, 6 metros. (usado 19 ft)	Estructura
2	Planchas de acero A36 3/8 in 4ft x 8 ft (usado 55 ft2)	Carcasa caja de cuchillas
3	Planchas de acero A36 1/4 in 4ft x 10ft (Tolva Entrada, marcos)	Tolva Entrada, marcos
2	Láminas de acero A36 3/32 in 4ft x 10 ft	Guardas de seguridad motor y volante
1	Lámina de acero A36 1/8 in 3ft x 8 ft	Tolva de Extracción
1	Lámina de acero A36 3/16 in 3ft x 8 ft	Placa Soporte
1	Lámina de acero A36 5/16 in 4ft x 8 ft	Porta Criba
2	Viga de acero A572 G50 W.F 4 x 13 x lbs/ft, 20 ft	Alza
3 Libras	Electrodos ECA7018 1/8 pulg.	Soldadura estructura y alza
3 libras	Electrodos ECA7018 3/32 pulg.	Soldadura carcasa trituradora
6	Bisagras soldables de 4 pulg.	Tolva de entrada con marco caja cuchillas y guarda volante (pág.48)
8	M12, Long.30 Grado 8.8 Pernos de cabeza hexagonal. Media rosca, Galvanizado, Paso grueso. Deben ir con sus respectivas arandelas y tuercas	Unión Tolva de extracción con porta criba
10	M10, Long.30 Cabeza de mariposa. Rosca completa, Galvanizado, Paso grueso	Unión guardas de seguridad
2	M13, Long.60 Grado 8.8 Pernos de cabeza hexagonal. Media rosca, Galvanizados, Paso grueso. Deben ir con sus respectivas arandelas y tuercas	Fijar tornillo de potencia en trituradora
12	M16, Long.60 Grado 8.8 Pernos de cabeza hexagonal. Rosca completa, Galvanizado, Paso grueso Deben ir con sus respectivas arandelas y tuercas	Unión estructura con alza
16	M22, Long.8 pulg Para concreto Galvanizado	Pernos para Alza que irán pernados en el concreto
1	Timón para girar mecanismo de tornillo de potencia	Tornillo de potencia
3 galones	Pintura anticorrosiva color verde	Carcasa estructura trituradora
2 galones	Pintura anticorrosiva color rojo	Elementos donde se encuentran partes móviles

TÍTULO: MATERIALES EN BRUTO ESTRUCTURA		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 0	UNIDADES: mm
B	PÁGINA 2 DE 77	REV 0

Nota 1: Todos los elementos del ensamble deben ir pintados con pintura anticorrosiva de color verde

Nota 2: Se debe colocar una cortina de vinil grueso, para evitar que salgan residuos disparados al operario.



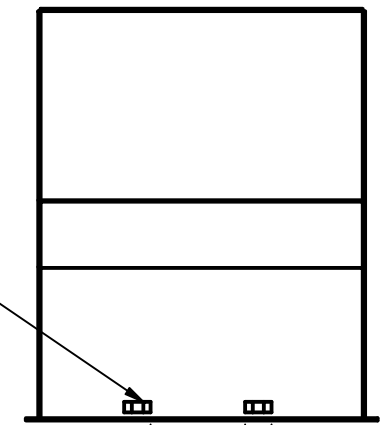
GUARDA TOLVA

1/8 ECA 7018

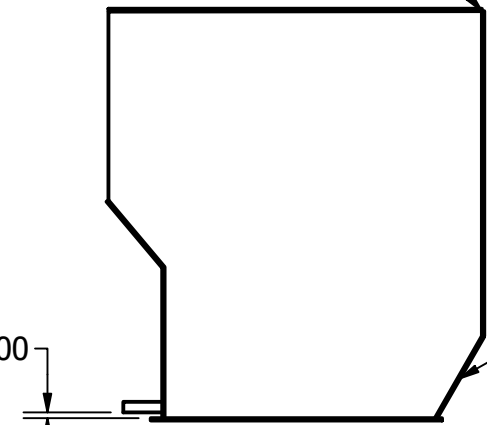
ECA 7018 3/32

ECA 7018 3/32

Nota 3: Soldar 4 bisagras mencionadas en pág.19, alineadas con la plancha. Deben ser equidistantes.



250.00 2X 247.35



15.00 29.45

Nota 4: Ensamblar marco tolva de entrada (pág.5) con tolva de entrada (pág.4) y las guardas de la tolva (pág.6).

TÍTULO: ENSAMBLE TOLVA DE ENTRADA			
NÚMERO DE DIBUJO: 1			
FORMATO	ESCALA: 1:20	UNIDADES: mm	
A	PÁGINA 3 DE 77	REV 0	

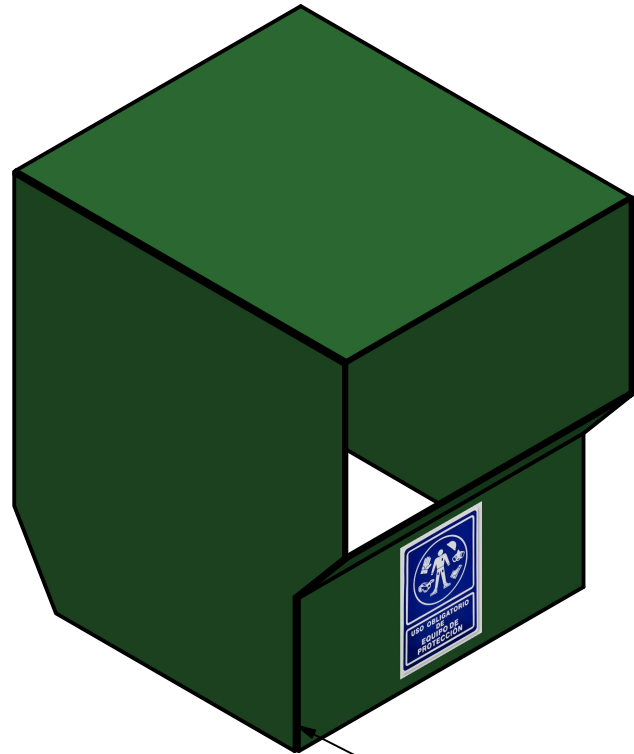
4

3

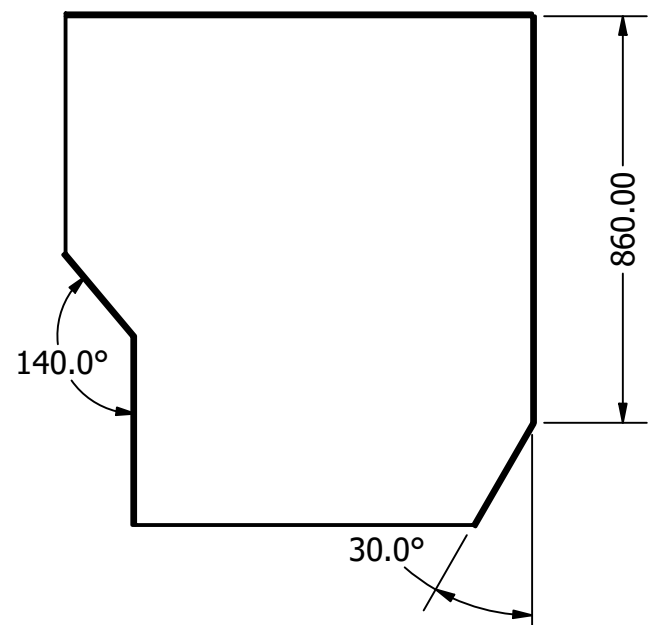
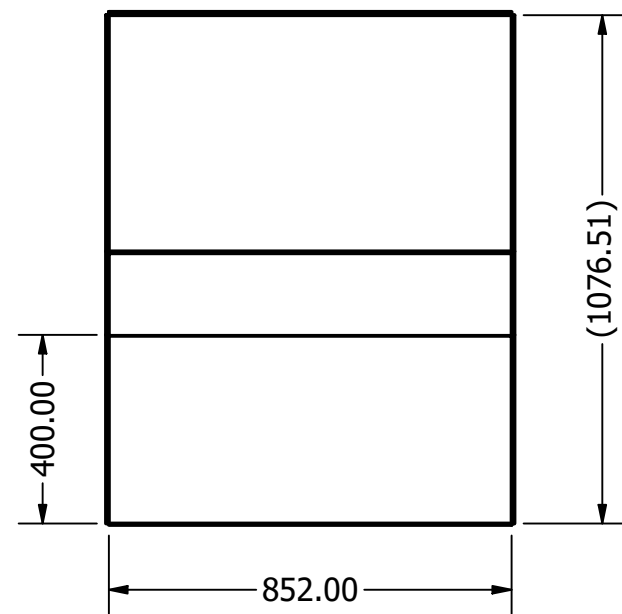
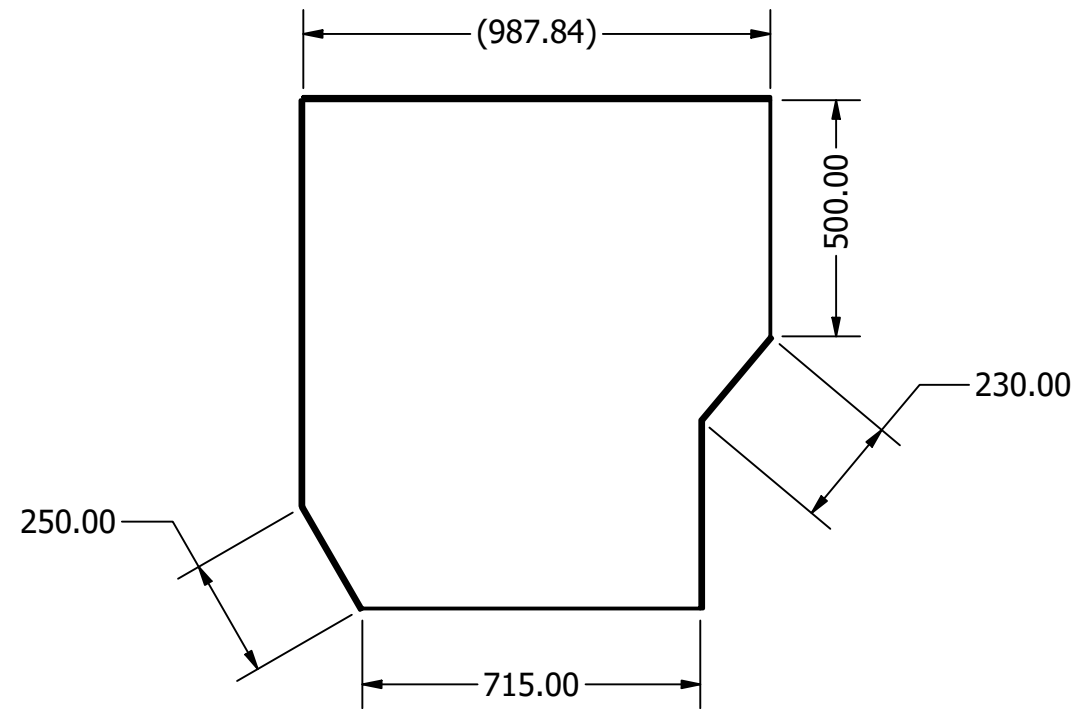
2

1

Nota 1: la soldadura será por la parte externa de toda la tolva.



3/32 ECA 7018



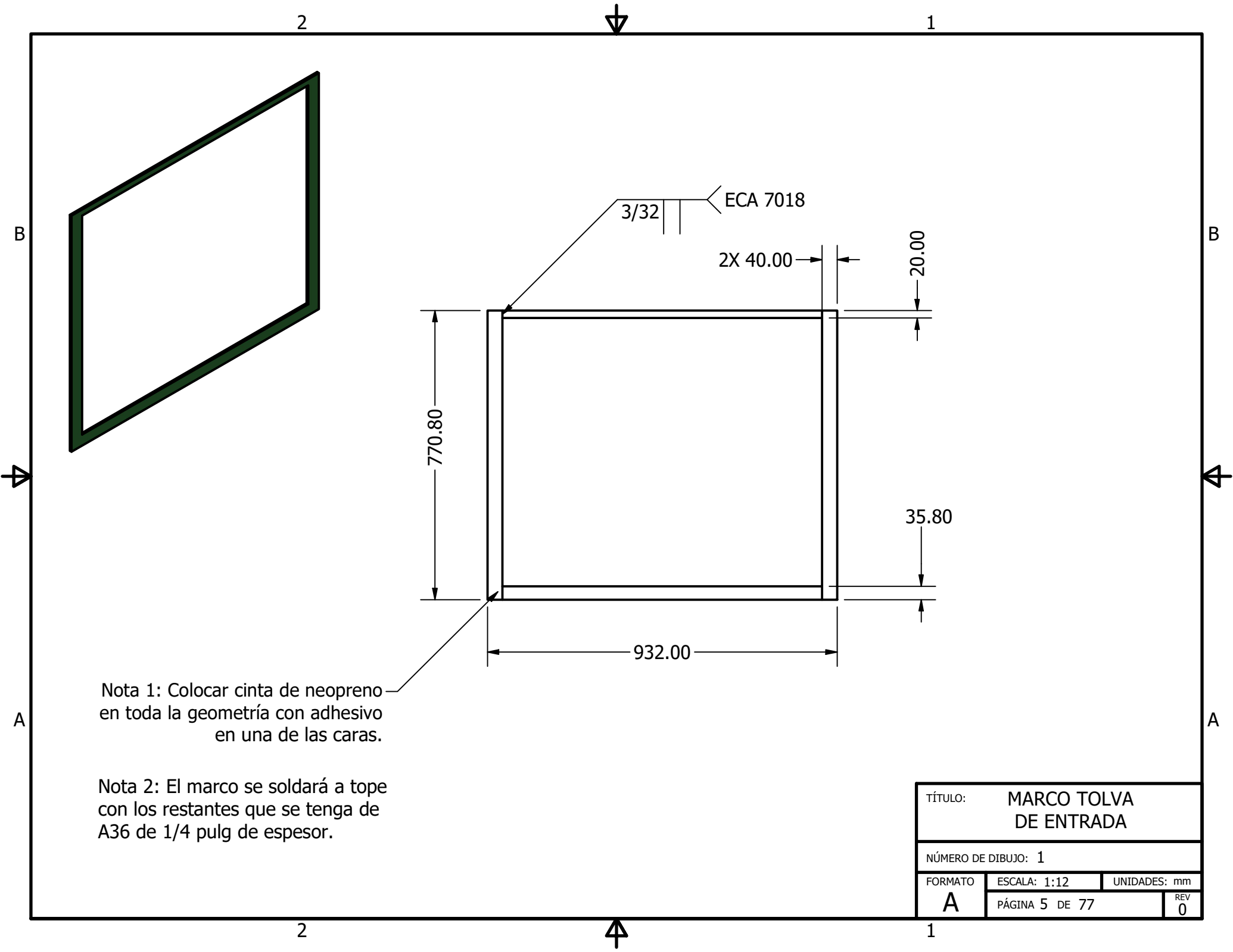
TÍTULO:		TOLVA DE ENTRADA	
NÚMERO DE DIBUJO: 1			
FORMATO	ESCALA: 1:16	UNIDADES: mm	REV
B	PÁGINA 4 DE 77		0

4

3

2

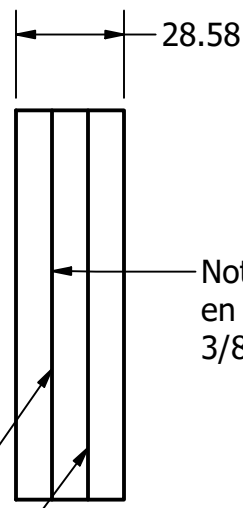
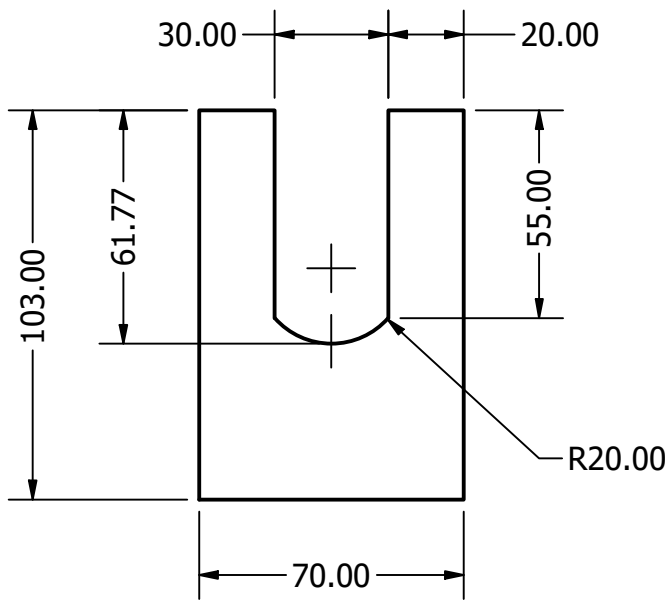
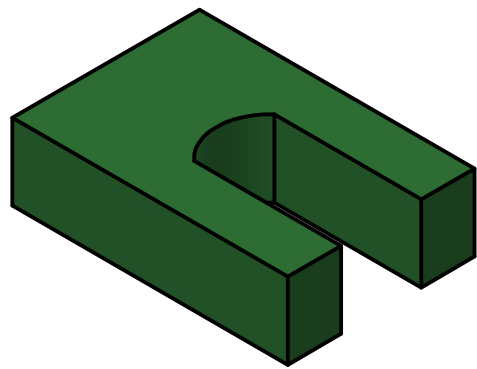
1



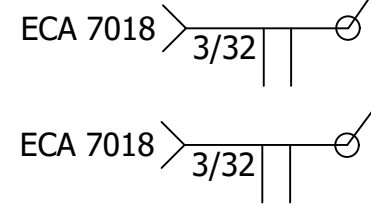
Nota 1: Colocar cinta de neopreno en toda la geometría con adhesivo en una de las caras.

Nota 2: El marco se soldará a tope con los restantes que se tenga de A36 de 1/4 pulg de espesor.

TÍTULO: MARCO TOLVA DE ENTRADA		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:12	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 5 DE 77	REV 0

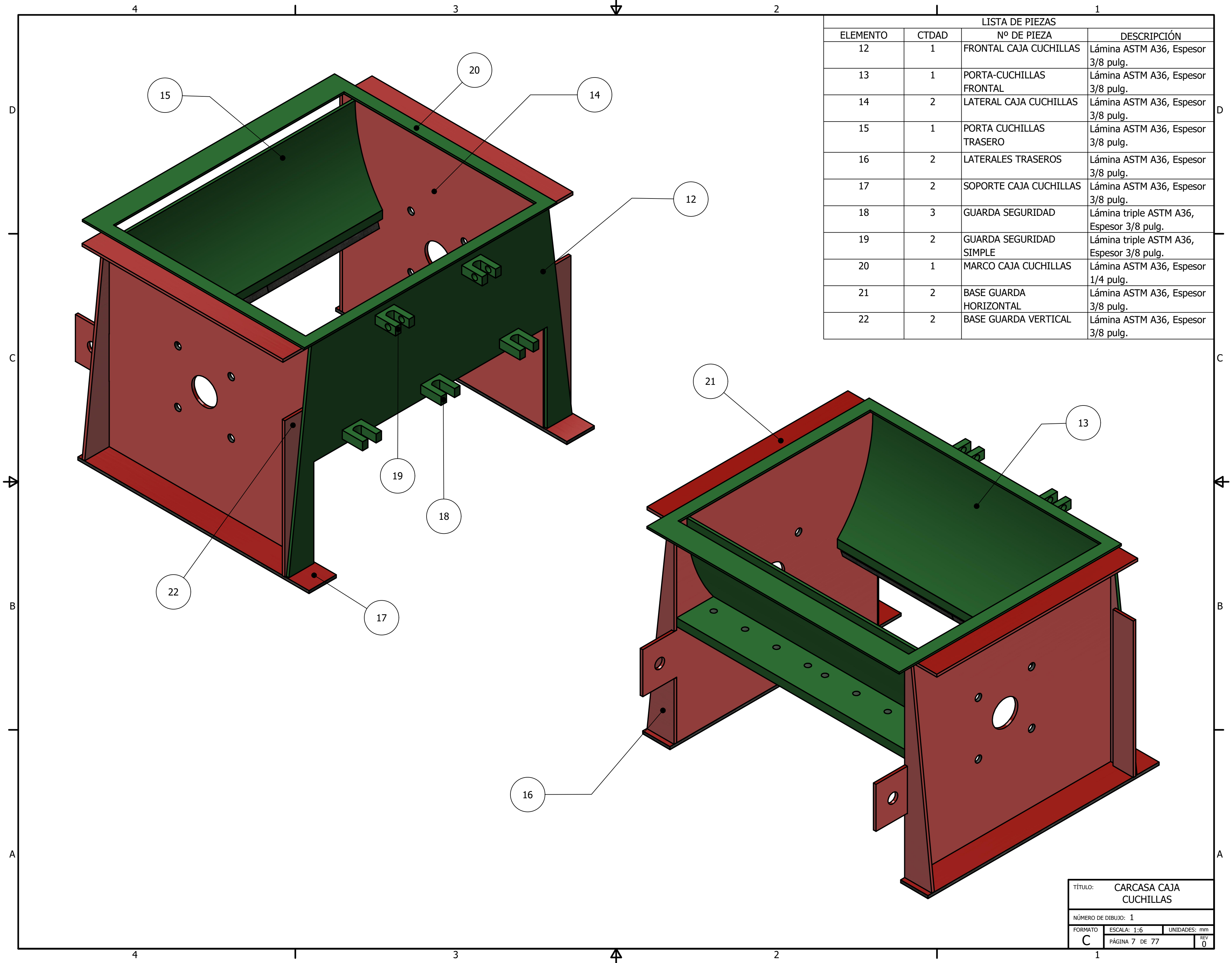


Nota 1: Unir con soldadura en borde, 3 láminas de 3/8 pulg de A36.



Nota 2: Se debe manufacturar 2 elementos iguales

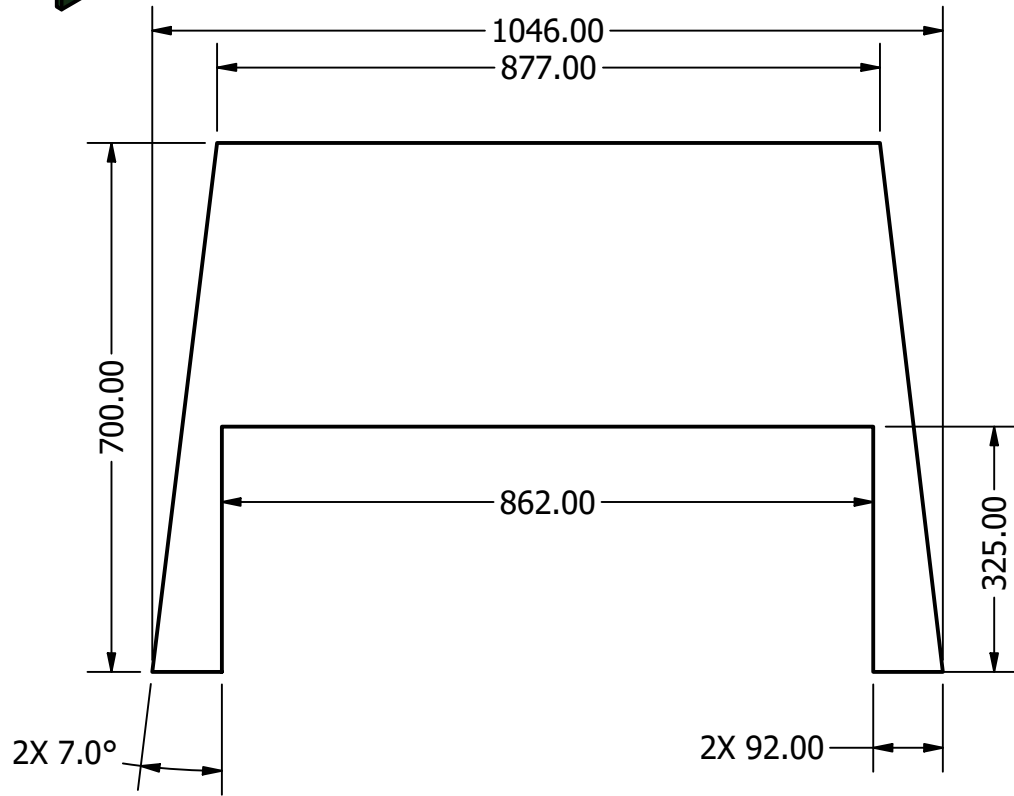
TÍTULO: GUARDAS TOLVA DE ENTRADA		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:2	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 6 DE 77	REV 0



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
12	1	FRONTAL CAJA CUCHILLAS	Lámina ASTM A36, Espesor 3/8 pulg.
13	1	PORTA-CUCHILLAS FRONTAL	Lámina ASTM A36, Espesor 3/8 pulg.
14	2	LATERAL CAJA CUCHILLAS	Lámina ASTM A36, Espesor 3/8 pulg.
15	1	PORTA CUCHILLAS TRASERO	Lámina ASTM A36, Espesor 3/8 pulg.
16	2	LATERALES TRASEROS	Lámina ASTM A36, Espesor 3/8 pulg.
17	2	SOPORTE CAJA CUCHILLAS	Lámina ASTM A36, Espesor 3/8 pulg.
18	3	GUARDA SEGURIDAD	Lámina triple ASTM A36, Espesor 3/8 pulg.
19	2	GUARDA SEGURIDAD SIMPLE	Lámina triple ASTM A36, Espesor 3/8 pulg.
20	1	MARCO CAJA CUCHILLAS	Lámina ASTM A36, Espesor 1/4 pulg.
21	2	BASE GUARDA HORIZONTAL	Lámina ASTM A36, Espesor 3/8 pulg.
22	2	BASE GUARDA VERTICAL	Lámina ASTM A36, Espesor 3/8 pulg.

TÍTULO: CARCASA CAJA CUCHILLAS		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO: C	ESCALA: 1:6	UNIDADES: mm
PÁGINA 7 DE 77		REV 0

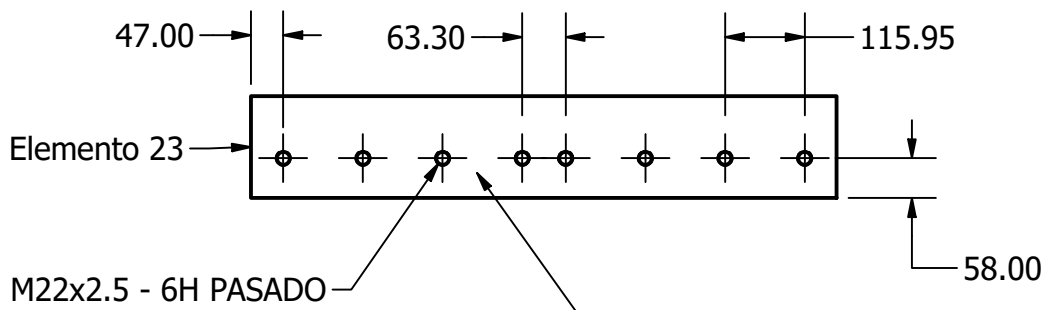
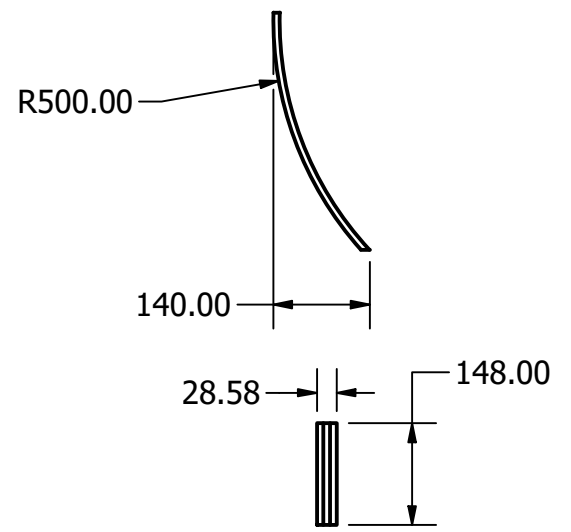
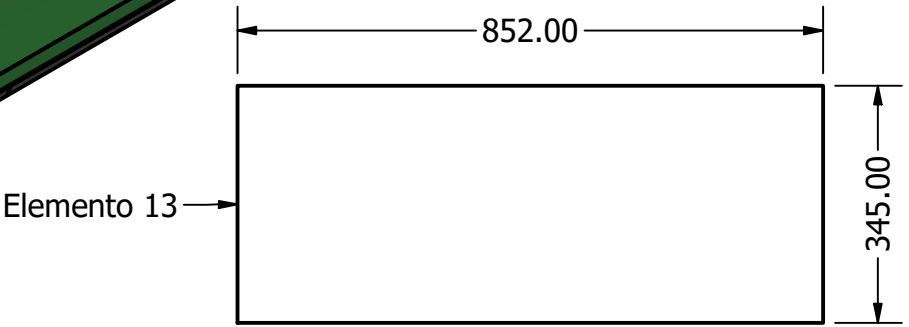
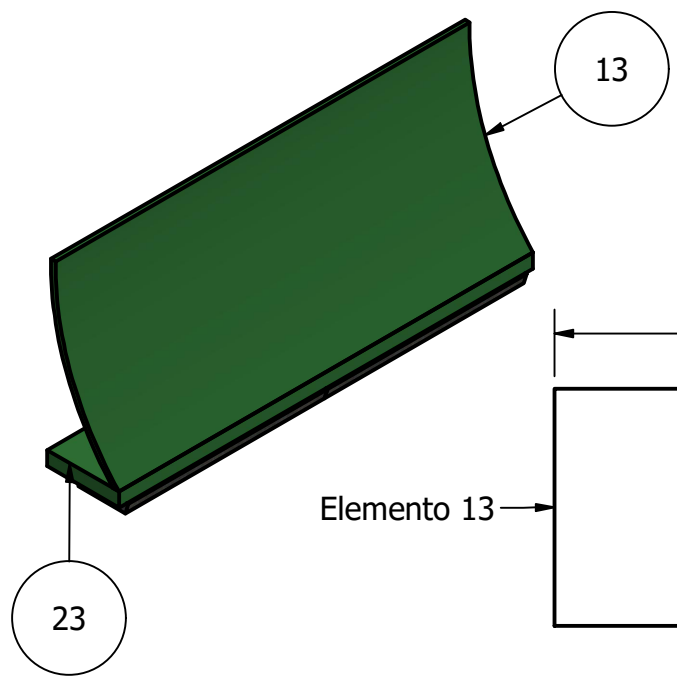
Nota 1: Pintar con pintura anticorrosiva color verde



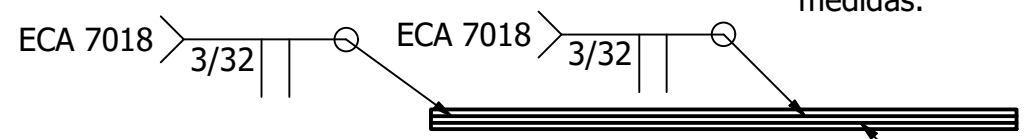
TÍTULO: FRONTAL CAJA CUCHILLAS		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:10	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 8 DE 77	REV 0

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
13	1	CURVA PORTA-CUCHILLAS	Lámina ASTM A36, Espesor 3/8 pulg.
23	1	BASE PORTA-CUCHILLAS	Lámina triple ASTM A36, Espesor 3/8 pulg

Nota 1: Pintar con pintura anticorrosiva color verde

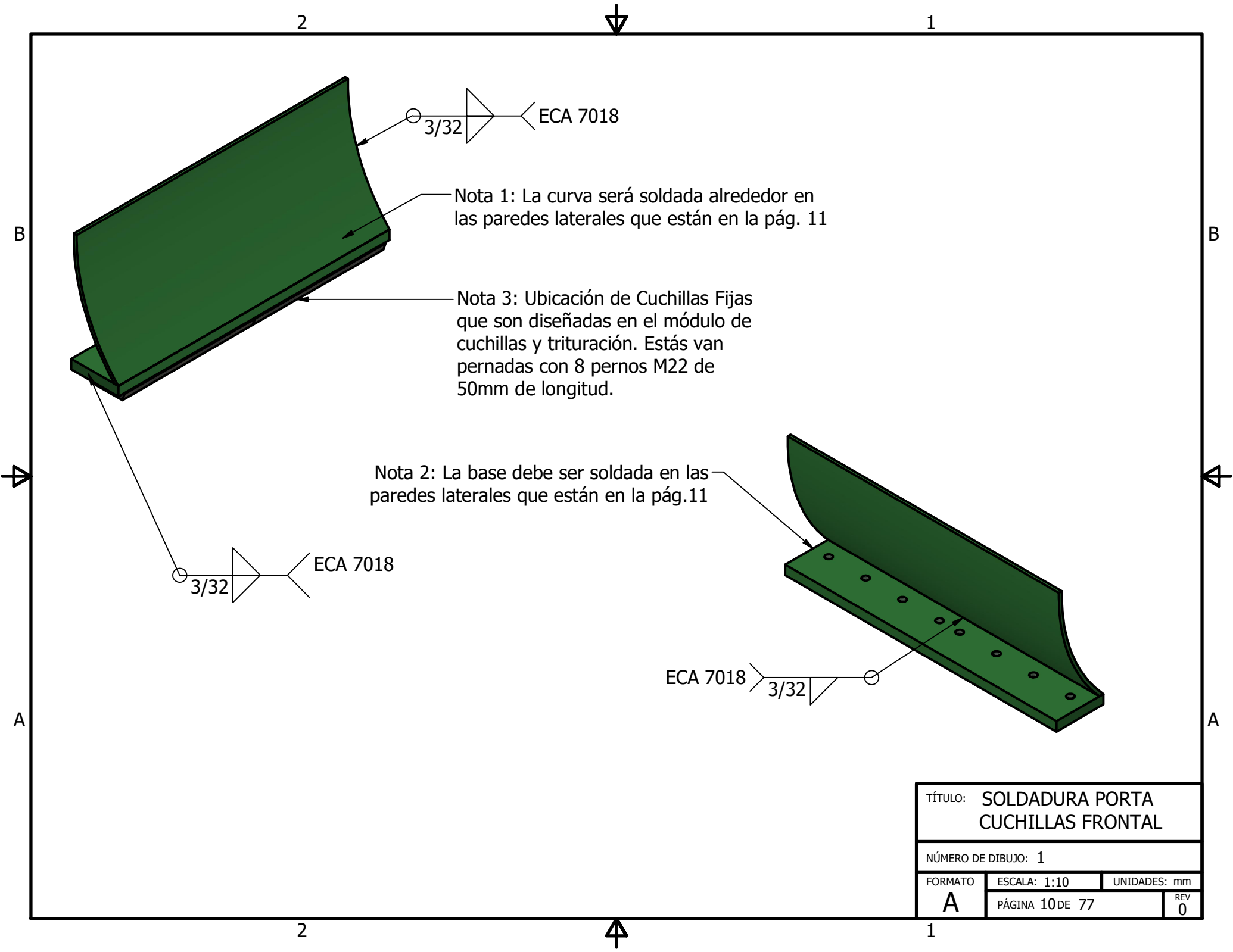


Se dimensionaron solo para 3 medidas ya que el 47 mm es para ambas orillas y el 115.95 mm es para todas las otras medidas.



Nota 2: Unir con soldadura en borde, 3 láminas de 3/8 pulg.

TÍTULO: PORTA CUCHILLAS FRONTAL		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:11	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 9 DE 77	REV 0



ECA 7018

3/32

Nota 1: La curva será soldada alrededor en las paredes laterales que están en la pág. 11

Nota 3: Ubicación de Cuchillas Fijas que son diseñadas en el módulo de cuchillas y trituración. Estás van perñadas con 8 pernos M22 de 50mm de longitud.

Nota 2: La base debe ser soldada en las paredes laterales que están en la pág.11

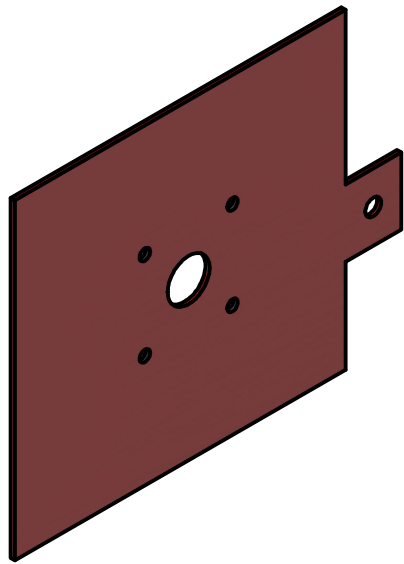
ECA 7018

3/32

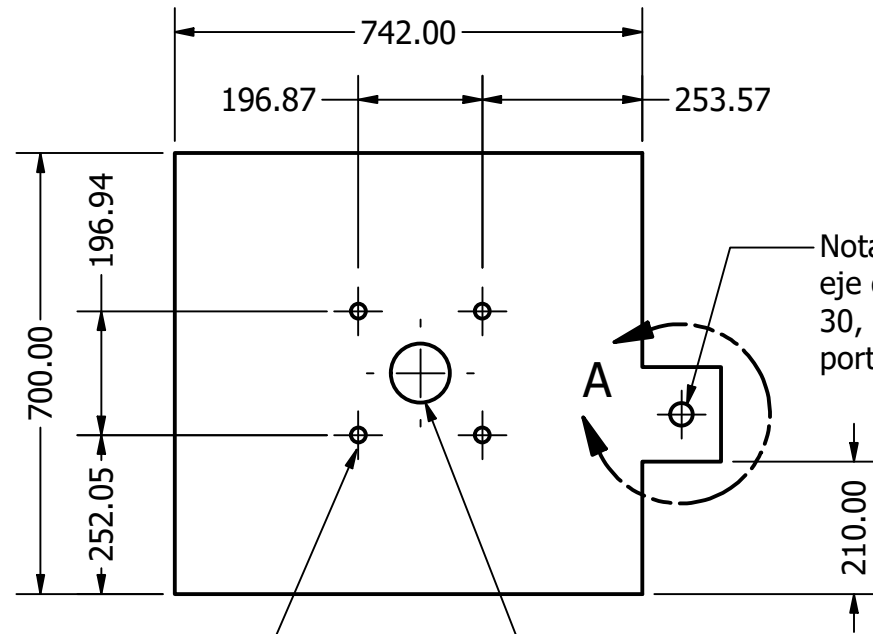
ECA 7018

3/32

TÍTULO: SOLDADURA PORTA CUCHILLAS FRONTAL		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:10	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 10 DE 77	REV 0



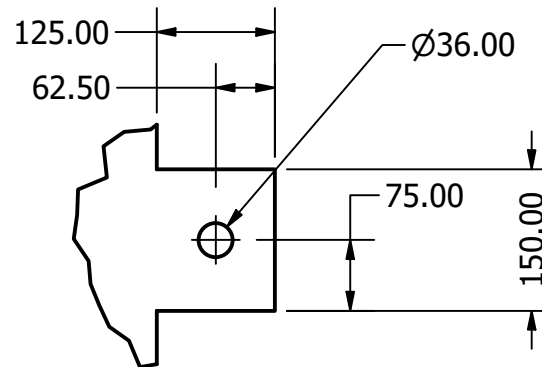
Nota 1: Pintar con pintura anticorrosiva color rojo



Nota 2: En el agujero se colocará el eje que está dimensionado en la pág. 30, el cual servirá para soportar el porta criba.

Nota 3: Antes de realizar los agujeros, verificar que sean las mismas dimensiones de la chumacera que será colocada. Verificar \varnothing y ubicación de agujeros. Chumacera en pág.61 del ensamble.

$\varnothing 94.00$ Realizar el agujero con cortadora plasma



DETALLE A
ESCALA 1 : 8

Nota 4: Las paredes laterales se soldarán con los soportes de la caja de las cuchillas (pág.15) en ambas caras.

TÍTULO: LATERAL CAJA CUCHILLAS		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:12	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 11 DE 77	REV 0

2

1

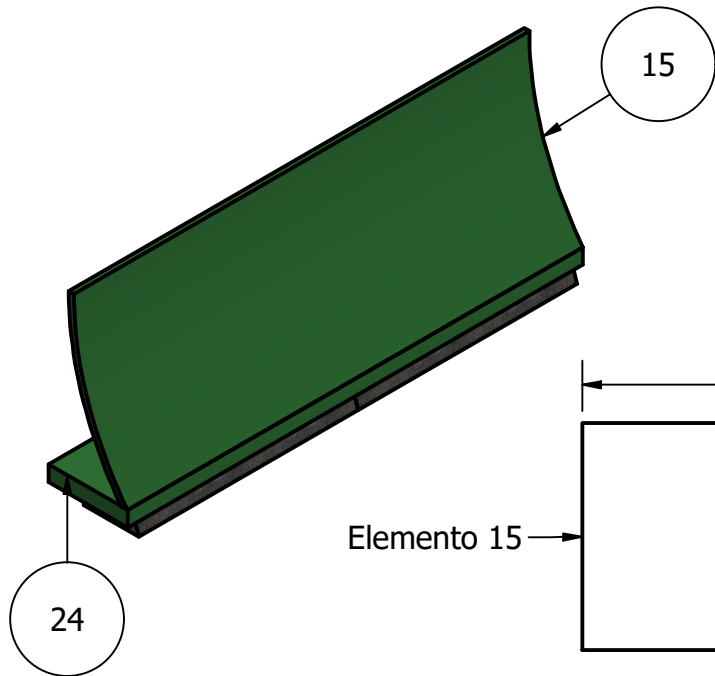
LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
15	1	CURVA PORTA-CUCHILLAS	Lámina ASTM A36, Espesor 3/8 pulg.
24	1	BASE PORTA-CUCHILLAS	Lámina triple ASTM A36, Espesor 3/8 pulg.

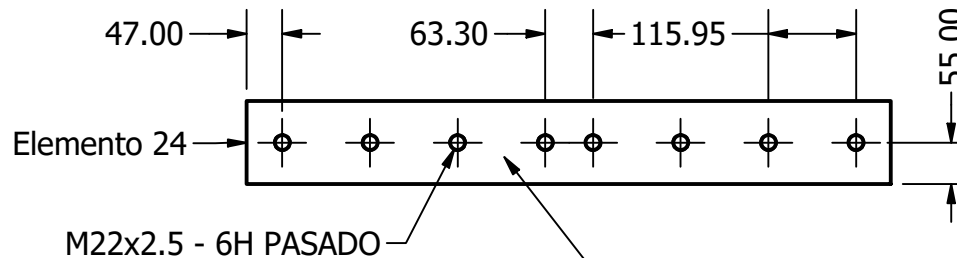
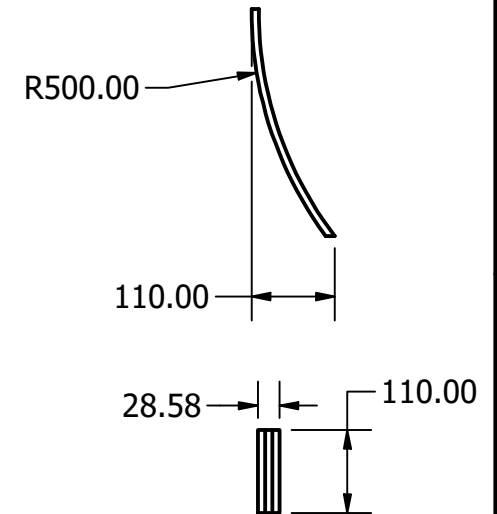
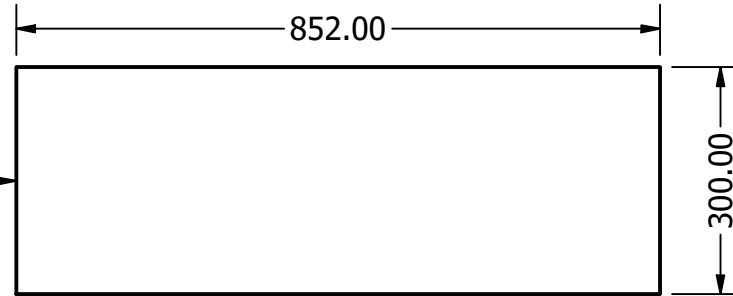
Nota 1: Pintar con pintura anticorrosiva color verde

B

B



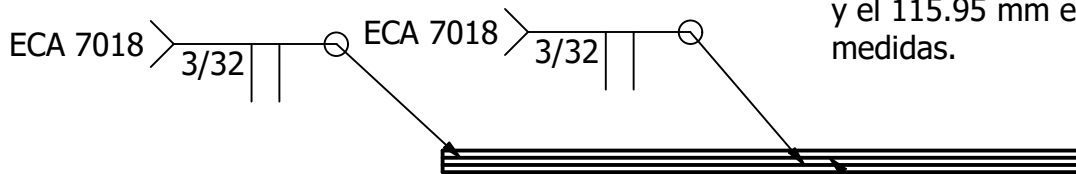
Elemento 15



Elemento 24

M22x2.5 - 6H PASADO

Se dimensionaron solo para 3 medidas ya que el 47 mm es para ambas orillas y el 115.95 mm es para todas las otras medidas.



Nota 2: Unir con soldadura en borde, 3 láminas de 3/8 pulg.

TÍTULO: PORTA CUCHILLAS TRASERO		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:10	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 12 DE 77	REV 0

A

A

2

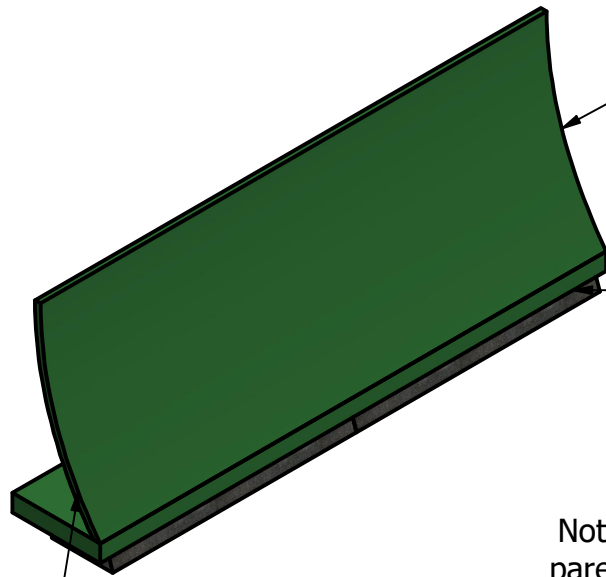
1

A

2



1

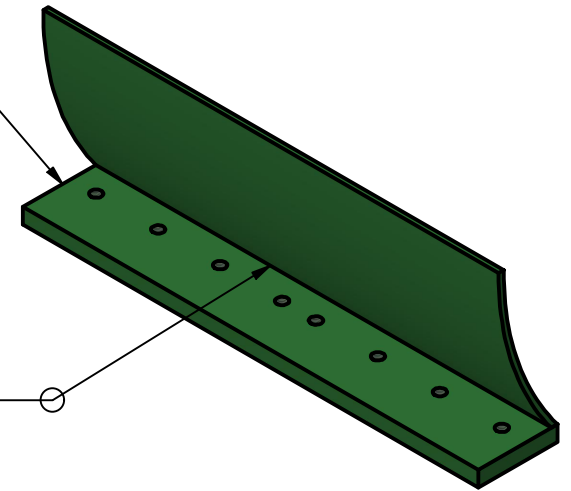


3/32 ECA 7018

Nota 3: Ubicación de Cuchillas Fijas que son diseñadas en el módulo de cuchillas y trituración. Estas van perñadas con 8 pernos M22 de 50mm de longitud.

Nota 2: La base debe ser soldada en las paredes laterales que están en la pág.11 por todo su alrededor.

Nota 1: La curva será soldada por su alrededor en las paredes laterales que están en la pág.11



ECA 7018 3/32

B

B

A

A

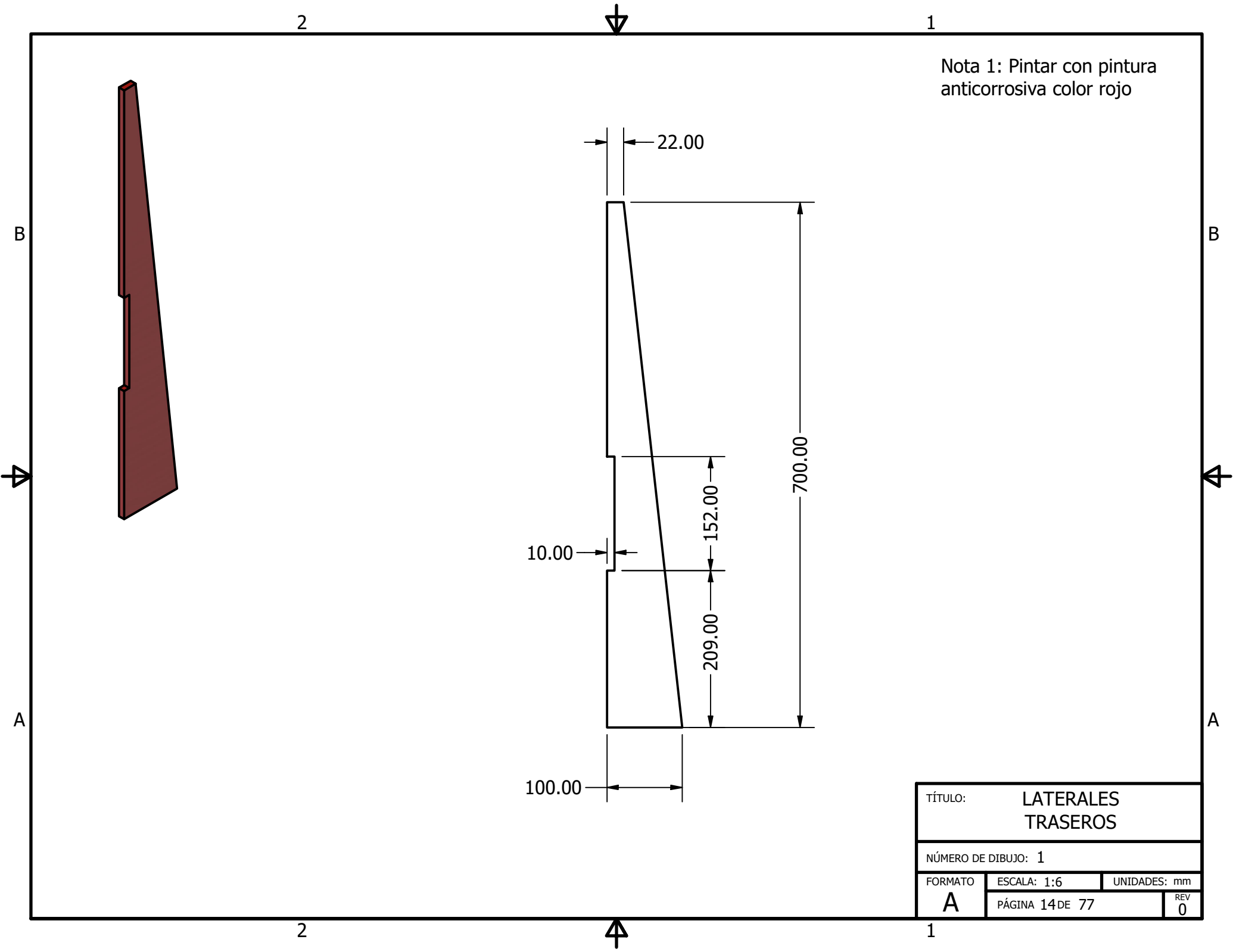
TÍTULO: SOLDADURA PORTA CUCHILLAS TRASERO		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:9	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 13 DE 77	REV 0

2



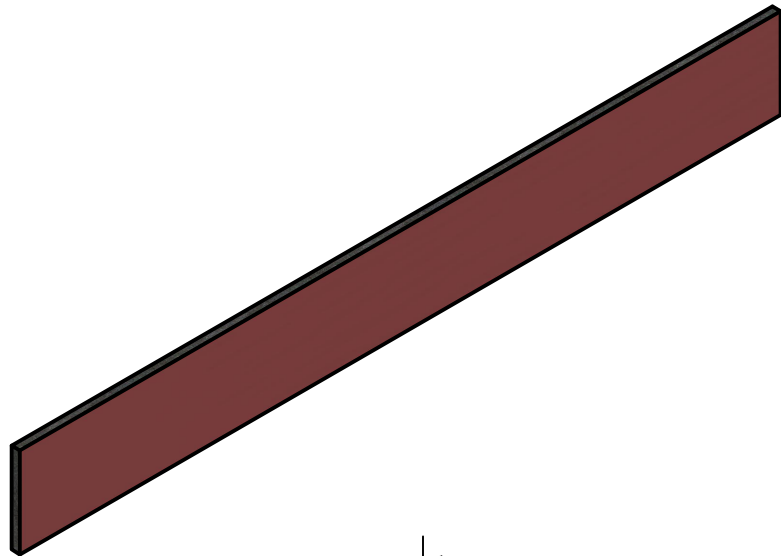
1

Nota 1: Pintar con pintura anticorrosiva color rojo



TÍTULO: LATERALES TRASEROS		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:6	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 14 DE 77	REV 0

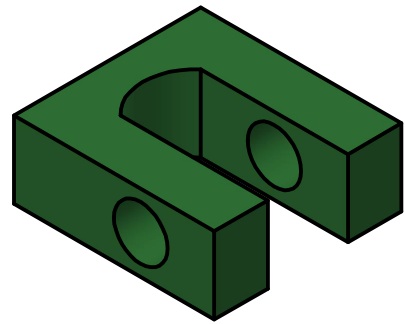
Nota 1: Pintar con pintura anticorrosiva color rojo



854.00

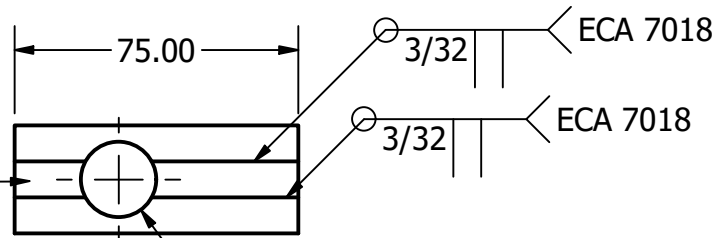
101.00

TÍTULO: SOPORTE CAJA CUCHILLAS		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:6	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 15 DE 77	REV 0



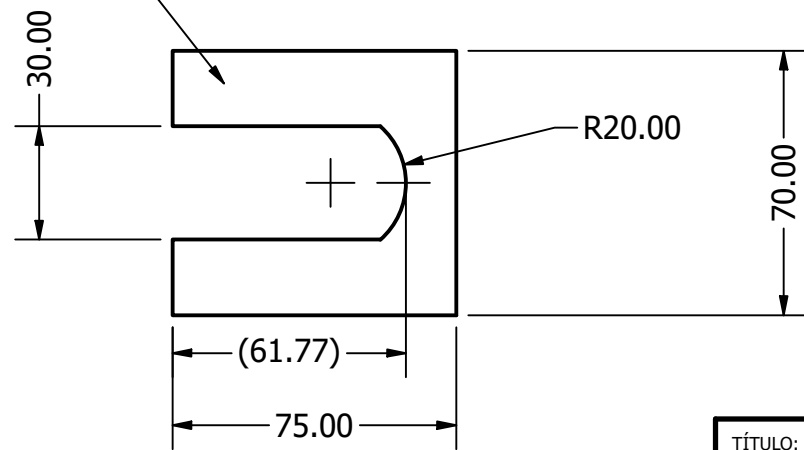
Nota 1: Pintar con pintura anticorrosiva color verde

Nota 2: Unir con soldadura en borde, 3 láminas de 3/8 pulg.

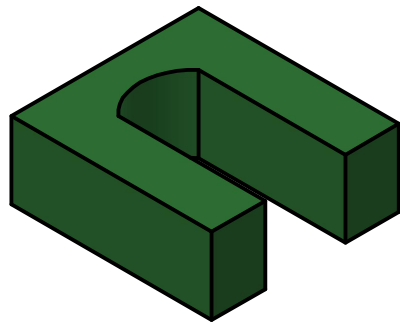


Ø20.00 Pasado ambos lados, manufacturar después de soldar las 3 placas. Si fuera necesario volver a soldar.

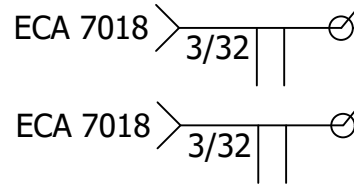
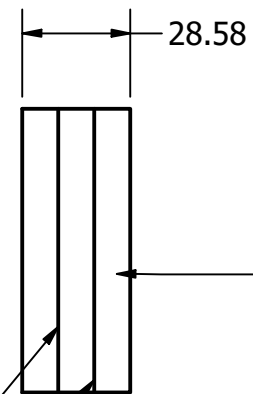
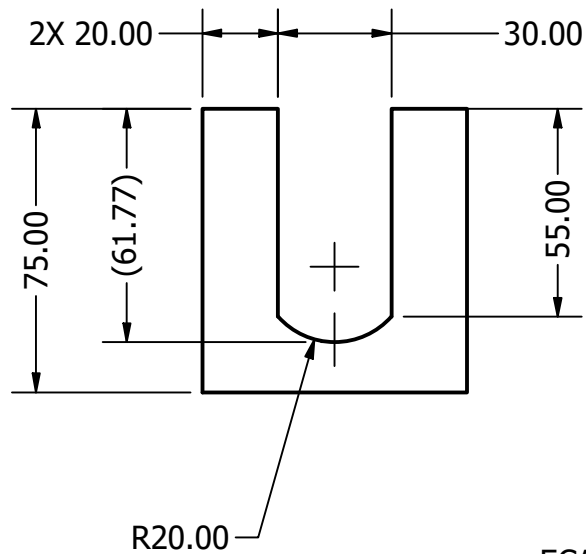
Nota 1: Mismas dimensiones de la guarda diseñada en la página 17



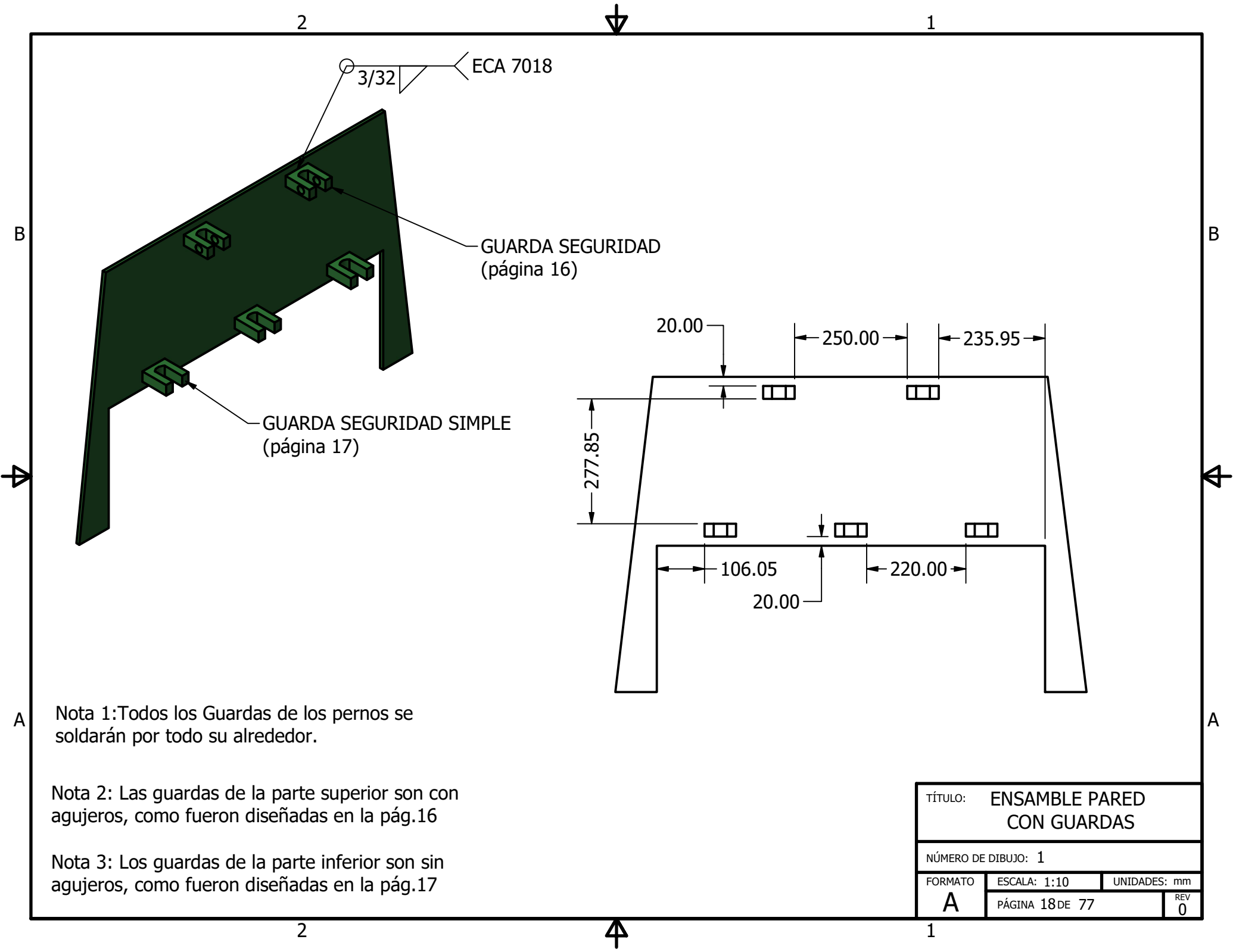
TÍTULO: GUARDA SEGURIDAD		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:2	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 16 DE 77	REV 0



Nota 1: Pintar con pintura anticorrosiva color verde



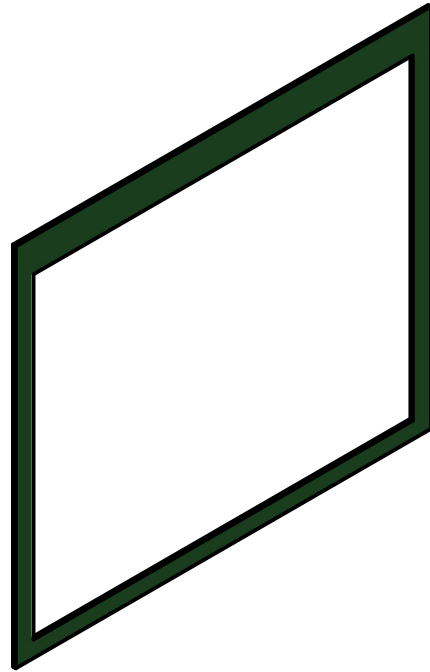
TÍTULO: GUARDA SEGURIDAD SIMPLE		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:2	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 17 DE 77	REV 0



2

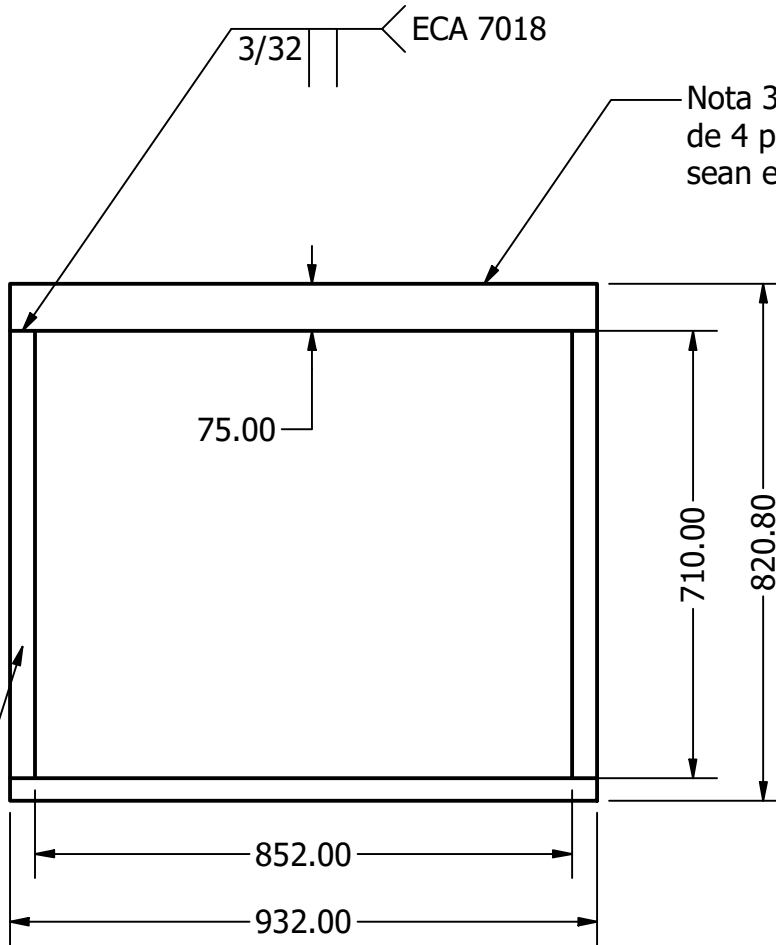


1



Nota 1: Pintar con pintura anticorrosiva color verde

Nota 2: El marco se soldará a tope con los restantes que se tenga de A36 de 1/4 pulg de espesor.



Nota 3: Colocar 4 bisagras soldables de 4 pulgadas de alta resistencia que sean equidistantes.

Nota 4: Colocar cinta de neopreno en toda la geometría con adhesivo en una de las caras.

B

B

A

A

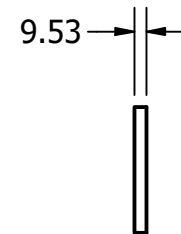
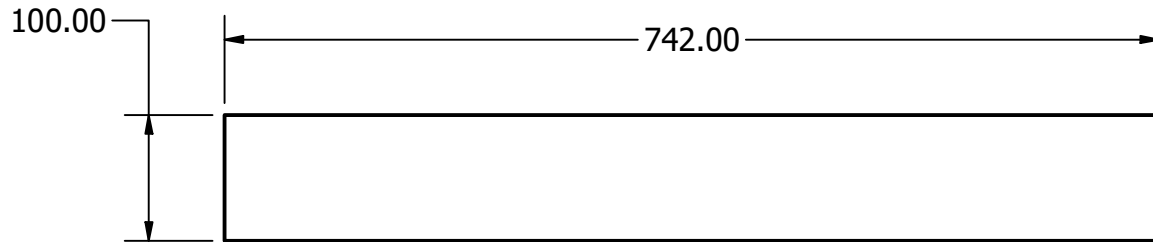
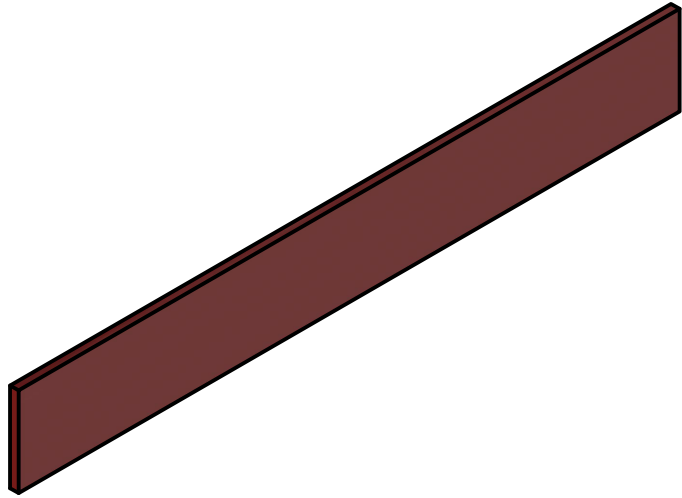
2



1

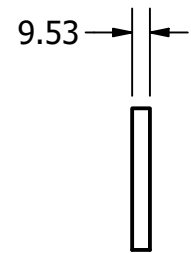
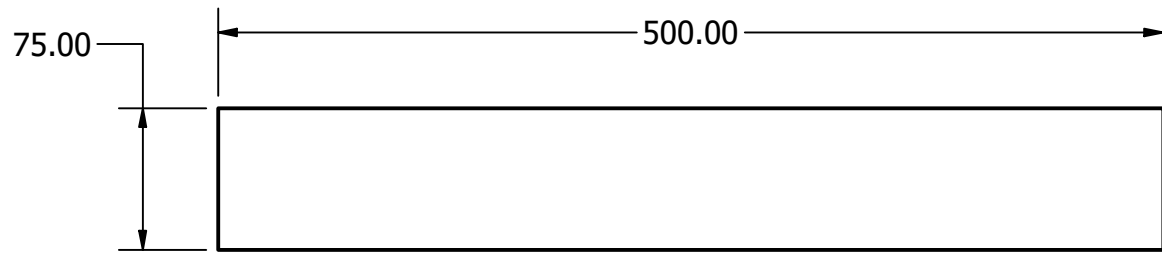
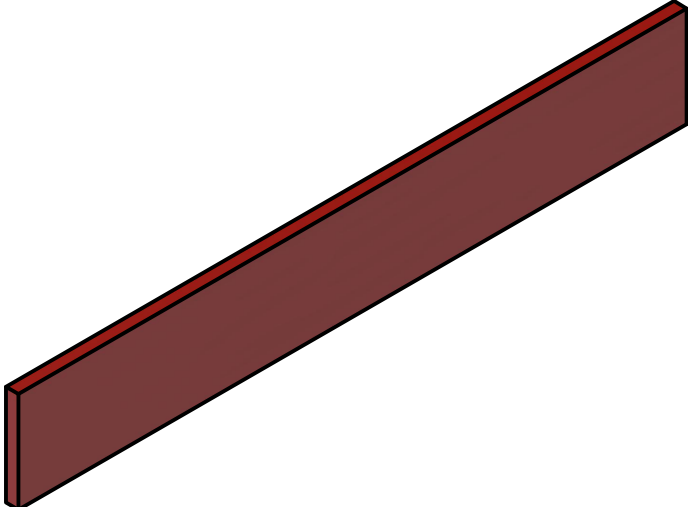
TÍTULO: MARCO CAJA CUCHILLAS		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:12	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 19 DE 77	REV 0

Nota 1: Pintar con pintura anticorrosiva color rojo

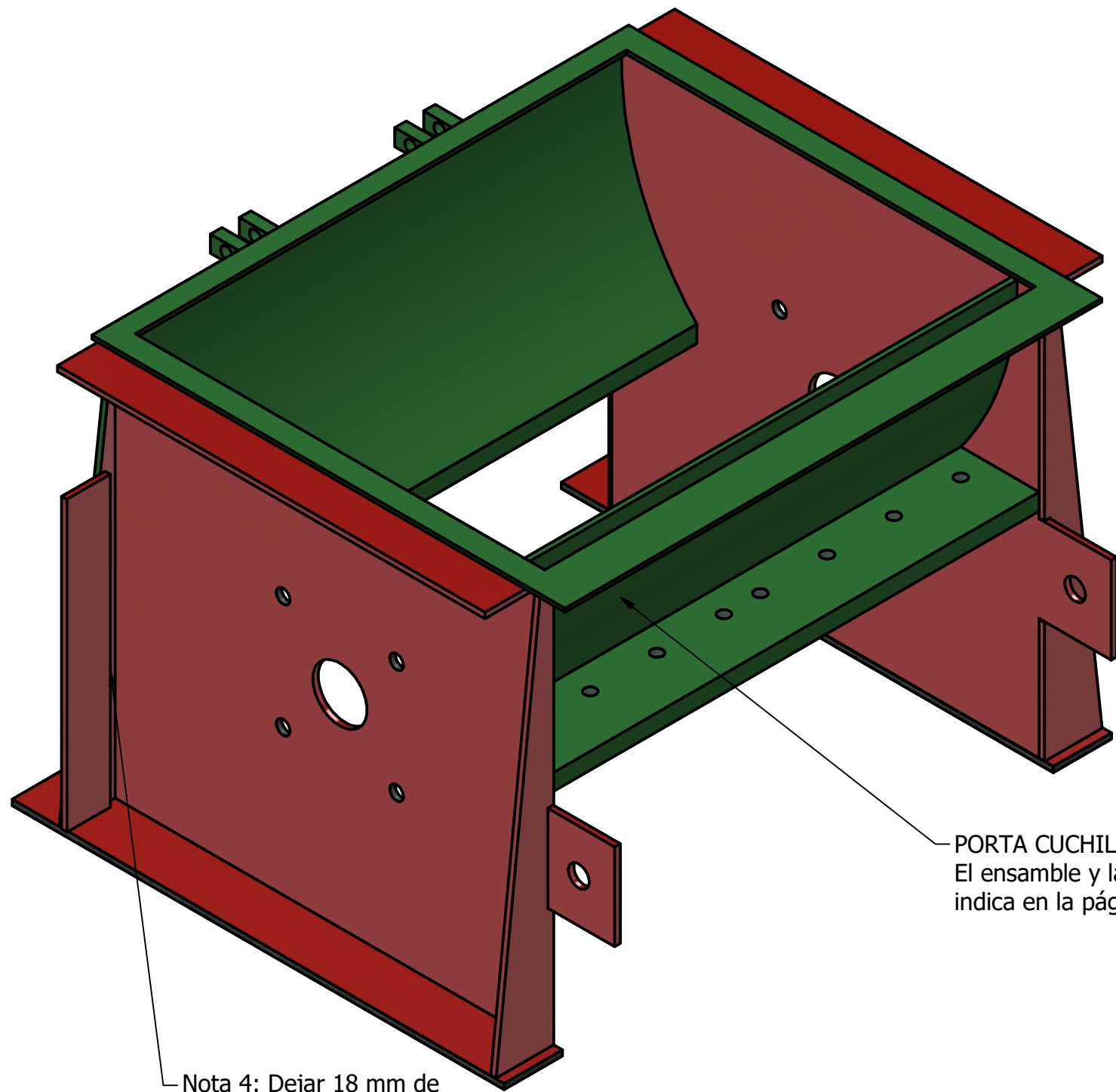


TÍTULO: BASE GUARDA HORIZONTAL		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:6	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 20 DE 77	REV 0

Nota 1: Pintar con pintura anticorrosiva color rojo



TÍTULO: BASE GUARDA VERTICAL		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:4	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 21 DE 77	REV 0



PORTA CUCHILLAS TRASERO
El ensamble y la soldadura se indica en la página 13.

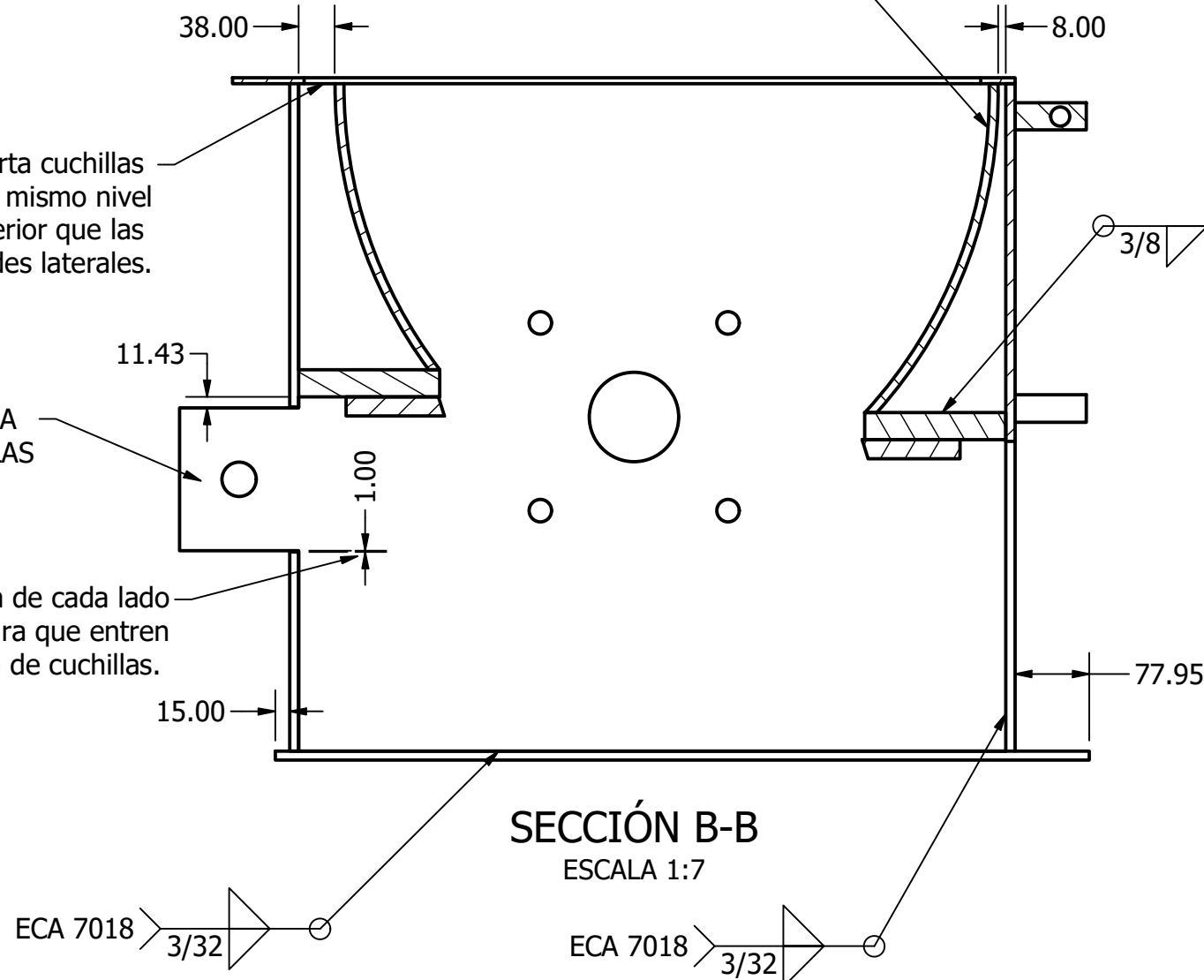
Nota 4: Dejar 18 mm de espacio entre las paredes laterales y la pieza. Soldar en la pared frontal con ECA 7018 de 3/32 pulg.

PORTA CUCHILLAS FRONTAL
El ensamble y la soldadura se indica en la página 10.

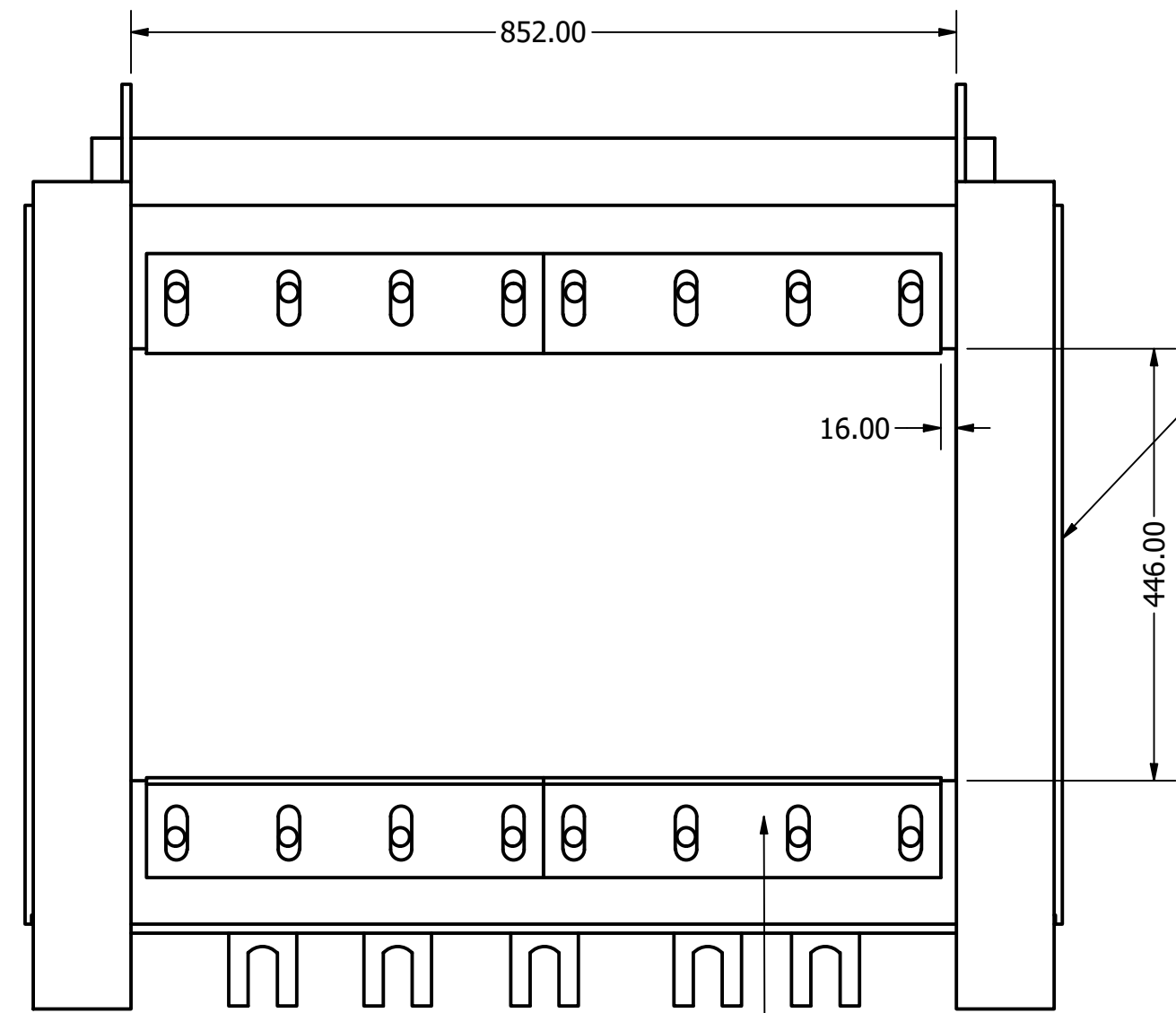
Nota 5: Los porta cuchillas curvos, van al mismo nivel en la parte superior que las paredes laterales.

OREJAS CAJA DE CUCHILLAS

Nota 6: Dejar 1 mm de cada lado como tolerancia para que entren las orejas de la caja de cuchillas.

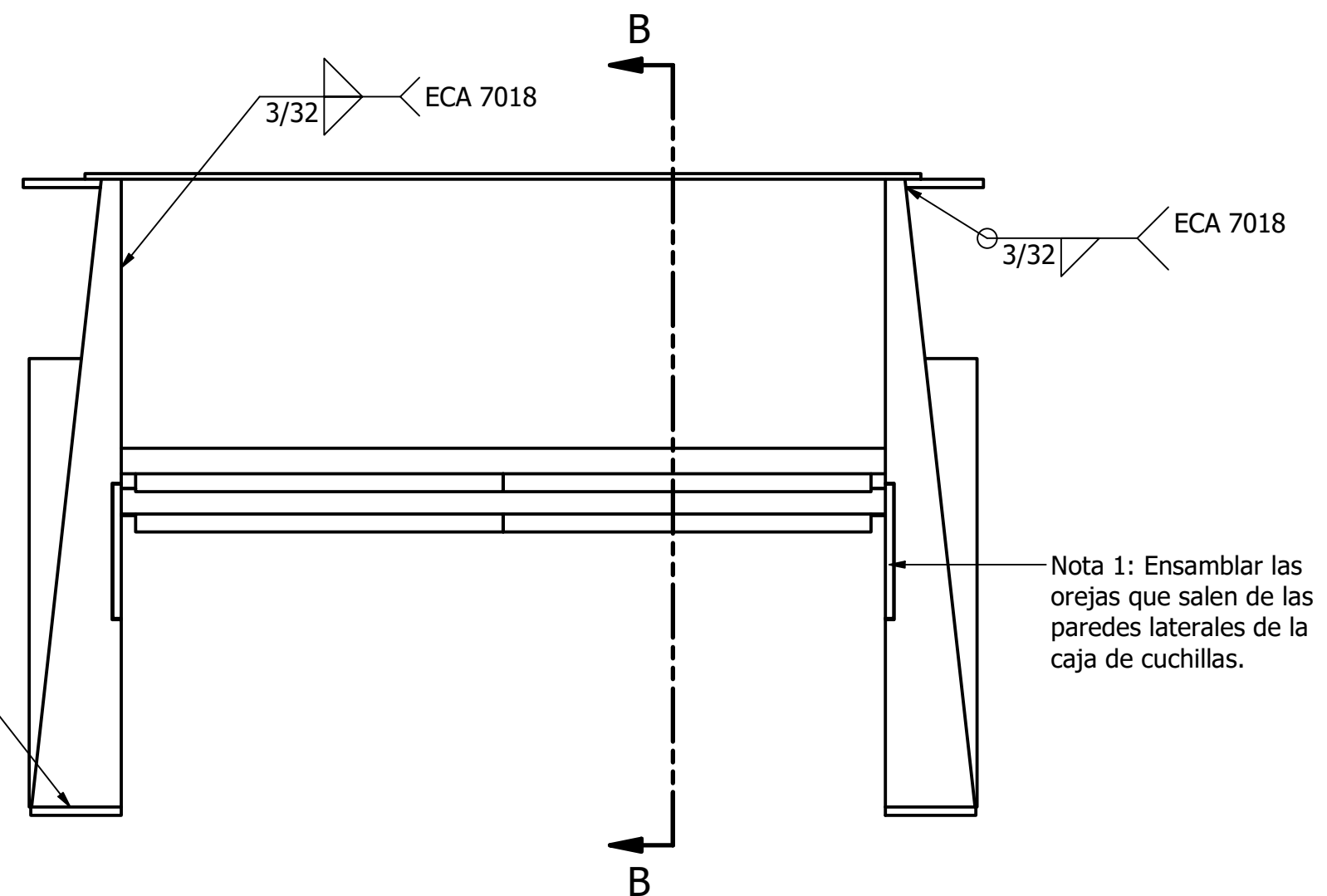


ECA 7018 Interna y Externa 3/32



Nota 3: Distancia entre ambos porta cuchillas trasero y delantero.

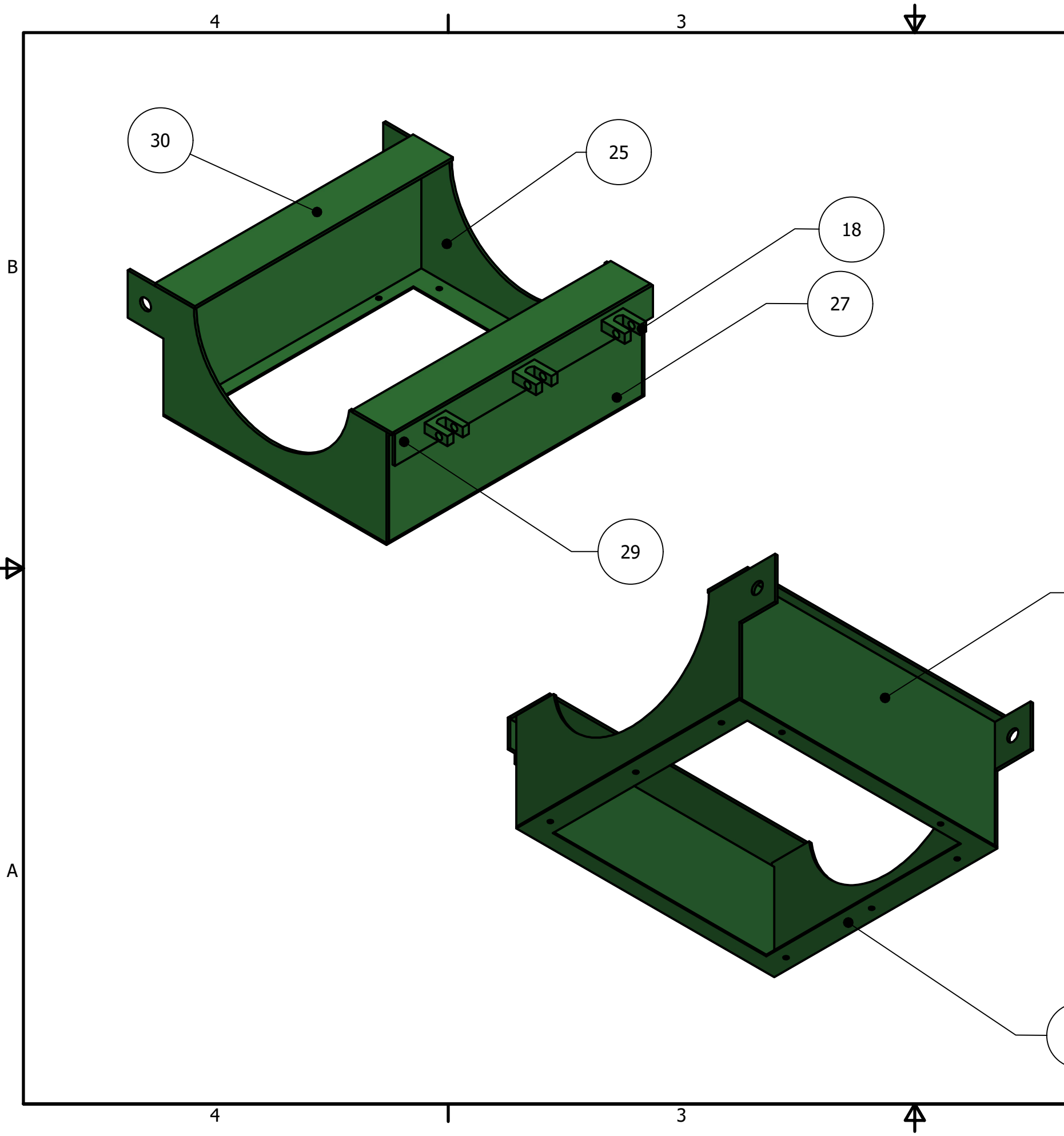
Nota 2: Posición de las cuchillas fijas.



Nota 1: Ensamblar las orejas que salen de las paredes laterales de la caja de cuchillas.

Nota 4: Todos los elementos van soldados

TÍTULO: ENSAMBLE CARCASA CAJA CUCHILLAS		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO: C	ESCALA: 1:7	UNIDADES: mm
PÁGINA 22 DE 77		REV 0



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
25	2	LATERAL PORTA-CRIBA	Lámina ASTM A36, Espesor 5/16 pulg.
26	1	MARCO PORTA CRIBA	Lámina ASTM A36, Espesor 5/16 pulg.
27	1	PARED FRONTAL PORTA CRIBA	Lámina ASTM A36, Espesor 5/16 pulg.
28	1	PARED TRASERA PORTA CRIBA	Lámina ASTM A36, Espesor 5/16 in
29	1	AGARRADOR PORTA CRIBA	Lámina ASTM A36, Espesor 5/16 pulg.
18	3	GUARDA SEGURIDAD	Ver diseño en pág.19
30	2	BASE PERNOS PORTA CRIBA	Lámina ASTM A36, Espesor 5/16 pulg.
31	1	CRIBA	Se coloca sobre puesta sobre el ensamble que se está mostrando. Diseño en página 60.

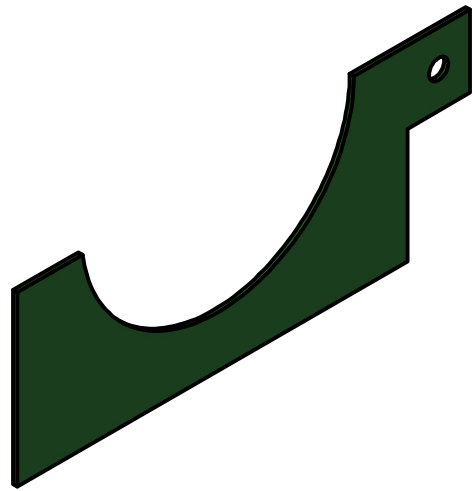
Nota 1: La soldadura debe ser por dentro y fuera del ensamble.

Nota 2: Todos los elementos del ensamble se le debe aplicar pintura anticorrosiva color verde.

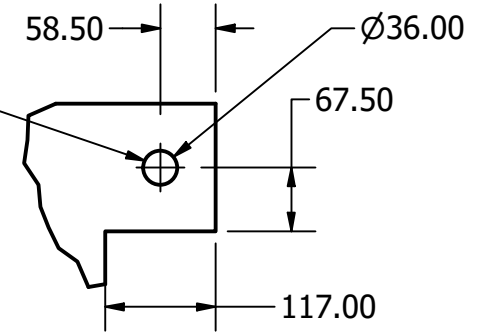
TÍTULO: PORTA CRIBA		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO: B	ESCALA: 1:10	UNIDADES: mm
	PÁGINA 23 DE 77	REV 0

2

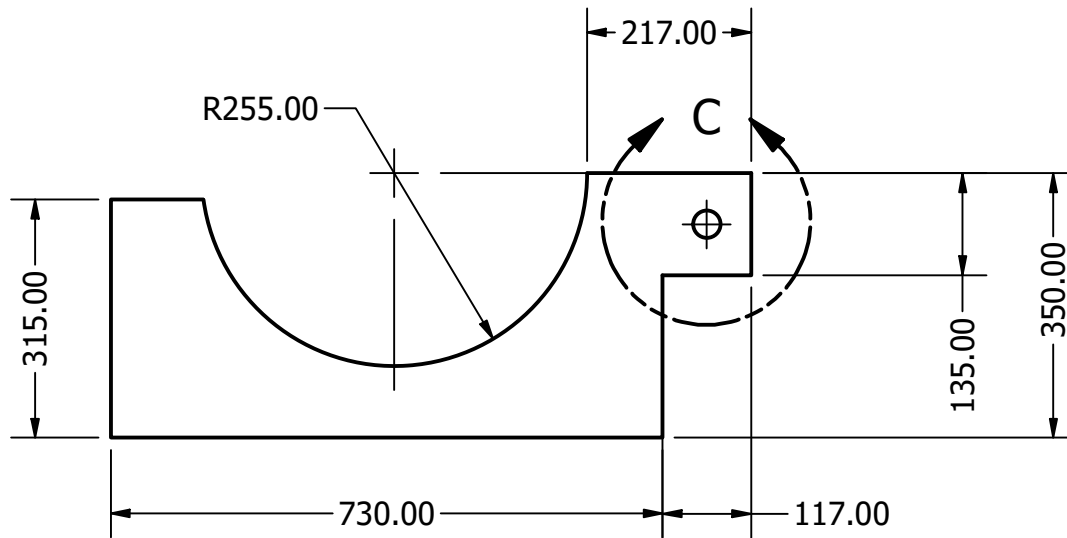
1



Nota 1: Agujero donde se
acopla eje diseñado en
página 30.



DETALLE C
ESCALA 1:8



TÍTULO: LATERAL PORTA CRIBA		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:10	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 24 DE 77	REV 0

2

1

2

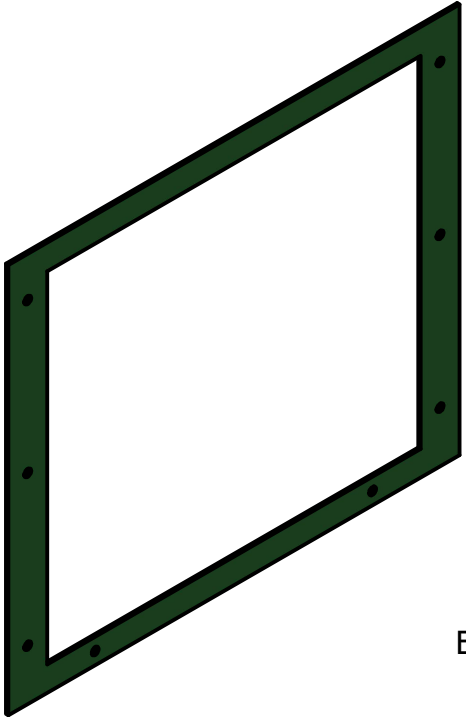


1

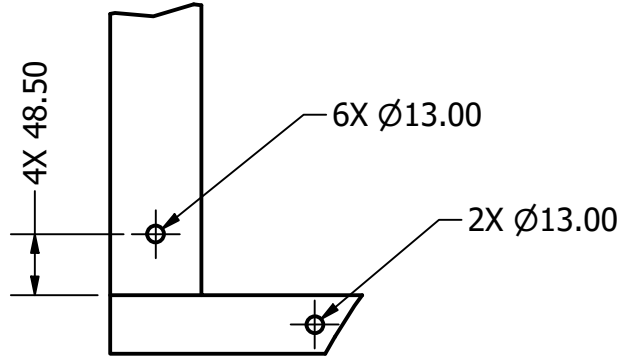
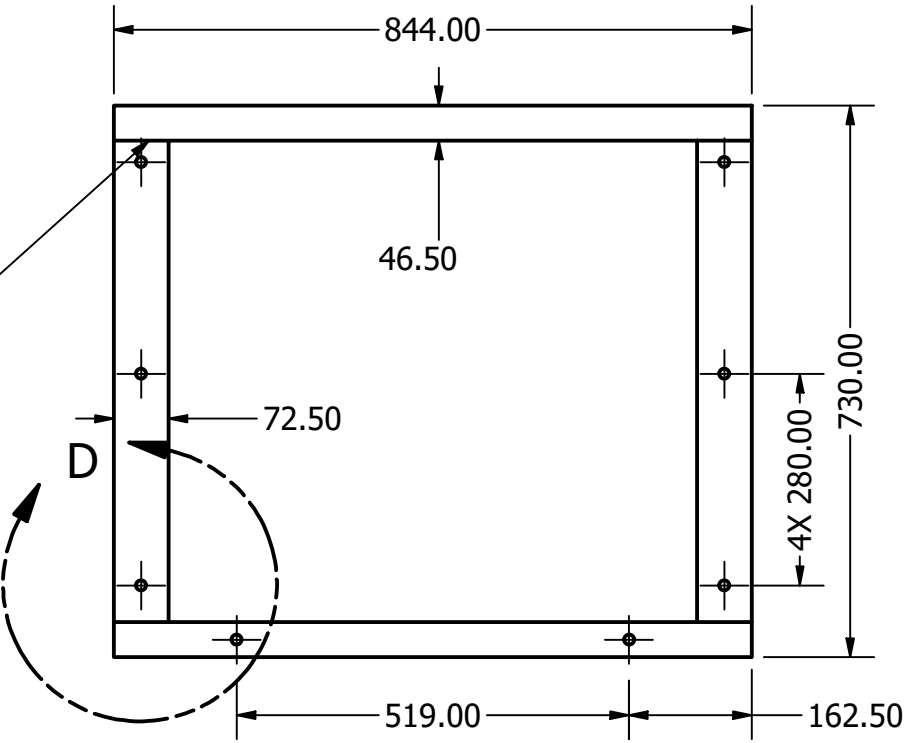
Nota 1: El marco se soldará a tope con los restantes que se tenga de A36 de 1/4 pulg. de espesor.

Nota 2: El marco se debe replicar para la tolva de extracción que está diseñado en la página 32.

B



ECA 7018 3/32



DETALLE D
ESCALA 1 : 6

A

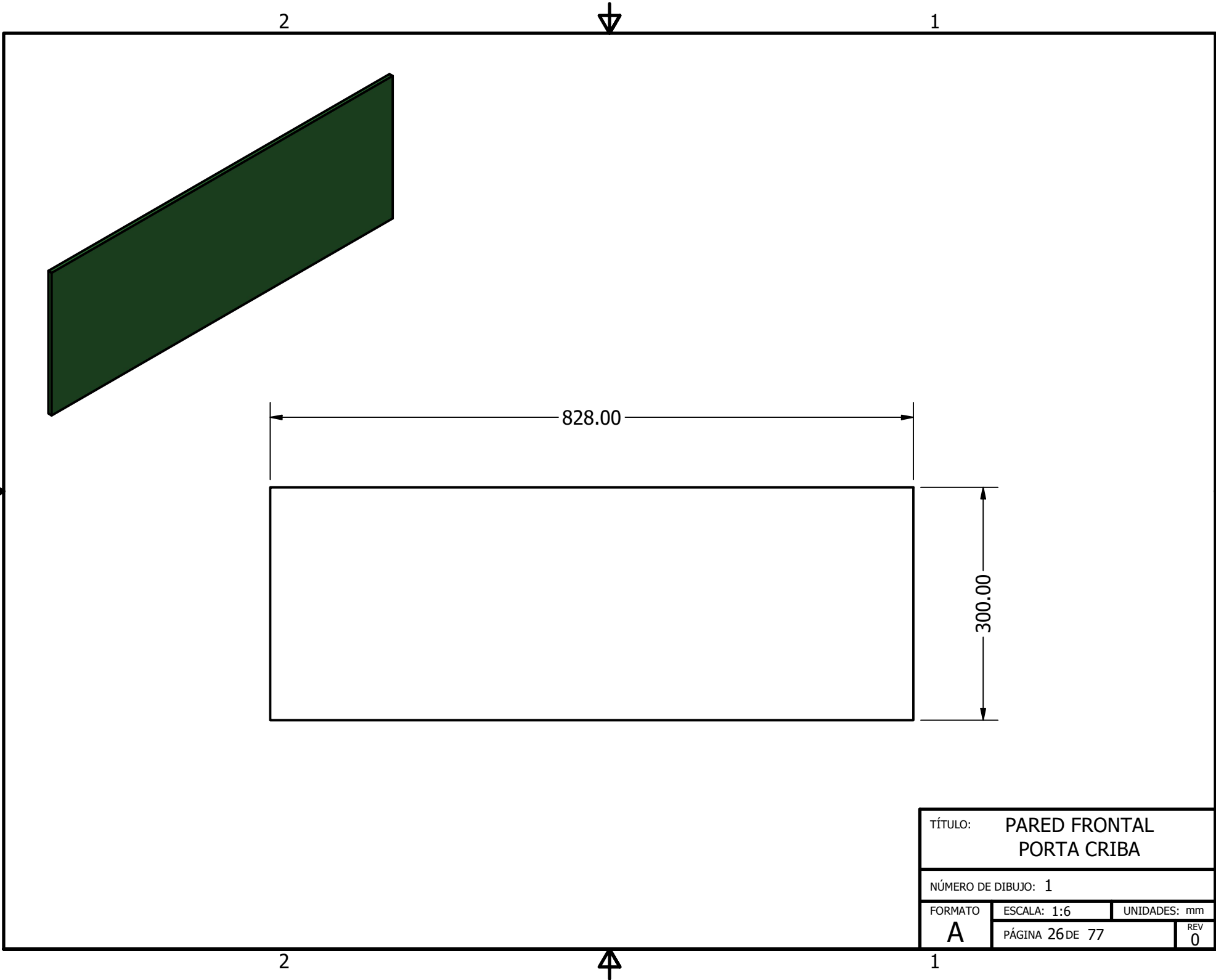
A

2



1

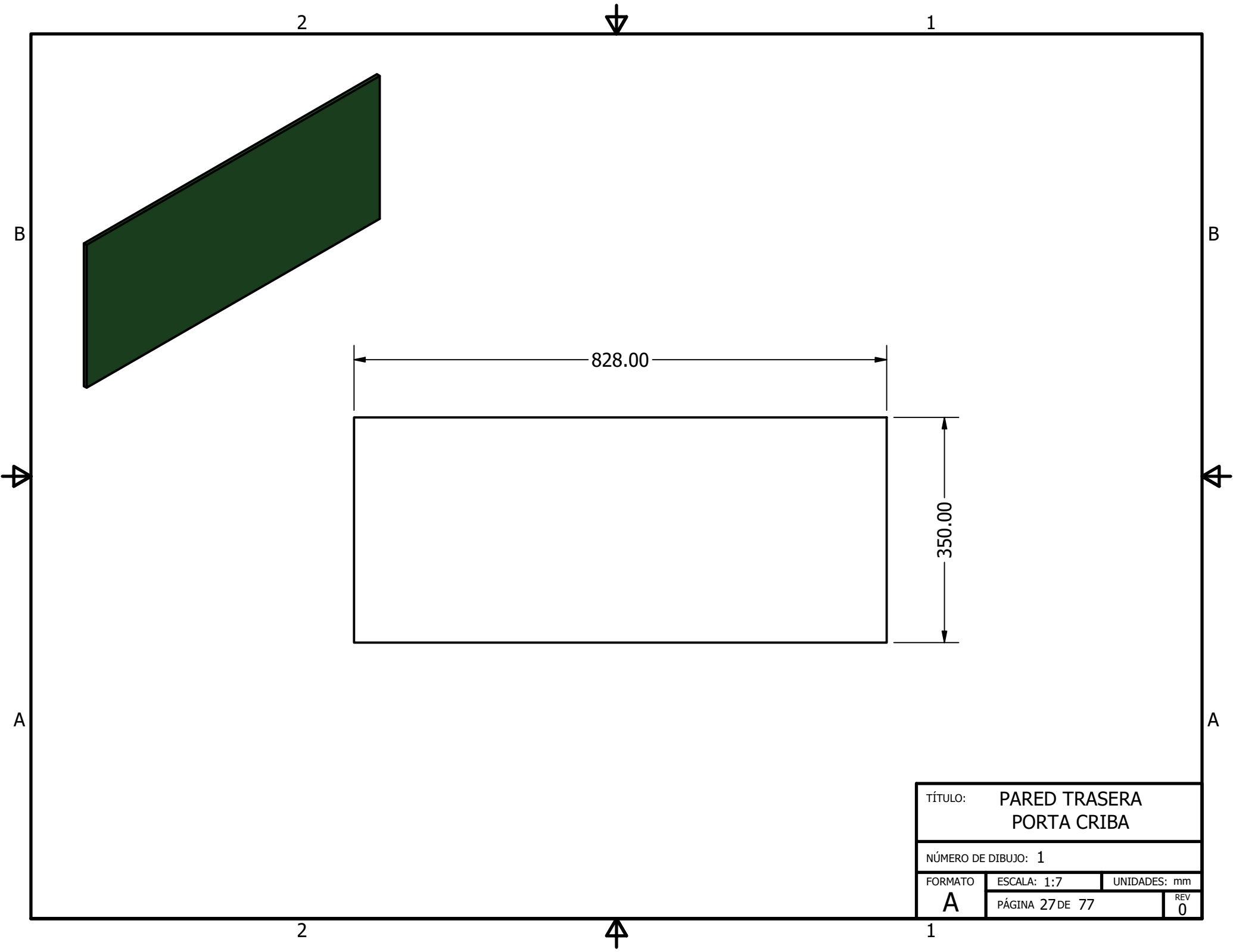
TÍTULO: MARCO PORTA CRIBA		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:10	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 25 DE 77	REV 0



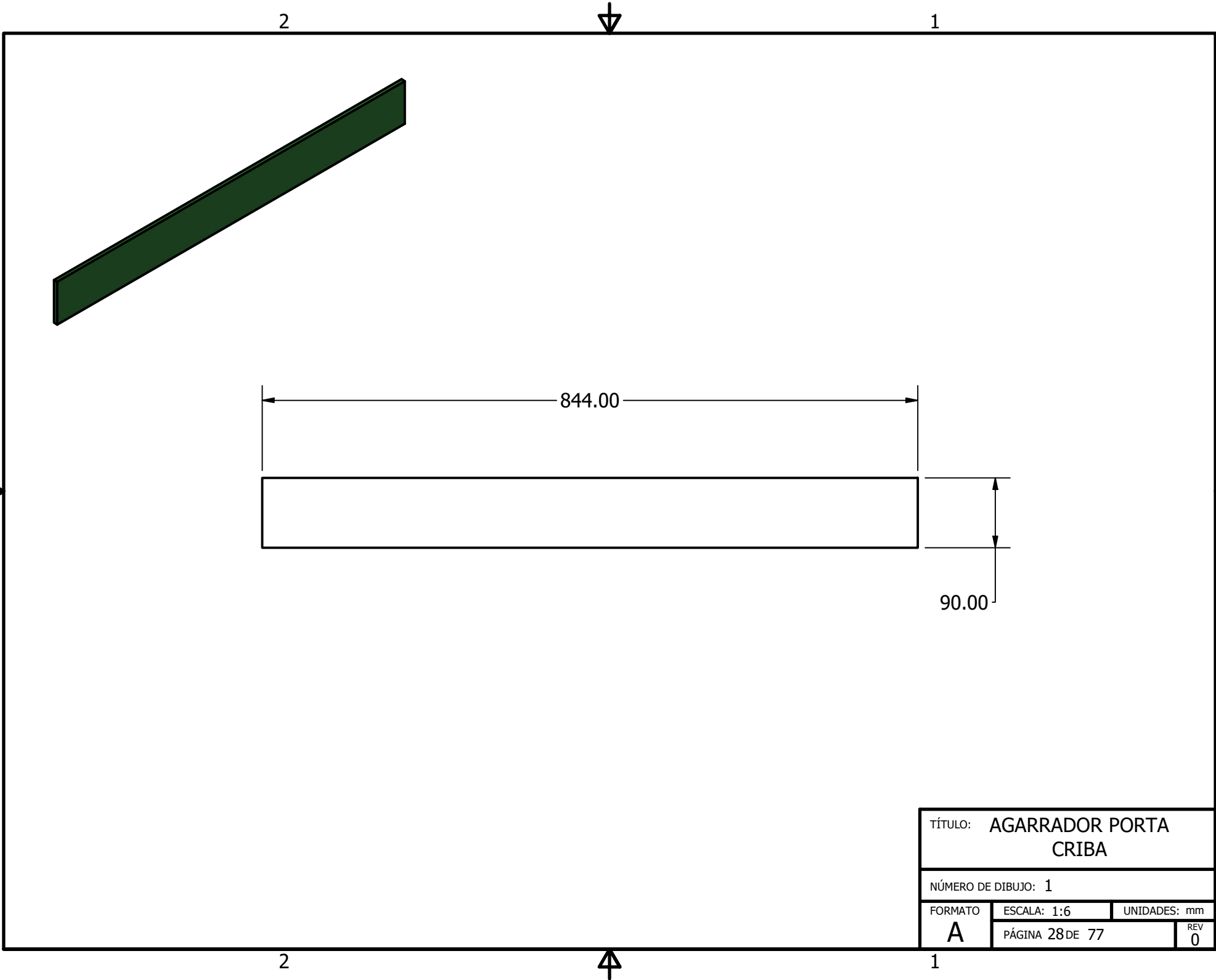
TÍTULO: PARED FRONTAL
PORTA CRIBA

NÚMERO DE DIBUJO: 1

FORMATO	ESCALA: 1:6	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 26 DE 77	REV 0



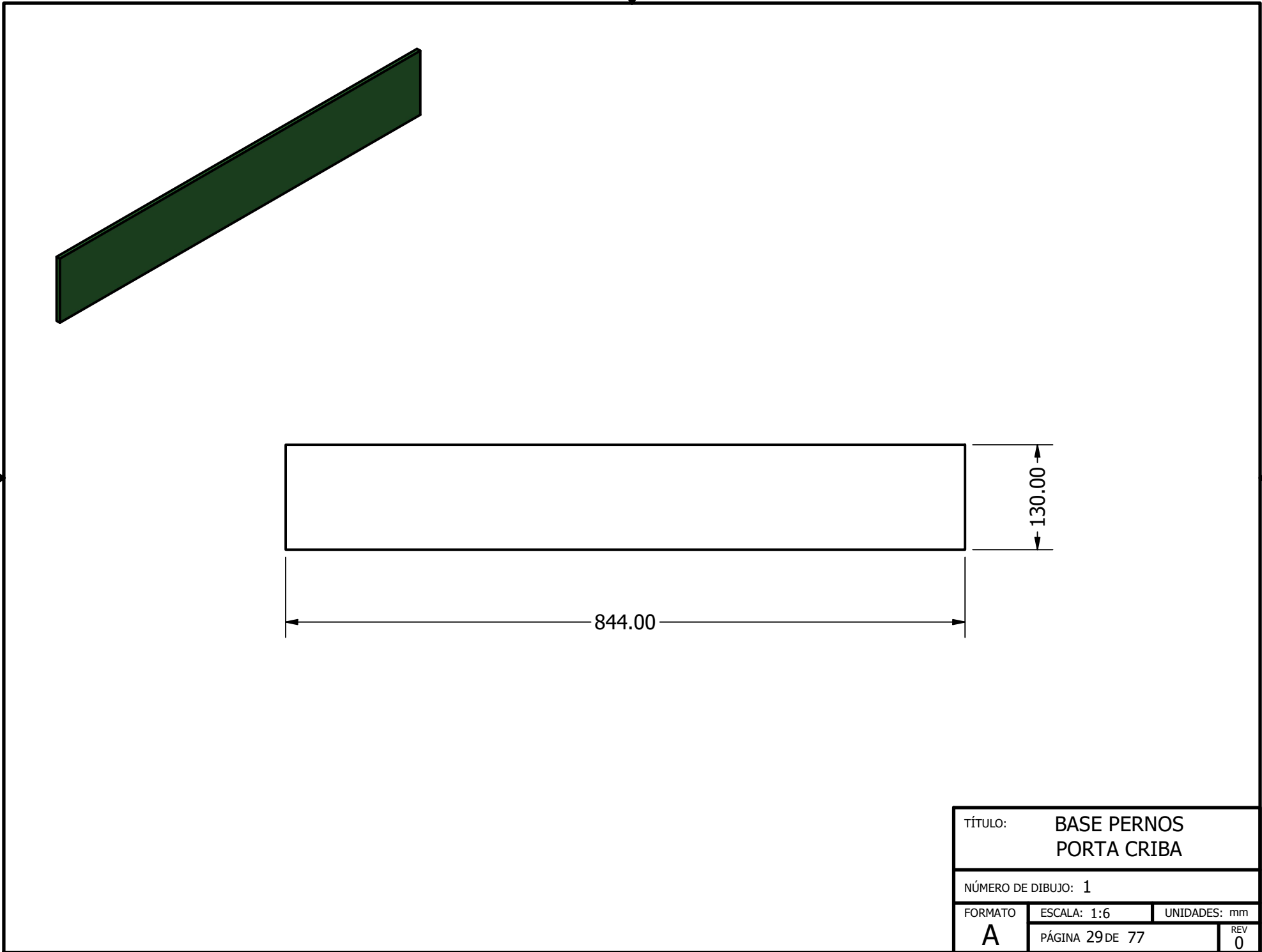
TÍTULO: PARED TRASERA PORTA CRIBA		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:7	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 27 DE 77	REV 0



TÍTULO: AGARRADOR PORTA
CRIBA

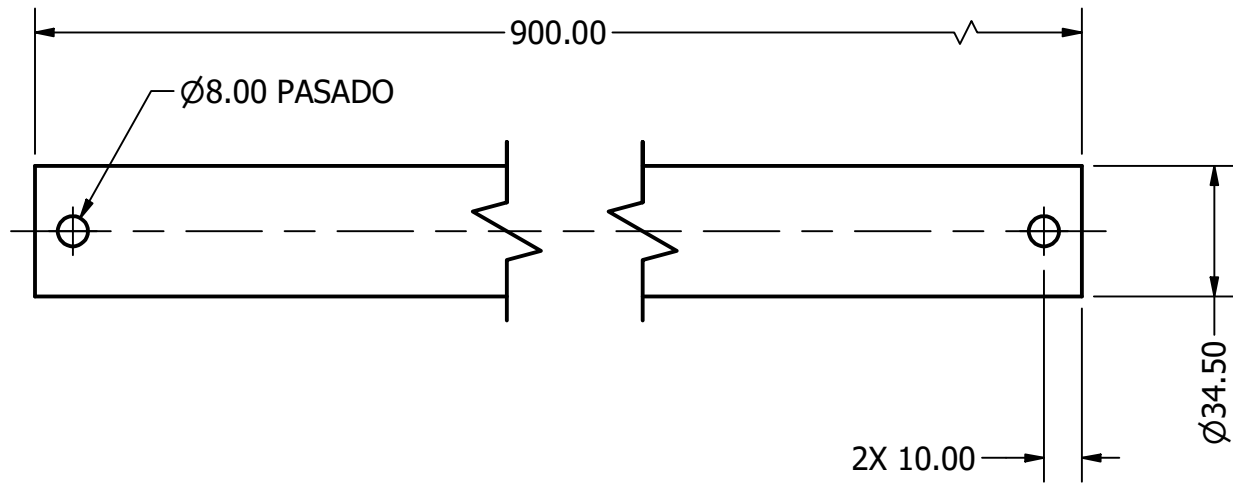
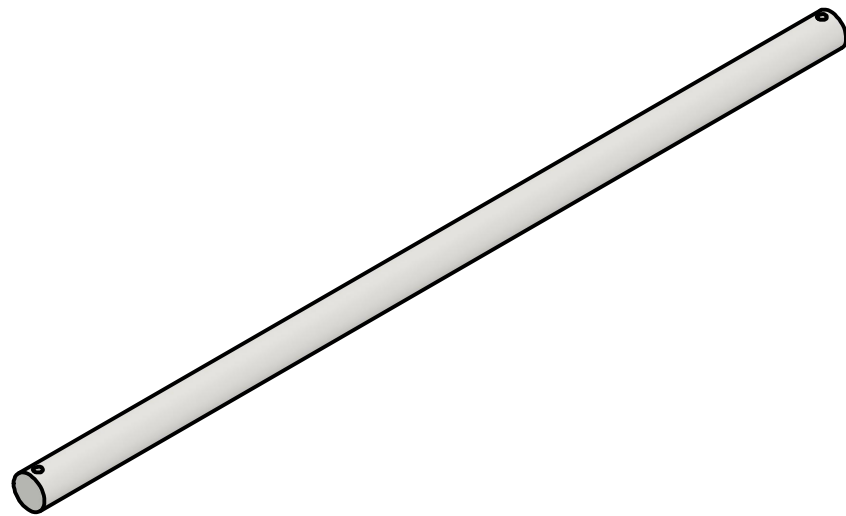
NÚMERO DE DIBUJO: 1

FORMATO	ESCALA: 1:6	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 28 DE 77	REV 0

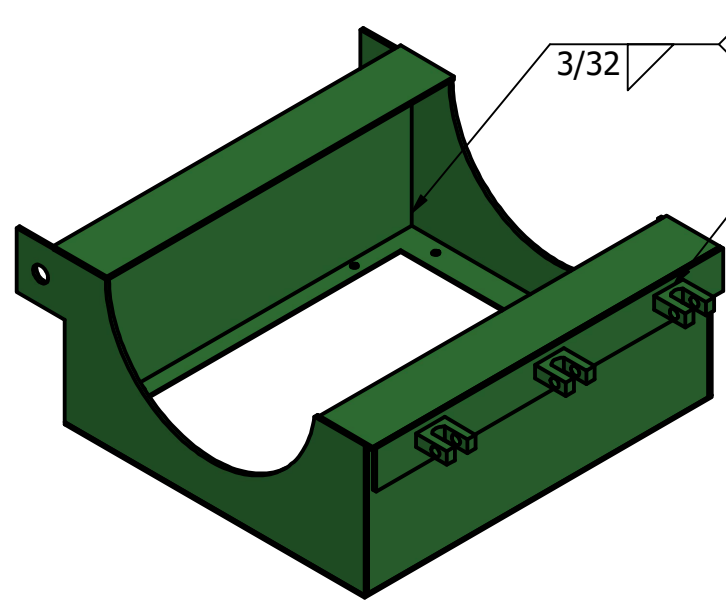


Nota 1: Eje para sostener Porta criba

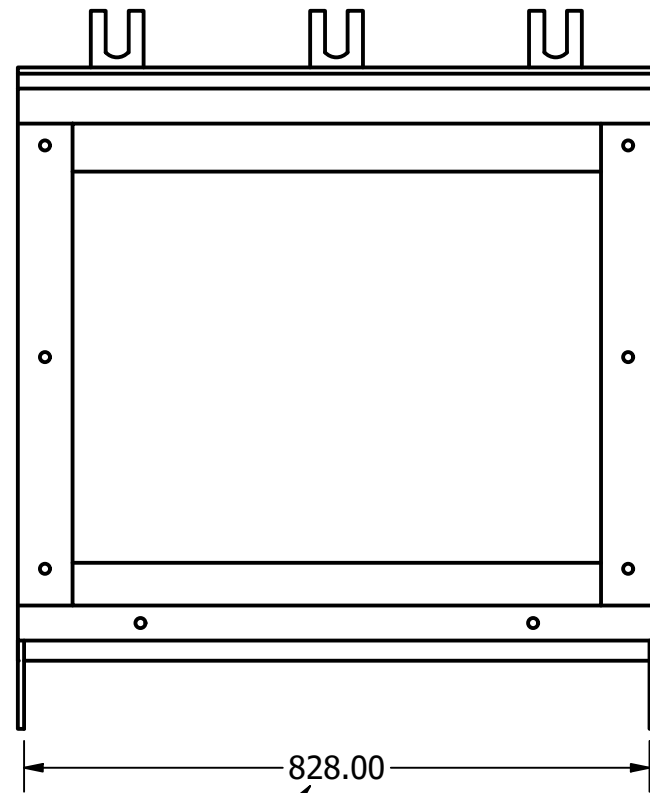
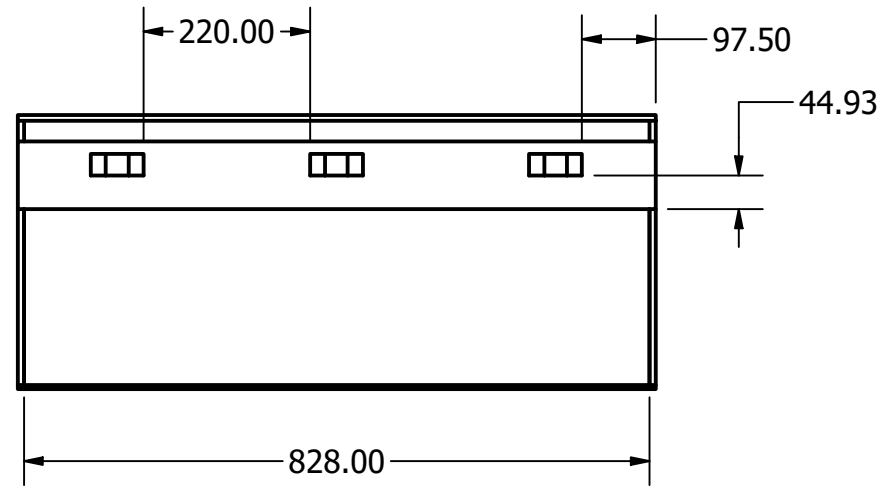
Nota 2: En el agujero del eje se colocarán cuñas para evitar que el eje se pueda salir.



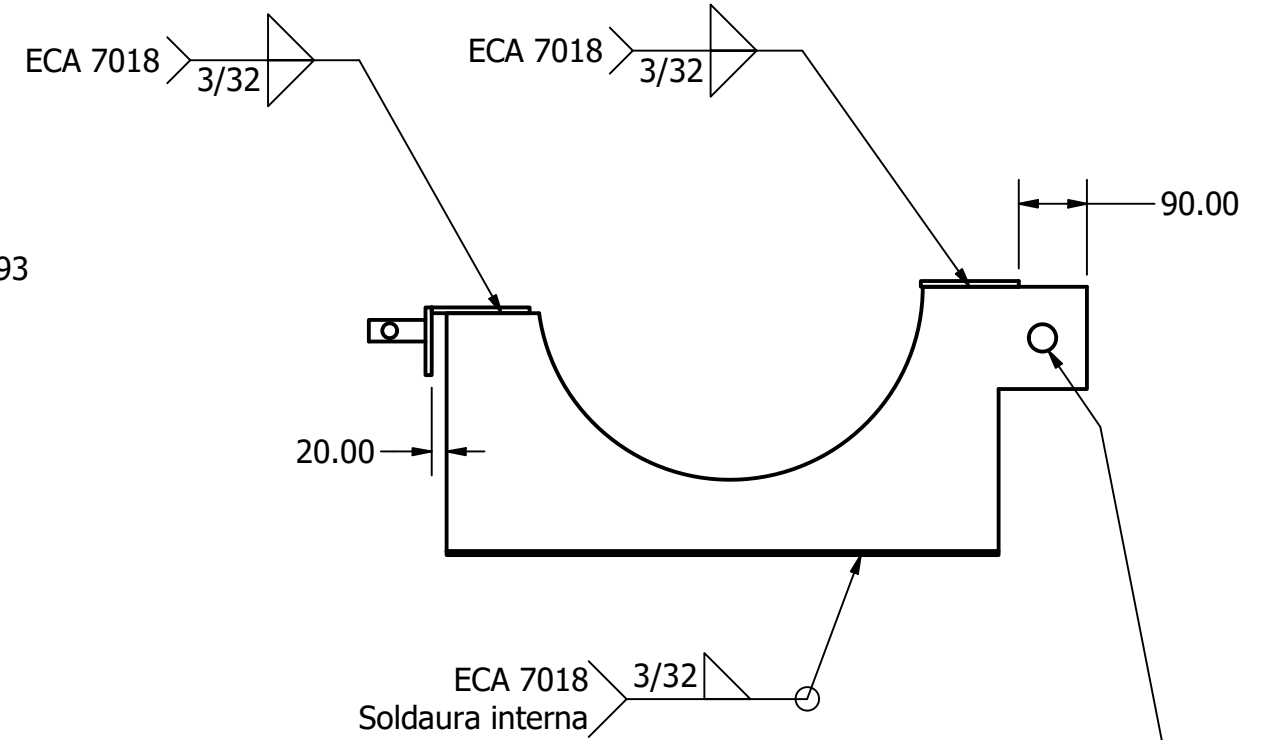
TÍTULO: EJE PORTA CRIBA		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:6	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 30 DE 77	REV 0



Nota 1: La soldadura debe de ir en la parte interna y externa del ensamble.

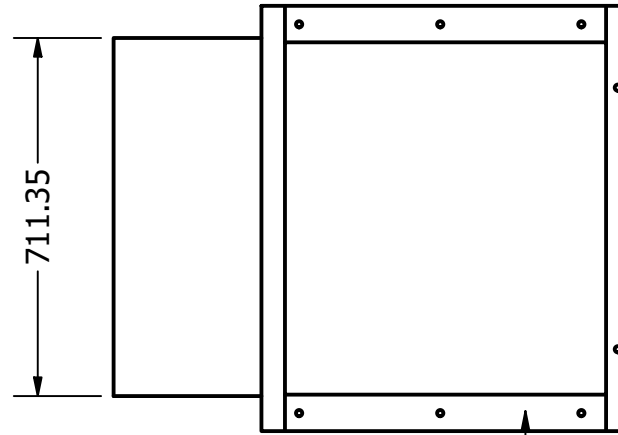
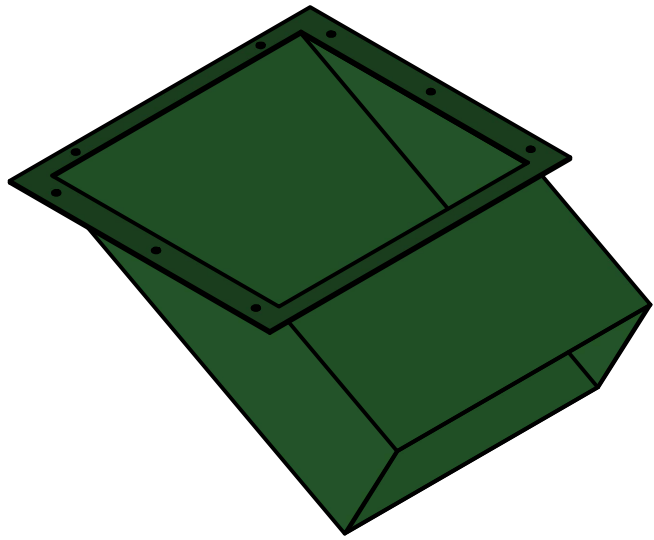


Nota 2: Separación laterales

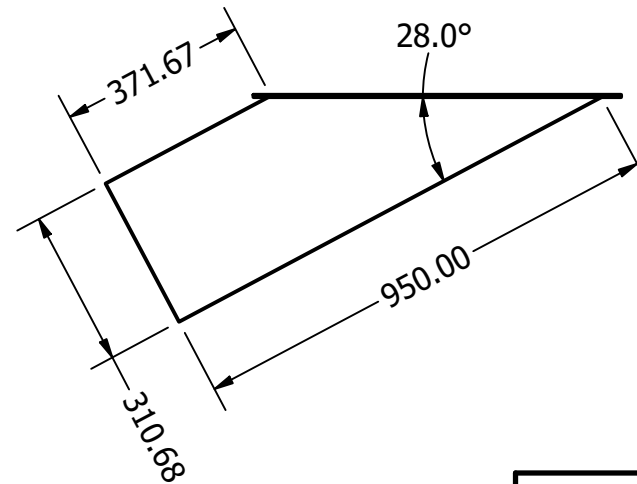


Nota 3: Ensamblar eje porta criba (pág.30), luego ensamblarlo en agujero de orejas de las paredes laterales de la caja de cuchillas (pág.11), y pueda tener un movimiento rotatorio.

TÍTULO: ENSAMBLE PORTA CRIBA		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO: B	ESCALA: 1:11	UNIDADES: mm
	PÁGINA 31 DE 77	REV 0



Nota 1: Marco dimensionado en página 25.



Nota 2: Las láminas de la Tolva de extracción son de 1/8 pulg de Acero ASTM A36 (Acero negro)

Nota 3: Todas las láminas se unirán con soldadura externa con electrodos ECA7018 de 3/32 pulg.

Nota 4: Todos las láminas de la tolva de extracción se les debe aplicar pintura anticorrosiva color verde.

TÍTULO: TOLVA DE EXTRACCIÓN		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:15	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 32 DE 77	REV 0

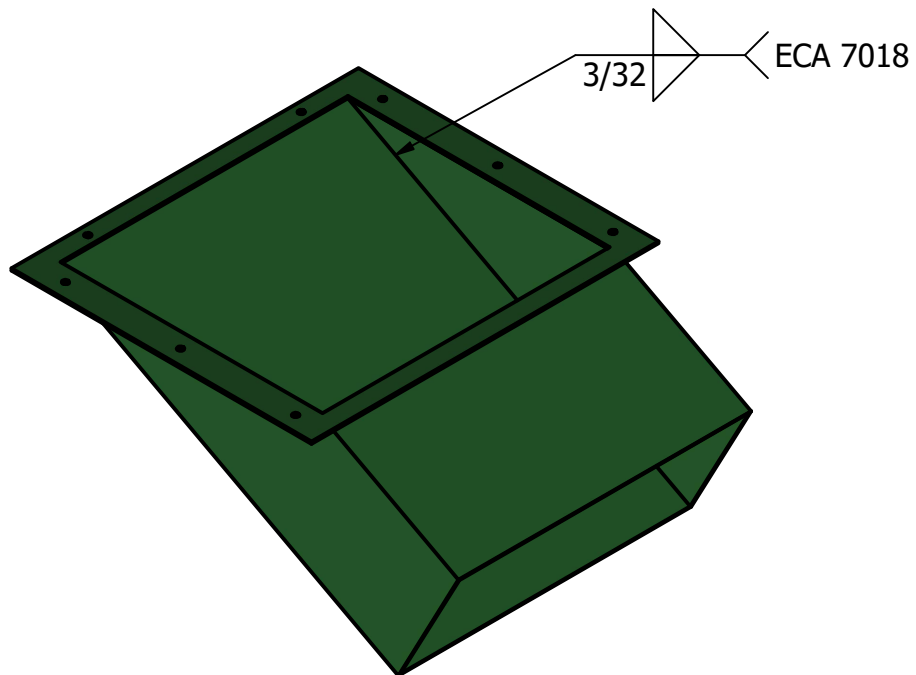
2

1

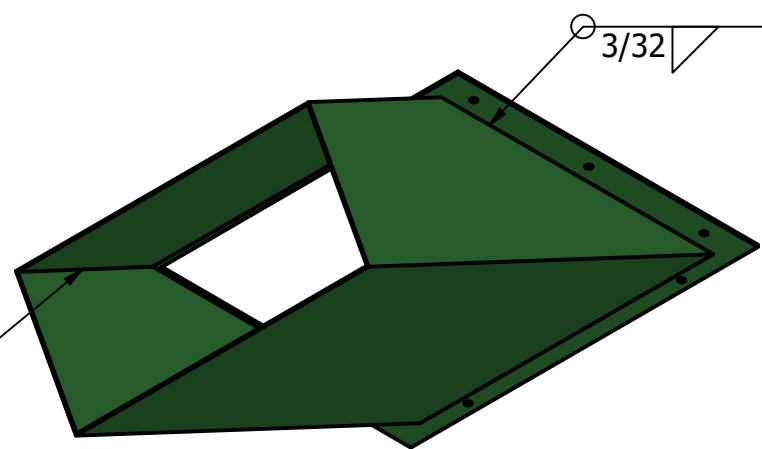


B

B



3/32 ECA 7018



ECA 7018 3/32

A

A

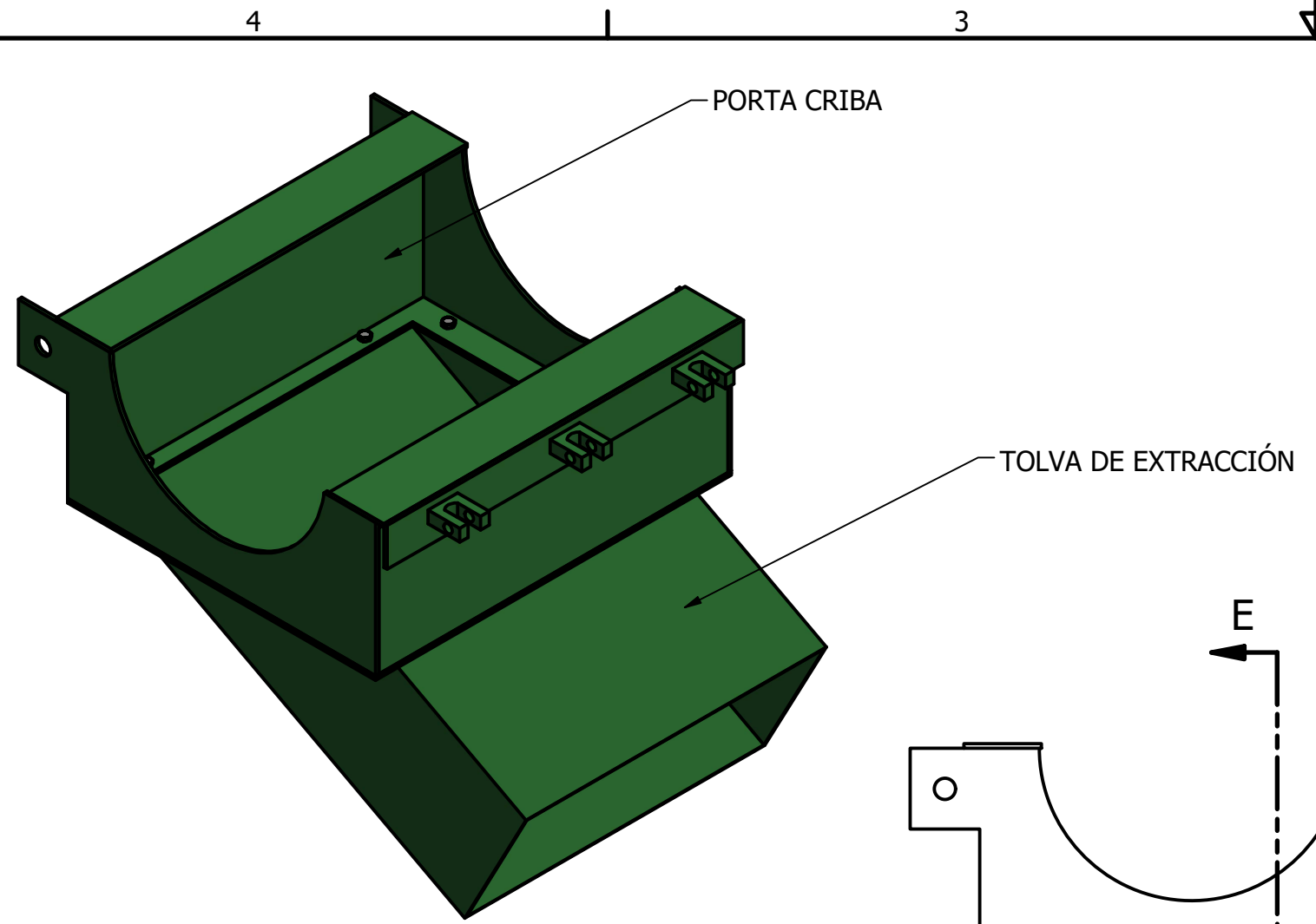
Nota 1: La soldadura de la carcasa de la tolva debe ir en la parte interna, mientras que el marco se soldará en la parte trasera de este.

TÍTULO: SOLDADURA TOLVA DE EXTRACCIÓN		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:13	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 33 DE 77	REV 0

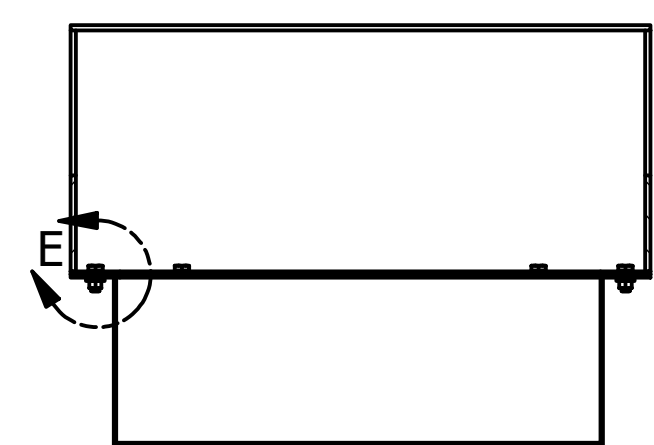
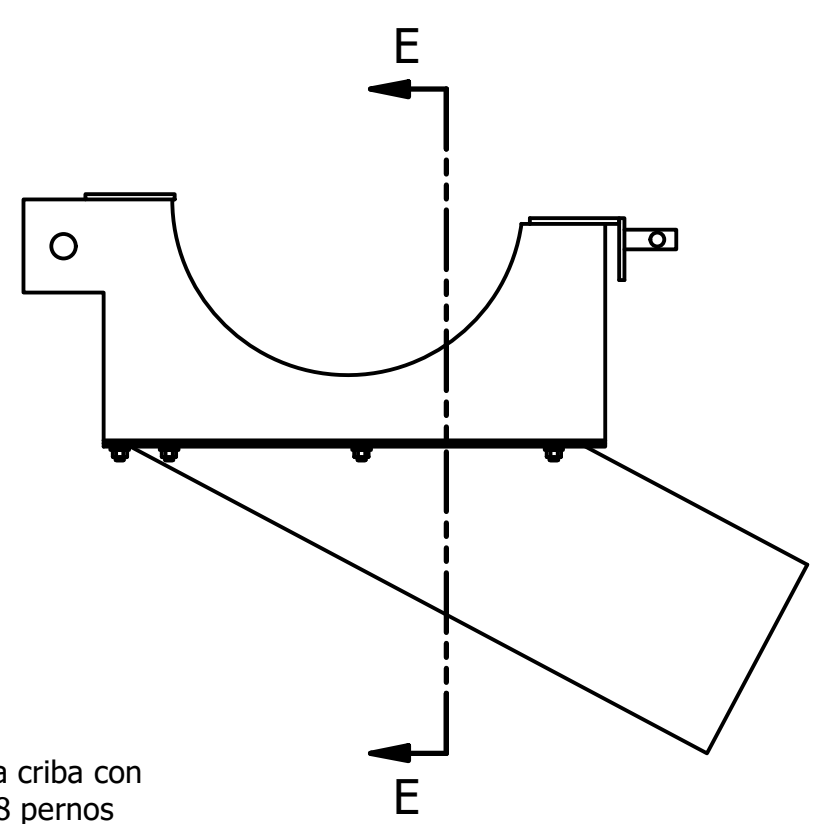
2

1

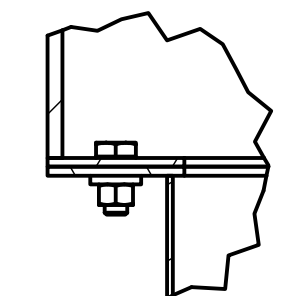




LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
3	1	PORTA CRIBA	Diseñada pág.23
2	1	TOLVA DE EXTRACCIÓN	Diseñada pág.32
32	8	M12, Long.30 Grado 8.8	Pernos de cabeza hexagonal. Media rosca Galvanizado Paso grueso
33	8	Arandela	Arandela biselada redonda - Métrico
34	8	Tuerca hexagonal	Tuercas hexagonales métricas para pero M12



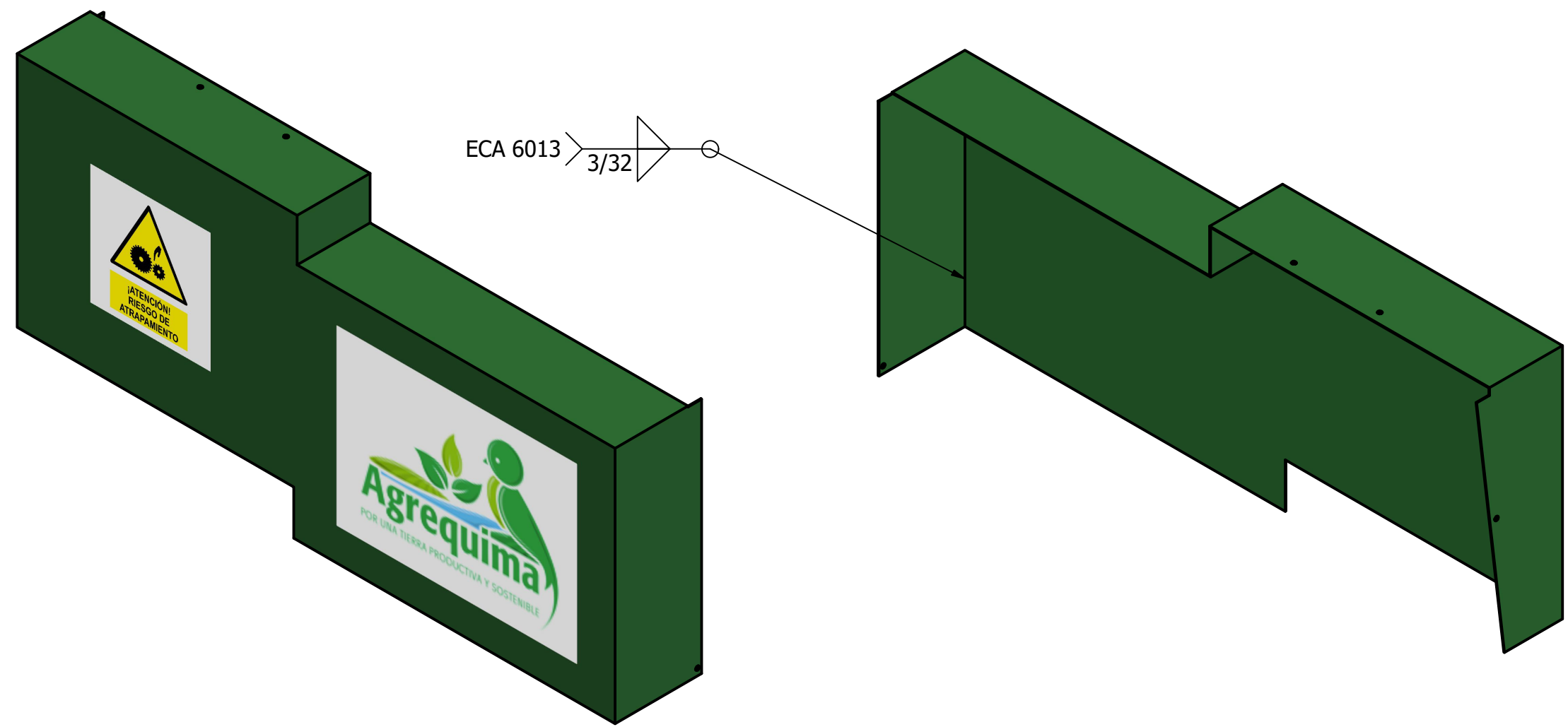
SECCIÓN E-E
ESCALA 1 : 11



DETALLE E
ESCALA 1 : 4

Nota 1: Para poder ensamblar el porta criba con la tolva de extracción, se deben usar 8 pernos M12 de long. 30 mm en los agujeros del marco de la tolva de extracción, con una arandela en la parte final y una tuerca, como se observa en el detalle E.

TÍTULO: ENSAMBLE PORTA CRIBA Y TOLVA EXTRACCIÓN		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:11	UNIDADES: mm
B	PÁGINA 34 DE 77	REV 0



Nota 1: El espesor de las láminas es de 3/16 pulg.

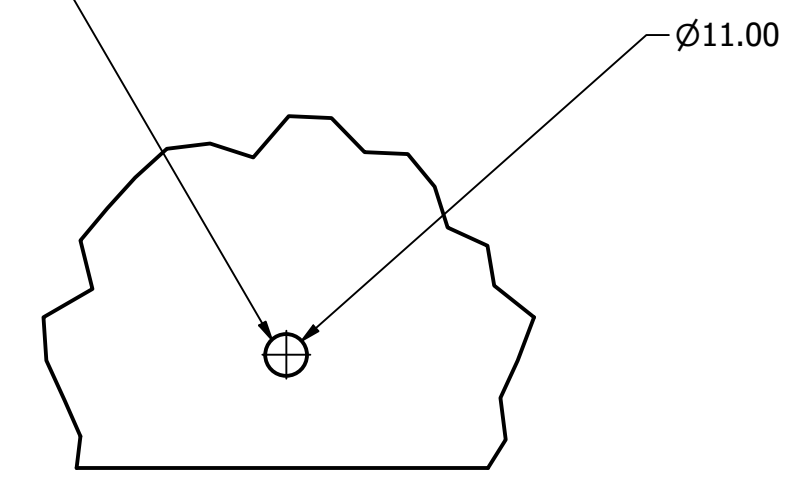
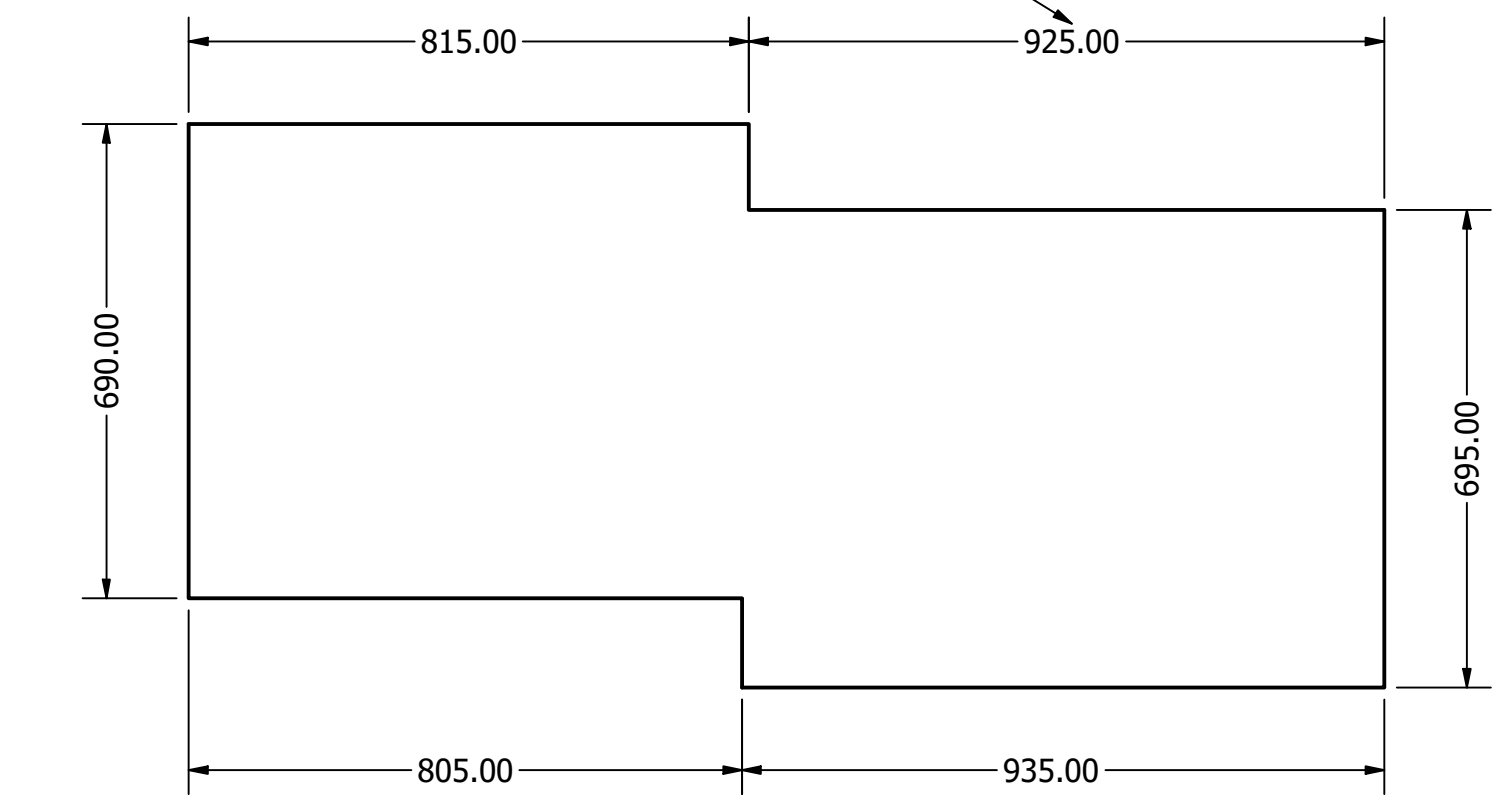
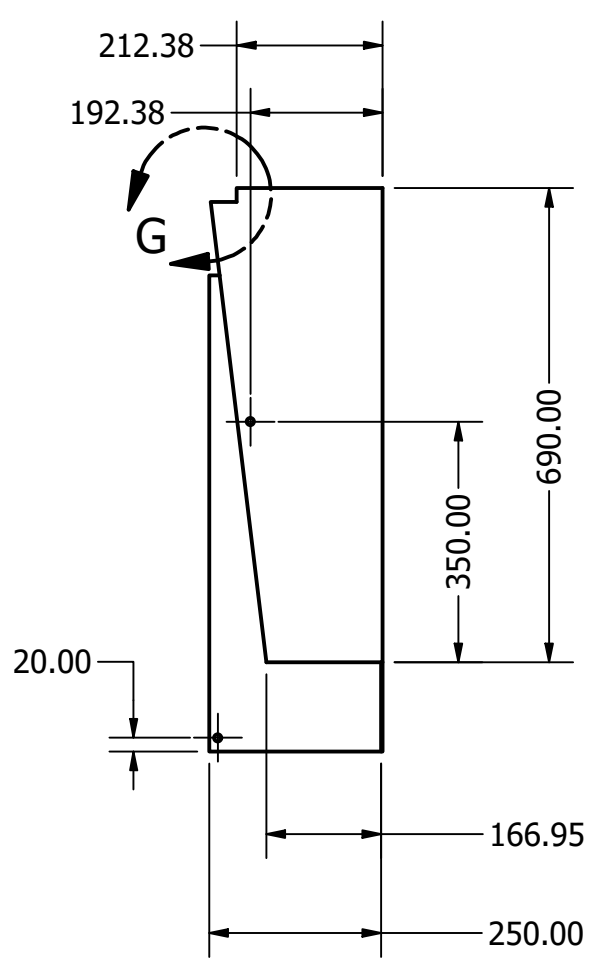
Nota 2: La manufactura de la guarda es cortando con una cortadora plasma cada lámina y unirlos con soldadura.

Nota 3: El largo de la guarda puede ser mayor dependiendo el tamaño del motor. Ya que la idea principal de esta, es cubrir el volante y el motor.

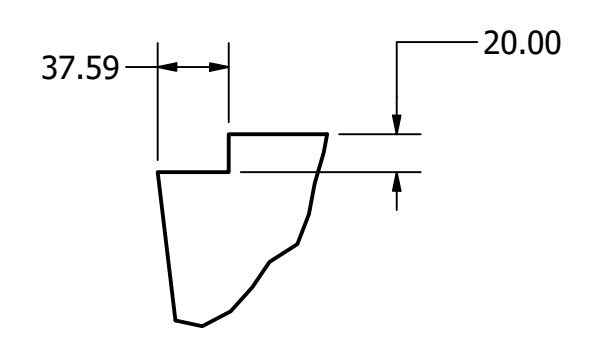
Nota 4: Se le debe aplicar pintura anticorrosiva color verde a todas las láminas de este elemento.

Nota 5: Agujeros para tornillos M10.

Nota 6: Sujeta a cambios dependiendo del motor.

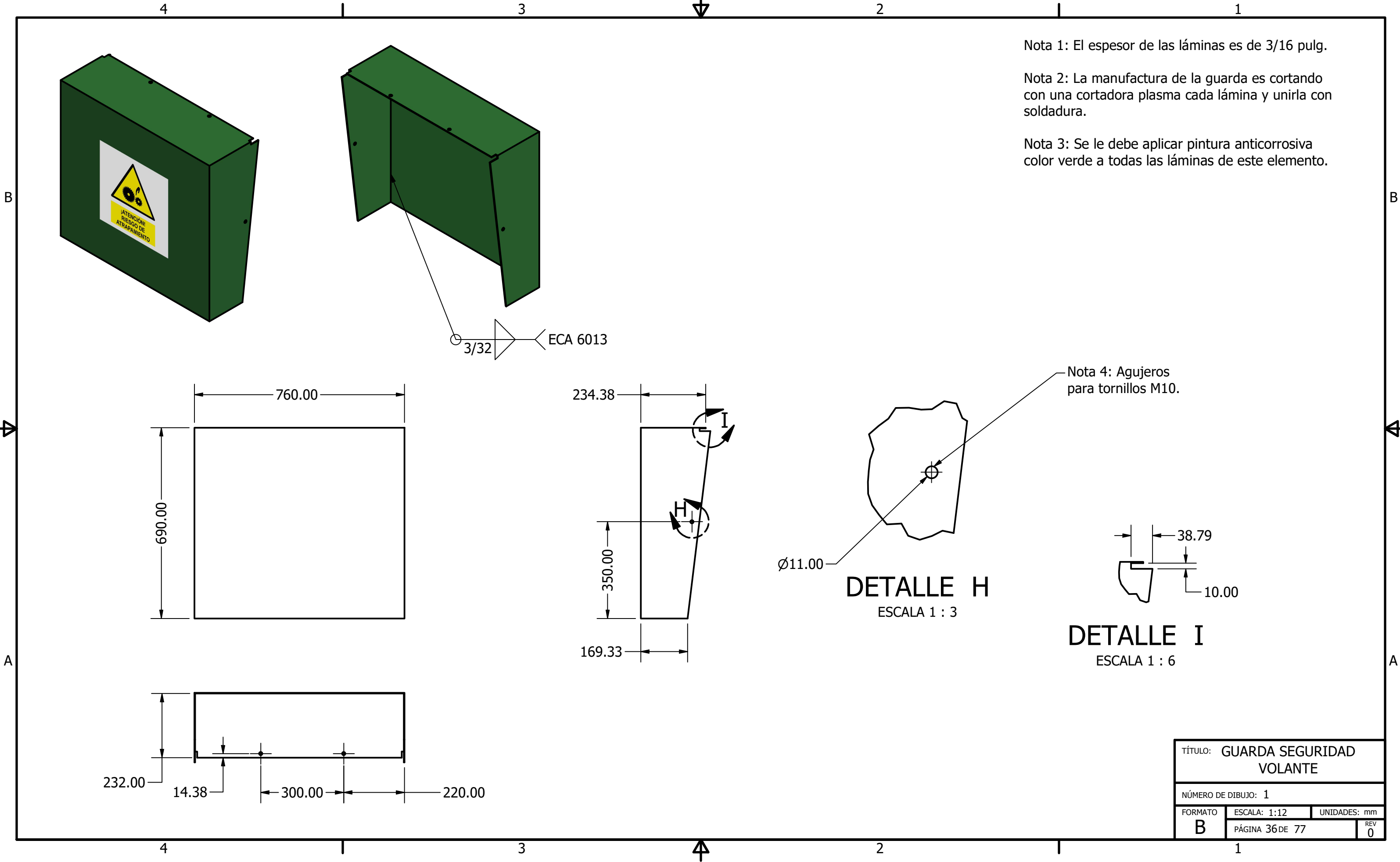


DETALLE F
ESCALA 1 : 2



DETALLE G
ESCALA 1 : 4

TÍTULO: GUARDA SEGURIDAD MOTOR + VOLANTE		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO: C	ESCALA: 1:11	UNIDADES: mm
PÁGINA 35 DE 77		REV 0



Nota 1: El espesor de las láminas es de 3/16 pulg.

Nota 2: La manufactura de la guarda es cortando con una cortadora plasma cada lámina y unirla con soldadura.

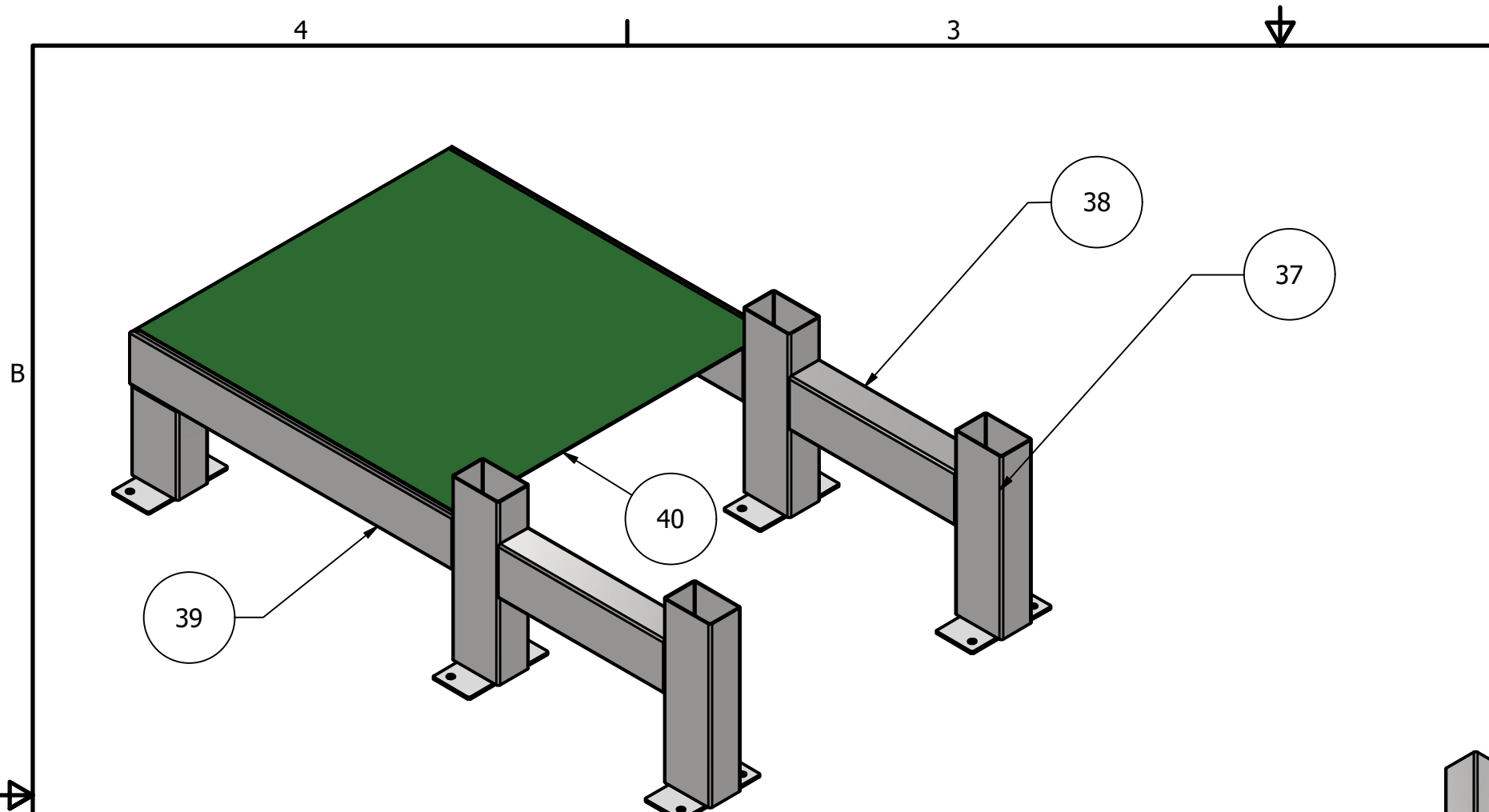
Nota 3: Se le debe aplicar pintura anticorrosiva color verde a todas las láminas de este elemento.

Nota 4: Agujeros para tornillos M10.

DETALLE H
ESCALA 1 : 3

DETALLE I
ESCALA 1 : 6

TÍTULO: GUARDA SEGURIDAD VOLANTE		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:12	UNIDADES: mm
B	PÁGINA 36 DE 77	REV 0

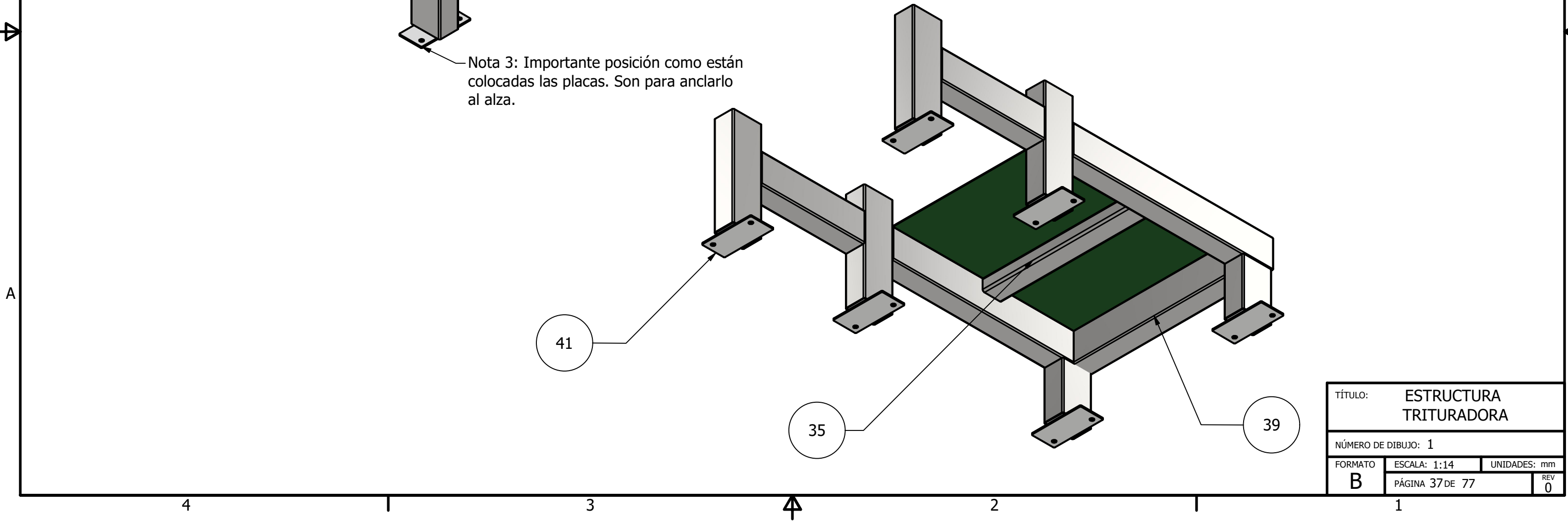


LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
35	1	AISC HSS - 4 x 2 1/2 x 3/16 - 33.52	Tubo rectangular, Acero ASTM A500 Grado A
36	2	AISC HSS - 6 x 4 x 1/8 - 9.866	Tubo rectangular, Acero ASTM A500 Grado A
37	4	AISC HSS - 6 x 4 x 1/8 - 20.472	Tubo rectangular, Acero ASTM A500 Grado A
38	2	AISC HSS - 6 x 4 x 1/8 - 21.315	Tubo rectangular, Acero ASTM A500 Grado A
39	3	AISC HSS - 6 x 4 x 1/8 - 41.52	Tubo rectangular, Acero ASTM A500 Grado A
40	1	PLACA SOPORTE	Lámina ASTM A36, Espesor 1/8 pulg
41	6	BASE ESTRUCTURA	Lámina ASTM A36, Espesor 1/4 pulg

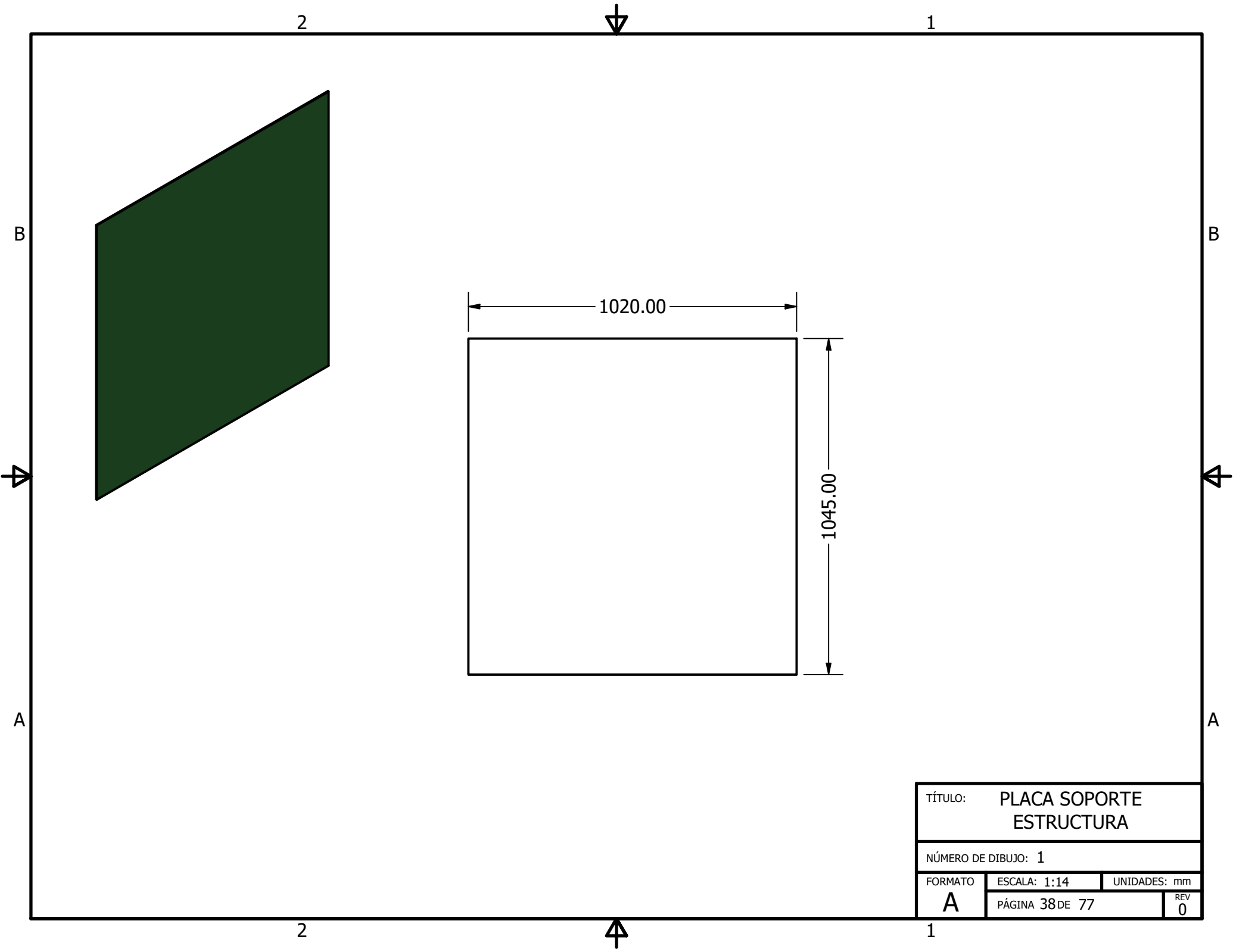
Nota 1: Los perfiles pueden ser cortados con una cortadora plasma.

Nota 2: Aplicar pintura anticorrosiva color verde a la estuctura.

Nota 3: Importante posición como están colocadas las placas. Son para anclarlo al alza.



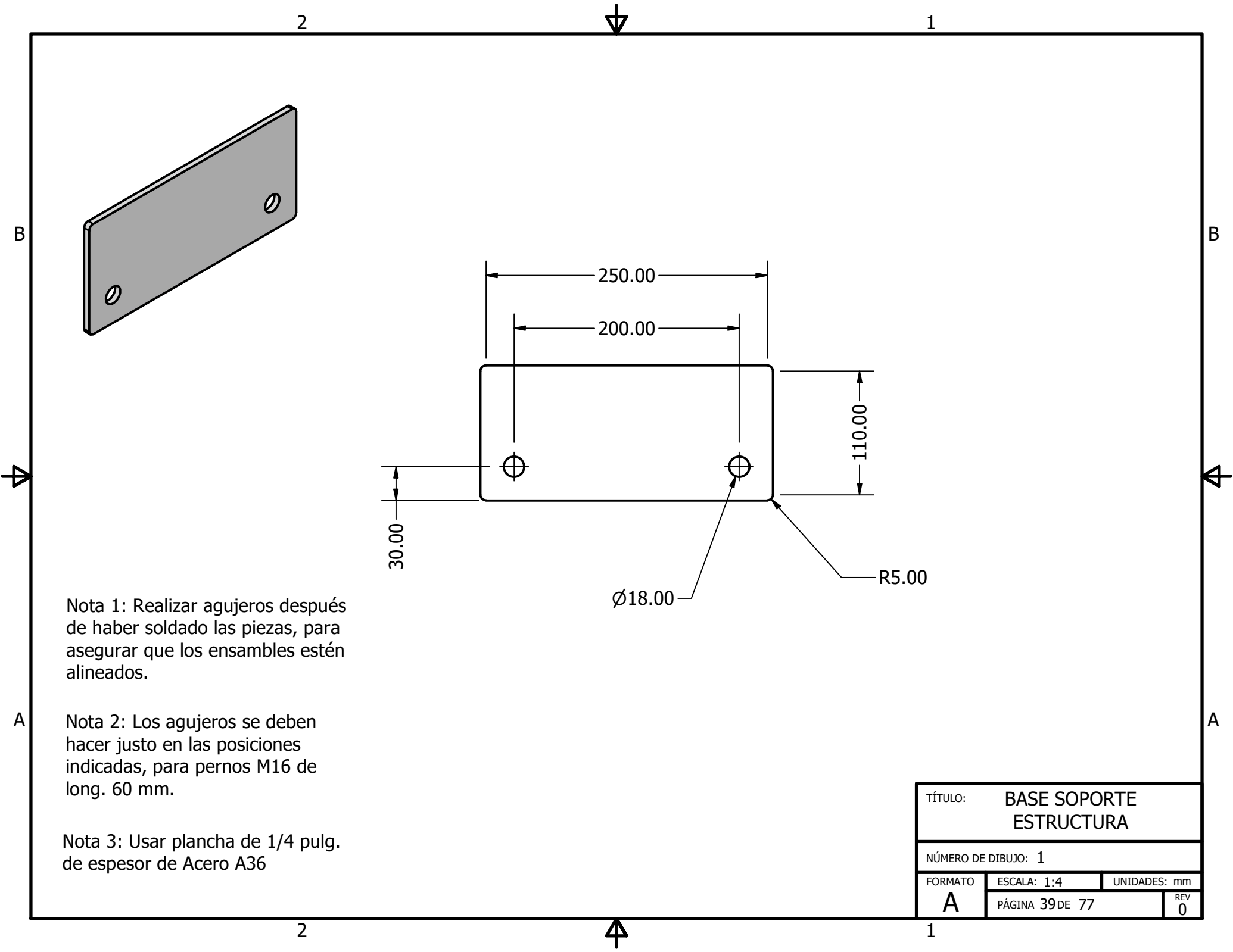
TÍTULO: ESTRUCTURA TRITURADORA		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:14	UNIDADES: mm
B	PÁGINA 37 DE 77	REV 0

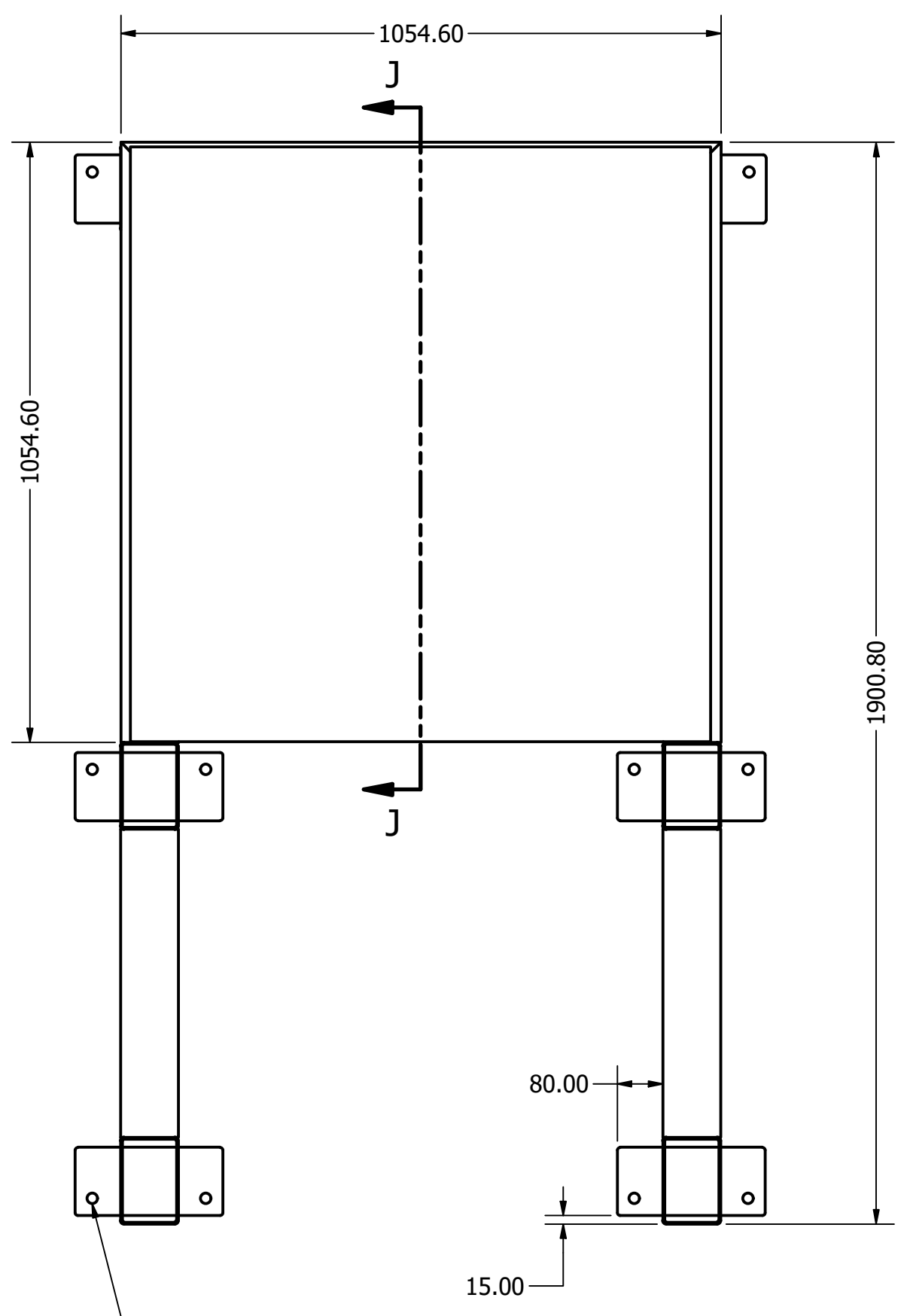


TÍTULO: PLACA SOPORTE ESTRUCTURA

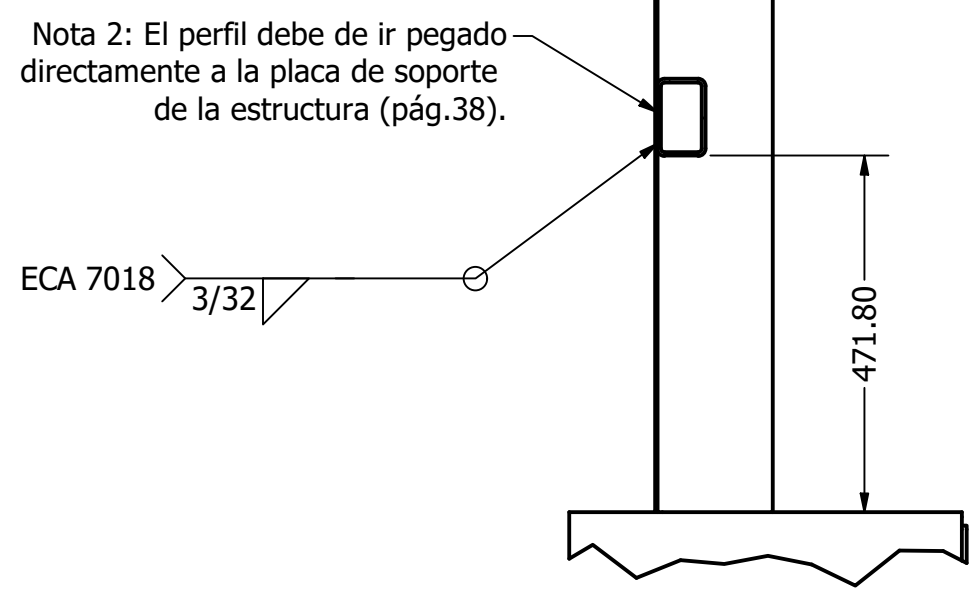
NÚMERO DE DIBUJO: 1

FORMATO	ESCALA: 1:14	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 38 DE 77	REV 0

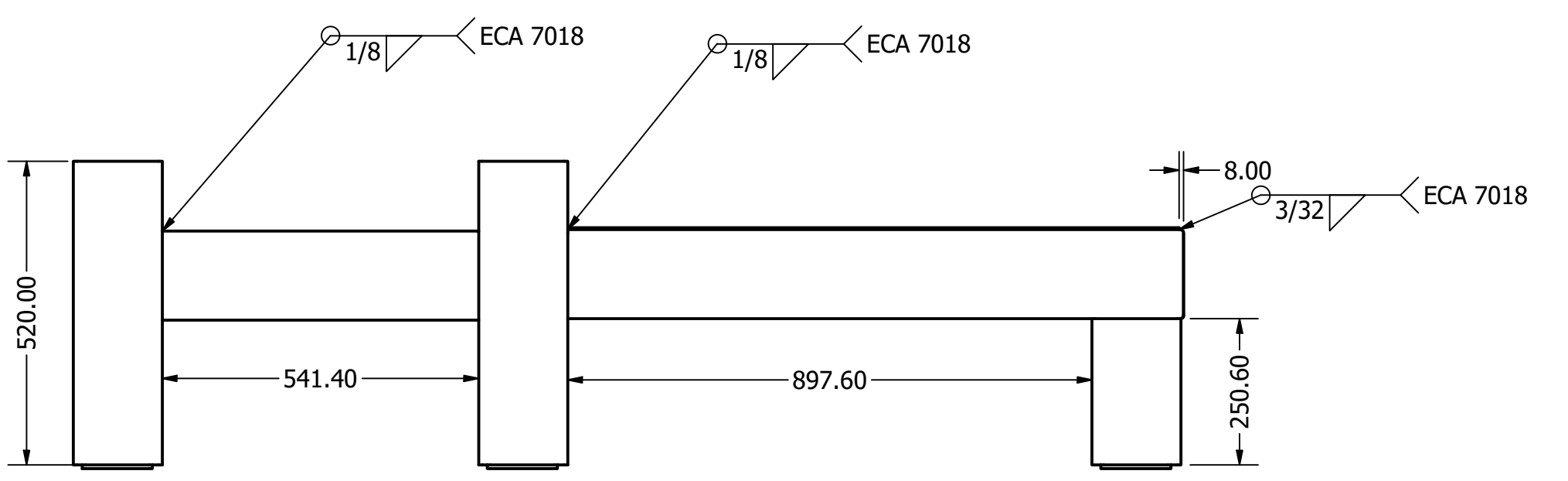
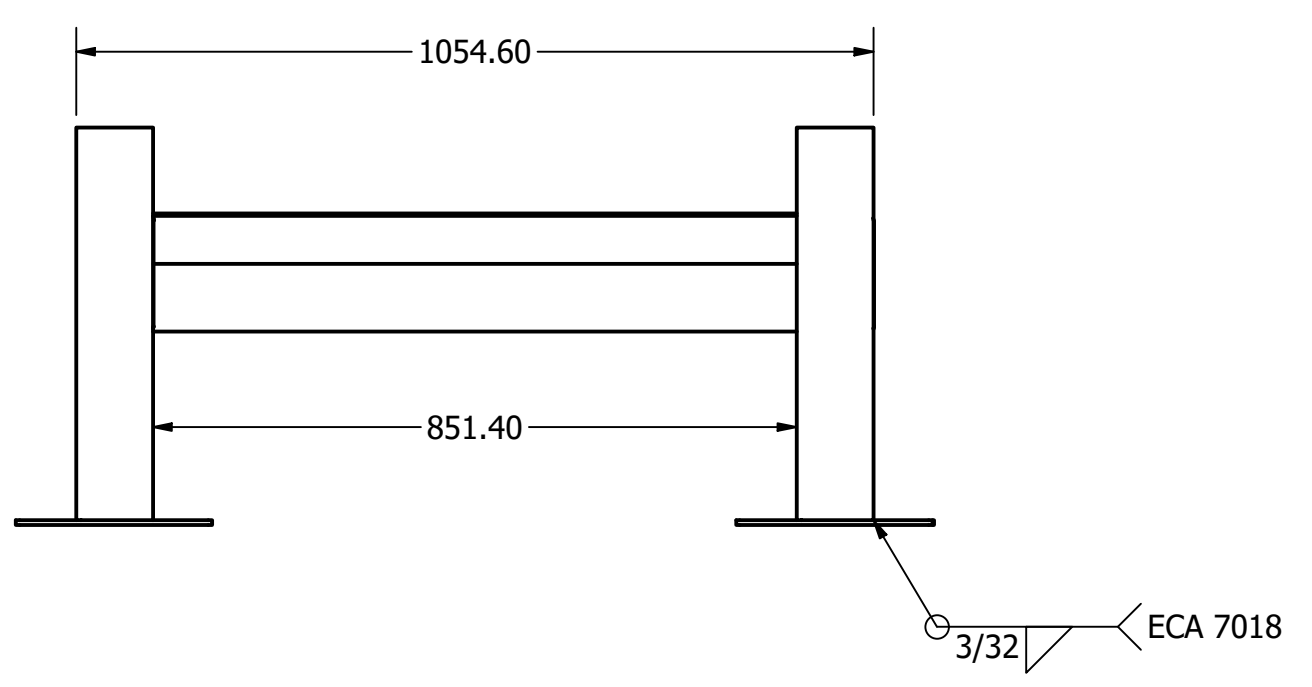




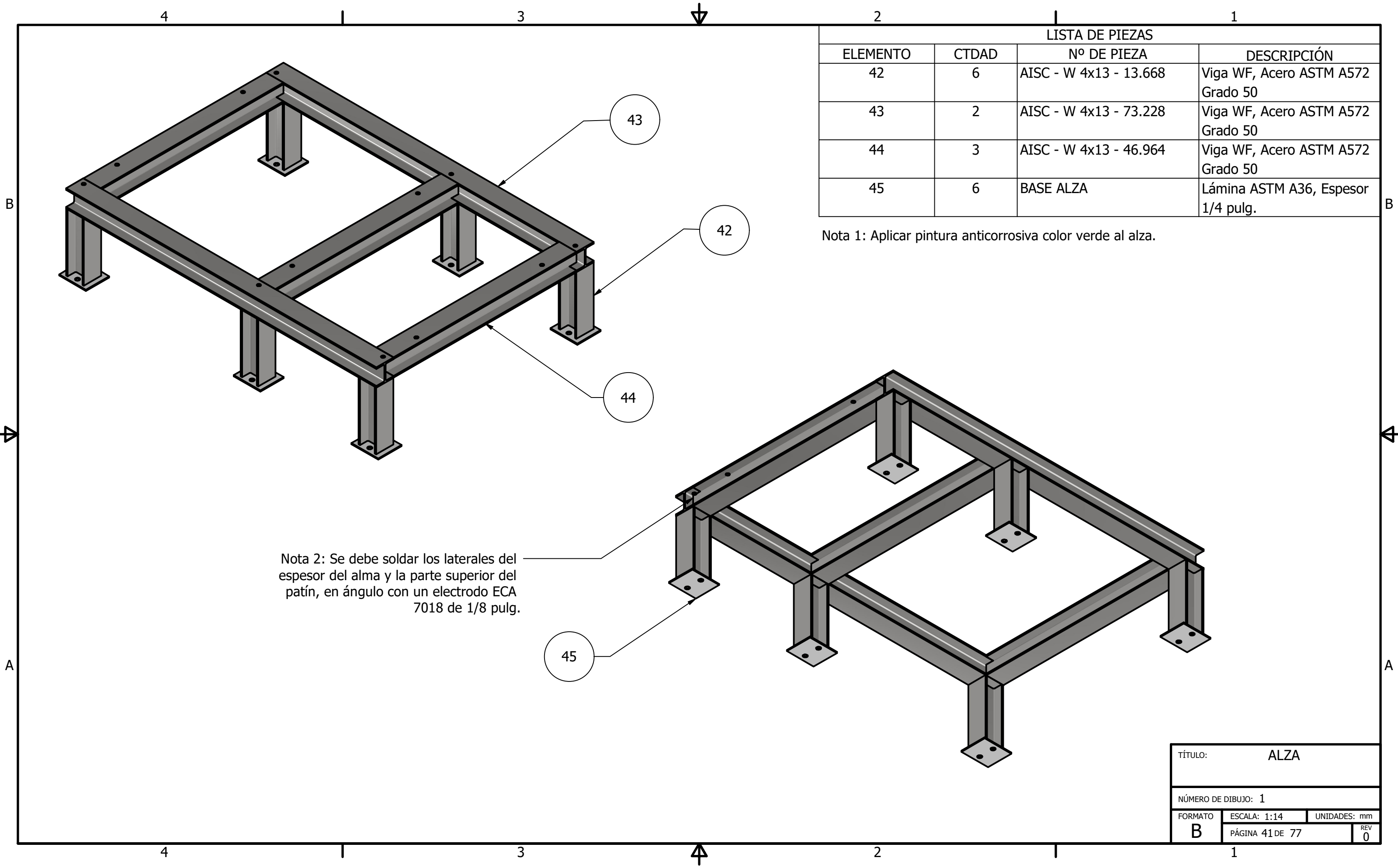
Nota 1: Los soportes de la base deben ir justo en esa posición por la ubicación donde serán colocados los pernos y queden justo en los agujeros del Alza (ver pág.41). Verificar Nota 1 de página 39.



SECCIÓN J-J
ESCALA 1 : 10



TÍTULO: DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA SOPORTE		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO: C	ESCALA: 1:10	UNIDADES: mm
PÁGINA 40 DE 77		REV 0

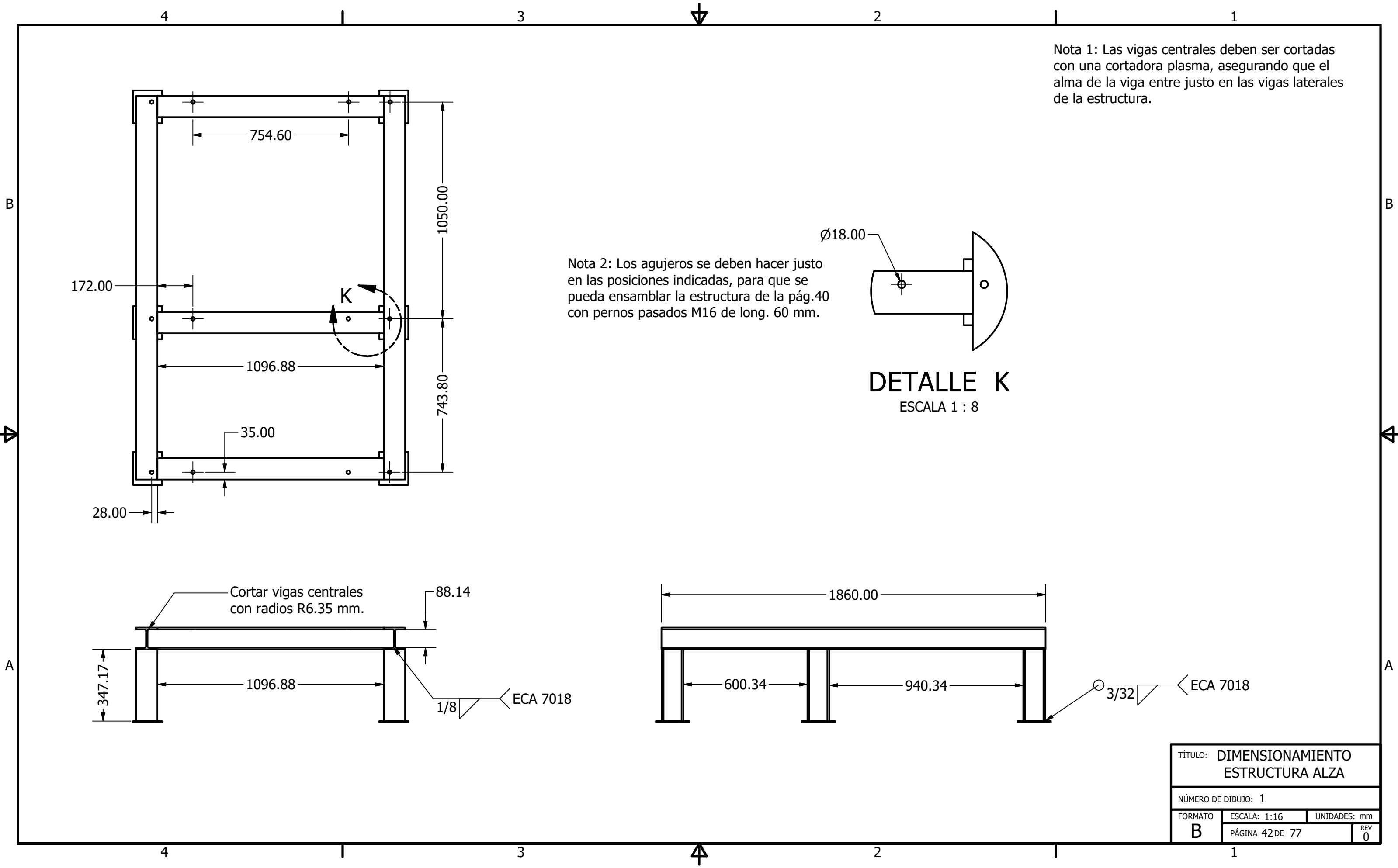


LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
42	6	AISC - W 4x13 - 13.668	Viga WF, Acero ASTM A572 Grado 50
43	2	AISC - W 4x13 - 73.228	Viga WF, Acero ASTM A572 Grado 50
44	3	AISC - W 4x13 - 46.964	Viga WF, Acero ASTM A572 Grado 50
45	6	BASE ALZA	Lámina ASTM A36, Espesor 1/4 pulg.

Nota 1: Aplicar pintura anticorrosiva color verde al alza.

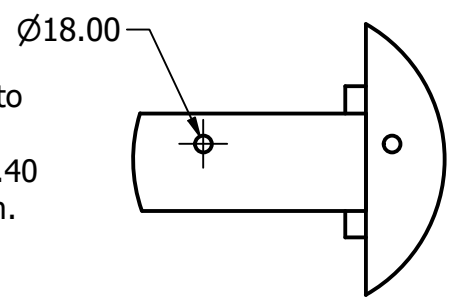
Nota 2: Se debe soldar los laterales del espesor del alma y la parte superior del patín, en ángulo con un electrodo ECA 7018 de 1/8 pulg.

TÍTULO: ALZA		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO: B	ESCALA: 1:14	UNIDADES: mm
	PÁGINA 41 DE 77	REV 0



Nota 1: Las vigas centrales deben ser cortadas con una cortadora plasma, asegurando que el alma de la viga entre justo en las vigas laterales de la estructura.

Nota 2: Los agujeros se deben hacer justo en las posiciones indicadas, para que se pueda ensamblar la estructura de la pág.40 con pernos pasados M16 de long. 60 mm.



DETALLE K
ESCALA 1 : 8

Cortar vigas centrales con radios R6.35 mm.

88.14

1096.88

347.17

1/8

ECA 7018

1860.00

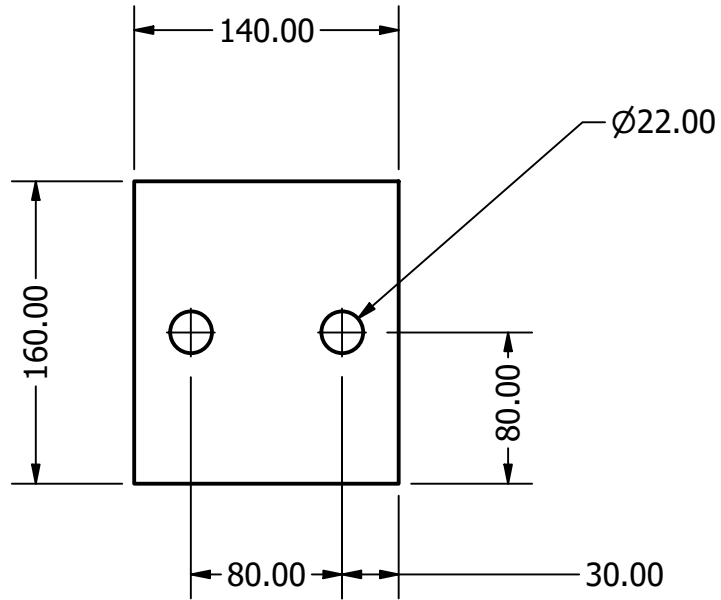
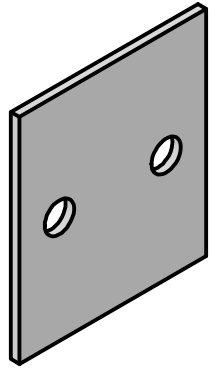
600.34

940.34

3/32

ECA 7018

TÍTULO: DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURA ALZA		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:16	UNIDADES: mm
B	PÁGINA 42 DE 77	REV 0



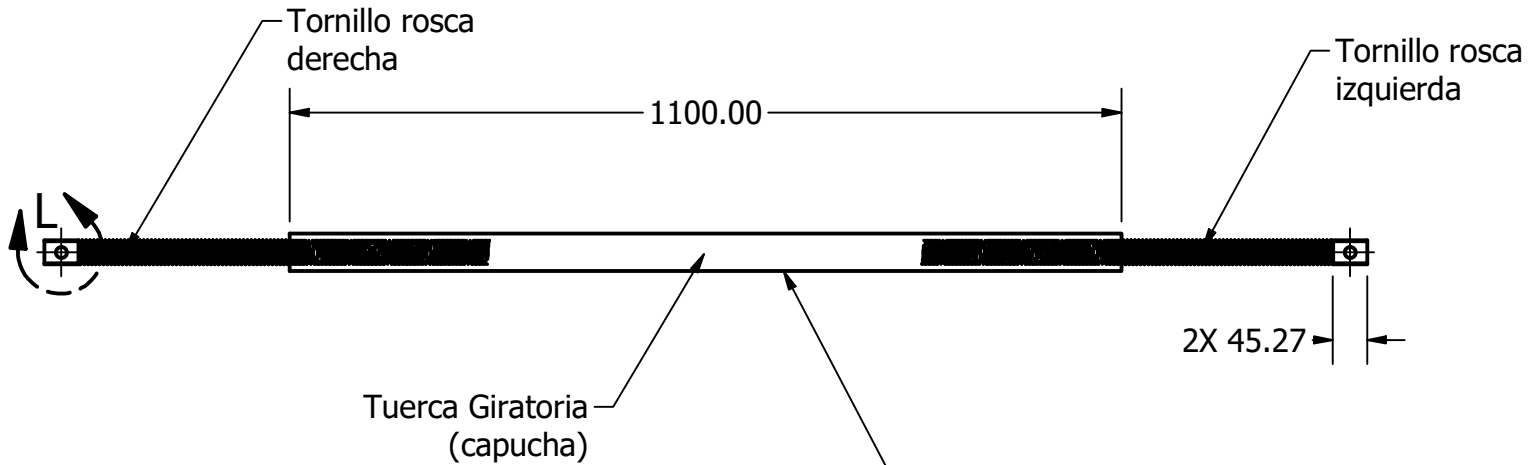
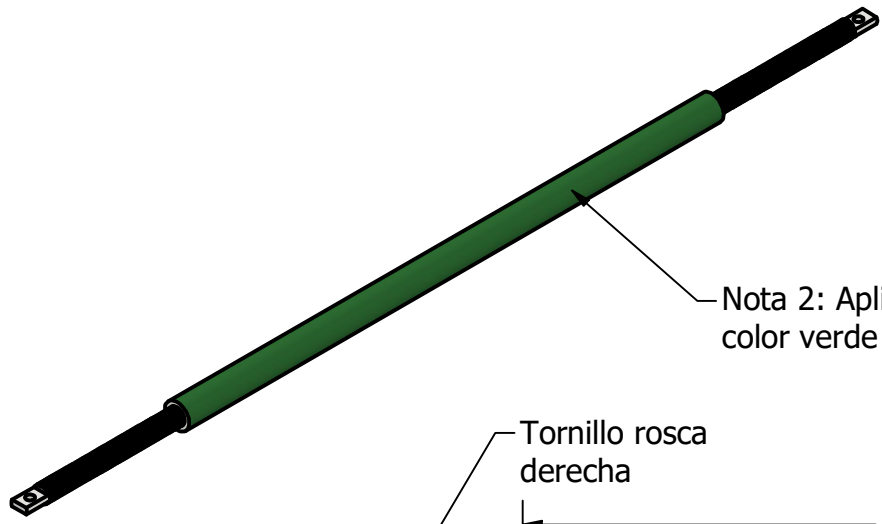
Nota 1: Los agujeros se deben hacer justo en las posiciones indicadas, para pernos M22 de concreto de long.60 mm.

Nota 2: Usar plancha de 1/4 pulg. de espesor de Acero A36

TÍTULO:		BASE ALZA	
NÚMERO DE DIBUJO: 1			
FORMATO	ESCALA: 1:4	UNIDADES: mm	
A	PÁGINA 43 DE 77	REV	0

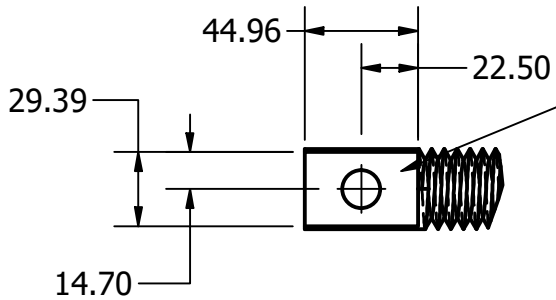
Nota 1: Este plano es una representación como se mira el tornillo de potencia cuando la tolva de entrada está cerrada (ver pág.45).

Nota 2: Aplicar pintura anticorrosiva color verde en la tuerca giratoria.



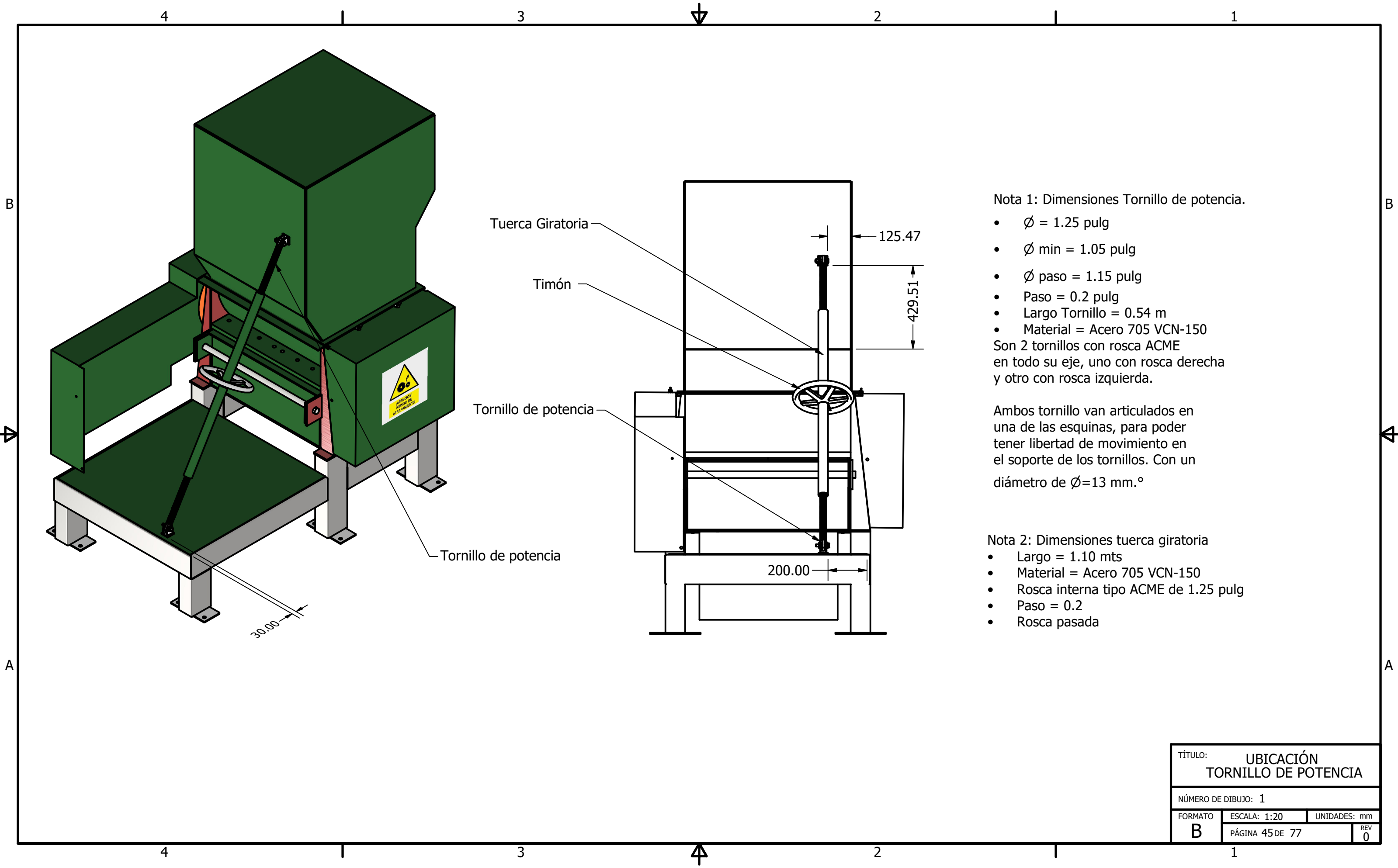
Nota 3: La tuerca debe tener internamente rosca derecha e izquierda para los tornillos.

Nota 4: Solo se debe aplanar por 2 lados.



DETALLE L
ESCALA 1 : 3

TÍTULO: TORNILLO DE POTENCIA		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:10	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 44 DE 77	REV 0



Nota 1: Dimensiones Tornillo de potencia.

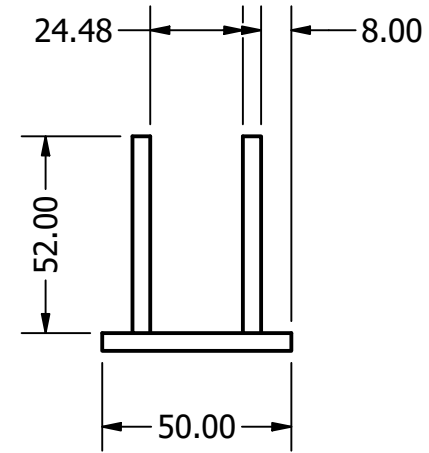
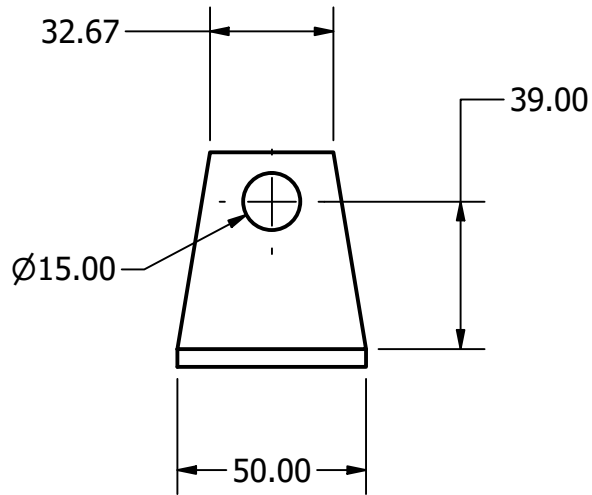
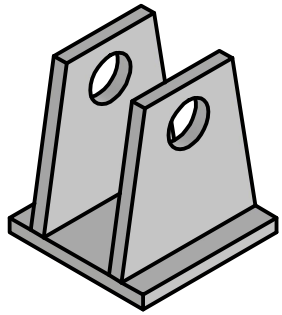
- $\varnothing = 1.25$ pulg
 - $\varnothing \text{ min} = 1.05$ pulg
 - $\varnothing \text{ paso} = 1.15$ pulg
 - Paso = 0.2 pulg
 - Largo Tornillo = 0.54 m
 - Material = Acero 705 VCN-150
- Son 2 tornillos con rosca ACME en todo su eje, uno con rosca derecha y otro con rosca izquierda.

Ambos tornillo van articulados en una de las esquinas, para poder tener libertad de movimiento en el soporte de los tornillos. Con un diámetro de $\varnothing=13$ mm.º

Nota 2: Dimensiones tuerca giratoria

- Largo = 1.10 mts
- Material = Acero 705 VCN-150
- Rosca interna tipo ACME de 1.25 pulg
- Paso = 0.2
- Rosca pasada

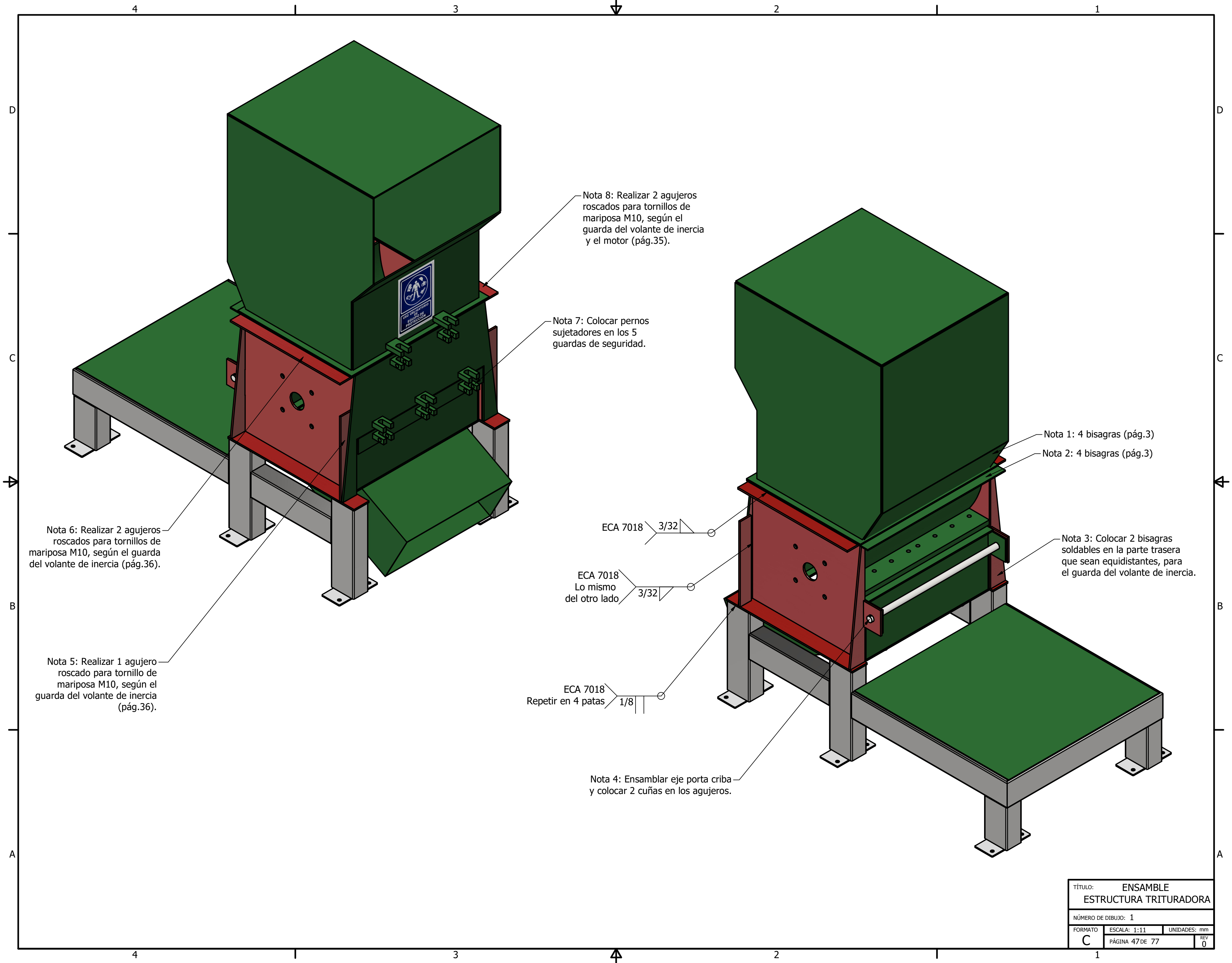
TÍTULO: UBICACIÓN TORNILLO DE POTENCIA		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO B	ESCALA: 1:20	UNIDADES: mm
	PÁGINA 45 DE 77	REV 0



Nota 1: Se usarán planchas de 3/16 pulg. de espesor para la gemoetría.

Nota 2: En el agujero irá un perno M13 de long.60 mm para que pueda girar el tornillo de potencia con libertad.

TÍTULO: SOPORTE TORNILLO DE POTENCIA		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:2	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 46 DE 77	REV 0



Nota 8: Realizar 2 agujeros roscados para tornillos de mariposa M10, según el guarda del volante de inercia y el motor (pág.35).

Nota 7: Colocar pernos sujetadores en los 5 guardas de seguridad.

Nota 1: 4 bisagras (pág.3)

Nota 2: 4 bisagras (pág.3)

Nota 3: Colocar 2 bisagras soldables en la parte trasera que sean equidistantes, para el guarda del volante de inercia.

ECA 7018 3/32

ECA 7018
Lo mismo del otro lado 3/32

ECA 7018
Repetir en 4 patas 1/8

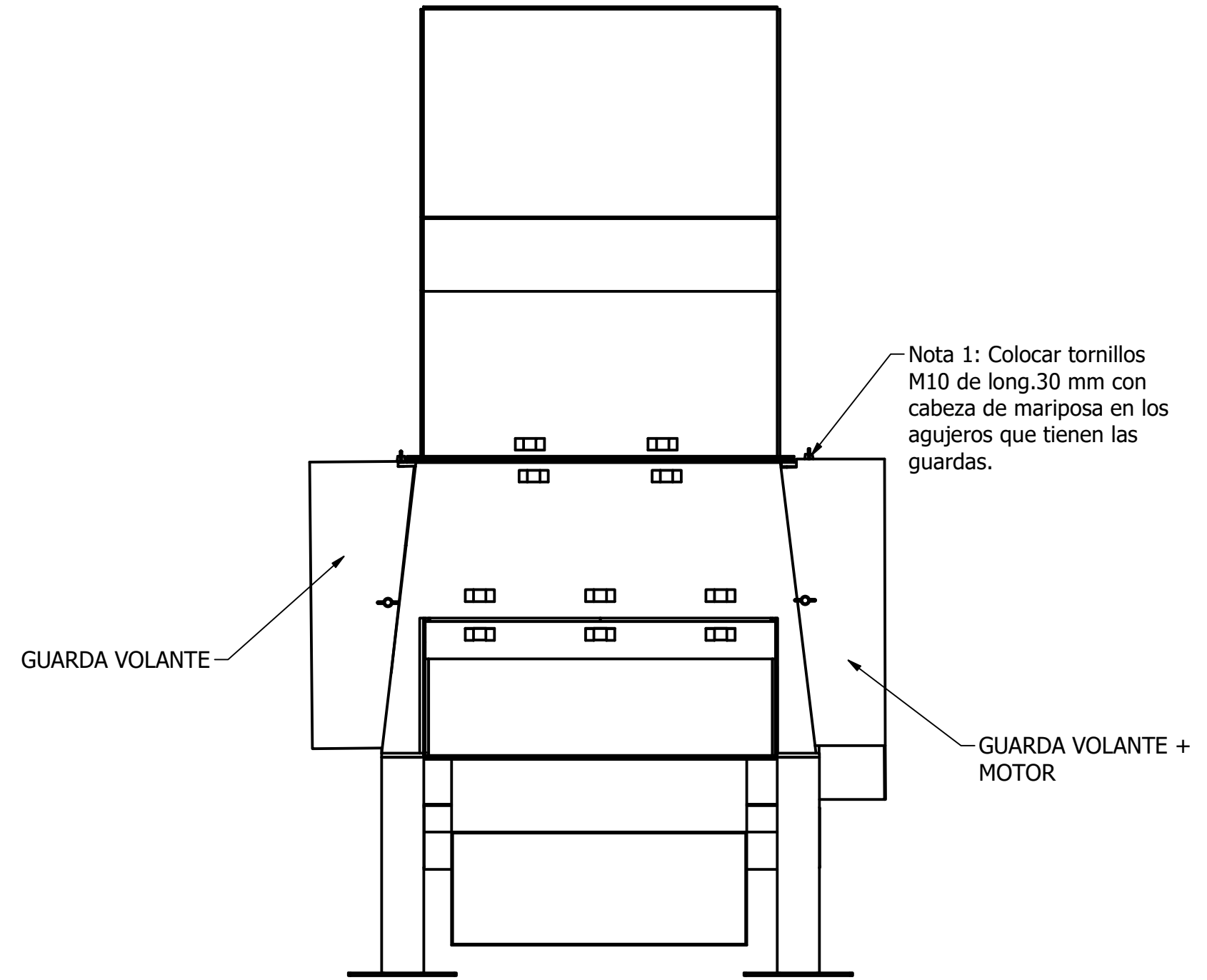
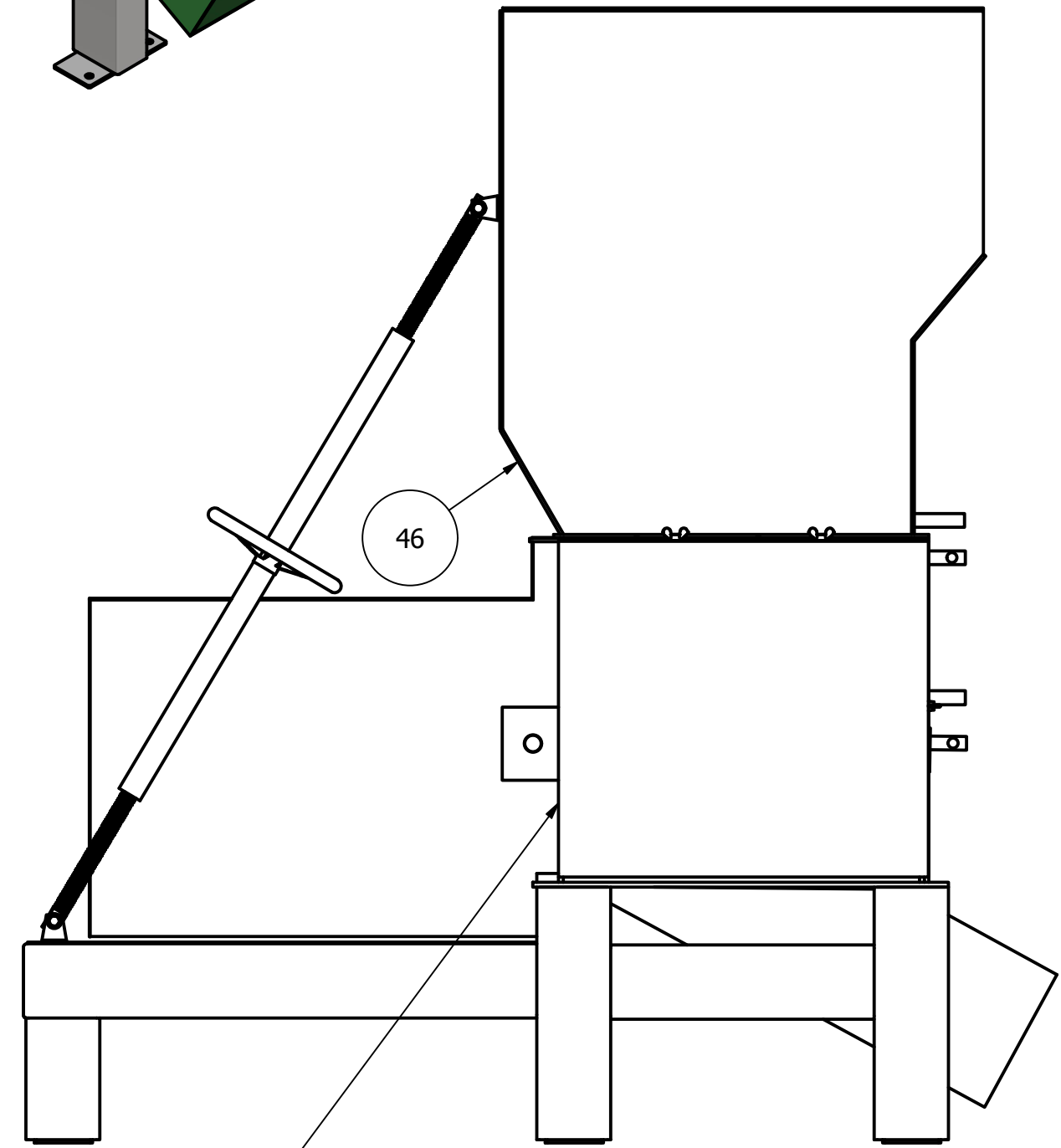
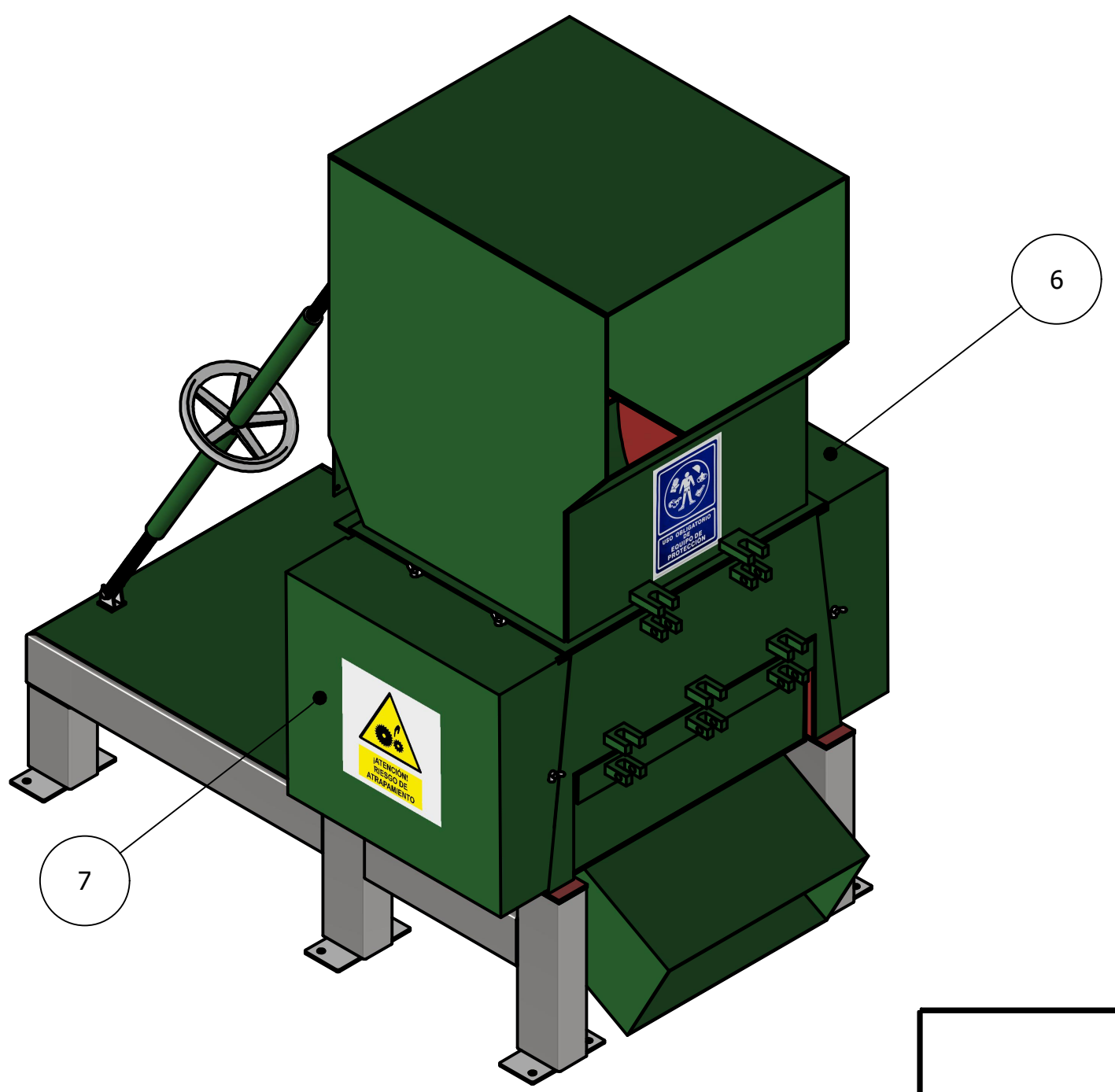
Nota 4: Ensamblar eje porta criba y colocar 2 cuñas en los agujeros.

Nota 6: Realizar 2 agujeros roscados para tornillos de mariposa M10, según el guarda del volante de inercia (pág.36).

Nota 5: Realizar 1 agujero roscado para tornillo de mariposa M10, según el guarda del volante de inercia (pág.36).

TÍTULO: ENSAMBLE ESTRUCTURA TRITURADORA		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO: C	ESCALA: 1:11	UNIDADES: mm
PÁGINA 47 DE 77		REV 0

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
6	1	GUARDA SEGURIDAD MOTOR+VOLANTE	Lámina de 3/16 pulg de Acero ASTM A36 (Acero negro)
7	1	GUARDA SEGURIDAD VOLANTE	Lámina de 3/16 pulg de Acero ASTM A36 (Acero negro)
46	2	BISAGRAS SOLDABLES	Colocar solo en la parte trasera del guarda volante



Nota 2: El guarda de seguridad del volante irá sujeto con 2 bisagras soldables de 4 pulg, solo en la parte de atrás de los laterales traseros caja cuchillas (pág.14)

Nota 1: Colocar tornillos M10 de long.30 mm con cabeza de mariposa en los agujeros que tienen las guardas.

TÍTULO: ENSAMBLE ESTRUCTURA CON GUARDAS		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO: C	ESCALA: 1:13	UNIDADES: mm
PÁGINA 48 DE 77		REV 0

4

3

2

1

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
11	1	ALZA	
48	12	M16, Long.60 Grado 8.8	Pernos de cabeza hexagonal Rosca completa Galvanizado Paso grueso
49	12	Arandelas	Arandela biselada redonda - Métrico
50	12	Tuercas Hexagonales	Tuercas hexagonales para pernos M16

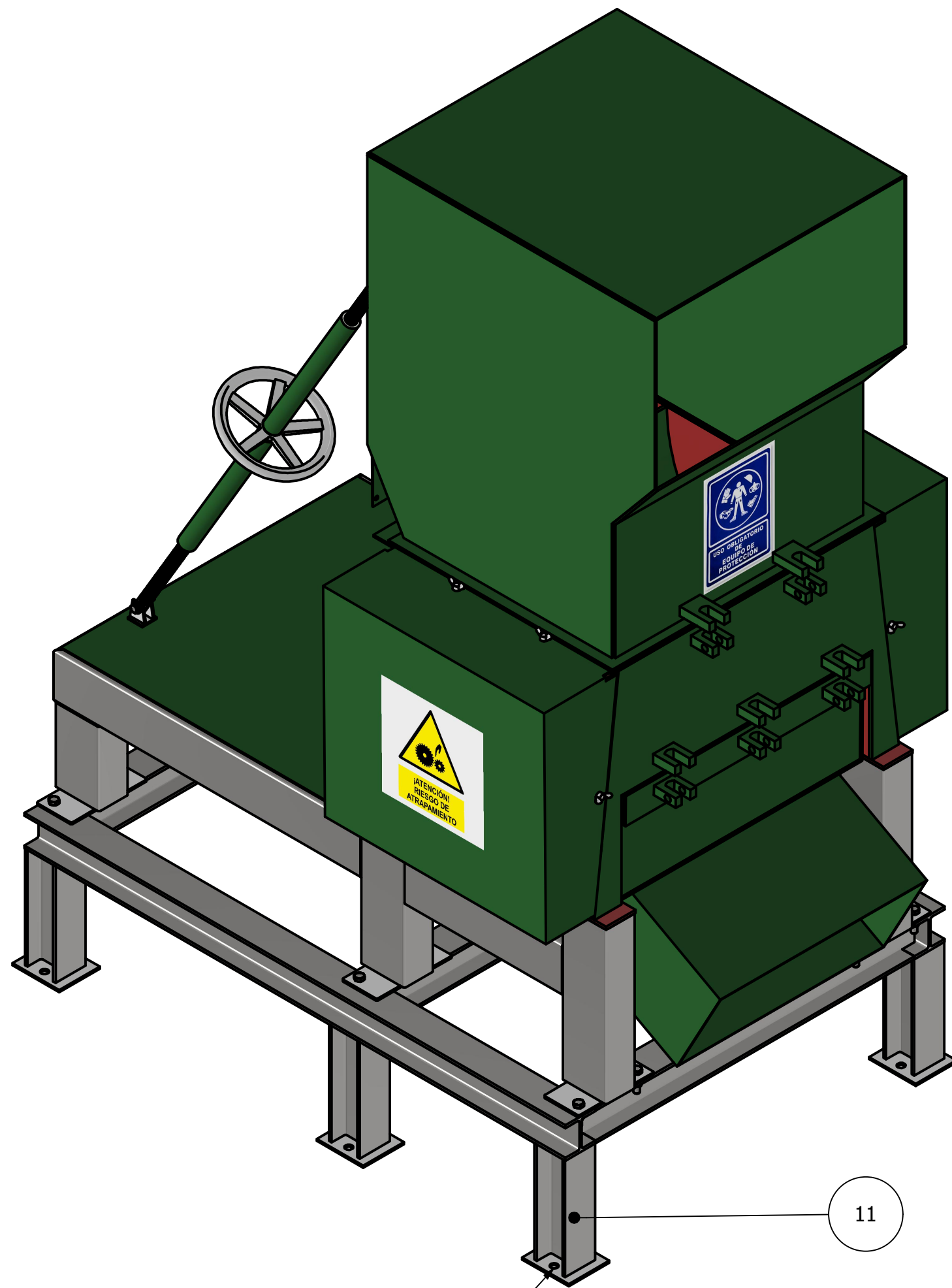
Nota 1: Por medio de un montacargas levantar la estructura completa de la trituradora y ensamblar en el alza con pernos.

D

C

B

A



Nota 3: Pernar directamente en el suelo con pernos M22 para concreto de long.8 pulgadas.

11

↓

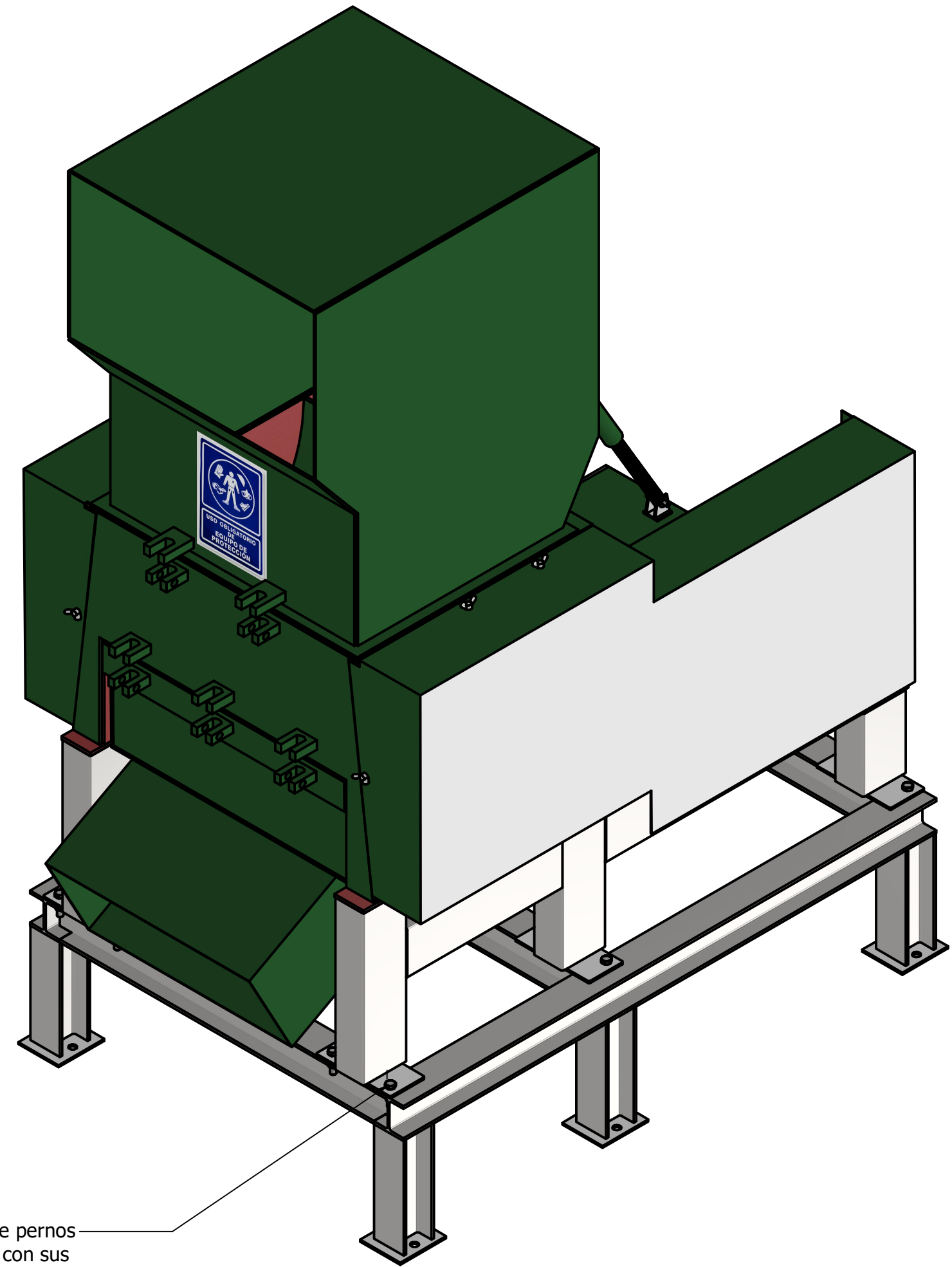
↑

D

C

B

A



Nota 2: Ensamblar por medio de pernos sujetadores M16 de long.60 mm con sus respectivas tuercas y arandelas.

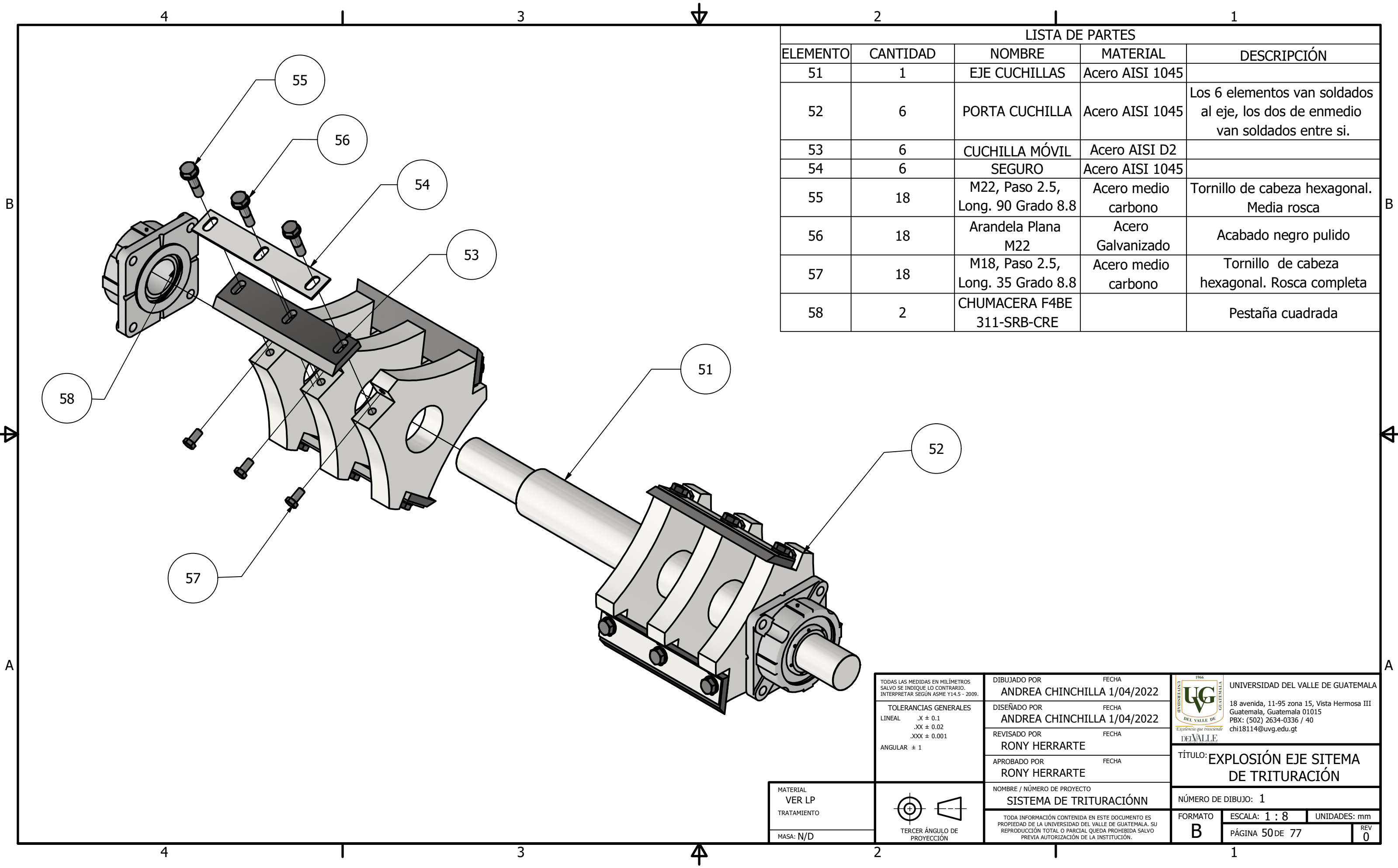
TÍTULO: ENSAMBLE ESTRUCTURA Y ALZA		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO: C	ESCALA: 1:12	UNIDADES: mm
PÁGINA 49 DE 77		REV 0

4



3

2

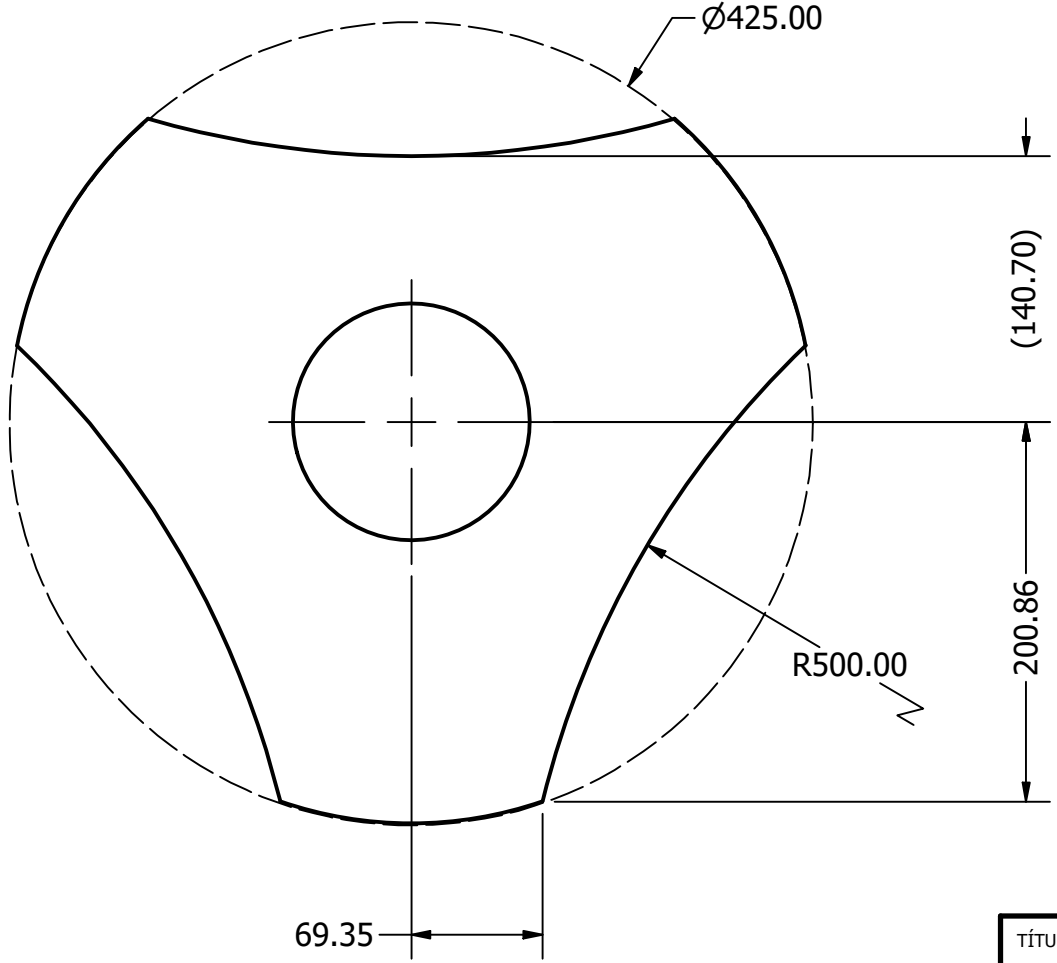
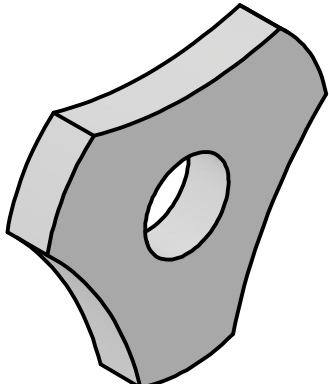
1



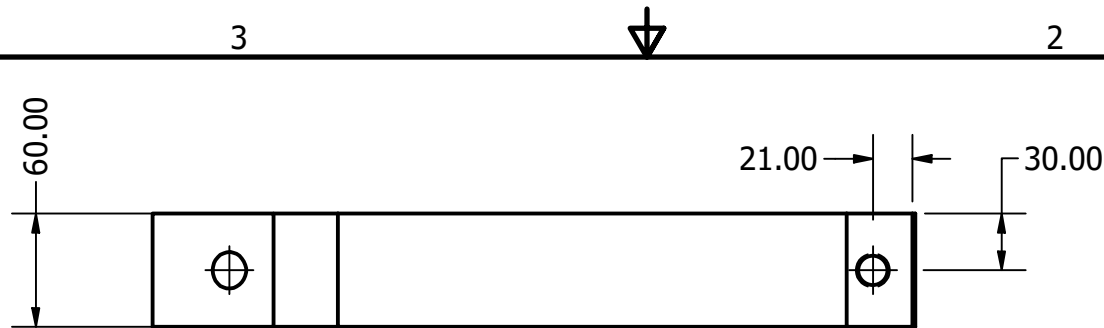
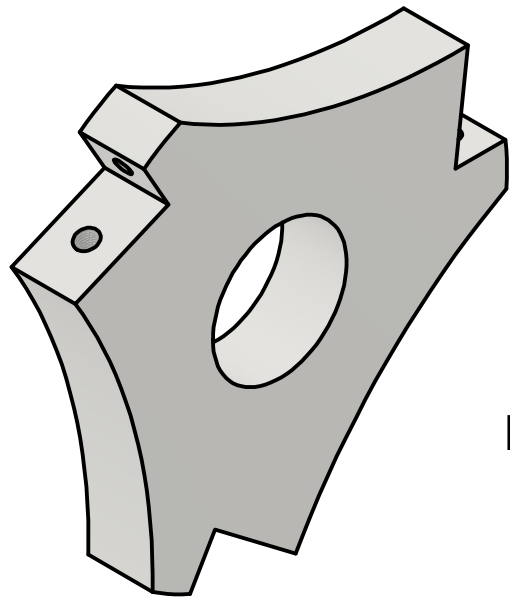
LISTA DE PARTES				
ELEMENTO	CANTIDAD	NOMBRE	MATERIAL	DESCRIPCIÓN
51	1	EJE CUCHILLAS	Acero AISI 1045	
52	6	PORTA CUCHILLA	Acero AISI 1045	Los 6 elementos van soldados al eje, los dos de enmedio van soldados entre si.
53	6	CUCHILLA MÓVIL	Acero AISI D2	
54	6	SEGURO	Acero AISI 1045	
55	18	M22, Paso 2.5, Long. 90 Grado 8.8	Acero medio carbono	Tornillo de cabeza hexagonal. Media rosca
56	18	Arandela Plana M22	Acero Galvanizado	Acabado negro pulido
57	18	M18, Paso 2.5, Long. 35 Grado 8.8	Acero medio carbono	Tornillo de cabeza hexagonal. Rosca completa
58	2	CHUMACERA F4BE 311-SRB-CRE		Pestaña cuadrada

<p>TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO. INTERPRETAR SEGÚN ASME Y14.5 - 2009.</p> <p>TOLERANCIAS GENERALES</p> <p>LINEAL .X ± 0.1 .XX ± 0.02 .XXX ± 0.001</p> <p>ANGULAR ± 1</p>	<p>DIBUJADO POR: ANDREA CHINCHILLA</p> <p>FECHA: 1/04/2022</p>	 <p>UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA</p> <p>18 avenida, 11-95 zona 15, Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala 01015 PBX: (502) 2634-0336 / 40 chi18114@uvg.edu.gt</p>	
	<p>DISEÑADO POR: ANDREA CHINCHILLA</p> <p>FECHA: 1/04/2022</p>		<p>TÍTULO: EXPLOSIÓN EJE SISTEMA DE TRITURACIÓN</p>
	<p>REVISADO POR: RONY HERRARTE</p> <p>FECHA:</p>		<p>NÚMERO DE DIBUJO: 1</p>
	<p>APROBADO POR: RONY HERRARTE</p> <p>FECHA:</p>		<p>FORMATO: B</p> <p>ESCALA: 1 : 8</p> <p>UNIDADES: mm</p>
<p>MATERIAL: VER LP</p> <p>TRATAMIENTO:</p> <p>MASA: N/D</p>	 <p>TERCER ÁNGULO DE PROYECCIÓN</p>	<p>NOMBRE / NÚMERO DE PROYECTO: SISTEMA DE TRITURACIÓN</p> <p>TODA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA. SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL QUEDA PROHIBIDA SALVO PREVIA AUTORIZACIÓN DE LA INSTITUCIÓN.</p>	<p>PÁGINA 50 DE 77</p> <p>REV 0</p>

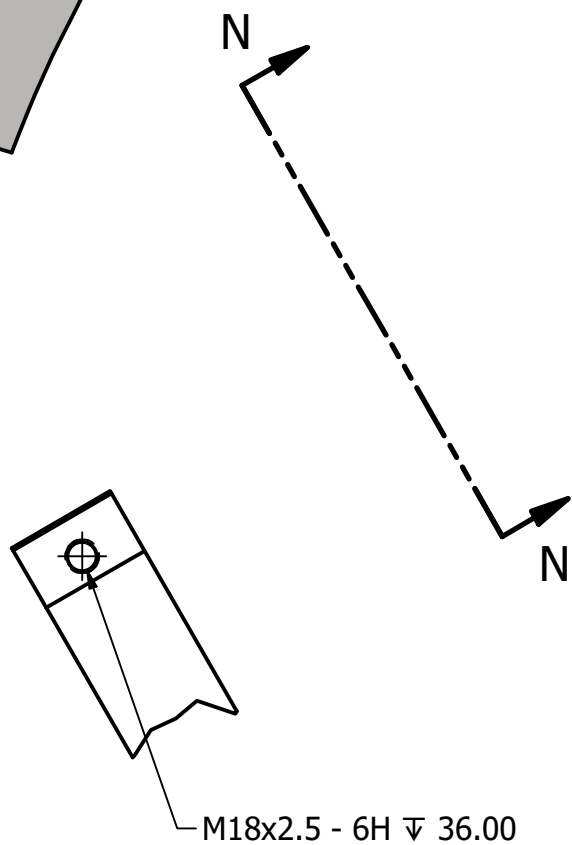
Nota 1: Se inicia con una geometría circular de 425.00 mm de diámetro.



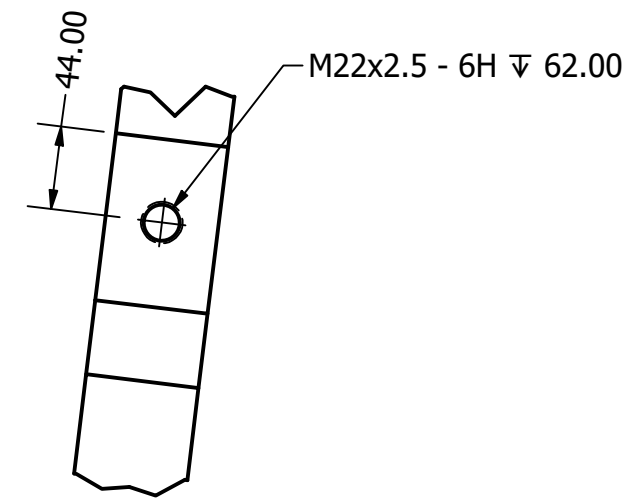
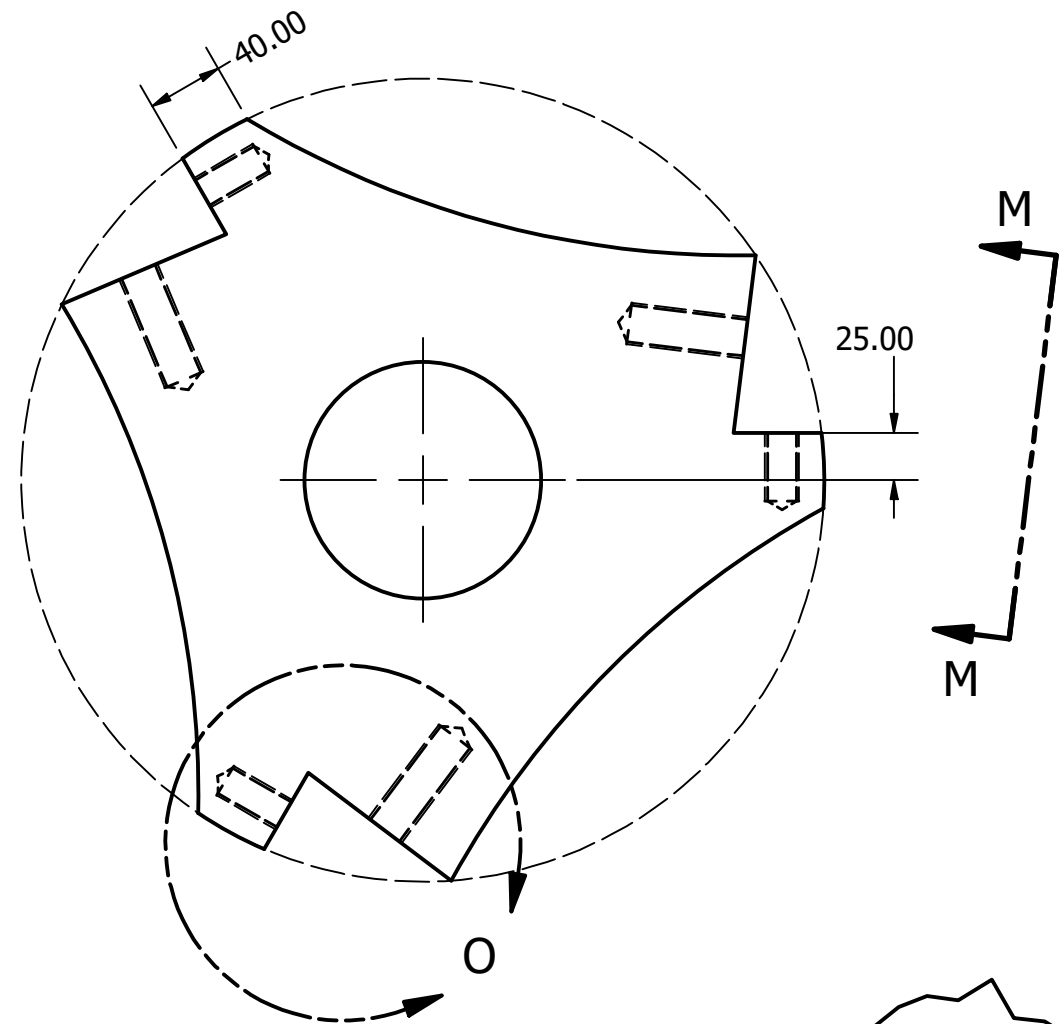
TÍTULO: BASE PORTA CUCHILLA		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1 : 4	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 51 DE 77	REV 0



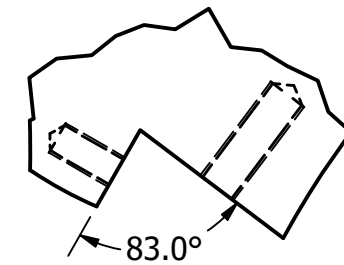
Nota 1: Primero se realizan las 3 curvaturas y luego el detalle O.



VISTA N-N
ESCALA 1 : 4

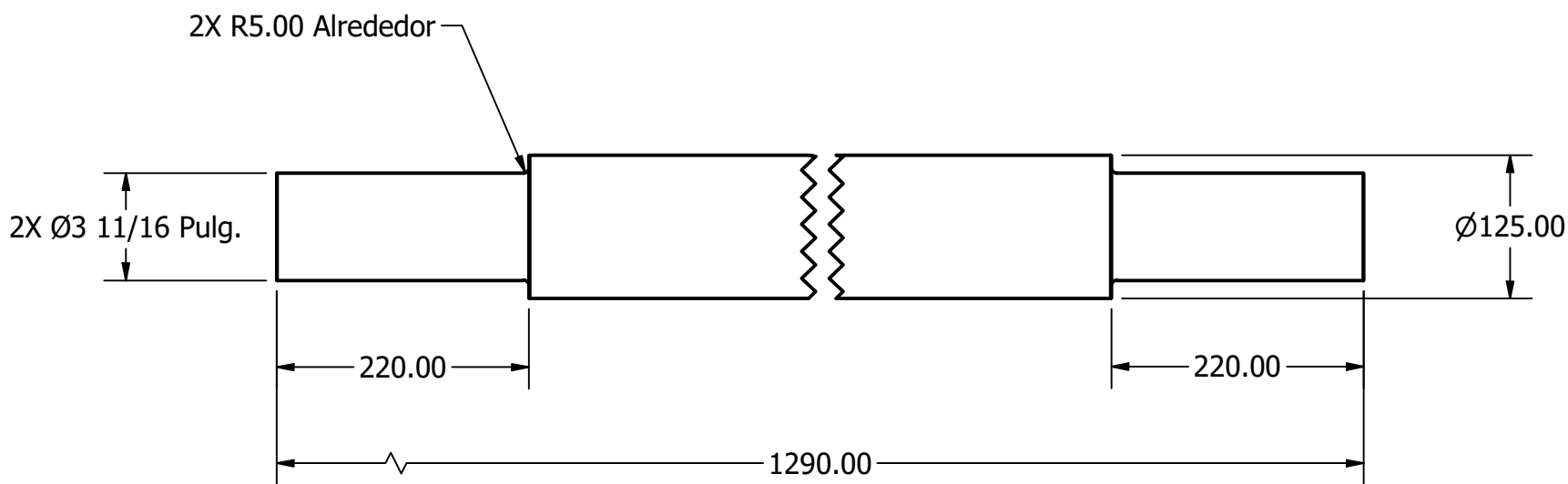
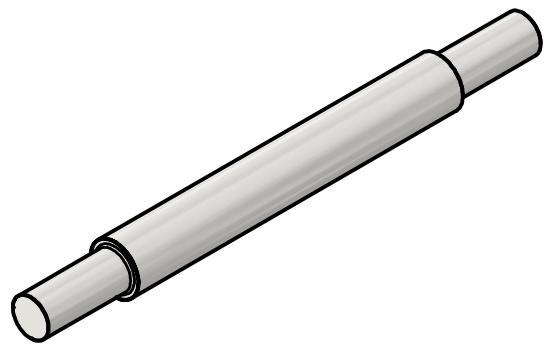


VISTA M-M
ESCALA 1 : 4



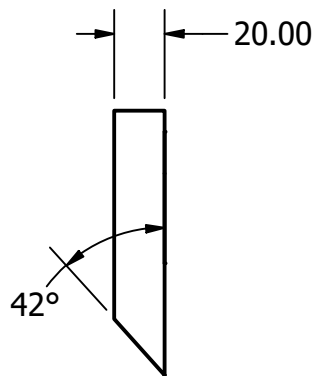
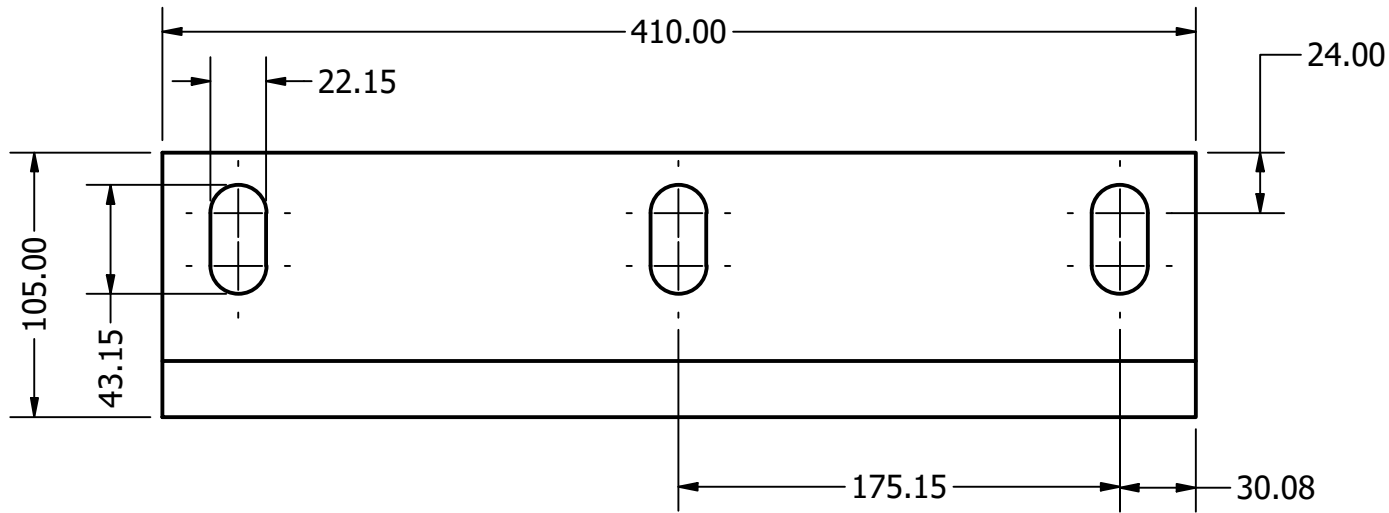
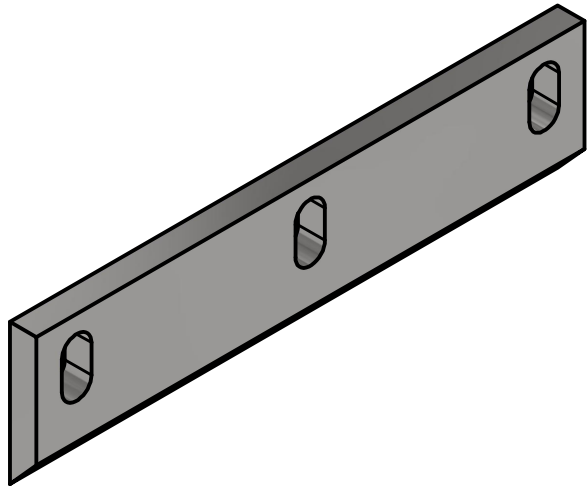
DETALLE O
ESCALA 1 : 4

TÍTULO: PORTA CUCHILLA		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1 : 4	UNIDADES: mm
B	PÁGINA 52 DE 77	REV 0



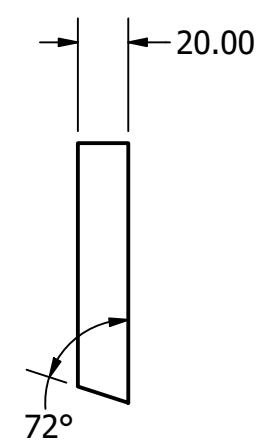
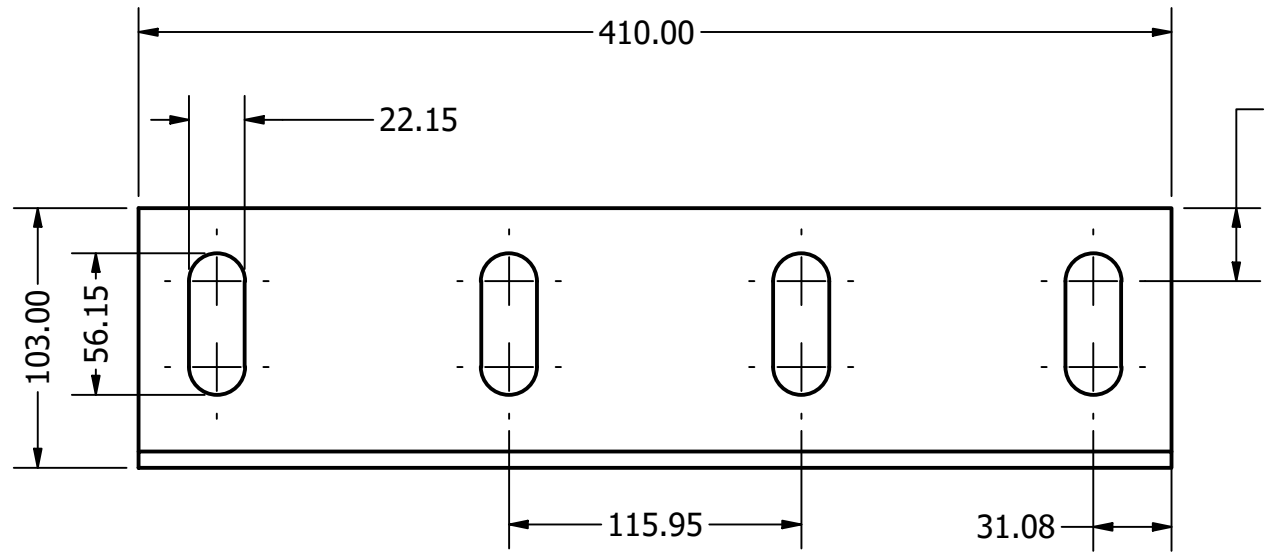
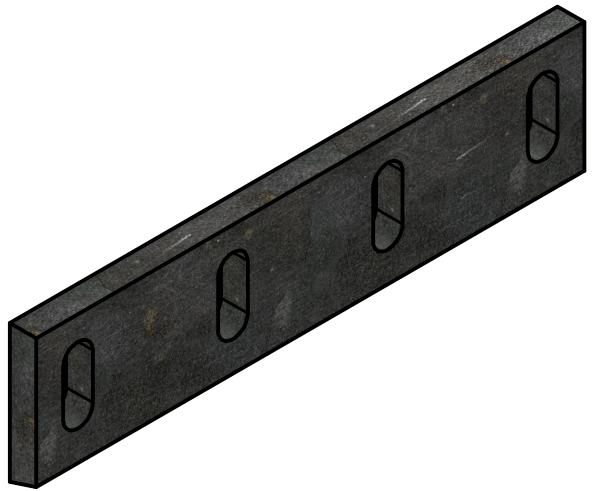
Nota 1: Remover bordes afilados

TÍTULO: EJE CUCHILLAS		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1 : 6	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 53 DE 77	REV 0



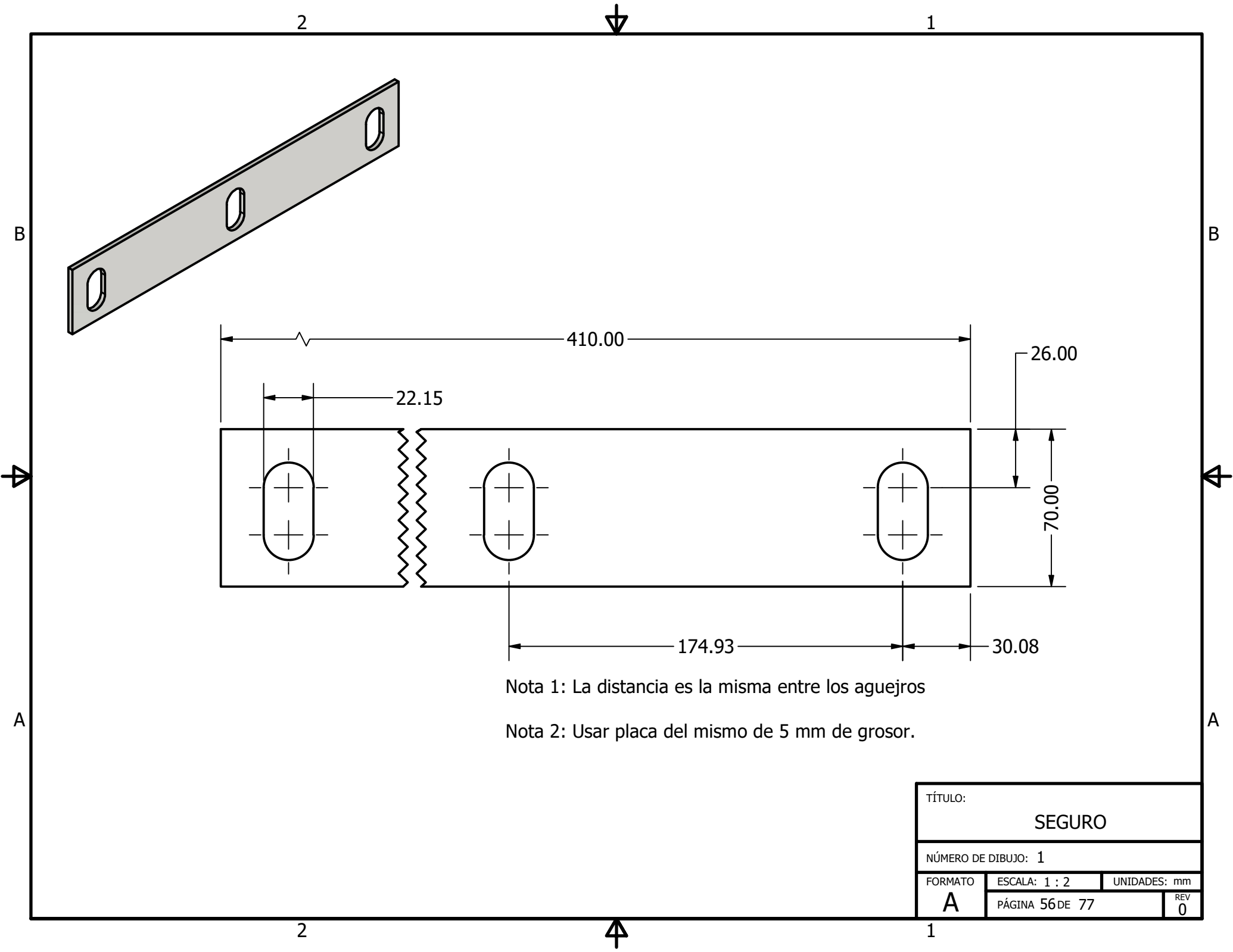
Nota 1: Es la misma distancia entre los agujeros.

TÍTULO: CUCHILLA MÓVIL			
NÚMERO DE DIBUJO: 1			
FORMATO	ESCALA: 1 : 3	UNIDADES: mm	
A	PÁGINA 54 DE 77	REV	0



Nota 1: Es la misma distancia entre los agujeros

TÍTULO: CUCHILLA FIJA		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1 : 3	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 55 DE 77	REV 0

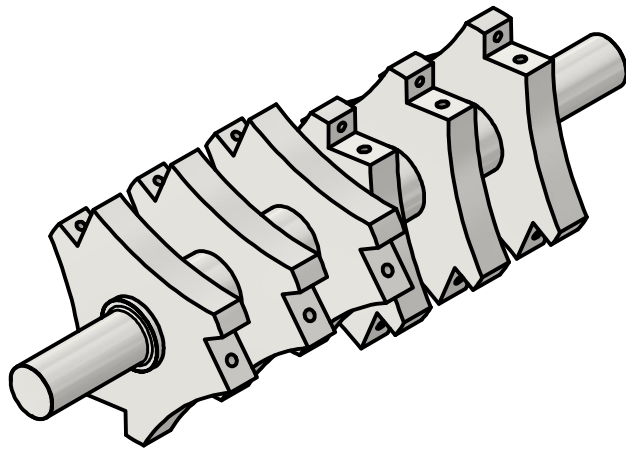


TÍTULO:		
SEGURO		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1 : 2	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 56 DE 77	REV 0

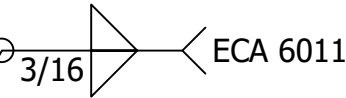
2



1

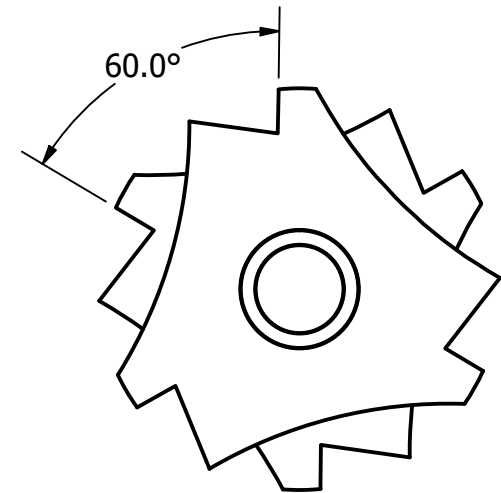
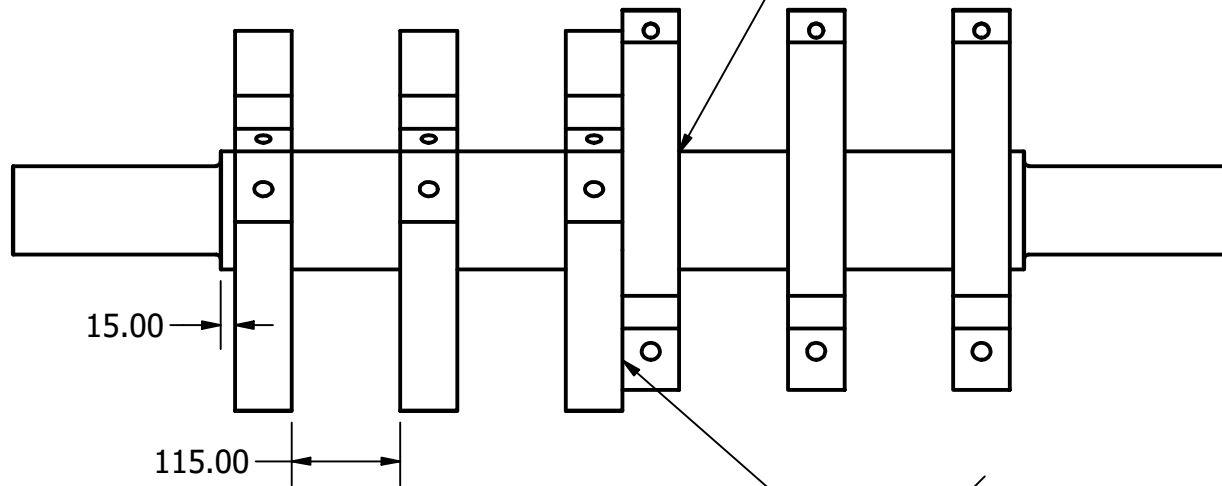


Nota 3: Se utiliza el mismo tipo de soldadura en todos los portacuchillas

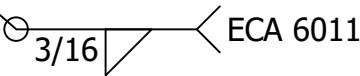


B

B



Nota 2: Los primeros 3 porta cuchillas están alineados entre sí, al igual que los próximos 3. Entre ellos están girados 60°



Nota 1: Es la misma distancia entre cada porta cuchilla.

A

A

TÍTULO: EJE Y PORTA CUCHILLAS		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:8	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 57 DE 77	REV 0

2



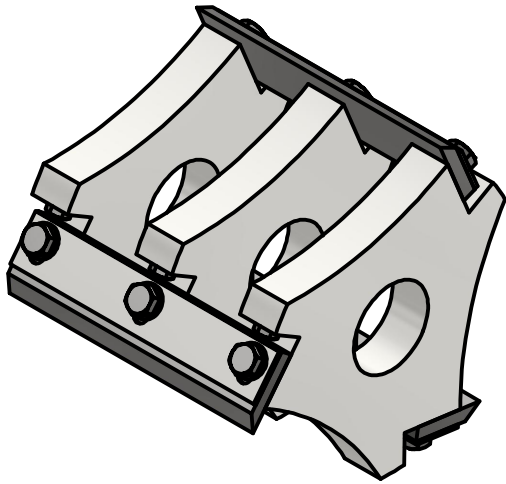
1

2

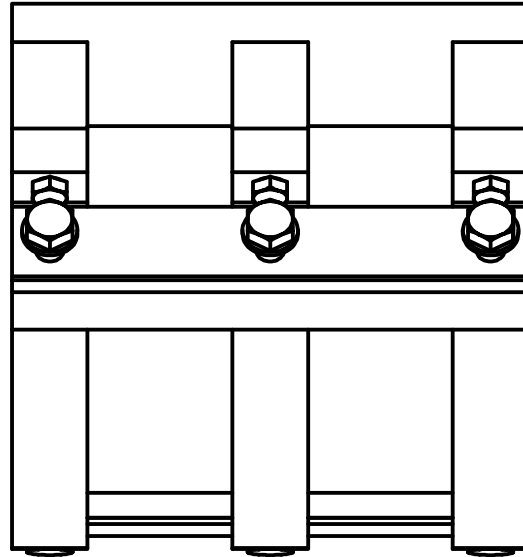


1

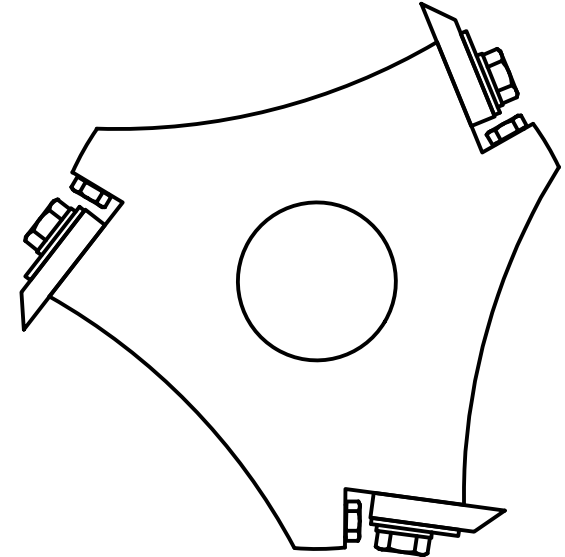
Nota 1: Teniendo los porta cuchillas alineados, primero se coloca la cuchilla alineada a los agujeros, luego se coloca el seguro de la misma manera y se aseguran estas piezas utilizando 3 pernos.



B



Nota 2: Al ajustar las cuchillas, el espacio entre las cuchillas fijas y móviles debe ser de 3 mm.



B

A

A

2



1

TÍTULO: PORTA CUCHILLAS Y
CUCHILLAS

NÚMERO DE DIBUJO: 1

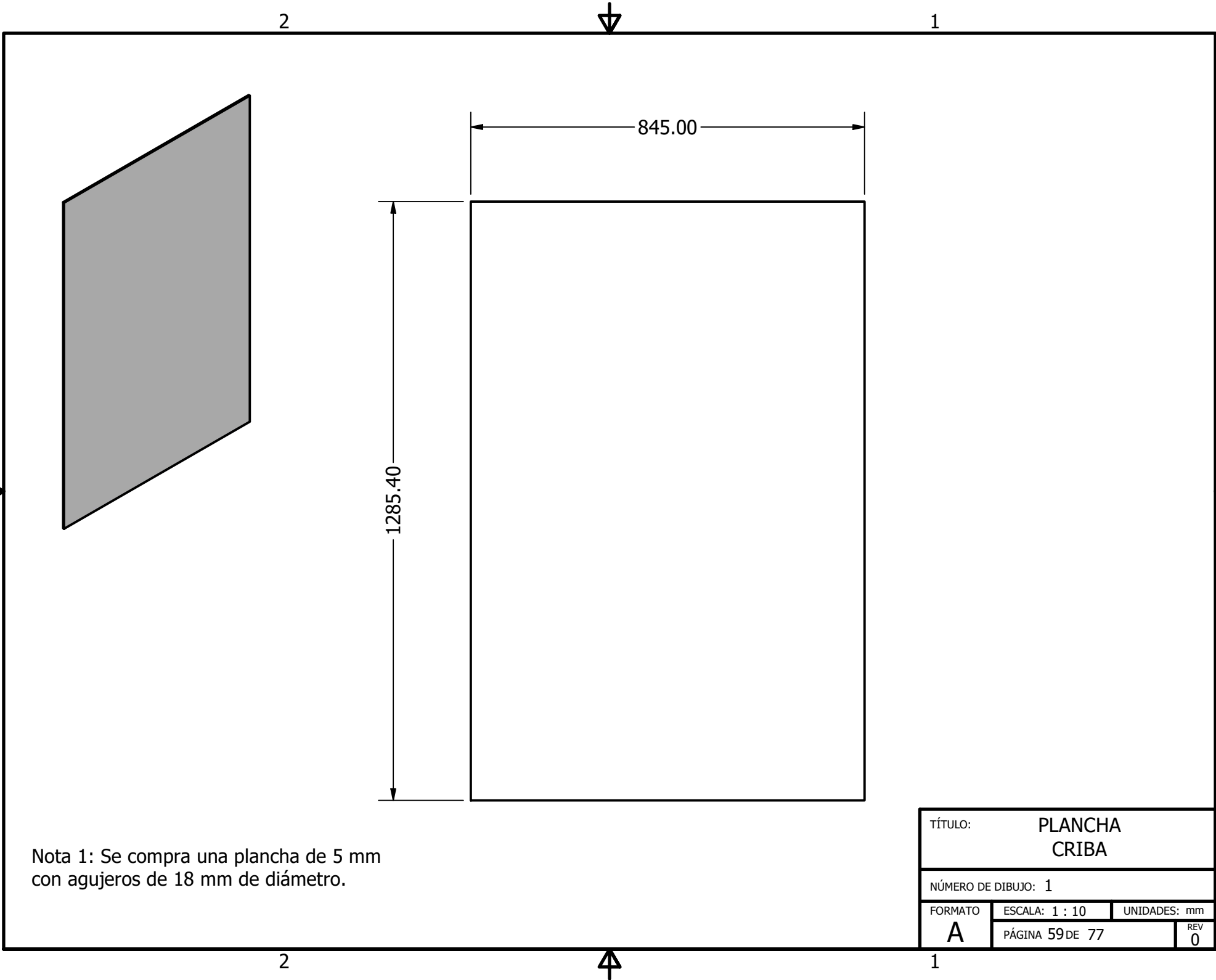
FORMATO ESCALA: 1 : 6 UNIDADES: mm

A

PÁGINA 58 DE 77

REV

0



Nota 1: Se compra una plancha de 5 mm con agujeros de 18 mm de diámetro.

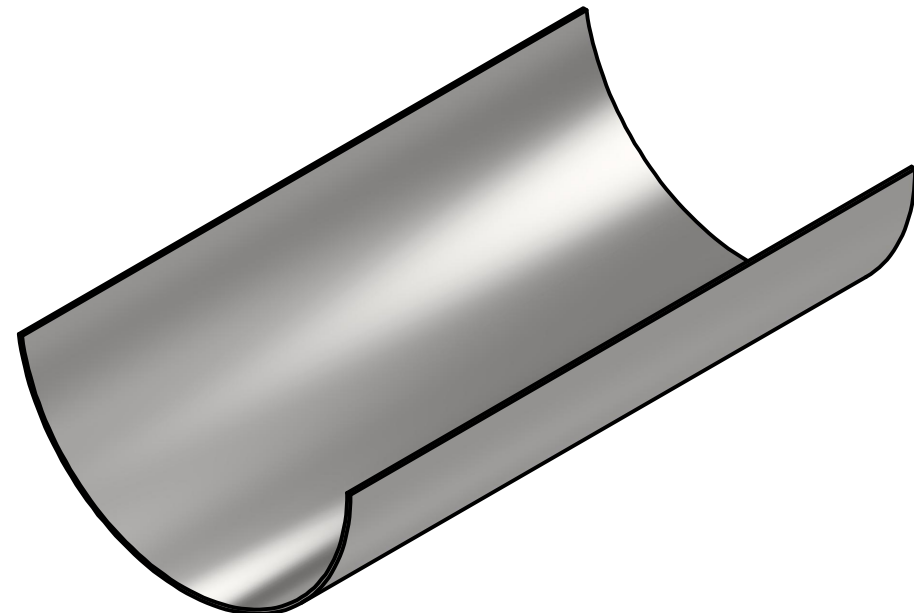
TÍTULO:		PLANCHA CRIBA	
NÚMERO DE DIBUJO: 1			
FORMATO	ESCALA: 1 : 10	UNIDADES: mm	
A	PÁGINA 59 DE 77	REV	0

4

3

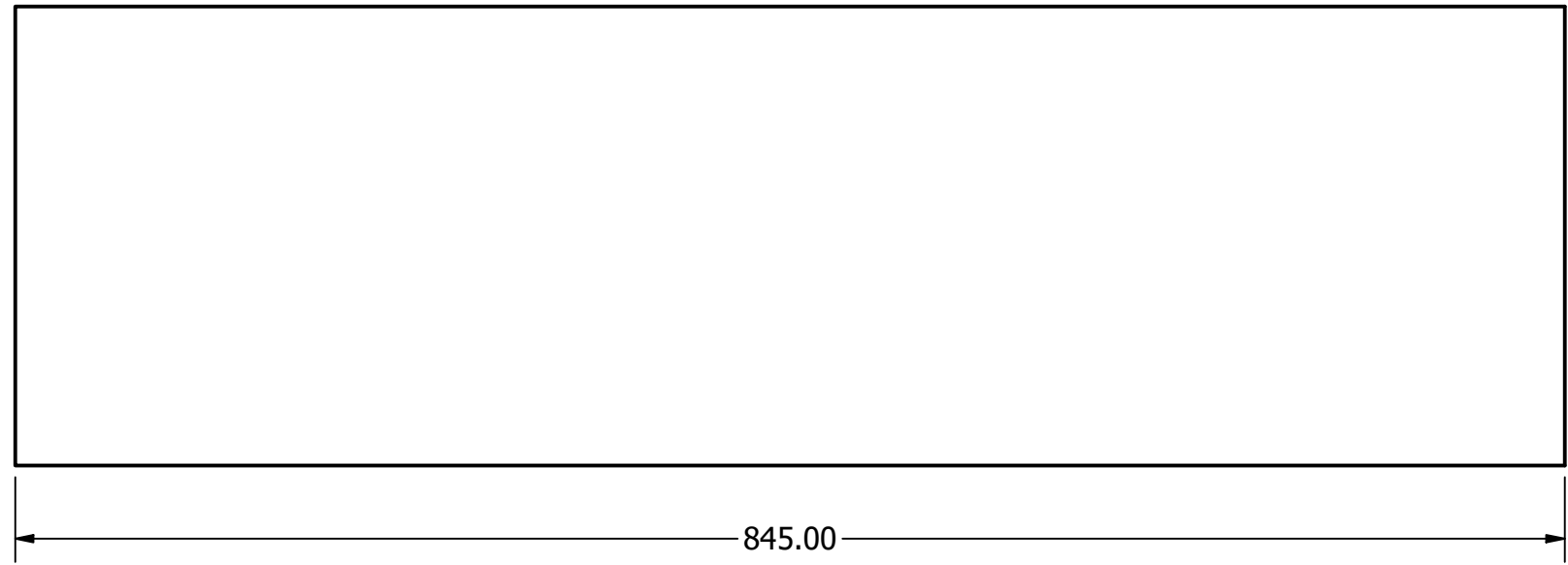
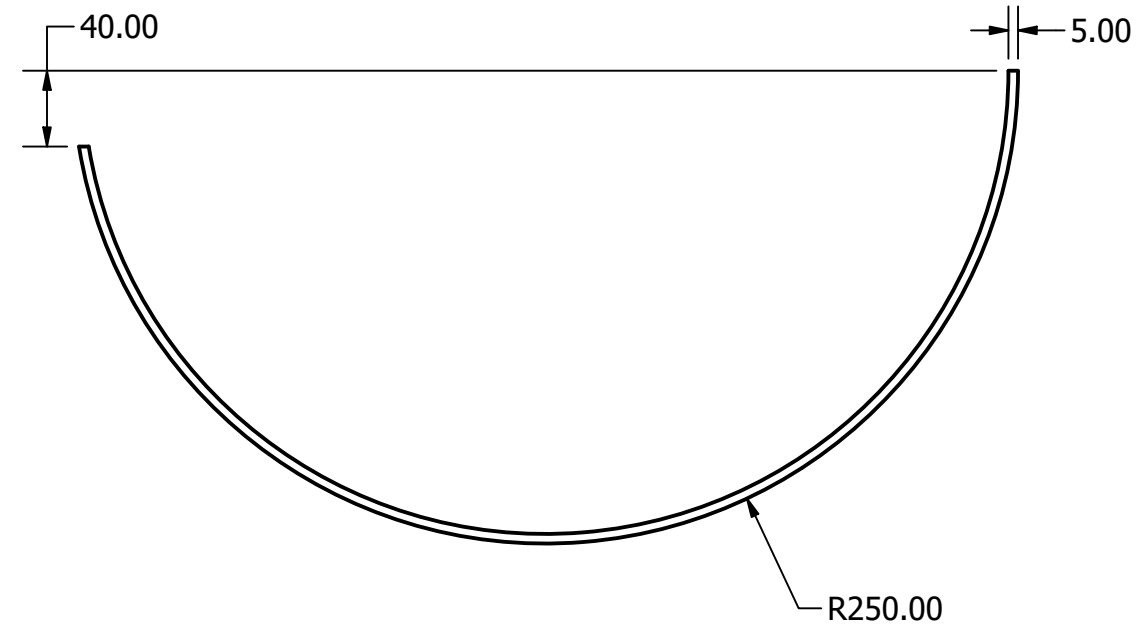
2

1



B

B



A

A

TÍTULO:		
CRIBA		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:4	UNIDADES: mm
B	PÁGINA 60 DE 77	REV 0

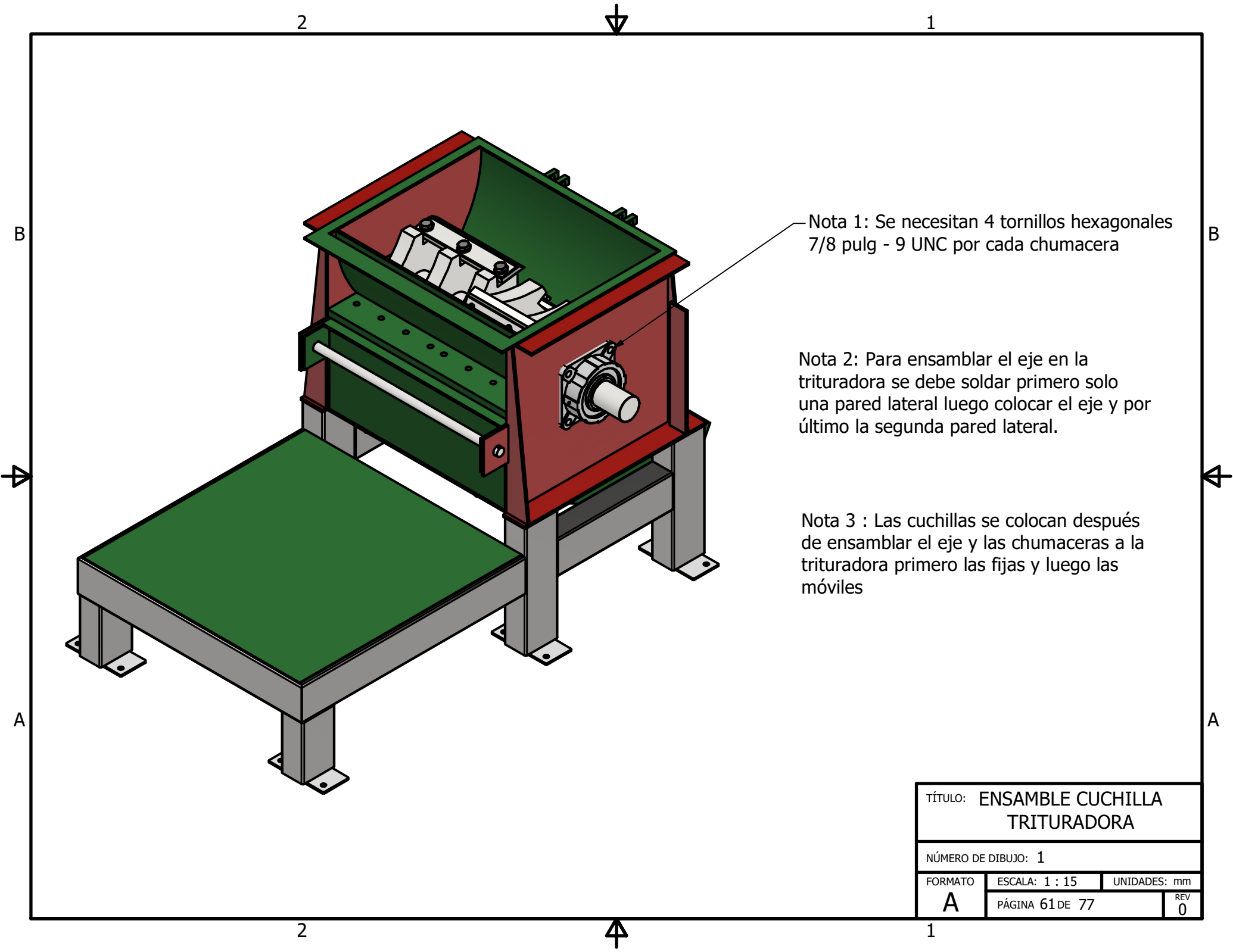
4

3

2

1





Nota 1: Se necesitan 4 tornillos hexagonales 7/8 pulg - 9 UNC por cada chumacera

Nota 2: Para ensamblar el eje en la trituradora se debe soldar primero solo una pared lateral luego colocar el eje y por último la segunda pared lateral.

Nota 3 : Las cuchillas se colocan después de ensamblar el eje y las chumaceras a la trituradora primero las fijas y luego las móviles

TÍTULO: ENSAMBLE CUCHILLA TRITURADORA		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1 : 15	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 61 DE 77	REV 0

2

1

B

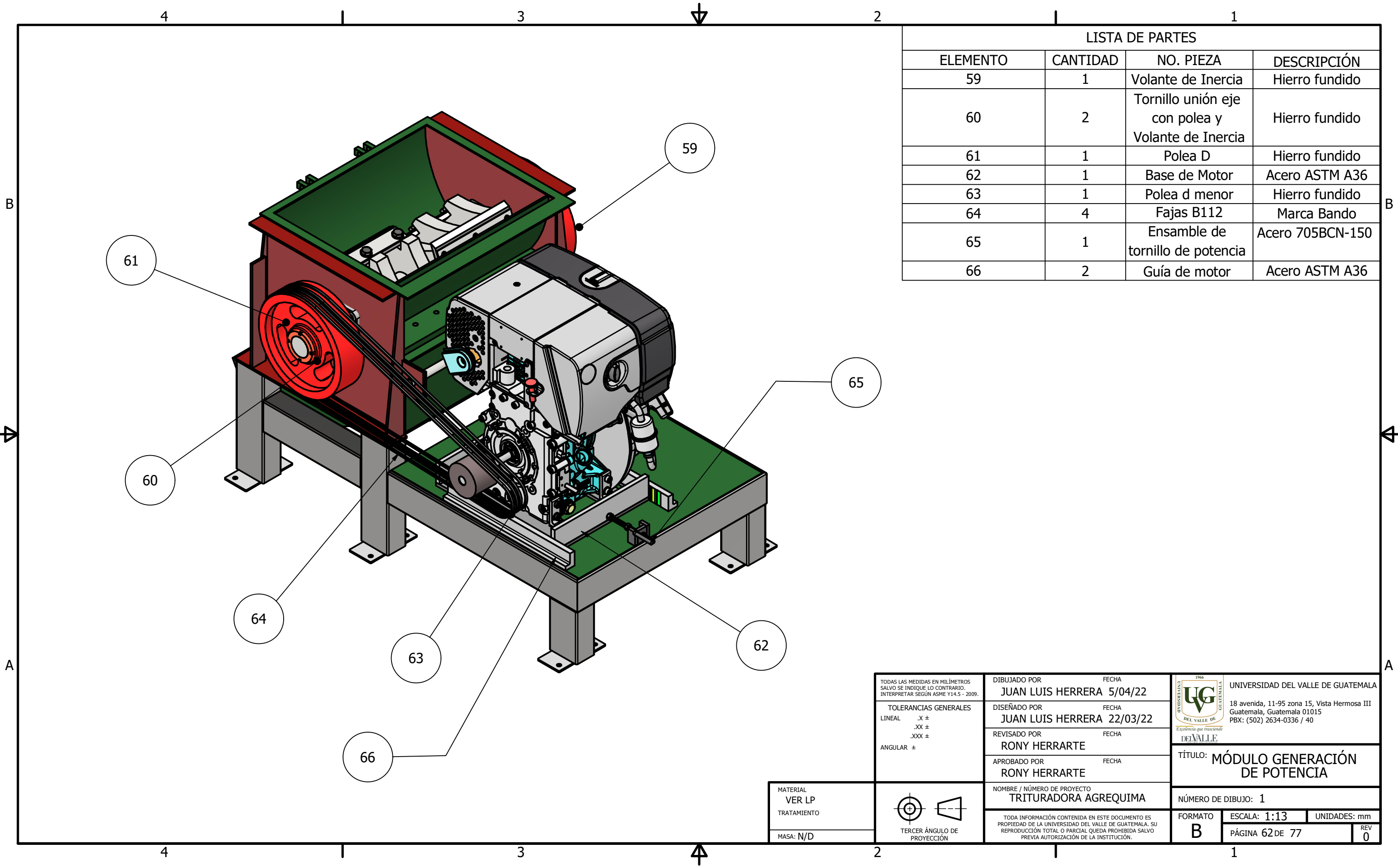
B

A



A

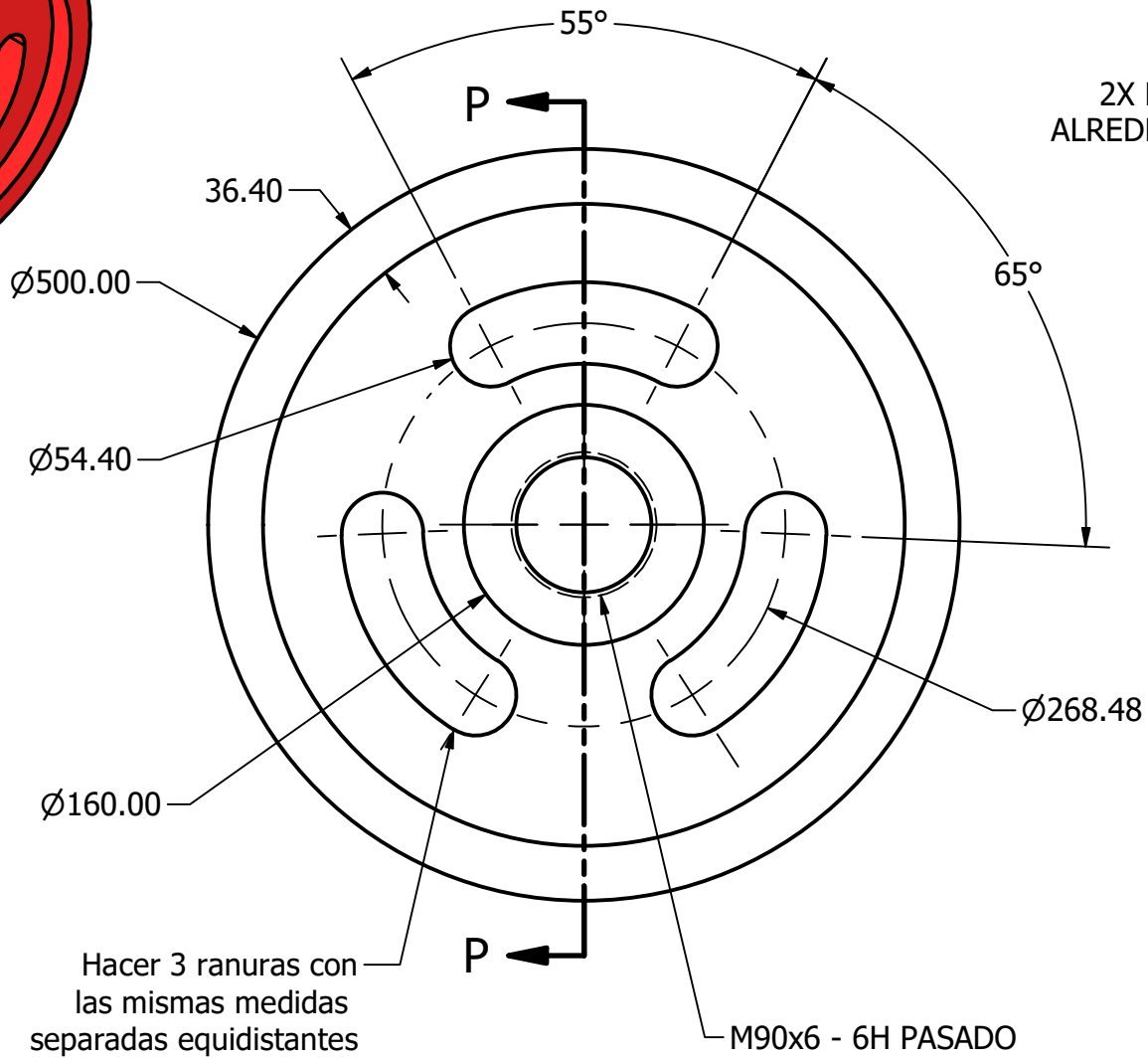
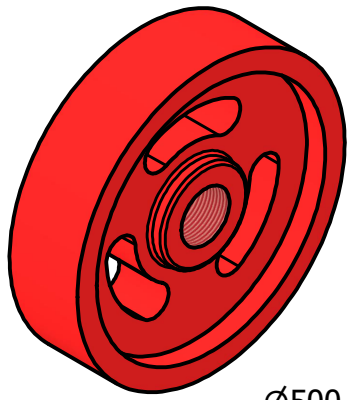
2

1



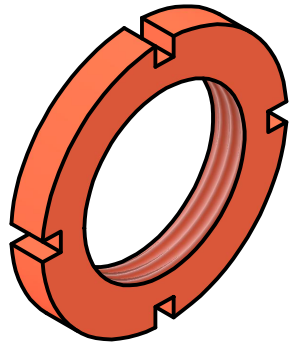
LISTA DE PARTES			
ELEMENTO	CANTIDAD	NO. PIEZA	DESCRIPCIÓN
59	1	Volante de Inercia	Hierro fundido
60	2	Tornillo unión eje con polea y Volante de Inercia	Hierro fundido
61	1	Polea D	Hierro fundido
62	1	Base de Motor	Acero ASTM A36
63	1	Polea d menor	Hierro fundido
64	4	Fajas B112	Marca Bando
65	1	Ensamble de tornillo de potencia	Acero 705BCN-150
66	2	Guía de motor	Acero ASTM A36

TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO. INTERPRETAR SEGÚN ASME Y14.5 - 2009.	DIBUJADO POR JUAN LUIS HERRERA	FECHA 5/04/22	 UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA 18 avenida, 11-95 zona 15, Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala 01015 PBX: (502) 2634-0336 / 40
	DISEÑADO POR JUAN LUIS HERRERA	FECHA 22/03/22	
TOLERANCIAS GENERALES LINEAL .X ± .XX ± .XXX ± ANGULAR ±	REVISADO POR RONY HERRARTE	FECHA	TÍTULO: MÓDULO GENERACIÓN DE POTENCIA
	APROBADO POR RONY HERRARTE	FECHA	
MATERIAL VER LP TRATAMIENTO	NOMBRE / NÚMERO DE PROYECTO TRITURADORA AGREQUIMA		NÚMERO DE DIBUJO: 1
MASA: N/D	 TERCER ÁNGULO DE PROYECCIÓN	TODA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA. SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL QUEDA PROHIBIDA SALVO PREVIA AUTORIZACIÓN DE LA INSTITUCIÓN.	
		FORMATO B	ESCALA: 1:13 UNIDADES: mm PÁGINA 62 DE 77 REV 0



SECCIÓN P-P
 ESCALA 1 : 5

TÍTULO: VOLANTE DE INERCIA HIERRO FUNDIDO		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:5	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 63 DE 77	REV 0



Ø137.00

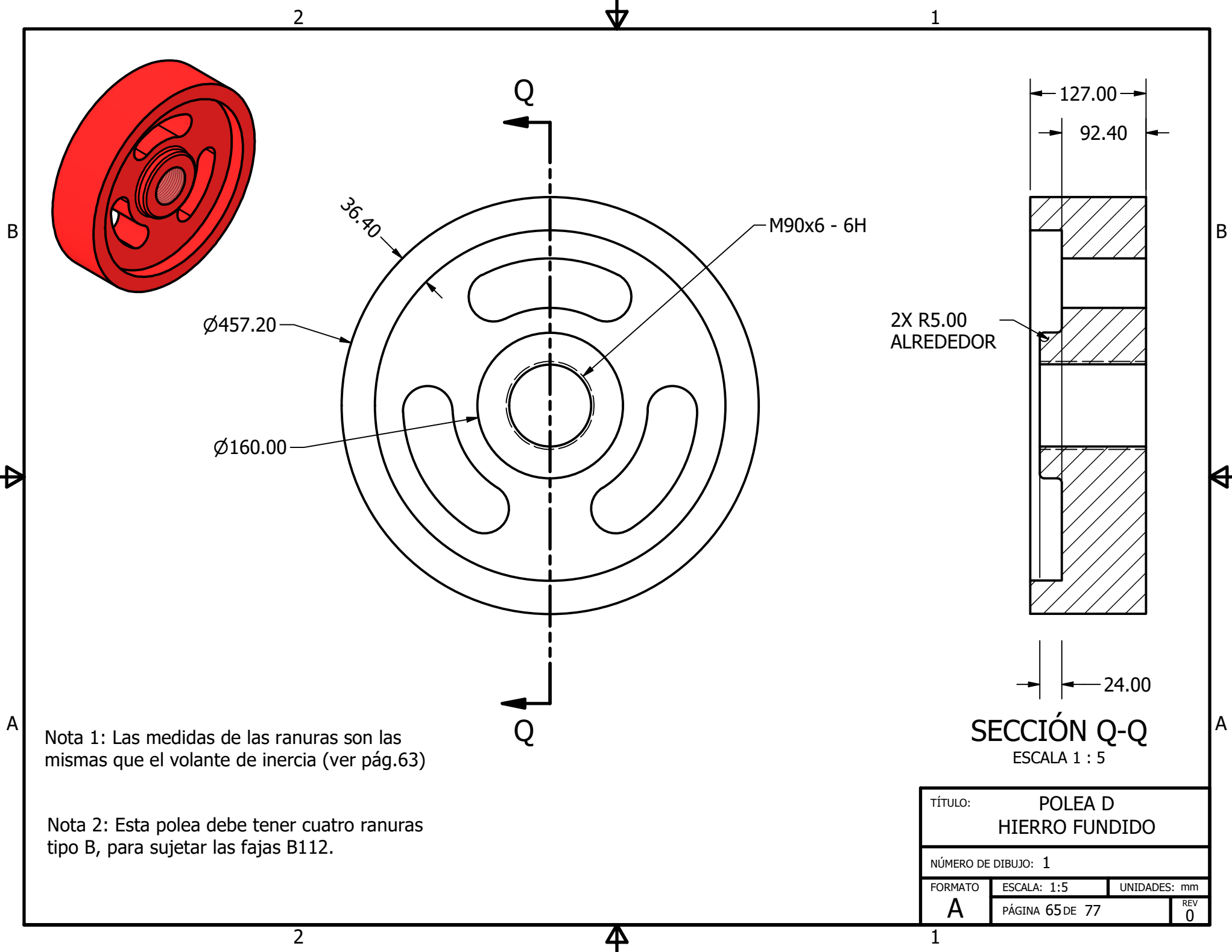
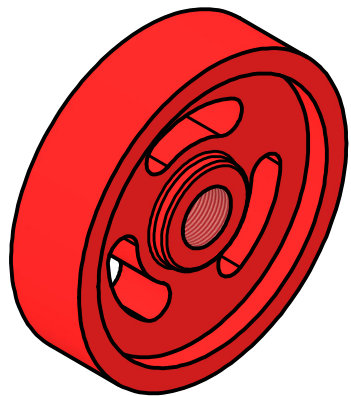
M90x6 - 6H PASADO

10.00

10.00

17.70

TÍTULO: TORNILLO UNIÓN EJE CON POLEA Y VOLANTE		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:2	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 64 DE 77	REV 0

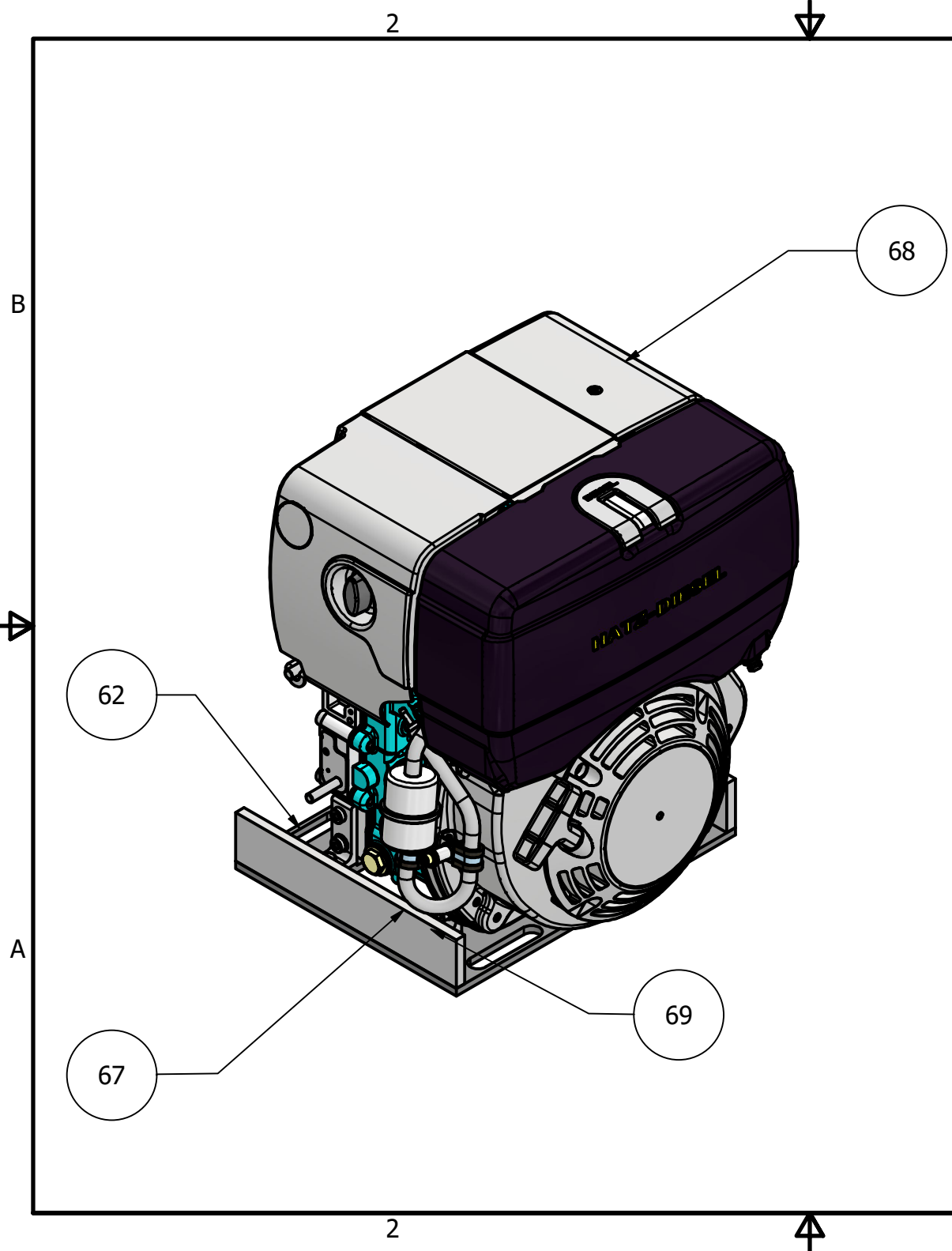


Nota 1: Las medidas de las ranuras son las mismas que el volante de inercia (ver pág.63)

Nota 2: Esta polea debe tener cuatro ranuras tipo B, para sujetar las fajas B112.

SECCIÓN Q-Q
ESCALA 1 : 5

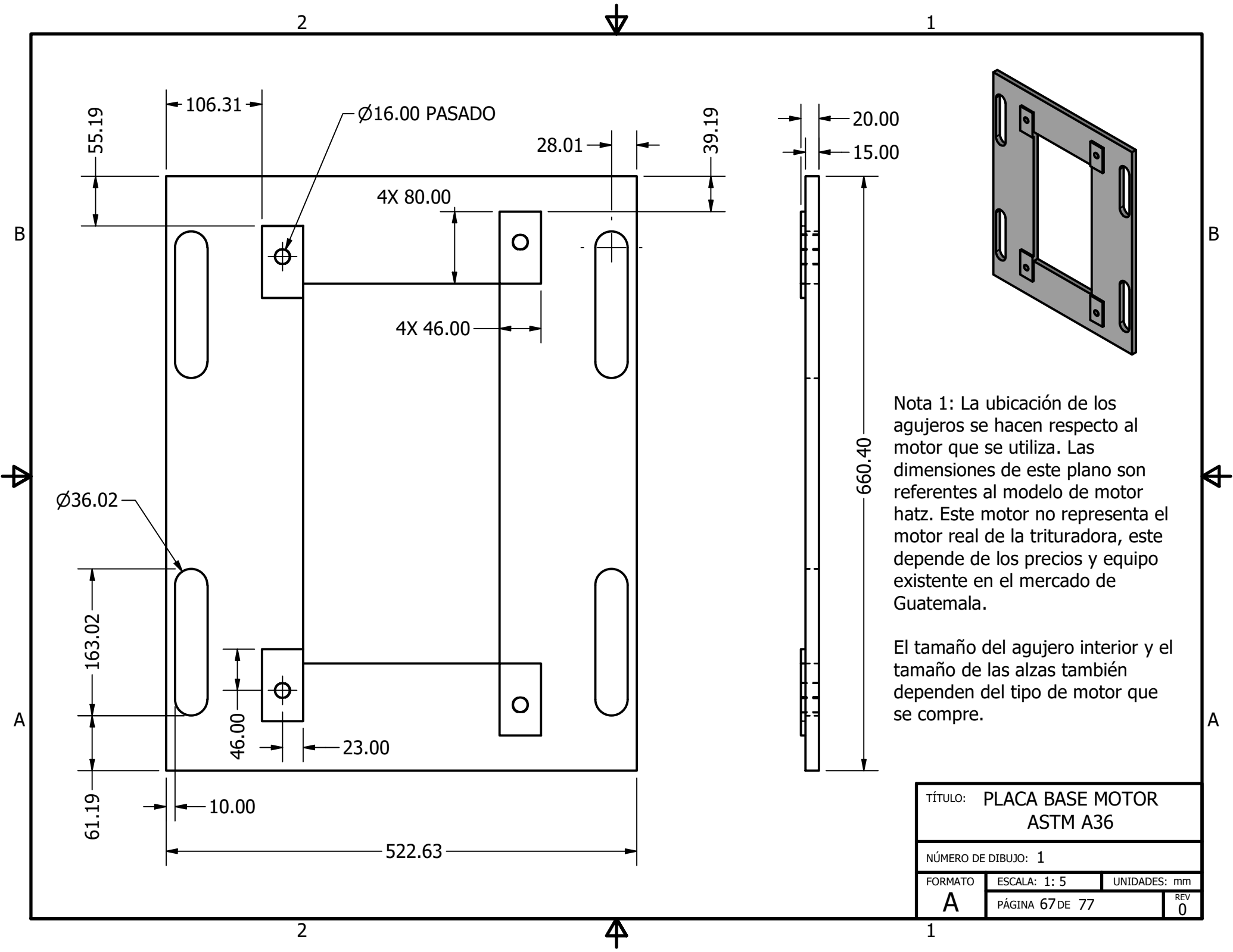
TÍTULO:			POLEA D HIERRO FUNDIDO		
NÚMERO DE DIBUJO: 1					
FORMATO	ESCALA: 1:5	UNIDADES: mm			
A	PÁGINA 65 DE 77			REV	0



LISTADO DE PIEZAS			
ELEMENTO	CANTIDAD	PIEZA	DESCRIPCIÓN
62	1	Base para motor Hatz	ASTM A 36
67	2	Placas laterales	ASTM A 36
68	1	Motor Hatz	24 Hp, 2500RPM
69	4	DIN 933 - M16 x 30	Perno hexagonal

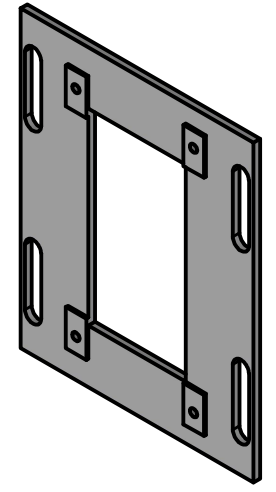
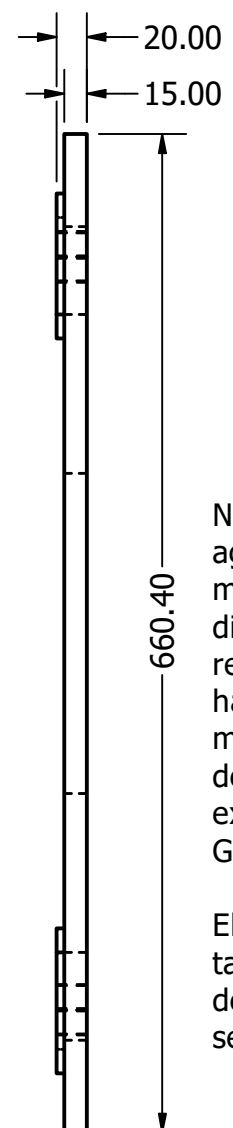
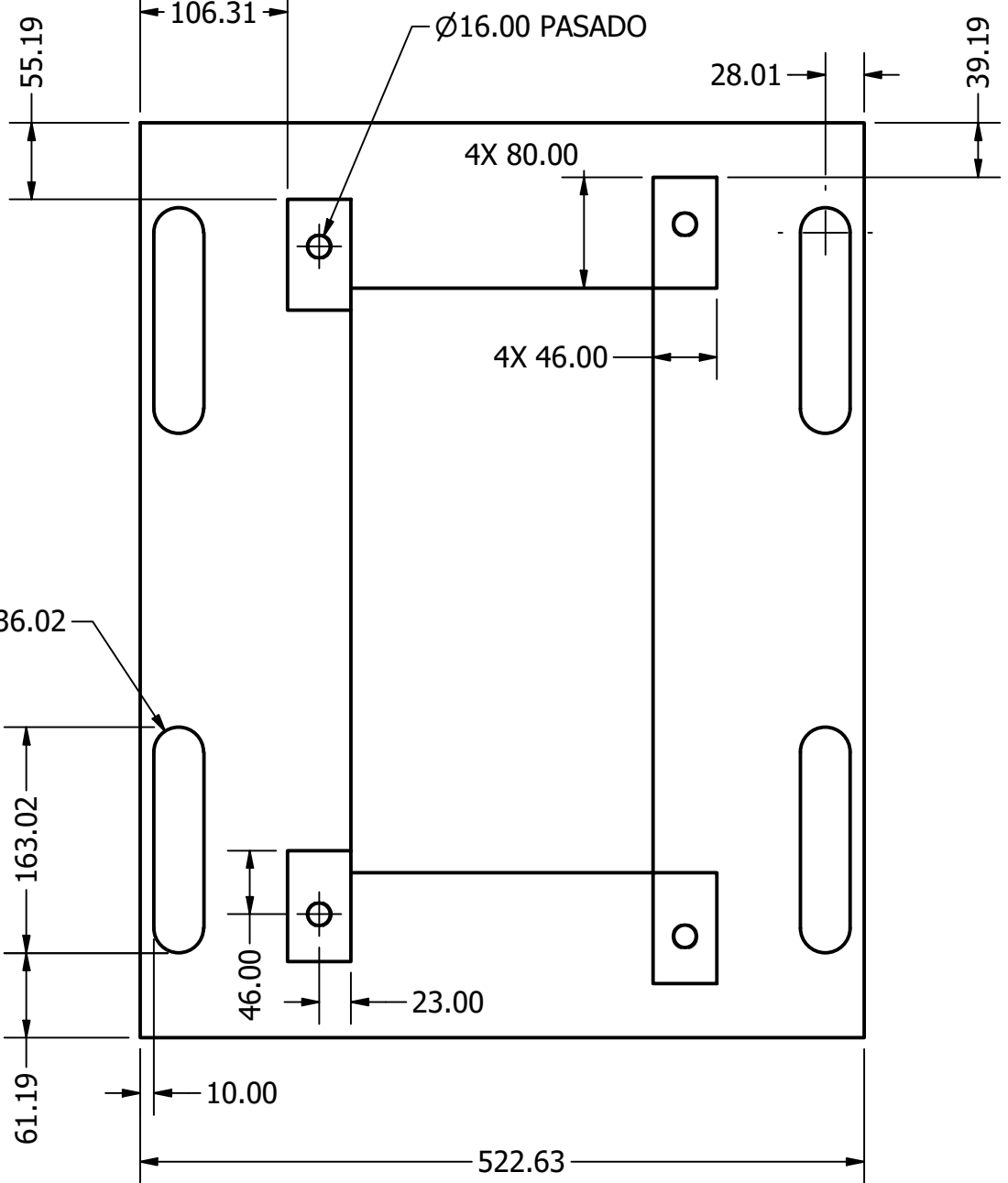
Nota 1: Los pernos se deberán comprar según el motor adquirido, en este caso es para el motor Hatz del modelo.

TÍTULO: ENSAMBLE DE MOTOR		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1: 10	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 66 DE 77	REV 0



2

1



Nota 1: La ubicación de los agujeros se hacen respecto al motor que se utiliza. Las dimensiones de este plano son referentes al modelo de motor hatz. Este motor no representa el motor real de la trituradora, este depende de los precios y equipo existente en el mercado de Guatemala.

El tamaño del agujero interior y el tamaño de las alzas también dependen del tipo de motor que se compre.

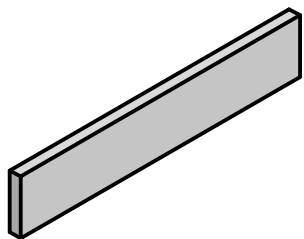
TÍTULO: PLACA BASE MOTOR ASTM A36		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1: 5	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 67 DE 77	REV 0

2

1

2

1



B

B

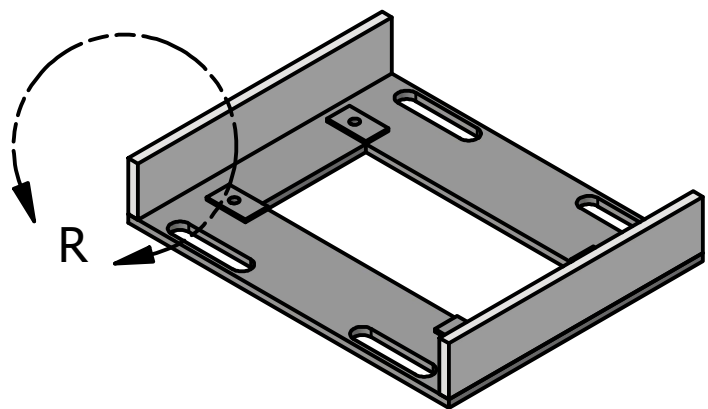


20.00



100.00

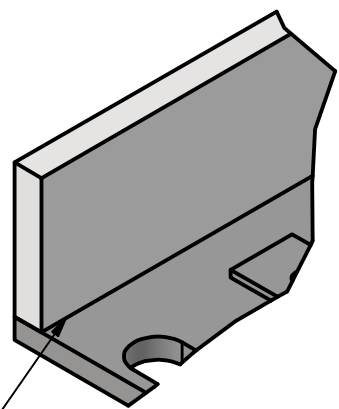
522.63



A

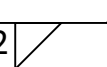
A

DETALLE R
ESCALA 1 : 4



E7013

3/32

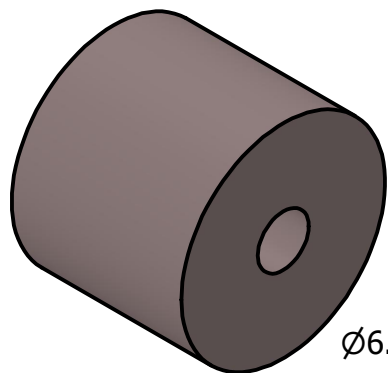


TÍTULO: PLACA LATERALES ASTM A36		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:3	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 68 DE 77	REV 0

2

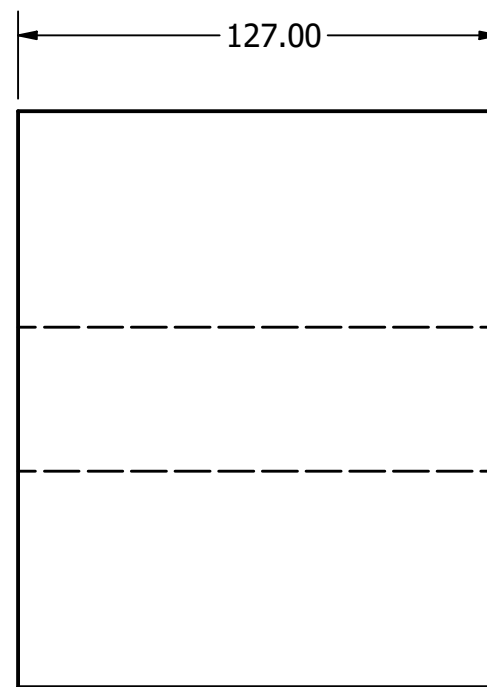
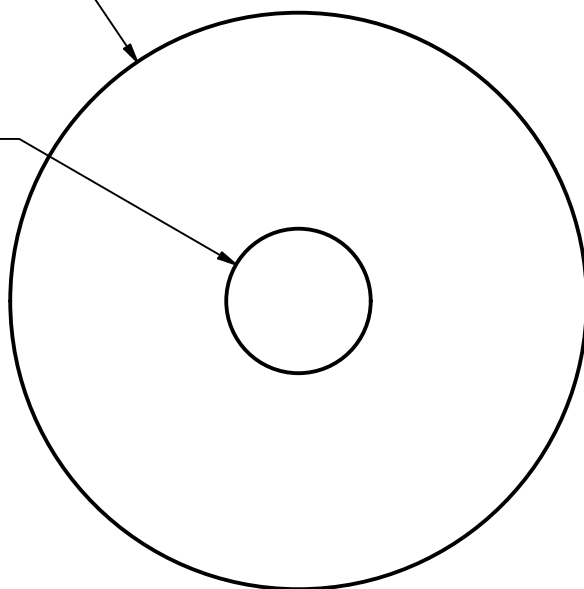
1





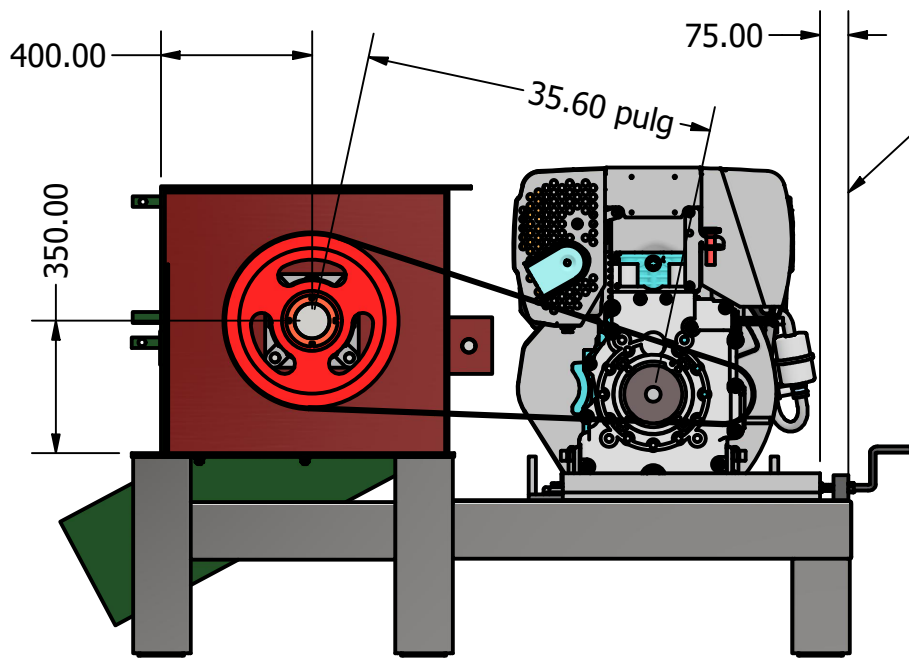
Ø6.00 pulg

Ø1.50 pulg



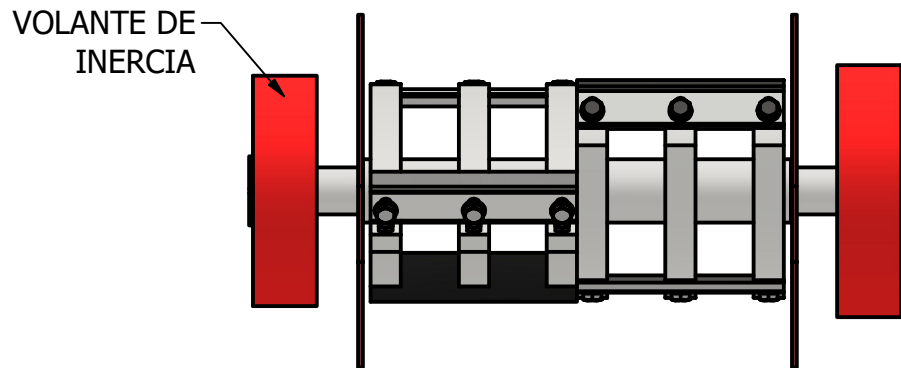
Nota 1: La polea debe tener cuatro ranuras tipo B. La dimensión del diámetro interno de la polea depende del eje del motor que se compre, el acople también. Esta polea es para fines ilustrativos.

TÍTULO: POLEA d HIERRO FUNDIDO		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:3	UNIDADES: Pulg
A	PÁGINA 69 DE 77	REV 0



Distancia entre guía de motor y el borde de la trituradora.

Nota 1: La distancia entre centros de las poleas deberá ser de 35.6 pulg. La distancia de la base del motor respecto a la caja de trituración depende del motor que se comparará. Siempre se debe cumplir la distancia entre centros de las poleas para garantizar la tensión en las fajas.

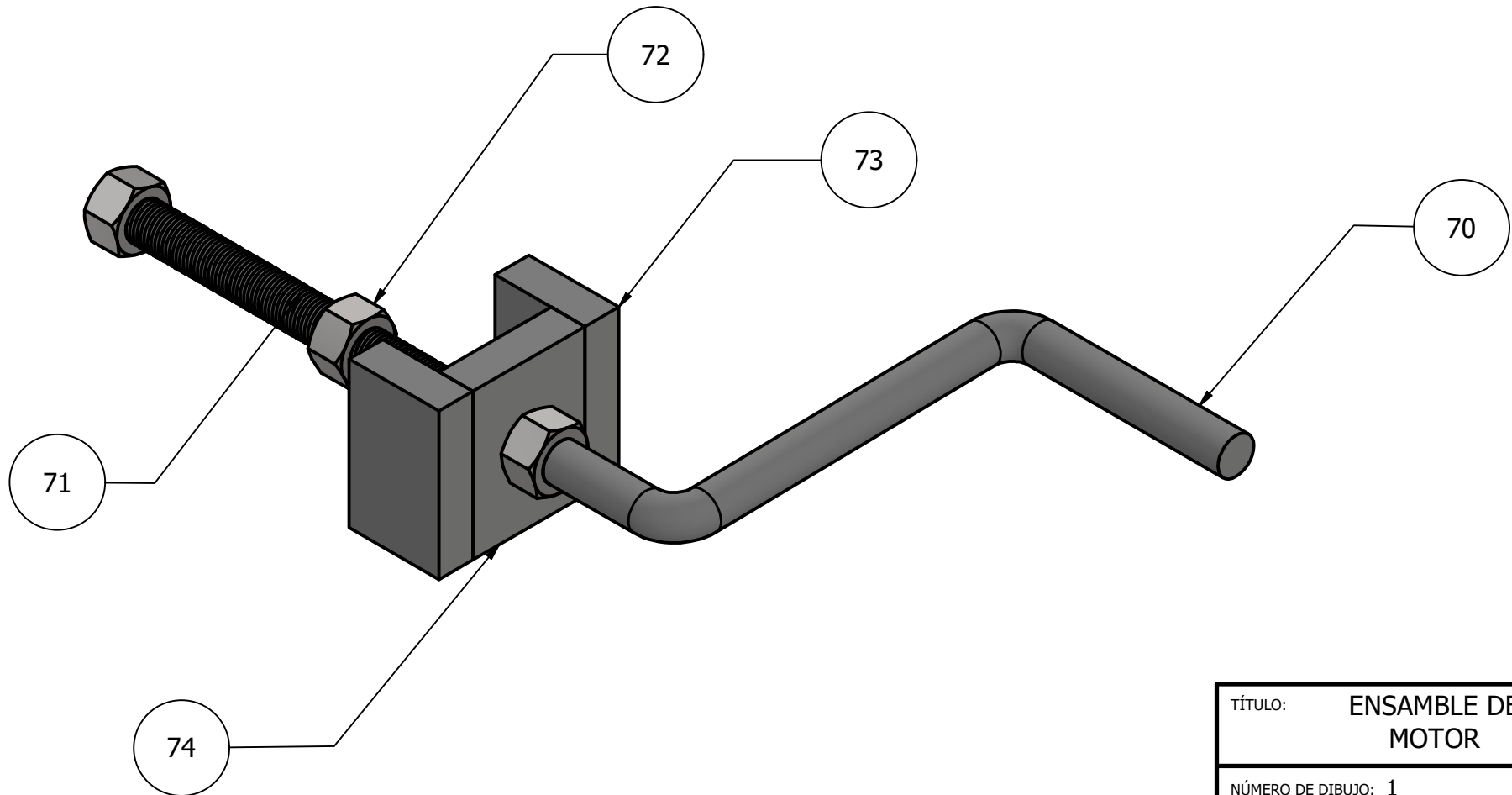


Nota 2: Las distancias para colocar la polea y volante de inercia son simétricas, también se debe considerar un espacio de 7.10 mm desde el extremo del eje que es donde se colocará el tornillo de sujeción de la polea y volante de inercia al eje.

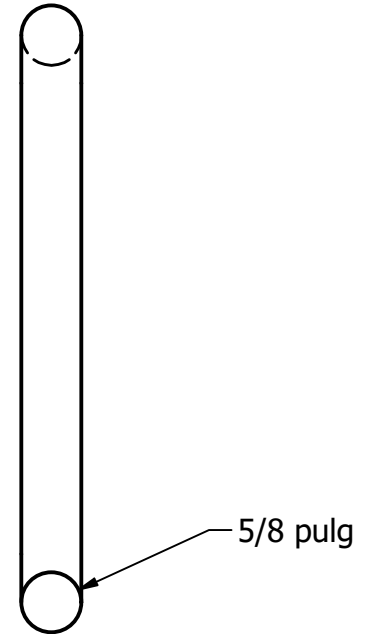
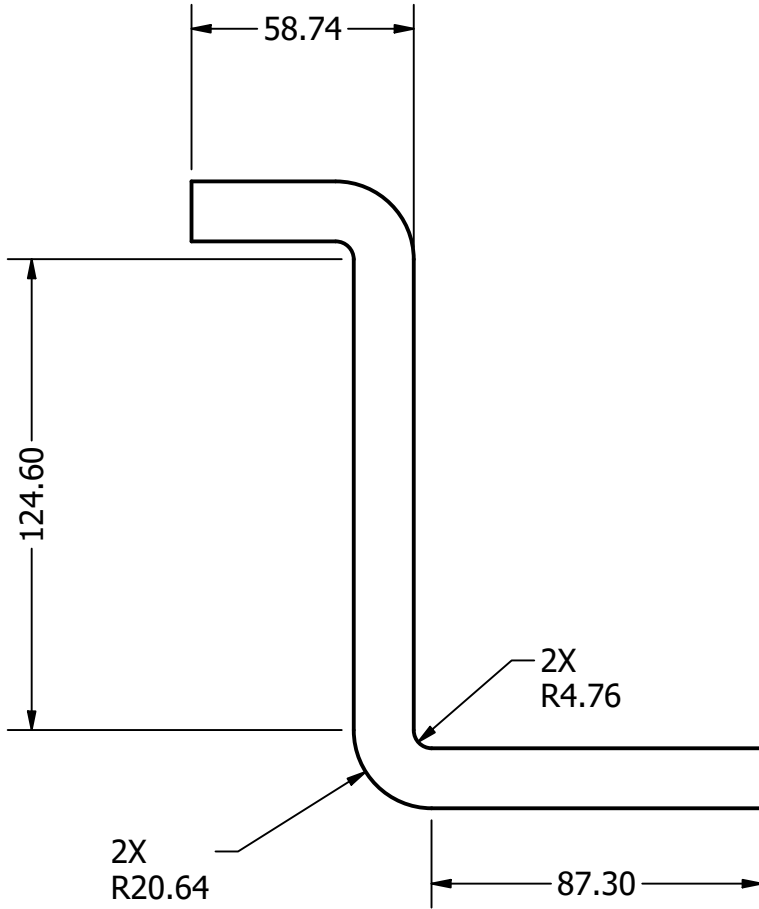
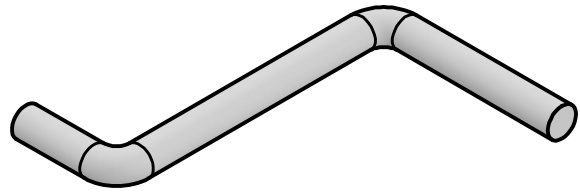
TÍTULO: ENSAMBLE DE FAJAS Y POLEAS		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:20	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 70 DE 77	REV 0

Nota de ubicación de tuercas: Pegar la 1ra tuerca al final del tornillo de potencia, la 2da a los 10 cm de la tuerca ubicada al final y última pegada a la pared frontal.

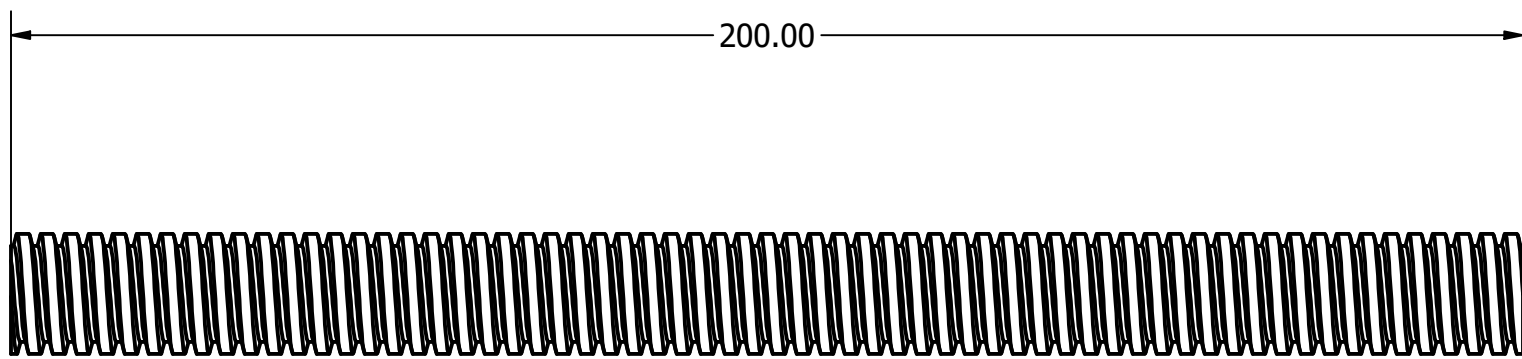
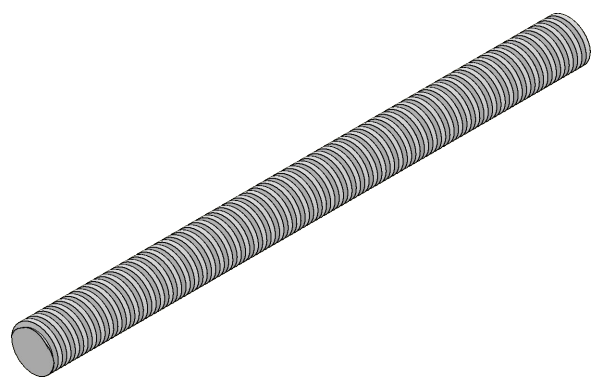
LISTADO DE PIEZAS			
ELEMENTO	CANTIDAD	PIEZA	DESCRIPCIÓN
70	1	Brazo Palanca	Mango de Hierro Fundido
71	1	Tornillo de potencia	Acero BCN 750-150
72	3	AS 2465 - 5/8 UNF	Tuerca hexagonal UNC SAE 1
73	2	Pared Lateral TP	Acero ASTM A36
74	1	Pared Frontal TP	Acero ASTM A36



TÍTULO: ENSAMBLE DE MOTOR		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1: 10	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 71 DE 77	REV 0

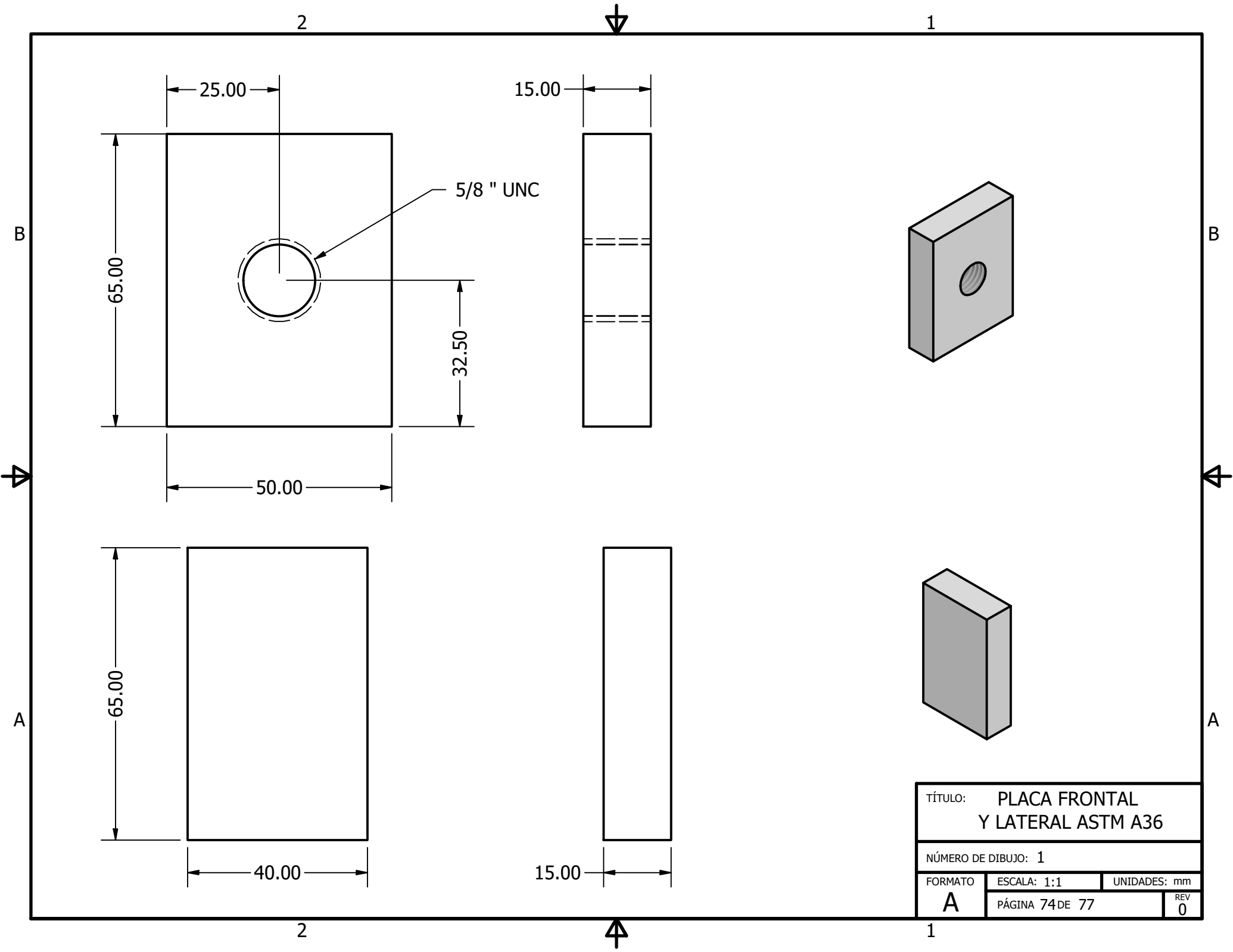


TÍTULO:		PALANCA AISI 1020	
NÚMERO DE DIBUJO: 1			
FORMATO	ESCALA: 1:2	UNIDADES: mm	
A	PÁGINA 72 DE 77	REV	0



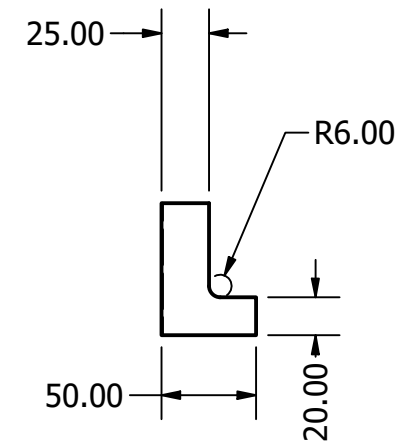
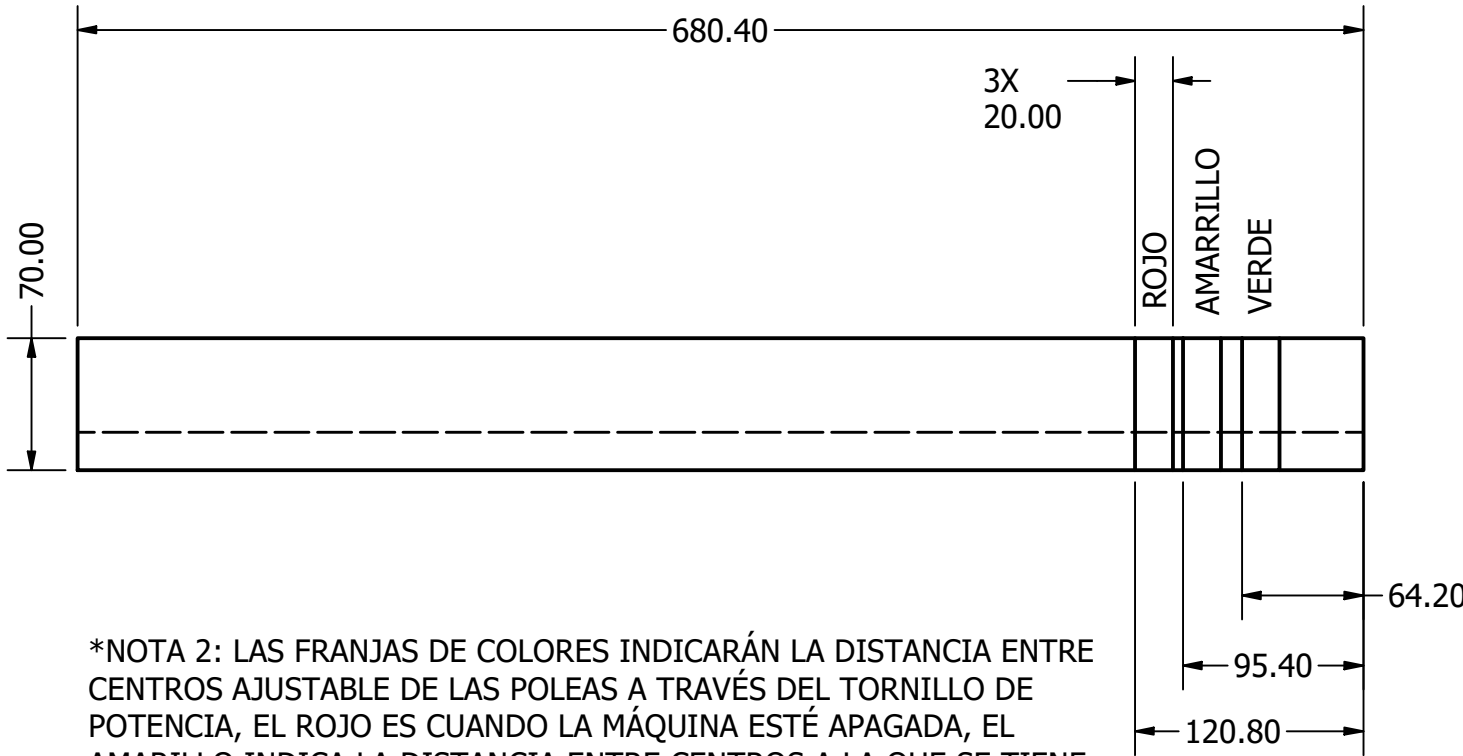
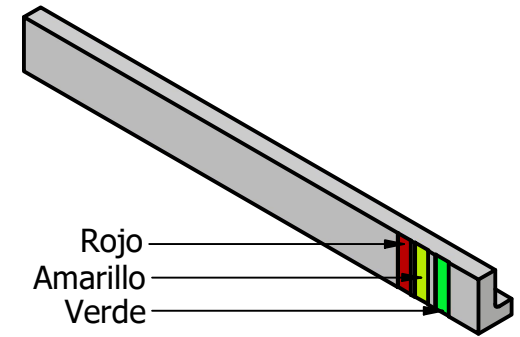
Tornillo de potencia con diámetro de 5/8 pulg, Rosca ACME de paso de 1/8 pulg.

TÍTULO: TORNILLO POTENCIA ACERO BCN750-150		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:1	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 73 DE 77	REV 0



TÍTULO: PLACA FRONTAL Y LATERAL ASTM A36		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:1	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 74 DE 77	REV 0

Nota 1: La 1ra guía se ubica en el borde izquierdo de la trituradora, donde se colocará el motor, se establece una distancia entre guías de 522.630 mm en donde se colocará la base del motor.

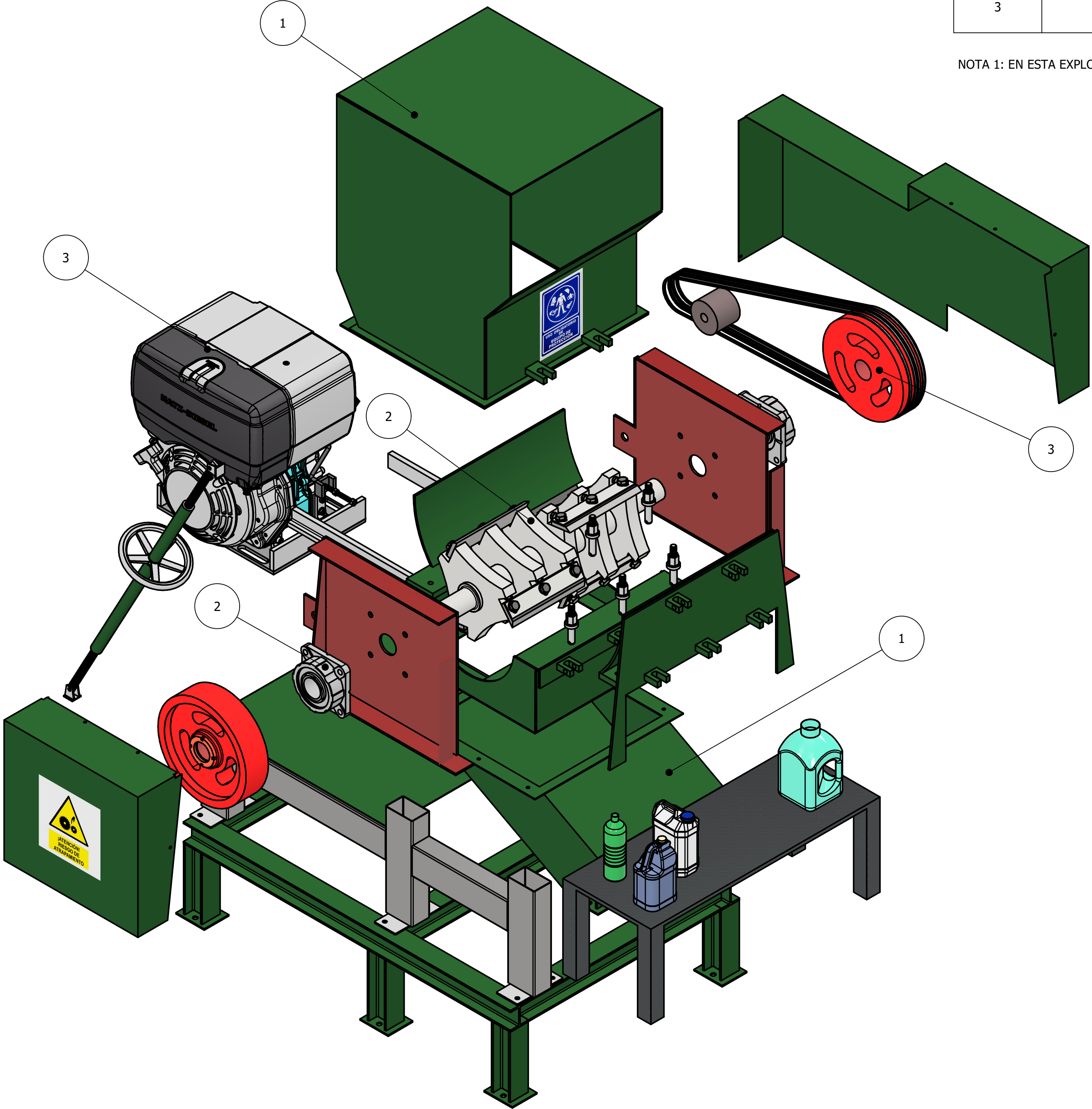


*NOTA 2: LAS FRANJAS DE COLORES INDICARÁN LA DISTANCIA ENTRE CENTROS AJUSTABLE DE LAS POLEAS A TRAVÉS DEL TORNILLO DE POTENCIA, EL ROJO ES CUANDO LA MÁQUINA ESTÉ APAGADA, EL AMARILLO INDICA LA DISTANCIA ENTRE CENTROS A LA QUE SE TIENE QUE POSICIONAR LA MÁQUINA CUANDO SE QUIERE ENCENDER EL MOTOR, LA VERDE INDICA LA DISTANCIA A LA QUE SE TIENE QUE LLEVAR PARA AJUSTAR A UNA DISTANCIA DE 35.6 PULG, LA DISTANCIA ENTRE CENTROS ÓPTIMA PARA OPERAR.

TÍTULO: GUÍA DE MOTOR ASTM A36		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:4	UNIDADES: mm
A	PÁGINA 75 DE 77	REV 0

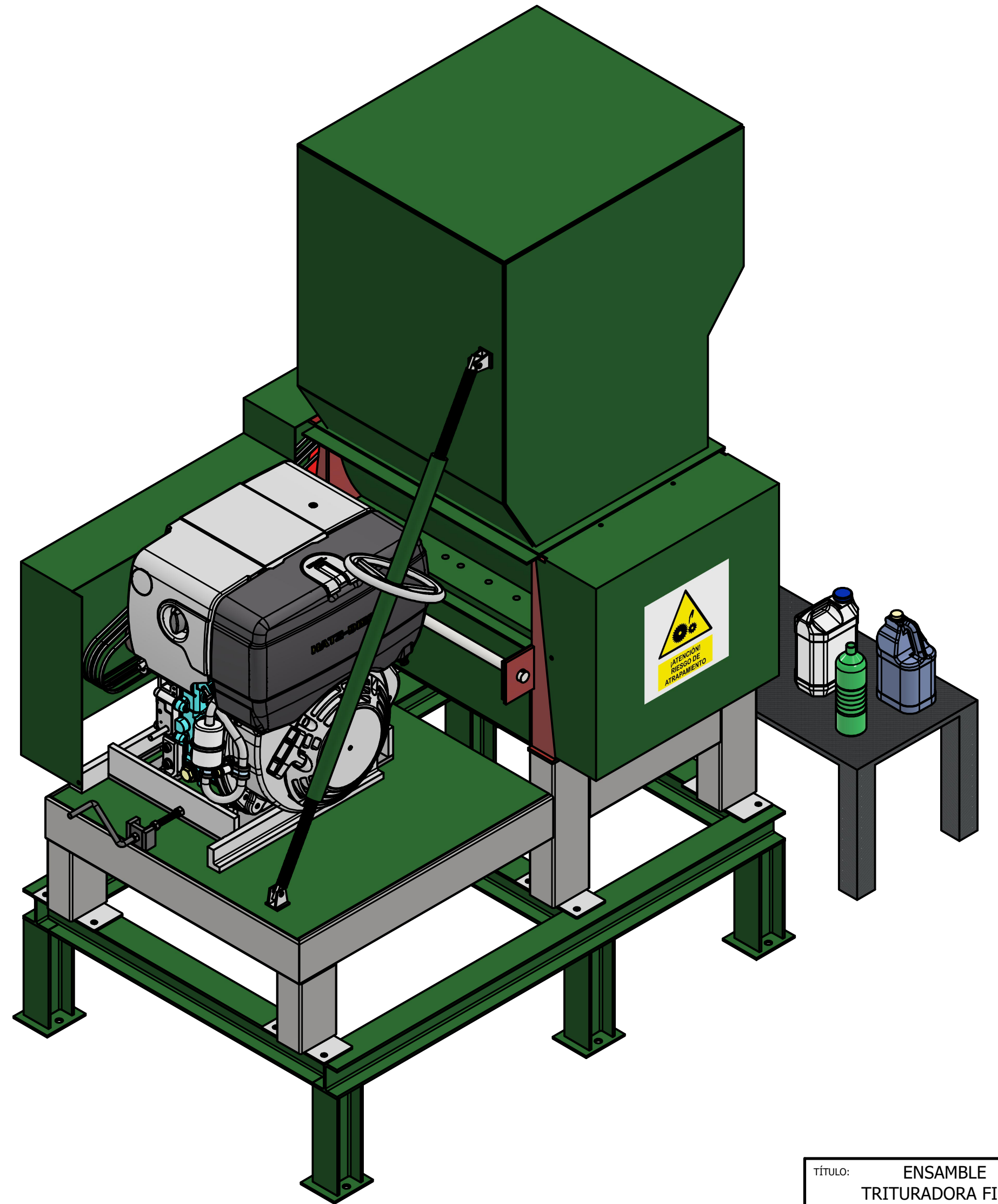
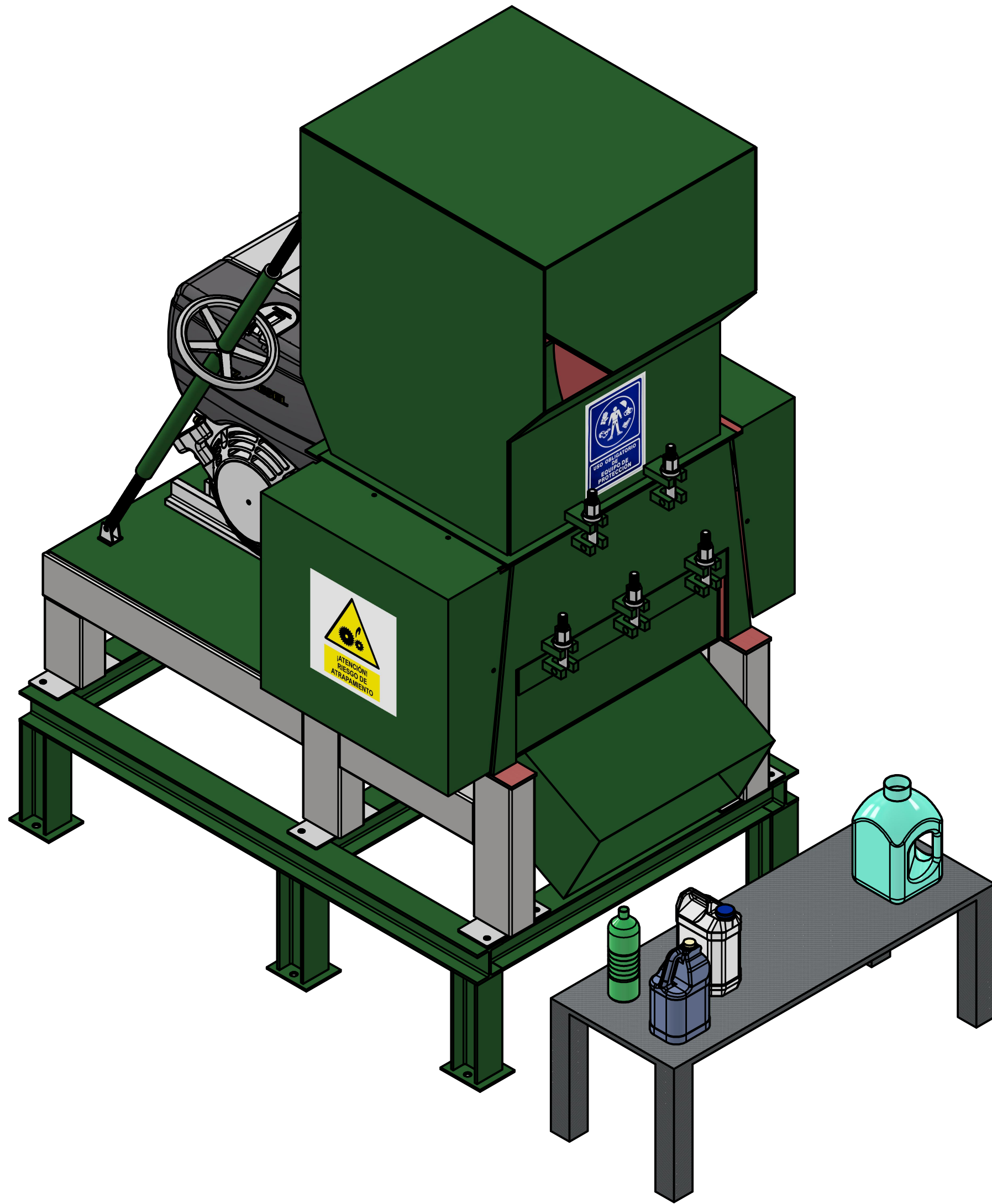
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	MÓDULO ESTRUCTURA	DISEÑO EN PÁGINAS 1 - 49
2	1	MÓDULO TRITURACIÓN	DISEÑO EN PÁGINAS 50 - 61
3	1	MÓDULO TRANSMISIÓN DE POTENCIA	DISEÑO EN PÁGINAS 62 - 70

NOTA 1: EN ESTA EXPLOSIÓN SE PUEDE OBSERVAR LOS 3 MÓDULOS ENSAMBLADOS.



TÍTULO: EXPLOSION TRITURADORA FINAL		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO	ESCALA: 1:12	UNIDADES: mm
C	PÁGINA 76 DE 77	REV 0

NOTA 1: ENSAMBLE FINAL TRITURADORA CON 3 MÓDULOS.




TÍTULO: ENSAMBLE TRITURADORA FINAL		
NÚMERO DE DIBUJO: 1		
FORMATO: C	ESCALA: 1:12	UNIDADES: mm
PÁGINA 77 DE 77		REV 0

12.2. Cotizaciones

12.2.1. Cotización materiales Alaisa

Figura 54: Cotización materiales Alaisa



ALAI SA
ALIAJOS AGROINDUSTRIALES, S.A.

3a Av "A" 3-83 Zona 8 Mixco, San Cristobal Sector A-5
Guatemala, Guatemala

PBX: (502) 2379-0100 / PBX: (502) 24724444

WWW.ALAISA.COM

VE-RE-11
Cotización #
414296

<p>Para: MOSTRADOR</p> <p>A la atención de:</p> <p>Dirección: Guatemala Guatemala</p> <p>Telefono:</p> <p>Lugar de entrega:</p> <p>Guatemala Guatemala</p>	<p>NIT: C/F</p> <p>Forma de pago: Contado Efectivo</p> <p>Credito Disponible: SI</p> <p>Fecha: 10/04/2021 Hora: 11:31</p> <p>Tiempo de entrega:</p>
---	---

#	Código	Descripción	Ctd.	Precio	Total
1	0017AC040131	TUBO AC CARBON A-53 Gr C/COSTURA ERW CED40 4"	1	QTZ 1,032.00	QTZ 1,032.00
2	0016AC040111	TUBO AC CARBON A-106/A-53 Gr B S/COSTURA CED40 3"	1	QTZ 1,003.00	QTZ 1,003.00
3	0017AC040111	TUBO AC CARBON A-53 Gr C/COSTRUA ERW CED40 3"	1	QTZ 921.00	QTZ 921.00
4	0017AC040141	TUBO AC CARBON A-53 Gr C/COSTURA ERW CED40 5"	1	QTZ 1,769.00	QTZ 1,769.00
5	0016AC040141	TUBO AC CARBON A-106/A-53 Gr B S/COSTURA CED40 5"	1	QTZ 1,865.25	QTZ 1,865.25
6	0006AC150F131	VALV GLOBO AC CARBON 216 WC/API 600 CLASS 150# FLANGEADA 4"	3	QTZ 2,842.12	QTZ 8,526.36

Total: QTZ 15,116.61

OBSERVACIONES:

ANDREA FERNANDEZ

MATERIAL EN STOCK SALVO PREVIA VENTA

Fecha y Hora Impresión: 10/04/2021 11:31

SI TIENE ATRASO EN SUS PAGOS COMUNICARSE AL DEPARTAMENTO DE CRÉDITOS

PRECIOS SUJETO A CAMBIOS SIN PREVIO AVISO

CONTACTO DE VENTAS:

VENDEDOR: Helen Garcia

TELEFONO: / 2379-0100

CREADO: Helen Garcia

SERVICIO AL CLIENTE:

TELEFONO: 2379-0167

CORREO: servicioalcliente@alaisa.com



12.2.2. Cotización materiales ProAceros

Figura 55: Cotización materiales ProAceros



14:46:33

www.proaceros.com.gt

Dirección: **Calzada Aguilar Batres 48-44 Zona 11, Colonia Castañas**
Guatemala, C.A.

Asesor de Venta: **Manolo Acajalon**

Email: manoloacajalon@proaceros.com.gt

PBX: +502 2480 1085

Celular: +502 5651 3797

CLIENTE		COTIZACION	
Nombre: María Andrea Fernández		Fecha:	9/03/2022
Empresa: AGREQUIMA		Valido hasta:	9/03/2022
NIT:		Cotizacion No.	0250
Dirección:		Entrega	
Teléfono: +502 4011 8011			

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	TOTAL
1	TUBO RECTANGULAR 4" x 6" x 6 MTS. CHAPA 11	Q 1,341.00	Q 1,341.00
2	LAMINA NEGRA 3/8" x 4' x 8'	Q 3,235.40	Q 6,470.80
3	LAMINA NEGRA 1/4" x 4' x 10'	Q 2,695.00	Q 8,085.00
2	LAMINA NEGRA 3/32" x 4' x 10'	Q 1,010.70	Q 2,021.40
1	LAMINA NEGRA 1/8" x 3' x 8'	Q 845.30	Q 845.30
1	LAMINA NEGRA 3/16" x 3' x 8'	Q 1,267.90	Q 1,267.90
1	LAMINA NEGRA 5/16" x 4' x 8'	Q 2,838.30	Q 2,838.30
2	VIGA H 4" x 13 LBS/PIE x 20 PIES	Q 1,794.00	Q 3,588.00
5	LIBRA ELECTRODO 7018 ECA 1/8"	Q 16.75	Q 83.75
		Q	-
		Q	-
		Q	-
		Q	-
		Q	-
		Q	-
		Q	-
	*** Precios Sujetos a Cambios Sin Previo Aviso ***	Q	-
	*** Sujeto a Disponibilidad de Existencias ***	Q	-
	*** Sujetos a Pagos Trimestrales ***	Q	-
	*** Nit: 1247736-2 ***	Q	-
		Q	-
		TOTAL	Q 26,541.45

TÉRMINOS Y CONDICIONES	OBSERVACIONES
1. Al cliente se le cobrará después de aceptada esta cotización. 2. El pago será debitado antes de la entrega de bienes y servicios. 3. Precios sujetos a cambios sin previo aviso 4. Sujeto a disponibilidad de existencias. x _____ FIRMA Y SELLO	

Manolo Acajalon
Vendedor


manoloacajalon@proaceros.com.gt
Email:

+502 5651 3797
WhatsApp

Hierro y Servicio de Primera Calidad


12.2.3. Cotización materiales Grupo AP

Figura 56: Cotización materiales Grupo AP

		GRUPO A P. Sociedad Anonima 50 CALLE 23-70 ZONA 12, GUATEMALA, GUATEMALA PBX: +502 2386-3434 www.grupoap.com.gt gapsa@grupoap.com.gt NIT: 29156319		COTIZACION Pag.: 1 / 1 NUM : 35032 FECHA: 09/03/2022		
VENDEDOR 20 ROSA S.		OTROS Con Iva Moneda GTQ Q	TELEFONO	FORMA PAGO Credito 0 dias	NIT 622603-5	
Codigo: 3644 ASOCIACION DEL GREMIO QUIMICO AGRICOLA				CLIENTE	O/COMPRA	
DIRECCION CIUDAD			PENDIENTE	DIRECCION ENTREGA		
CODIGO	UNIDAD MEDIDA	DESCRIPCION	PESO LBS.	CANT.	PRECIO UNITARIO	TOTAL
044426	UNIDAD	TUBO RECT. 4 X 6 CH. 11	181.71	1.00	1,506.0000	1,506.00
010795	UNIDAD	LAMINA NEGRA 3/8 X 4 X 8	980.40	2.00	3,138.0000	6,276.00
010740	UNIDAD	LAMINA NEGRA 1/4 X 4 X 10	1,224.99	3.00	2,613.3120	7,839.94
010582	UNIDAD	LAMINA NEGRA 3/32 X 4 X 10	306.26	2.00	980.0320	1,960.06
010606	UNIDAD	LAMINA NEGRA 1/8 X 3 X 8	122.50	1.00	842.0000	842.00
010666	UNIDAD	LAMINA NEGRA 3/16 X 3 X 8	183.75	1.00	1,263.0000	1,263.00
011005	UNIDAD	LAMINA NEGRA 5/16 X 4 X 8	408.38	1.00	2,696.0000	2,696.00
030591	UNIDAD	VIGA W.F. 4 X 13 LBS/PIE X 20'	520.00	2.00	1,651.0000	3,302.00
140227	LIBRA	ELECTRODO ECA E-7018 1/8" D.C. E/44	44.00	44.00	13.3900	589.16
VEINTISEIS MIL DOSCIENTOS SETENTA Y CUATRO CON 16/100			3,971.99		GTQ	
OBSERVACIONES:				NombreCorto TotalMontoImpuesto IVA 2,814.8800	TOTAL Q.	26,274.16
NOTAS: - Precios expresados en: QUETZALES INCLUYE EL 12% DE IVA						
09/03/2022 11:41:48 rosa						

12.2.4. Cotización tornillo de potencia

Figura 57: Cotización fabricación tornillo potencia



SERVICIOS TECNICOS INDUSTRIALES
Torno y Fresadora

4ta. Calle 9-87 Zona 7,
Quinta Samayoa, Guatemala
Tel. (502) 2472-4073 / 75

COTIZACIÓN

FECHA	17/03/2022
COTIZACIÓN #	612
CLIENTE ID	AGREQUIMA
SOSTENIMIENTO DE PRECIO	15 Dias

Fabricación, reparación y diseño de maquinaria.
Teléfono: 2472-4073 / 2472-4075
E-mail: STI.TORNO@GMAIL.COM
ASESOR DE VENTAS: César Sosa
NIT: 7797725-4

SOSTENIMIENTO DE PRECIO
ATENCION: Andrea Fernandez
TIEMPO DE ENTREGA: 6 Dias Habiles

CLIENTE

Nombre: **AGREQUIMA**
Email:
Dirección: Boulevard Los Próceres 24-69 Zona 10, Empresarial Zona Pradera Torre IV Nivel 10, Oficina 1004 Guatemala, C.A.
Ciudad:
Teléfono: 2295-9780

COD. PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	CANT.	PRECIO UNL.	SUB-TOTAL	IVA	TOTAL						
AGRE1	Servicio de fabricación de juego de 2 tornillos con rosca ACME (DERECHA E IZQUIERDA) paso .200" Ø 1 1/4" x 54cm total, en material acero 705 y 2 tuercas con rosca acme (DERECHA E IZQUIERDA) soldadas a tubo para elevación de tolva.	1	Q3,683.48	Q3,683.48	Q442.02	Q4,125.50						
<p>NOTAS:</p> <p>* Lugar de entrega: Instalaciones Taller STI</p> <p>No. De cuenta para el anticipo</p> <p>Detalle cuenta monetaria</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Nombre de cuenta</td> <td>SERVICIOS TECNICOS INDUSTRIALES</td> </tr> <tr> <td>No. de cuenta</td> <td>4090058159</td> </tr> <tr> <td>Tipo de moneda</td> <td>QUETZALES</td> </tr> </table> <p style="text-align: center; color: red; font-weight: bold; border: 1px solid red; padding: 2px;">BANCO INDUSTRIAL MONETARIA</p>							Nombre de cuenta	SERVICIOS TECNICOS INDUSTRIALES	No. de cuenta	4090058159	Tipo de moneda	QUETZALES
Nombre de cuenta	SERVICIOS TECNICOS INDUSTRIALES											
No. de cuenta	4090058159											
Tipo de moneda	QUETZALES											
					Subtotal	Q3,683.48						
					Total IVA	Q442.02						
					TOTAL	Q4,125.50						

CONDICIONES DE PAGO: 50 % Contra entrega
ANTICIPO: 50 %

Si usted tiene alguna pregunta sobre esta cotización, por favor, póngase en contacto con nosotros
Gracias por hacer negocios con nosotros!

12.2.5. Cotización fabricación trituradora

Figura 58: Cotización fabricación trituradora



PROFORMA	
No	002621
Fecha	27/07/2022

Cliente

Andrea Fernández

Atentamente presentamos a usted el equipo/trabajo solicitado:

Cantidad	Descripción	Total
01	Fabricación de trituradora (según plano enviado). <ul style="list-style-type: none">▪ Incluye: fabricación de estructura para trituradora (según diseño).▪ Motor a gasolina de 24HP.▪ Traslado e instalación (ciudad capital); Sí en caso fuese en un departamento el costo de traslado se calculará por aparte.▪ El equipo se entrega probado en planta.	
Total a cancelar		Q 214,200.00*

TERMINOS Y CONDICIONES

*Condiciones/Venta:

1. **70% anticipo y el 30% restante a la entrega del equipo/trabajo.**
2. Pago por medio de transferencia o depósito NO EFECTIVO.
3. El equipo se entrega probado en calentamiento y funcionamiento eléctrico.
4. PROMINOX NO se hace responsable de los procedimientos para la elaboración del producto, debido a que el equipo fue entregado en óptimo funcionamiento a la persona responsable el día de la entrega.
5. Cualquier cambio en la cotización tendrá un recargo si el equipo está en proceso de producción.
6. NO incluye nada extra que no esté descrito en esta cotización.
7. Esta cotización tiene una validez de 15 días.

Lote 55, carr. hacia Los Ocoles, Aldea Sta. Rita, San José Pinula, Guatemala - Correo electrónico alexmicaceres@hotmail.com

Encuentranos



PROMINOX



Proyectos Mecánicos y de Inoxidable

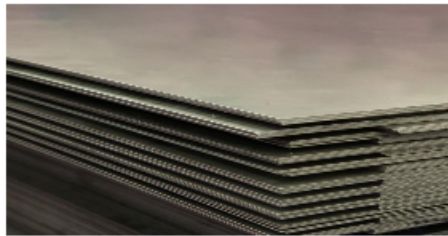
12.3. Fichas técnicas

12.3.1. Ficha técnica ASTM A36

Figura 59: Ficha técnica ASTM A36



Tipo de Fabricación: LÁMINA FRÍA 1/16" X 4' x 8'



Plancha de acero sometida a tratamientos térmicos que le proporcionan alta resistencia mecánica por lo que es ideal para uso en estampados, paneles exteriores y otros productos como automóviles, muebles de oficina, utensilios, etc. Disponible en espesores desde 0.55 hasta 1.5mm. La lámina rolada en

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

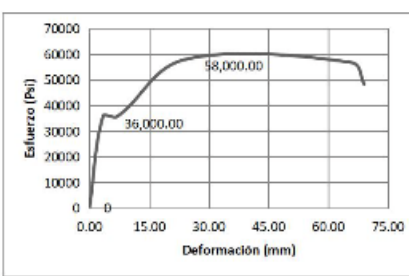
Información General del Producto

Acabado	Referencia Normativa	Espesor (mm)	Ancho (m)	Longitud (m)
--	--	± 1 %	± 10 %	± 6 mm
LAMINA ROLADA EN FRÍO	JIS G 3141	1.50 (mm)	1.22 (m)	2.44 (m)

Requerimientos Químicos (% máximo)

% C	% Mn	% P	% S	% Si	% Cu
0.150	0.600	0.100	0.050	0.400	0.200

Requerimientos Mecánicos

Unidades	Resultados		Gráfico de Comportamiento
Límite Elástico (Yield Strength)			
Ksi:	36.00	Mínimo	
Mpa:	248.18		
Psi:	36,000.00		
Kg/cm²:	2,530.80		
Resistencia a la Tracción (Tensile Strength)			
Ksi:	58.00	Mínimo	
Mpa:	399.85		
Psi:	58,000.00		
Kg/cm²:	4,077.40		
Porcentaje de Elongación			
E%	23.0	Mínimo	

Observaciones: Este documento certifica que el producto aquí listado es producido, ensayado y aprobado en los laboratorios de análisis de la materia por el Departamento de Aseguramiento de Calidad, conforme a las especificaciones que aquí se describen.

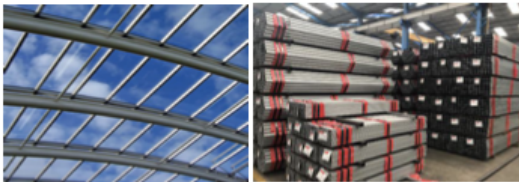


12.3.2. Ficha técnica ASTM A500

Figura 60: Ficha técnica ASTM A500



Tipo de Fabricación: TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR 4" X 2" X 3/16"



Tubería estructural, soldada longitudinalmente por resistencia eléctrica de alta frecuencia inducida, se ofrece tubería cuadrada, rectangular y redonda fabricada en acabados negro, remetalizado y galvanizado por inmersión, Tubería Estructural elaborada bajo Normas ASTM A500 (Lámina Negra), ASTM A653 (Lámina Galvanizada) y ASTM A123 (Galvanizada por inmersión).

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Información General del Producto

Acabado	Referencia Normativa	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Longitud (m)	Tipo de Recubrimiento	Espesor de Recubrimiento	Extremos
--	--	± 1 %	± 10 %	± 7 mm	--	µm	--
TUBO ESTRUCTURAL NEGRO	ASTM A500	101.60 X 50.80	4.76	6.00	Anti-oxidante	--	LISOS

Requerimientos Químicos (% máximo)

% C	% Mn	% P	% S	% Cu	% Ni
0.300	1.200	0.050	0.045	0.400	--

Requerimientos Mecánicos

Unidades	Resultados		Gráfico de Comportamiento
Límite Elástico (Yield Strength)			
Ksi:	46.00		
Mpa:	317.12	Mínimo	
Psi:	46,000.00		
Kg/cm²:	3,233.80		
Resistencia a la Tracción (Tensile Strength)			
Ksi:	58.00		
Mpa:	399.85	Mínimo	
Psi:	58,000.00		
Kg/cm²:	4,077.40		
Porcentaje de Elongación			
E%	23.0	Mínimo	

Observaciones: Este documento certifica que el producto aquí listado es producido, ensayado y aprobado en los laboratorios de análisis de la materia por el Departamento de Aseguramiento de Calidad, conforme a las especificaciones que aquí se describen.



12.3.3. Ficha técnica A572 Grado 50

Figura 61: Ficha técnica A572 Grado 50

ACEROS ESPECIALES
Para aplicaciones Industriales



Cía. General de Aceros

Acero Grado Estructural

Referencia:
Lámina A 572 Grado 50



ASTM A572 Gr 50

Composición química (%)

C	0.23 Máx	P	0.04 Max.
Mn	1.35 Máx	S	0.05 Max.
Si	0.4 Máx		

Características

El acero estructural A572 se produce bajo la especificación ASTM A572 en los grados 42, 50, 60 y 65 y representan los límites elásticos. Las placas iguales y superiores a 100 mm se hacen con un límite elástico de 42 ksi.

Es un acero de calidad estructural de alta resistencia y baja aleación con la adición de micro aleantes (Niobio o Columbio y Vanadio). Se desarrollo este acero de alta resistencia, haciéndolo más seguro en su comportamiento mecánico y lográndose una reducción en el consumo específico desde el punto de vista estructural.

Usos:

El acero A 572 Gr 50 es empleado en la construcción de estructuras metálicas. Dentro de las principales aplicaciones están plataformas para la industria petrolera, puentes, torres de energía, torres para comunicación, herrajes eléctricos, señalización y edificaciones remachadas, atornilladas o soldadas.

Se utiliza cuando se desea disminuir los espesores en diseño gracias a su mayor resistencia comparada con la lámina A 36.



Ventajas:

- * Ductilidad y homogeneidad
- * Soldabilidad
- * Conformidad
- * Relación resistencia / peso




Propiedades Mecánicas

Resistencia a la tracción	Límite Elástico min.	Alargamiento %, min	
		200 mm	50 mm
46Kg / mm ²	35 Kg / mm ²	18	21
450 Mpa.	345 Mpa.		
65 ksi	50 ksi		

Observaciones: Toda la información técnica es solo de referencia.
Los datos suministrados están dentro de los rangos promedio de lo exigido por norma o la calidad asociada y no corresponden a los valores exactos para cada material.

12.3.4. Ficha técnica Acero 750 VCN 150

Figura 62: Ficha técnica Acero 750 VCN 150

ims Aceros IMS Int., S.A.		CERTIFICADO DE CALIDAD QUALITY CERTIFICATE		EN 10204-3.1											
CLIENTE / CUSTOMER		EXPEDICIÓN / EXPEDITION													
ACEROS SUECOS (EMP.COM.E IND.) AV. PICTAPA 17-78 ZONA 12 GUATEMALA GUATEMALA		ALBARÁN / DELIVERY NOTE: 383615- 1 N° PEDIDO / ORDER N°: AS 160518 FECHA / DATE: 28.06.18													
PRODUCTO SOLICITADO / REQUIRED PRODUCT															
CALIDAD / GRADE	AISI 4140	COLADA / HEAT	7313011291												
ESTADO / DELIVERY COND.	TRATADO T	PERFIL / SHAPE	R	PESO (KG) / WEIGHT: 180											
MEDIDA / SIZE	35	LONGITUD / LENGTH	N° PIEZAS / N° OF PIECES												
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA COLADA / CHEMICAL COMPOSITION															
C	MN	SI	P	S	CR	MO	NI	CU	TI	AL	V	SN			
0,420	0,730	0,220	0,007	0,025	1,130	0,230	0,090	0,130	0,010	0,024	0,010	0,007			
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS / MECHANICAL PROPERTIES															
TRATAMIENTO TÉRMICO DE PROBETA HEAT TREATMENT TEST PIECES	RM N/mm2	RE N/mm2	A (%)	Z (%)	DUREZA HB HARDNESS	RESILIENCIA (J) RESILIENCE 20 °C TIPO PROBETA / TEST PIECE KV									
ENSAYOS SOBRE MATER. DE SUMINISTRO	1022,00	911,00	18,00	59,00		102,0	100,0	100,0							
OBSERVACIONES / REMARKS: RESILIENCIA -20 GR KV= 80/90/88 RESILIENCIA -40 GR KV= 80/90/88															
MICROINCLUSIONES / MICRO INCLUSIONS															
NORMA / NORM: AFNOR NFA 04-106 S / JERNKONTORET				TAMAÑO GRANO / GRAIN SIZE											
MATERIAL LIBRE DE RADIOACTIVIDAD				7											
OBSERVACIONES / REMARKS: Norma DIN 50602 K3 = 0															
ENSAYOS JOMINY / JOMINY TEST															
mm	1,5	3	5	7	9	11	13	15	20	25	30	35	40	45	50
HRC	58,5	58	58	57	57	56	55,5	54,5	52	48,5	46	43	42,5	41	40
ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS / OTHER TESTS															
CONTROL ULTRASONIDOS / ULTRASONIC TEST EN 10306 CLASS 3															
CONTROL ANTIMEZCLAS / ANTIMIXING CONTROL 100															
CONTROL DEFECTOS SUPERFICIALES / SURFACE DEFECT CONTROL OK															
OBSERVACIONES / REMARKS															
Los datos de este certificado son copia de los emitidos por el fabricante según norma EN 10204-3.1, cuyo original queda archivado en nuestro Departamento de Calidad.															
TRANSCRIPCIÓN DEL CERTIFICADO DEL FABRICANTE / TRANSCRIPTION OF SUPPLIER'S CERTIFICATE															
Management System ISO 9001:2008															

12.4. Manual de mantenimiento estructura



MANUAL DE MANTENIMIENTO











TRITURADORA DE PLÁSTICO HDPE

ÍNDICE

MÓDULO DE ESTRUCTURA.....	1
Guía de frecuencia de mantenimiento de elementos en la estructura	1
Ajuste de pernos.....	2
Herramientas y equipo.....	2
Procedimiento.....	2
Revisar y añadir aceite a tornillo de potencia y bisagras	3
Herramientas y equipo.....	3
Procedimiento.....	3
Pintar o retocar pintura de trituradora.....	4
Herramientas y equipo.....	4
Procedimiento.....	4

MÓDULO DE ESTRUCTURA

Guía de frecuencia de mantenimiento de elementos en la estructura

 Revisar/ Añadir  Reemplazar				
ELEMENTO	HORAS DE OPERACIÓN			
	Todos los Días	Cada 30 hrs	Cada 100 hrs	Cada 250 hrs
Revisar el ajuste de tornillos y pernos				
Limpiar portacriba, después de cada uso				
Limpiar máquina con trapo seco				
Limpiar área de volantes de inercia				
Lubricar tornillo de potencia				
Limpieza de tolva de extracción				
Lubricar bisagras				
Retoca pintura de la estructura				

NOTA: USAR ACEITE MINERAL PARA LA LUBRICACIÓN DEL TORNILLO Y LAS BISAGRAS

Ajuste de pernos

El ajuste de pernos se debe revisar con una inspección rápida cada día. Verificar que no existan tornillos y pernos flojos en las guardas de seguridad y alza.

Herramientas y equipo

1. Llave matraca o de trinquete



2. Juego de copas



3. Set de llaves combinadas



4. Trapo de microfibra



Procedimiento

1. Verificar si los pernos se encuentran flojos, apretarlos lo suficiente con el *ratchet*.
2. Si se observa suciedad en los pernos, utilizar herramienta adecuada para remover pernos.
3. Luego de remover los pernos, limpiar con el trapo la suciedad que se encuentre entre estos.
4. Colocar de nuevo los pernos, ajustarlos con las herramientas correspondientes, apretar con un torque de 510 Nm.

Revisar y añadir aceite a tornillo de potencia y bisagras

Se deberá añadir aceite de tipo mineral para asegurar un correcto funcionamiento del mecanismo de subida y bajada de la tolva de entrada cada 30 horas de operación. Lo ideal es que este siempre permita al operario abrirla o cerrarla sin ejercer mucha fuerza.

Las bisagras se deben lubricar cada 100 horas, o si en caso llegan a producir algún ruido.

Herramientas y equipo

1. Aceitera



Procedimiento

1. Revisar que el timón del mecanismo del tornillo de potencia pueda girar sin problemas.
2. Añadir el aceite con la aceitera desde la parte alta del tornillo, girando el timón para asegurar que la capucha se lubrique internamente.
3. Lubricar bisagras con aceitera en los puntos de inflexión de esta.

Pintar o retocar pintura de trituradora

Se deberá retocar aquellas partes de la trituradora donde se esté despintando ya que, al ser pintura anticorrosiva, no permite que la oxidación se prolongue o suceda.

Herramientas y equipo

1. Pintura anticorrosiva (verde y roja)



2. Brocha de cerdas



Procedimiento

1. Revisar la pintura de la trituradora y retocar las áreas que estén presentando algún tipo de desgaste en la pintura.