

**DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA**

**INGENIERÍA MECÁNICA**

**REPORTE DE RESIDENCIA PROFESIONAL**

**ENERO – JUNIO 2018.**

**Modelado de mecanismo de funcionamiento de maquina  
cortadora tipo industrial CNC para corte de placas de acero,  
utilizando software CAD.**

**PRESENTA:**

**Abel López Domínguez**

**12270537**

**ASESORES:**

**Ing. Lenin Russel Suarez  
Aguilar.**

**Ing. José Fernando López Franco.**

---

**Asesor Interno**

---

**Asesor Externo**

**TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS, 31 DE MAYO DE 2018.**

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad las empresas del ramo metal-mecánica buscan alternativas que permitan hacer uso eficiente de sus servicios industriales y las dirigen hacia una productividad de mejor calidad. En los servicios de maquila y corte por arco eléctrico se requieren niveles altos de precisión, es por ello que se vuelve importante cuando se implementa los sistemas de control numerico computarizados (CNC) para lograr los estándares de calidad.

La empresa Euowelding México considerada como una empresa especializada en soldadura industrial, teniendo muchas áreas de aplicación, incluidas la venta de material de soldadura, reparación y ensamble de máquinas de soldar, automatización, venta de equipos de corte CNC y línea de corte para placas de acero para el ramo de construcción. En México, cuenta con varias sucursales distribuidas a lo largo de la zona norte del país, teniendo su matriz en la ciudad de Querétaro. En octubre de 2017 la matriz ubicada en la ciudad de Querétaro opto por la fabricación de sistemas de corte por control numérico, lo que dio lugar al diseño de distintos prototipos de sistemas de corte por chorro de plasma.

Para llevar a cabo la fabricación de estas máquinas, se parte de los diseños realizados por ingenieros especializados en sistemas de mecanismos piñón-cremallera accionados por servo motores, estos diseños son revisados y aprobados para su posterior fabricación.

Se comienza con la identificación de los materiales a cortar, como lo son placas de acero A36 con espesor máximo de 1 ½ pulgadas, aluminio de espesor máximo ½ pulgada, acero inoxidable de 3/8 de pulgada; estos materiales son los principales elementos de corte.

Para este proyecto partiremos del diseño CAD (Computer Aided Design), utilizando el software Solidworks. El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos técnicos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en traspasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada.

Lo que queremos lograr con Solidworks en el presente proyecto es diseñar los componentes de la mesa de corte, así también realizar los estudios estáticos en los elementos que soportan mayores cargas.

En el capítulo uno se definen los objetivos generales, así como los específicos, se determinan los factores limitantes y los alcances del proyecto.

En este capítulo también se redacta la información histórica del área de participación.

En capítulo dos dan a conocer los datos científicos que sustentan el proyecto así como los métodos de cálculos y estudios a realizar para el diseño de la mesa de corte. Además se tratan temas relacionados al estudio de partículas y cuerpos rígidos que serán temas necesarios para poder calcular valores de cargas y esfuerzos.

Se redacta una breve reseña del software aquí utilizado.

En el capítulo tres se ven los métodos de modelado y el desarrollo de modelos y elaboración de planos, así como las figuras y representaciones de los modelos realizados.

En el capítulo cuatro se muestra el ensamble total de todos los componentes modelados y se verifica si el ensamble contiene interferencias.

Finalmente se muestra en el comportamiento de las estructuras de soporte del material, así como los resultados obtenidos por los estudios realizados y la lista de planos de todas las piezas diseñadas.

## CONTENIDO

CAPÍTULO 1	GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	9
1.1.	JUSTIFICACIÓN.....	9
1.2.	OBJETIVOS.....	9
1.2.1.	Objetivo general.....	9
1.2.2.	Objetivos específicos.....	9
1.3.	PROBLEMAS A RESOLVER.....	10
1.4.	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO.....	10
1.4.1.	Historia.....	10
1.4.2.	Ubicación.....	11
1.4.3.	Centro de tecnología y automatización.....	11
1.4.4.	Política de la empresa.....	11
1.4.5.	Misión.....	11
1.4.6.	Visión.....	12
1.5.	PROBLEMAS A RESOLVER.....	12
1.6.	ALCANCES Y LIMITACIONES.....	12
CAPÍTULO 2	MARCO TEÓRICO.....	13
2.1.	CONCEPTOS GENERALES.....	13
2.1.1.	Bosquejado.....	13
2.1.2.	Vista isométrica.....	13
2.1.3.	Sistema de coordenadas.....	13
2.1.4.	Modelado de sólidos.....	13
2.1.5.	Cuerpo rígido.....	14
2.1.6.	Fuerza.....	14
2.1.7.	Armadura simple.....	14
2.1.8.	Diagrama de cuerpo libre.....	14
2.1.9.	Rodamientos.....	15
2.1.10.	Servomotor.....	15
2.2.	TIPOS DE VISTAS.....	15
2.2.1.	Vista de piezas.....	15
2.2.2.	Alzado.....	16
2.2.3.	Planta.....	17
2.2.4.	Lateral o perfil.....	17
2.2.5.	Vista seccional.....	18

2.3.	PROCESOS DE FABRICACIÓN (MAQUINADOS).....	19
2.3.1.	Aserrado.....	19
2.3.2.	Torneado.....	19
2.3.3.	Perforado.....	20
2.3.4.	Fresado.....	21
2.3.5.	Maquinado por descarga eléctrica.....	21
2.4.	PROCESOS DE CORTE DE METAL POR OXICORTE.....	23
2.4.1.	Principio de funcionamiento.....	23
2.4.2.	Elementos utilizados en el proceso de oxicorte.....	23
2.4.3.	Características de los elementos de un equipo de oxicorte.....	24
2.4.4.	Oxicorte para control numérico.....	24
2.5.	PROCESOS DE CORTE DE METAL POR CHORRO DE PLASMA.....	26
2.5.1.	Principio de funcionamiento.....	26
2.5.2.	Equipo necesario.....	27
2.5.3.	Ventajas respecto al proceso de oxicorte.....	27
2.6.	MAQUINAS DE CORTE CNC (ROUTERS).....	28
2.6.1.	Definición.....	28
2.6.2.	Funcionamiento de router CNC.....	29
2.6.3.	Router CNC enfocado al corte por chorro de plasma.....	30
2.7.	APLICACIÓN DE LA INGENIERÍA EN EL DESARROLLO DE DISEÑO.....	32
2.7.1.	Análisis estructural.....	32
2.7.2.	Método de nodos.....	33
2.7.3.	Procedimiento para el análisis por el método de nodos.....	34
2.7.4.	Método de secciones.....	34
2.7.5.	Procedimiento para el análisis por el método de secciones.....	37
CAPÍTULO 3	PROCESO DE ANÁLISIS Y MODELADO 3D.....	38
3.1.	RESTRICCIONES DE DISEÑO.....	38
3.1.1.	Restricciones mecánicas.....	38
3.1.2.	Restricciones para elementos de línea.....	38
3.2.	PROCESO DE DISEÑO DE ESTRUCTURA PRINCIPAL.....	39
3.2.1.	Análisis estructural.....	41
3.3.	PROCESO DE DISEÑO DE TRANSPORTE DE PUENTE.....	43
3.3.1.	Adaptación a rodamientos TRH20AC.....	43
3.3.2.	Guía lineal de precisión TRH20AC.....	45
3.3.3.	Perfil Bosch 45X90.....	47
3.3.4.	Proceso de diseño de carro de transporte.....	48

3.3.5.	Diseño de placa inferior de soporte de puente.....	51
3.3.6.	Diseño de placa superior de soporte de puente.....	53
3.4.	DISEÑO DE PUENTE. ....	54
3.5.	PROCESO DE DISEÑO DE ELEMENTOS TRANSPORTADORES DE HERRAMIENTA DE CORTE.....	55
3.5.1.	Control de altura 'RICHNC-THC' .....	56
3.5.2.	Modelado de base de porta herramienta. ....	58
3.5.3.	Modelado de placa de sujeción para el control de altura 'RICHNC-THC' ....	60
3.6.	MODELADO DE SOPORTES DE MATERIAL DE CORTE.....	61
3.6.1.	Sufrideras transversales móviles. ....	61
3.7.	MODELADO DE SUJECIONES A ESTRUCTURA PRINCIPAL.....	63
3.8.	MODELADO DE SISTEMA DE NIVELACIÓN. ....	65
CAPÍTULO 4	RESULTADOS.....	67
4.1.	ENSAMBLE DE LOS ELEMENTOS MODELADOS.....	67
4.2.	LISTA DE PLANOS. ....	69
Plano de estructura principal.....	69	
Plano de carro transportador de puente.....	70	
Plano de placa inferior de soporte de puente.....	71	
Plano de placa superior de soporte de puente.....	72	
Plano de puente porta herramienta.....	73	
Plano de sujeción a estructura principal.....	74	
Plano de bastidor de soporte de material.....	75	
Plano de soporte superior de porta herramienta. ....	76	
Plano de soporte frontal de porta herramienta. ....	77	
Plano de placa de sujeción de control de altura.....	78	
CAPÍTULO 5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
CONCLUSIÓN. ....	79	
ANEXOS.....	80	
ANEXO 1. TABLA DE DIMENSIONES Y PROPIEDADES DEL PERFIL PTR.....	80	
ANEXO 2. TABLA DE DATOS TÉCNICOS DE PERFILES BOSCH.....	82	
Referencias .....	85	

## TABLA DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 2-1 Representación interna de un servomotor. ....	15
Ilustración 2-2. Imagen representativa de la vista alzado. ....	16
Ilustración 2-3. Imagen representativa de la vista planta. ....	17
Ilustración 2-4. Imagen representativa de la vista lateral. ....	18
Ilustración 2-5. Representación de la vista seccional. ....	19
Ilustración 2-6. Proceso de maquinado por aserrado. ....	19
Ilustración 2-7. Proceso de maquinado por torno. ....	20
Ilustración 2-8. Proceso de perforación. ....	20
Ilustración 2-9. Proceso de maquinado por frezado. ....	21
Ilustración 2-10. Brochado. ....	22
Ilustración 2-11. Maquinado por brocha. ....	22
Ilustración 2-12. Corte de acero por oxicorte. ....	23
Ilustración 2-13. Sistema de Corte CNC ....	25
Ilustración 2-14. Proceso de funcionamiento de corte por chorro de plasma. ....	26
Ilustración 2-15. Máquina cortadora CNC. ....	31
Ilustración 2-16. Máquina CNC con cortador de plasma. ....	32
Ilustración 2-17. Representación de una estructura. ....	33
Ilustración 2-18. Representación de un nodo y las fuerzas que actúan en el sistema. ....	34
Ilustración 2-19. Representación de las fuerzas que actúan en la sección. ....	35
Ilustración 2-20. Representación de una sección de una estructura. ....	36
Ilustración 2-21 Análisis de primera sección. ....	37
Ilustración 2-22. Análisis de segunda sección. ....	37
Ilustración 3-1. Croquis de estructura principal. ....	39
Ilustración 3-2. Inserción de elemento estructural PTR 4x6 pulgadas. ....	40
Ilustración 3-3. Inserción de elementos secundarios de soporte. ....	40
Ilustración 3-4. Estructura principal completa. Vista frontal. ....	41
Ilustración 3-5. Estructura principal terminada. Vista isométrica. ....	41
Ilustración 3-6. Análisis estático de elemento superior de soporte. ....	42
Ilustración 3-7. Refuerzos del elemento principal. ....	43
Ilustración 3-8. Vista isométrica de rodamiento TRH20AC. ....	44
Ilustración 3-9. Vista superior de rodamiento TRH20AC. ....	44
Ilustración 3-10. Vista inferior de rodamiento TRH20AC. ....	45
Ilustración 3-11. Vista frontal de rodamiento TRH20AC. ....	45
Ilustración 3-12. Vista superior de guía lineal de precisión. ....	46
Ilustración 3-13. Vista lateral de guía lineal de precisión. ....	46
Ilustración 3-14. Perfil BOSCH 45X90. (Perfiles BOSCH, s.f.) ....	47
Ilustración 3-15. Modelo 3D de perfil BOSCH 45X90. ....	47
Ilustración 3-16. Imagen representativa del perfil BOSCH 45X90. (Perfiles BOSCH, s.f.) ....	48
Ilustración 3-17. Croquis del elemento transportador de puente. ....	48
Ilustración 3-18. Extrusión del croquis. ....	49
Ilustración 3-19. Aplicación de chaflanes y redondeos. ....	49
Ilustración 3-20. Ubicación de los taladros de sujeción. ....	50
Ilustración 3-21. Vista superior del elemento, ubicación de los taladros roscados. ....	50
Ilustración 3-22. Taladros ranurados para sujeción a los soportes de piñón. ....	50
Ilustración 3-23. Taladros ajustados a las medidas del rodamiento TRH20AC. ....	51
Ilustración 3-24. Croquis de soporte de puente. ....	51
Ilustración 3-25. Vista isométrica de placa de soporte de puente. ....	52

Ilustración 3-26. Aplicación de chaflán a las esquinas de la laca. ....	52
Ilustración 3-27. Aplicación de taladros para sujeción al carro de soporte. ....	52
Ilustración 3-28. Aplicación de taladro para tornillo de cabeza plana. ....	53
Ilustración 3-29. Placa superior de soporte de puente(vista frontal). ....	53
Ilustración 3-30. Vista isométrica de placa superior de soporte de puente. ....	54
Ilustración 3-31. Croquis principal del puente transportador de herramienta (eje Y).....	54
Ilustración 3-32. Inserción de elemento estructural. ....	55
Ilustración 3-33. Vista isométrica de puente.....	55
Ilustración 3-34. Control de altura 'RICHNC-THC. ....	58
Ilustración 3-35. Base superior del porta herramienta (vista isométrica). ....	58
Ilustración 3-36. Taladros de sujeción de placa frontal.....	59
Ilustración 3-37. Placa frontal de porta herramienta. ....	59
Ilustración 3-38. Ranuras par sujeción a rodamiento. ....	60
Ilustración 3-39.placa de soporte de control de altura (vista frontal).....	60
Ilustración 3-40. Taladros de sujeción para control de altura (vista posterior).....	61
Ilustración 3-41. Ranuras para sujeción a la placa frontal. ....	61
Ilustración 3-42. Bastidor de soporte de material de corte. ....	62
Ilustración 3-43. Comportamiento del soporte por las cargas aplicadas.....	62
Ilustración 3-44. Angulo de soporte (vista isométrica). ....	63
Ilustración 3-45. Elemento de unión de las estructuras principales (vista isométrica).....	63
Ilustración 3-46. Elemento unido a placas de sujeción. ....	64
Ilustración 3-47. Elemento secundario de fijación. ....	64
Ilustración 3-48. Imagen representativa del modelo de nivelación. ....	65
Ilustración 3-49. Canal ce de sujeción a estructura principal.....	65
Ilustración 3-50. Tornillos que permiten nivelar la mesa de corte. ....	66
Ilustración 4-1. Vista isométrica del ensamble total.....	67
Ilustración 4-2. Vista lateral del ensamble completo.....	67
Ilustración 4-3. Vista posterior del ensamble completo. ....	68
Ilustración 4-4. Vista superior de ensamble completo. ....	68
Ilustración 4-5. Plano de estructura principal. ....	69
Ilustración 4-6. Plano de carro transportador de puente.....	70
Ilustración 4-7. Plano de placa inferior de soporte. ....	71
Ilustración 4-8. Plano de placa superior de soporte de puente.....	72
Ilustración 4-9. Plano de puente porta herramienta.....	73
Ilustración 4-10. Plano de bastidor de soporte de material.....	75
Ilustración 4-11. Plano de soporte superior de porta herramienta. ....	76
Ilustración 4-12. Plano de placa de sujeción de control de altura.....	78

# **CAPÍTULO 1 GENERALIDADES DEL PROYECTO.**

## **1.1. JUSTIFICACIÓN.**

La elaboración de este proyecto responde a una necesidad en particular de una empresa, pues actualmente los mercados altamente competitivos hacen que las empresas se vean obligadas a hacer cambios respecto al enfoque de su trabajo ya que lo que requieren es optimizar sus procesos, minimizando costos, aumentando la productividad haciendo más rápidos, precisos y de mejor calidad.

La fabricación de un dispositivo de corte por control numérico suple una necesidad real, en la que se reducen gastos de producción y aumenta la eficiencia de los procesos de producción.

Este tipo de máquinas únicamente se consiguen en el mercado a un precio realmente poco accesible para las empresas de industrias poco desarrolladas, las máquinas más económicas que se consiguen en el mercado Mexicano de este tipo son importadas de China y de Japón a un precio aproximado de hasta \$ 1, 000,000<sup>1</sup> de pesos, pero aunque no son tan costosas en un comienzo no poseen suficientes garantías ni soporte para su implementación generando el pago por mantenimiento e importación de repuestos. Sin considerar que estas máquinas importadas tienen bajos ciclos de trabajo y en ocasiones traen defectos de fabricación que ocasionan fallas y aumentan el costo y por consiguiente las ganancias caen.

## **1.2. OBJETIVOS.**

### **1.2.1. Objetivo general.**

Diseñar aplicando los conocimientos en ingeniería de diseño, por medio de software CAD el mecanismo de funcionamiento de una maquina cortadora por control numérico para automatizar una cortadora de plasma manual, y a partir de este fabricar los componentes necesarios para su ensamble, tomando en las restricciones que la empresa establezca.

### **1.2.2. Objetivos específicos.**

- Conocer el funcionamiento de las máquinas de corte de placas de metal.
- Aplicar los conocimientos obtenidos en los cursos de diseño.
- Modelar los posibles elementos en el software Solidworks.

---

<sup>1</sup> (Precio obtenido del catálogo Mex-Machine CNC logistics )

- Realizar los planos de cada modelo en base a norma americana para su fabricación.
- Analizar de manera teórica la estructura principal de soporte y el puente porta herramientas.
- Realizar un ensamble virtual de todos los modelos realizados

### **1.3. PROBLEMAS A RESOLVER.**

Actualmente la empresa Eurowelding México, cuenta con un centro de tecnología donde se desarrollan procesos de soldadura, tratamiento térmico a materiales metálicos, mantenimiento de maquinaria y procesos de automatización.

Con este proyecto daremos solución a las siguientes problemáticas.

- Convertir a la empresa Eurowelding México en una empresa capaz de fabricar maquinas cortadoras CNC.
- Contribuir en la obtención de equipos de corte a las chicas y medianas empresas.
- Fabricación de refacciones
- Introducir a México al desarrollo tecnológico en el ámbito de fabricación de máquinas CNC del país.
- Introducir a la empresa Eurowelding México a la maquila de piezas de acero.

### **1.4. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO.**

#### **1.4.1. Historia.**

EUROWELDING MÉXICO es una empresa dedicada a la venta y servicio de equipo y sistemas de soldadura y corte de alta tecnología, en dichos equipos se incorporan elementos con altos estándares, lo que se traduce en que la mayoría de los equipos son multivoltaje, portátiles y de fácil operación.

Conscientes del alto costo de la energía y el cuidado del medio ambiente todos los equipos proporcionan un ahorro de hasta 40% con respecto a los sistemas tradicionales. Ahorra dinero, cuida el ambiente.

El compromiso con los clientes se basa en el servicio post-venta y la asesoría permanente en la operación de los diferentes equipos EUROWELDING, para ello se cuenta con centros de servicio autorizados a lo largo de toda la República y un stock de refacciones y consumibles disponible para todos los modelos de equipo de manera inmediata.

#### **1.4.2. Ubicación.**

La empresa Eurowelding México cuenta con varias sucursales ubicadas en el centro del país, la matriz se encuentra ubicada en la ciudad de Querétaro, Qro, México.

Pirineos 500 – 16, Parque Industrial Benito Juárez Querétaro, Qro.

#### **1.4.3. Centro de tecnología y automatización.**

Además se cuenta con un Centro de Tecnología y automatización ubicado en la Ciudad de Querétaro donde se ofrece un Demo- Room para efectuar capacitaciones y entrenamientos en todos los procesos de soldadura por arco eléctrico. En este centro de tecnología se llevan a cabo distintos proyectos de automatización y diseño.

#### **1.4.4. Política de la empresa.**

POLÍTICAS DE CALIDAD EUROWELDING MÉXICO S.A. DE C.V.

- Persona: "Ver siempre al otro como persona, nunca como un instrumento."
- Pasión: "Vemos nuestro trabajo como una misión, una pasión, una aventura. El compartir esto en un ambiente de participación y confianza es lo que constituye el alma de la empresa."
- Rentabilidad: "Es el resultado visible de todas nuestras ideas, esfuerzos e ilusiones. Es el oxígeno que permite a nuestra empresa seguir viviendo."
- Efectividad: "Lograr que las cosas sucedan: Resultados. Servir bien es nuestra razón de ser."
- Trabajo en Equipo: "Ágiles, activos, entusiastas, con los tenis puestos. Compartir, aprender de todos."
- Confianza: "Base sobre la que se construye todo. Contar con el otro para la tarea común."
- Calidad: "Nuestra empresa debe ser creadora, eficiente, productiva y con un altísimo ideal de Calidad y Servicio."

#### **1.4.5. Misión.**

Ser la empresa líder en el suministro de maquinaria y soluciones de los procesos de soldadura en todo el mercado, satisfaciendo las necesidades de nuestros clientes, brindándoles productos de calidad y un excelente servicio.

#### **1.4.6. Visión.**

Convertirnos en la empresa líder en el suministro de maquinaria y procesos de soldadura.

#### **1.5. PROBLEMAS A RESOLVER.**

Actualmente la empresa Eurowelding México, cuenta con un centro de tecnología donde se desarrollan procesos de soldadura, tratamiento térmico a materiales metálicos, mantenimiento de maquinaria y procesos de automatización.

Con este proyecto daremos solución a las siguientes problemáticas.

- Convertir a la empresa Eurowelding México en una empresa capaz de fabricar maquinas cortadoras CNC.
- Contribuir en la obtención de equipos de corte a las chicas y medianas empresas.
- Fabricación de refacciones
- Introducir a México al desarrollo tecnológico en el ámbito de fabricación de máquinas CNC del país.
- Introducir a la empresa Eurowelding México a la maquila de piezas de acero.

#### **1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES.**

El siguiente proyecto pretende realizar los diseños de los componentes de funcionamiento de una meza de corte por control numérico (CNC), elaborar los planos necesarios para su posible fabricación y llevar a cabo un análisis estático para determinar si las cargas son soportadas por los elementos. Todos estos diseños pueden ser utilizados posteriormente para fabricar el dispositivo o de igual manera utilizarse para realizar mejoras al mismo.

Debido a los altos costos de maquinado y fabricación de modelos, todos los diseños realizados deben adaptarse para ser fabricados a partir de elementos estructurales, como pueden ser: PTR, vigas IPR, placas de aluminio y acero comercial, es por eso que los diseños serán realizado bajo estas características. Los elementos utilizados deben ser fáciles de soldar y cortar.

Como limitaciones tomaremos en cuenta las siguientes:

- La máquina debe ser capaz de soportar el peso de placas de acero de hasta 600 kg.
- Las dimensiones deben ser: Largo 4.00 metros, ancho 2 metros, altura 1.3 metros.
- Los diseños deben ser a partir de elementos estructurales comerciales.
- Se deben utilizar para el ensamble tornillos milimétricos M6 y M8.

- El sistema de traslación del puente debe ser por servomotores LICHUAN de 600 watts, con cremalleras y piñones helicoidales con paso 1.25.

Los diseños aquí realizados solamente están restringidos por la imaginación.

## **CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO.**

### **2.1. CONCEPTOS GENERALES.**

#### **2.1.1. Bosquejado.**

En diseño, los términos boceto, esbozo, bosquejo, borrador y apunte se usan para designar al proyecto, las pruebas o la traza primera que se realiza previamente a la obra definitiva, estos pueden realizarse en papel o directamente en el software utilizado. (Sorby, 2011)

#### **2.1.2. Vista isométrica.**

Para facilitar el entendimiento de planos se utilizan diversos tipos de vistas, una de las mas representativas es la vista isométrica la cual se usa para simular la apariencia en 3D empleando gráficos en 2D, mediante la proyección de sus ejes en ángulos de  $120^{\circ}$ .

Además de servir como método de representación en 3D usando modelados en 2D, esta perspectiva especial también permite desplazar modelos gráficos sin necesidad de modificar su tamaño, lo que implica menos requerimientos de potencia de la máquina. (Sorby, 2011)

#### **2.1.3. Sistema de coordenadas.**

En geometría, un **sistema de coordenadas** es un sistema que utiliza uno o más números (coordenadas) para determinar unívocamente la posición de un punto o de otro objeto geométrico.

#### **2.1.4. Modelado de sólidos.**

El modelado de solido es una simulación basada en computadora que produce una representación visual de un objeto, como si existiera en tres dimensiones. Los modelos solidos ayudan a la formación de una base para el proceso de desarrollo del producto, al proporcionar una descripción precisa de la geometría de un producto y se emplea en muchas fases del proceso de diseño y de ciclo de duración del mismo.

Los modelos sólidos se crean con software especializado que genera archivos para partes individuales, así como para partes ensambladas. Luego estos modelos se pueden utilizar en una variedad de aplicaciones en todos los procesos de diseño y manufactura. Durante la etapa de concepto de producto, los modelos se emplean para visualizar el diseño. (Sorby, 2011)

#### **2.1.5. Cuerpo rígido.**

Un cuerpo rígido se puede considerar como una combinación de un gran número de partículas, donde todas estas se mantienen a una distancia fija entre sí, tanto antes como después de la aplicación de una fuerza. Es un modelo importante porque la forma del cuerpo no cambia al aplicar una fuerza, por lo que no es necesario tomar en cuenta el tipo de material del que está hecho el cuerpo. En realidad, si existen deformaciones en las estructuras, las máquinas, los mecanismos, etcétera, solo que son tan pequeños e imperceptibles que considerarlos como cuerpo rígido resulta adecuado para el análisis. (Hibbeler, Estática desimo cuarta edición, 2016)

#### **2.1.6. Fuerza.**

En general, la fuerza se considera como la interacción entre dos cuerpos y manifiesta como un “empujón” o un “tirón ejercido por un cuerpo sobre otro. Esta interacción puede ocurrir de dos maneras: cuando hay un contacto directo entre los cuerpos, como cuando un individuo empuja una pared, o bien, puede ocurrir a distancia cuando los cuerpos están separados físicamente. En cualquier caso, una fuerza se caracteriza totalmente por su magnitud, dirección y punto de aplicación y se puede nombrar como “carga”. (Hibbeler, Estática desimo cuarta edición, 2016)

#### **2.1.7. Armadura simple.**

Una armadura es una estructura compuesta de elementos esbeltos unidos entre sí en sus puntos extremos. Los elementos usados comúnmente en construcción consisten en puntales de madera o barras metálicas. En particular, las armaduras planas se sitúan en un solo plano y con frecuencia se utilizan para soportar techos y puentes. (Hibbeler, Estática desimo cuarta edición, 2016)

#### **2.1.8. Diagrama de cuerpo libre.**

Es el primer paso para resolver problemas tridimensionales de equilibrio, como en el caso de los bidimensionales, consiste en trazar las fuerzas que actúan sobre el elemento. (Hibbeler, Estática desimo cuarta edición, 2016)

### 2.1.9. Rodamientos.

Es un elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a este por medio de una rodadura, que le sirve de apoyo y facilita su desplazamiento.

### 2.1.10. Servomotor.

Un **servomotor** (también llamado **servo**) es un dispositivo similar a un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición. Se observa el despiece de un servo motor en la siguiente ilustración.

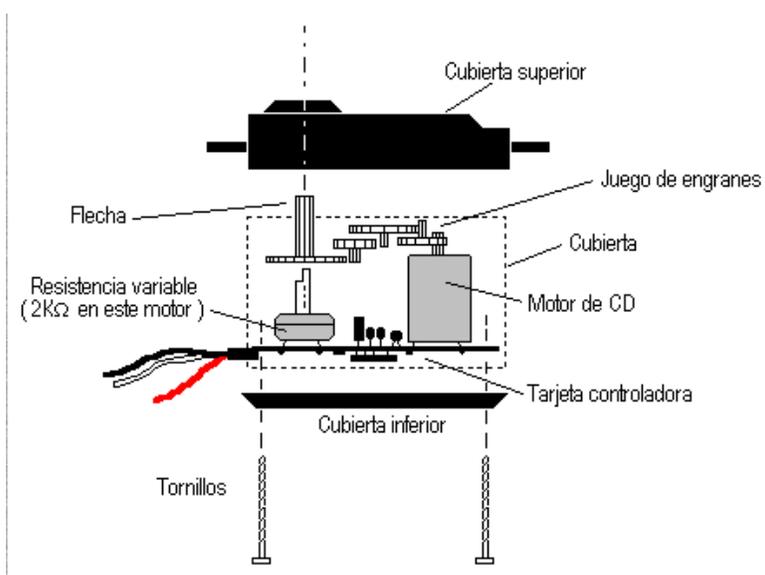


Ilustración 2-1 Representación interna de un servomotor.

Un servomotor es un motor eléctrico que puede ser controlado tanto en velocidad como en posición. (RCTECNIC, 2015)

## 2.2. TIPOS DE VISTAS.

### 2.2.1. Vista de piezas.

Cuando tenemos la necesidad de representar una pieza y objeto real, que está en tres dimensiones, de representarlo sobre un papel (dos dimensiones), tenemos varios tipos de perspectiva: isométrico, caballera, cónico, etc. Pero el dibujo técnico necesita de un rigor en la representación que no se ofrece con estas perspectivas.

La única forma de representar las tres dimensiones de una pieza, conservando todas sus características en formas y ángulos, es representarla mirándola desde diferentes puntos de

vista, siempre perpendiculares a la misma (de frente, de perfil, desde arriba, etc...) y relacionándolos entre sí.

Se llama vista de una pieza u objeto a la imagen del mismo que se observa desde una determinada posición. (Sorby, 2011)

### 2.2.2. Alzado.

Alzado o vista de frente es la vista principal de la pieza u objeto que marca el resto de las vistas, como puede apreciarse en la figura.....

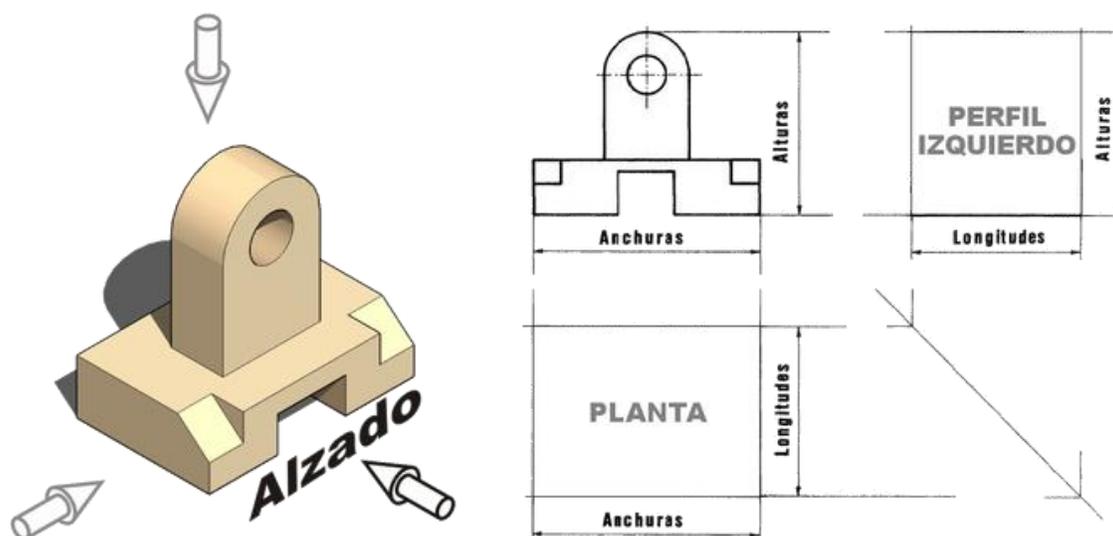


Ilustración 2-2. Imagen representativa de la vista alzado.

Es la vista más importante (más representativa) y la que más información debe aportar de la pieza. Por eso es muy importante la elección del alzado. Se elige de forma arbitraria, pero una vez decidido el alzado, el resto de vistas se colocan según el sistema de representación utilizado (europeo o americano). (Sorby, 2011)

### 2.2.3. Planta.

La planta es la vista superior de la pieza que se proyecta (ortogonalmente) sobre el plano horizontal.

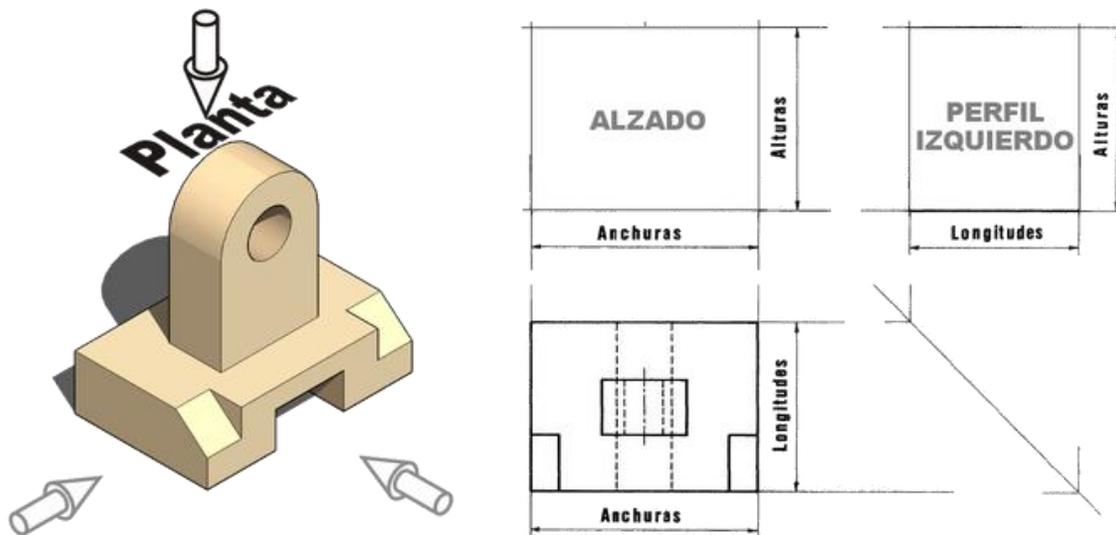


Ilustración 2-3. Imagen representativa de la vista planta.

Dado que tiene que estar relacionado con el alzado y según la correspondencia entre vistas, la planta tiene que tener la misma anchura (anchura total y anchuras parciales) que la del alzado.

### 2.2.4. Lateral o perfil.

Existen dos perfiles, el perfil izquierdo y el perfil derecho. El perfil es la vista lateral de la pieza, por lo que el perfil izquierdo, es la vista de la pieza desde la izquierda de la misma.

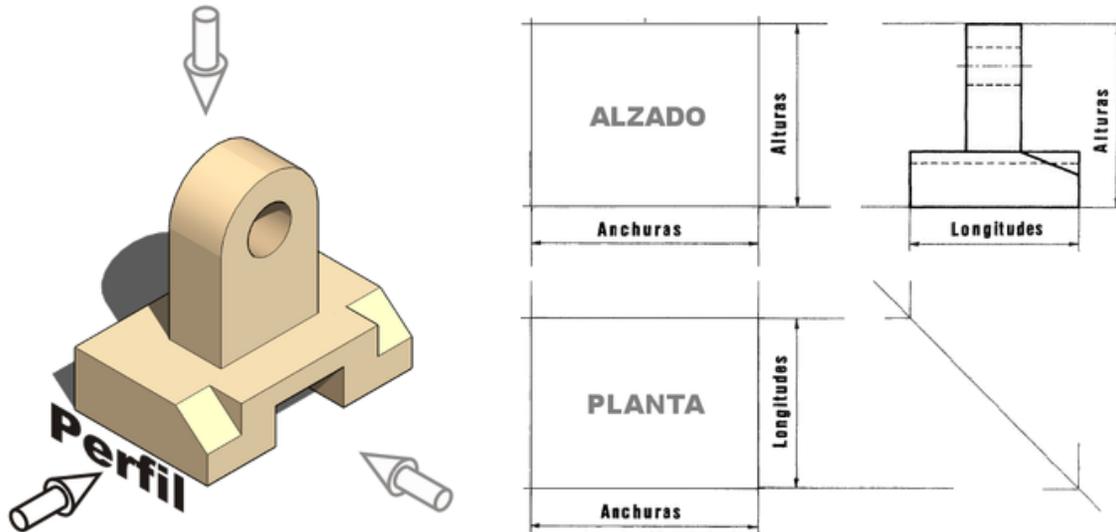


Ilustración 2-4. Imagen representativa de la vista lateral.

Recordamos que el perfil izquierdo es la vista desde la izquierda, pero se representa a la derecha.

Igual que en el caso de la planta, esta vista viene determinada por la elección del alzado, por lo que para mantener la correspondencia entre vistas, el perfil (izquierdo o derecho) debe tener la misma altura que el alzado. De la misma forma, la longitud de la pieza tiene que ser la misma en la planta y en el perfil. (Sorby, 2011)

### 2.2.5. Vista seccional.

Nos podemos encontrar con piezas complicadas que tienen unas zonas interiores difíciles de representar. Para poder representar estas piezas, aparecen los cortes y las secciones.

Los cortes y secciones se realizan para conseguir mayor claridad en la representación de las piezas que tienen zonas ocultas. Ver figura 2-4

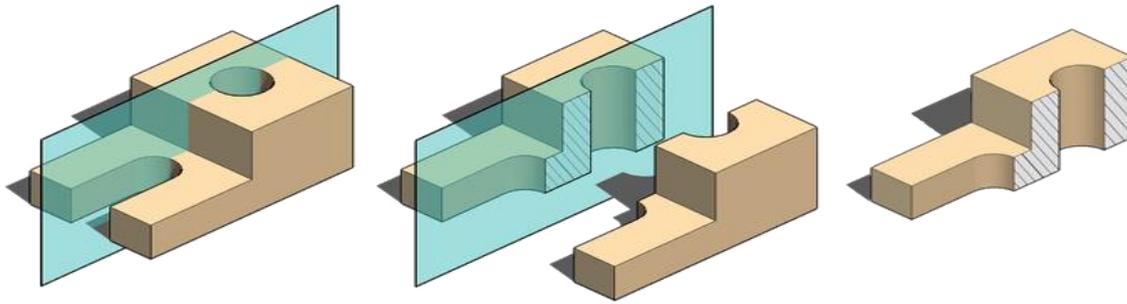


Ilustración 2-5. Representación de la vista seccional.

## 2.3. PROCESOS DE FABRICACIÓN (MAQUINADOS).

### 2.3.1. Aserrado.

El aserrado es una operación relativamente rápida, pero su calidad de precisión y de acabado superficial son relativamente deficientes cuando se comparan con otros tipos de procesos de maquinado ver figura 2-6. Para tamaños de hasta un metro de longitud, la creación confiable de tamaños con precisión de hasta 1mm suele considerarse fácil con una operación de aserrado, en tanto que una precisión de 0.1 mm se considera difícil. Además, los recorridos de corte de una sierra en una pieza de trabajo suelen estar limitados a líneas rectas y a curvas de radios grandes. (Sorby, 2011)

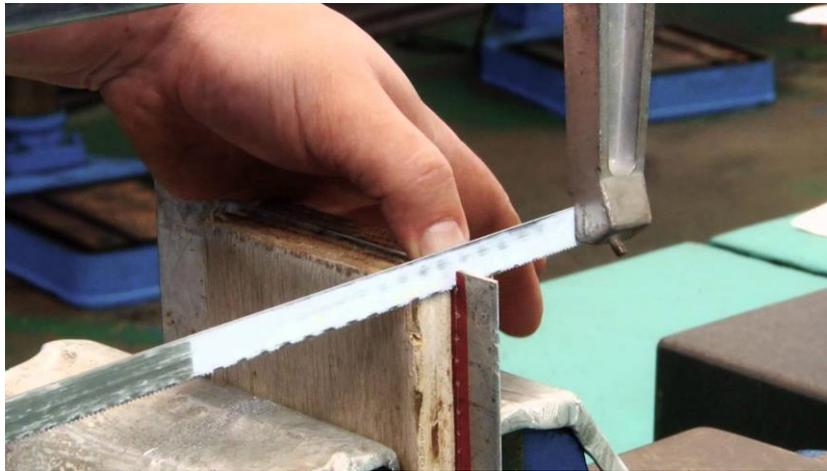
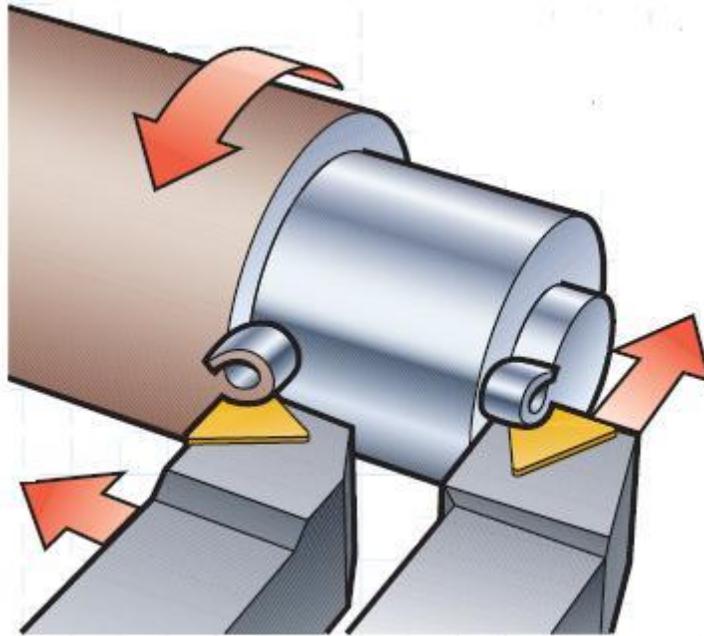


Ilustración 2-6. Proceso de maquinado por aserrado.

### 2.3.2. Torneado.

Los rasgos axialmente simétricos en una máquina herramienta conocida como torno, en la que la pieza de trabajo se gira rápidamente con respecto a un solo eje. Luego una herramienta de corte se mueve lentamente en la dirección radial y/o axial relativa a la pieza de trabajo, removiendo el material en estas direcciones. El proceso de conformar la pieza de trabajo de esta manera se conoce como torneado. (Sorby, 2011)



**Ilustración 2-7. Proceso de maquinado por torno.**

### **2.3.3. Perforado.**

Los agujeros redondos con mucha frecuencia se hacen por separado. En esta operación, una herramienta de corte que gira rápidamente y que se llama broca se empuja lentamente hacia una pieza de trabajo estacionaria. El material se corta y se extrae de la pieza de trabajo en la dirección axial de la broca y del mandril motorizado que lo hace girar. (Sorby, 2011). Podemos observar el proceso de perforación en la siguiente figura.



**Ilustración 2-8. Proceso de perforación.**

#### **2.3.4. Fresado.**

El fresado consiste principalmente en el corte del material que se mecaniza con una herramienta rotativa de varios filos, que se llaman dientes, labios o plaquitas de metal duro, que ejecuta movimientos en casi cualquier dirección de los tres ejes posibles en los que se puede desplazar la mesa donde va fijada la pieza que se mecaniza. (Sorby, 2011)



**Ilustración 2-9. Proceso de maquinado por fresado.**

#### **2.3.5. Maquinado por descarga eléctrica.**

El proceso de maquinado por descarga eléctrica utiliza un electrodo cargado a través del cual se hace pasar una corriente eléctrica elevada a la pieza de trabajo por medio de un fluido dieléctrico. A la pieza de trabajo se le conforma por la erosión causada por la corriente eléctrica.

Sin embargo, este proceso es relativamente lento. La creación de la ruta depende del espesor de la pieza de trabajo, y se tienen volúmenes de remoción de material aproximadamente 0.20 a 400 centímetros cúbicos por hora.

La electroerosión o mecanizado por descarga eléctrica tanto con electrodo como con hilo se caracteriza por velocidades de avance lentas pero una exigencia de posicionamiento elevada, en un ambiente de elevada intensidad eléctrica. Según se va erosionando el material, el control de la distancia entre la pieza y la herramienta es crucial en este proceso. Un excesivo acercamiento provoca que ambas partes se toquen produciendo un cortocircuito lo cual afecta al acabado superficial mientras que si aumenta la distancia disminuye la velocidad de arranque de material. (Sorby, 2011)

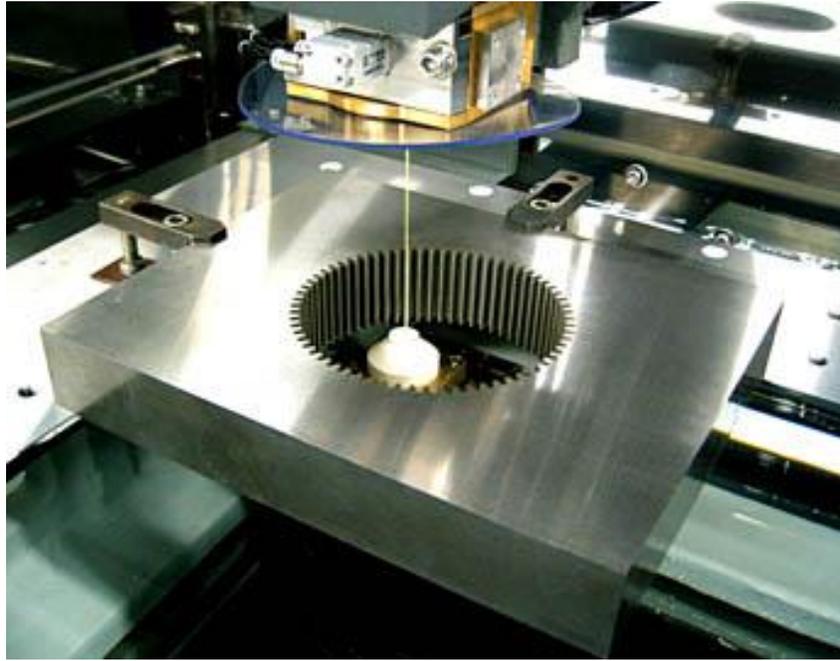


Ilustración 2-10. Brochado.

El brochado consiste en pasar una herramienta rectilínea de filos múltiples, llamada brocha, sobre la superficie a tallar en la pieza, ya sea exterior o interior, para darle una forma determinada. El brochado se realiza normalmente de una sola pasada mediante el avance continuo de la brocha, la cual retrocede a su punto de partida después de completar su recorrido.

La brocha trabaja por arranque progresivo de material mediante el escalonamiento racional de los dientes, determinado por la forma cónica de la herramienta. La forma de la herramienta permite obtener formas que por otro procedimiento serían muy costosas o imposibles. (Sorby, 2011)

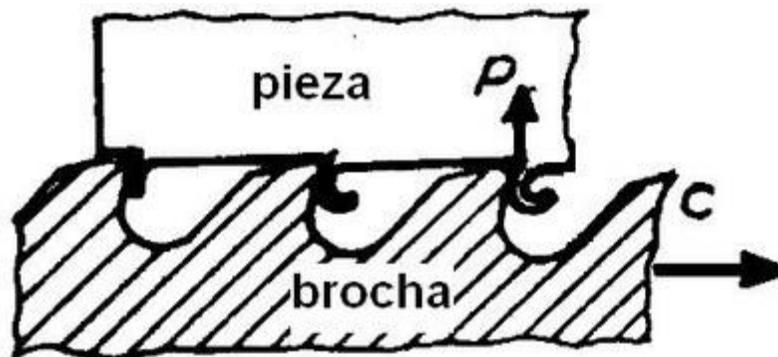


Ilustración 2-11. Maquinado por brocha.

## 2.4. PROCESOS DE CORTE DE METAL POR OXICORTE.

### 2.4.1. Principio de funcionamiento.

El proceso de oxicorte comienza con el encendido y ajuste de la llama, sin modificar la válvula de gas combustible, cerrando o abriendo la válvula de oxígeno de precalentamiento se regula el flujo de este hasta obtener una llama neutral.

El oxicorte consta de dos etapas: en la primera, el acero se calienta a alta temperatura (900 °C) con la llama producida por el oxígeno y un gas combustible; en la segunda, una corriente de oxígeno corta el metal y elimina los óxidos de hierro producidos.

En este proceso se utiliza un gas combustible cualquiera (acetileno, hidrogeno, propano, hulla, tetreno o crileno), cuyo efecto es producir una llama para calentar el material, mientras que como gas comburente siempre ha de utilizarse oxígeno a fin de causar la oxidación necesaria para el proceso de corte.

Podemos observar el proceso en la siguiente figura. (Cutting., s.f.)



Ilustración 2-12. Corte de acero por oxicorte.

### 2.4.2. Elementos utilizados en el proceso de oxicorte.

- Tanques o cilindros con combustible y comburente (el uso de estos dos gases altamente inflamables y de alta presión que requiere normas de seguridad específicas de mantenimiento, transporte y almacenaje)
- Manorreductores (que reducen la presión en los tanques de 1500 atmósferas a presiones entre 0.1 a 10 atmósferas),

- Soplete cortador (donde ocurre la mezcla de los gases)
- Válvulas anti retroceso (que permiten el paso del gas en un solo sentido)
- Mangueras (que conducen a los gases desde los tanques hasta el soplete, y pueden ser rígidas o flexibles).

#### **2.4.3. Características de los elementos de un equipo de oxicorte.**

Además de las dos botellas móviles que contienen el combustible y el comburente, los elementos principales que intervienen en el proceso de oxicorte son los manorreductores, el soplete, las válvulas anti retroceso y las mangueras.

La función de los manorreductores es desarrollar la transformación de la presión de la botella de gas (150 atm) a la presión de trabajo (de 0,1 a 10 atm) de una forma constante. Están situados entre las botellas y los sopletes.

El soplete es el elemento de la instalación que efectúa la mezcla de gases. Las partes principales del soplete son las dos conexiones con las mangueras, dos llaves de regulación, el inyector, la cámara de mezcla y la boquilla.

Las válvulas anti retroceso son dispositivos de seguridad instalados en las conducciones y que sólo permiten el paso de gas en un sentido. Están formadas por una envolvente, un cuerpo metálico, una válvula de retención y una válvula de seguridad contra sobrepresiones.

Las mangueras o conducciones sirven para conducir los gases desde las botellas hasta el soplete. Pueden ser rígidas o flexibles.

#### **2.4.4. Oxicorte para control numérico.**

Los sistemas de oxicorte ahora están equipados con control numérico por computadora, esto los convierte en un sistema más eficaz y avanzado que permite realizar cortes complejos y de alta precisión.

Un sistema de corte por flama CNC puede observarse en la siguiente figura.



**Ilustración 2-13. Sistema de Corte CNC**

Por sus características, el Oxicorte se ha consagrado como una herramienta de confianza para prácticamente todas las empresas que sueldan estructuras metálicas, como maestranzas, astilleros y compañías del rubro minero, sobre todo cuando se trata de materiales gruesos, ya que es muy efectivo en aceros de hasta 24 pulgadas de espesor. Su velocidad también es un beneficio en comparación a otros procesos de corte, reduciendo valioso tiempo de trabajo según el requerimiento. (Cutting., s.f.)

Otra de sus ventajas es la portabilidad, pues su uso no depende de la energía eléctrica para funcionar. Si el usuario dispone del equipamiento adecuado –que incluye gases, sopletes, reguladores, mangueras de gas y dispositivos de seguridad- puede realizar todas las funciones posibles que entrega el sistema, dando movilidad y flexibilidad a las labores de corte en terreno.

## 2.5. PROCESOS DE CORTE DE METAL POR CHORRO DE PLASMA.

### 2.5.1. Principio de funcionamiento.

En la naturaleza podemos encontrar materia en forma sólida, líquida o vapor, el plasma es el cuarto estado de la materia.

A muy elevadas temperaturas, los electrones tienen suficiente energía como para escapar de su órbita alrededor del núcleo del átomo, generándose con ello iones de carga positiva.

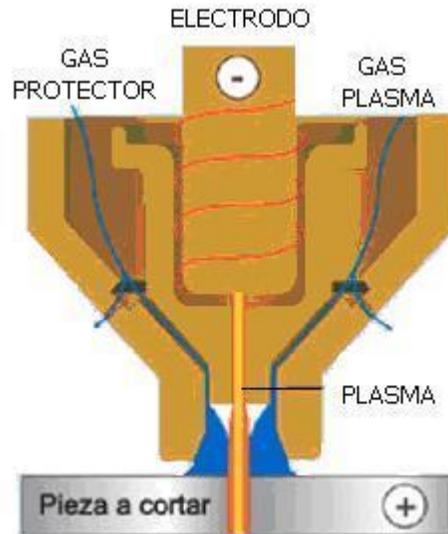


Ilustración 2-14. Proceso de funcionamiento de corte por chorro de plasma.

El plasma es el estado en el que se encuentran las estrellas por su elevada temperatura. En la atmósfera terrestre solo podemos conseguir el plasma por medios artificiales.

Al calentar un gas a temperaturas del orden de 50.000 °C los átomos pierden electrones. Estos electrones libres se colocan en los núcleos que han perdido sus propios electrones, convirtiéndose así en iones. De esta forma el gas se convierte en plasma y por consecuencia tendremos un conductor eléctrico gaseoso con alta densidad de energía.

El corte por plasma puede ser un proceso complementario para trabajos especiales, como pueden ser la producción de pequeñas series, la consecución de tolerancias muy ajustadas o la mejora de acabados.

También se produce una baja afectación térmica del material gracias a la alta concentración energética del arco-plasma. El comienzo del corte es prácticamente instantáneo y produce una deformación mínima de la pieza.

Este proceso permite mecanizar a altas velocidades de corte y produce menos tiempos muertos, (no se necesita precalentamiento para la perforación).

Permite espesores de corte de 0.5 a 160 milímetros, con unidades de plasma de hasta 1000 amperes.

El corte por plasma también posibilita mecanizados en acero estructural con posibilidad de biselados hasta en 30 milímetros.

Una de las características más reseñables es que se consiguen cortes de alta calidad y muy buen acabado. (Cutting., s.f.)

### **2.5.2. Equipo necesario.**

El equipo necesario para aportar esta energía consiste en un generador de alta frecuencia alimentado por energía eléctrica, gas para generar la llama de calentamiento, y que más tarde se ionizará (argón, hidrógeno, nitrógeno), un electrodo y porta electrodo que dependiendo del gas puede ser de tungsteno, hafnio o circonio, y por supuesto la pieza a mecanizar.

### **2.5.3. Ventajas respecto al proceso de oxicorte.**

El corte con plasma a diferencia del oxicorte, tiene un espectro de aplicación sobre materiales más amplio.

Su costo operativo es sensiblemente inferior al oxicorte y la facilidad de su operación hace posible trabajar en corte manual con plantillas de chapa con un acabado de la pieza prácticamente definitivo.

Especialmente se puede destacar la versatilidad para cortar metales de espesores delgados, lo cual con oxicorte no sería posible.

Otras desventajas del oxicorte son la baja calidad de corte y el efecto negativo sobre la estructura molecular, al verse afectada por las altas temperaturas y metales ferrosos al cromo-níquel (aceros inoxidables), además del aluminio y el cobre.

Adicionalmente, el corte con plasma es un proceso que brinda mayor productividad toda vez que la velocidad de corte es mayor, dependiendo del espesor del material hasta 6 veces mayor, lo cual entrega una razón de coste-beneficio mejor que el oxicorte.

Además, con el corte por plasma conseguimos una mayor precisión y limpieza en la zona de corte que con el oxicorte convencional.

La desventaja es que el plasma está muy limitado al espesor del material a cortar ya que en la actualidad un plasma manual corta hasta una pulgada mientras que mecanizado se reduce a 3/4" y el oxicorte es capaz de cortar hasta 12" de espesor. (wikipedia., s.f.)

## **2.6. MAQUINAS DE CORTE CNC (ROUTERS).**

### **2.6.1. Definición.**

El router CNC de control numérico es una herramienta muy útil al momento de cortar materiales como madera y una amplia variedad de materiales blandos, como pueden ser el acrílico, el MDF o algunos metales tales como el aluminio, el latón, el bronce, entre otros. Durante mucho tiempo, el corte y grabado con el apoyo de un Router CNC, se ha utilizado para la fabricación de muebles, tallado de maderas, perfilado de cantos y corte de materiales.

Un router CNC, es una máquina que es controlada por una computadora para realizar los cortes. Las trayectorias de los cortes son controladas mediante un sistema denominado de control numérico que envía desde el ordenador las coordenadas del corte con una precisión milimétrica.

Los routers CNC son muy similares a las fresadoras, las cuales tienen el mismo uso, la diferencia es que con los router CNC prácticamente se elimina el factor humano durante el proceso de corte. Son muy útiles en la realización de trabajos idénticos y en gran volumen, puesto que suelen producir un trabajo consistente y de alta calidad.

Consiste en un eje vertical manipulado por motores, los cuales, como mencionamos, siguen patrones preestablecidos. Por ella es considerada una de las máquinas más versátiles para el corte en tres y dos dimensiones sobre cualquier tipo de superficie. Permite la materialización de diseños e ideas que anteriormente sólo se quedaban plasmados en el papel por la falta de las herramientas para el corte ciertos detalles.

La limitante de los diseños que puede realizar la máquina es prácticamente inexistente, puesto que realiza cortes en los distintos ejes. Para trabajar con esta máquina, tan sólo es necesario crear el diseño deseado en uno del software que es compatibles con la programación por control numérico del router CNC.

Su versatilidad y sistema de última tecnología que permite el uso de diseños realizados en programas, como Indesign e Illustrator de la suite de Adobe, AutoCAD, FreeHand, Rhinoceros, Inventor, Google Sketchup, Solidworks entre otros. El único requerimiento es que estén diseñados en vectores. Los diseños son traducidos por un programa de generación en código, los cuales, lo convierten en un lenguaje que será leído por el router CNC. (CNC, s.f.)

### **2.6.2. Funcionamiento de router CNC.**

El CNC siglas en inglés de Computer Numerical Control (Control Numérico por Computadora) tuvo su origen a inicios de la década de 1950. Desarrollado en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), en donde se automatizó por primera vez una fresadora (la cual como mencionamos tiene un funcionamiento similar). Para esa década los sistemas computacionales estaban en sus inicios y las computadoras eran tan grandes que ocupaban un espacio aún mayor que la máquina, asimismo eran muy costosas para comercializar.

Pero con el paso del tiempo y el avance de la tecnología las computadoras comenzaron a ser cada vez más pequeñas y económicas por lo que el uso del CNC se ha extendido a todo tipo de maquinarias como los tornos, rectificadoras, máquinas de coser y por supuesto routers.

El sistema de control numérico, el cual es un sistema que permite controlar la posición de un elemento físico en tres ejes: X (largo), Y (alto) y Z (profundidad). Este sistema puede usarse en cualquier tipo de herramienta que se encuentre montada en una máquina. Mediante un software y un conjunto de órdenes, se controlan las coordenadas de posición de un punto específico, es decir la herramienta, respecto a una posición inicial (la cual es el 0,0,0 de la máquina). Se podría decir que es una especie de GPS, pero aplicado a la mecanización, y con mucha más precisión.

En un router CNC de control numérico, este sistema funciona al mover la herramienta fresadora, de corte o de grabado para el diseño de una pieza. Para poder ejemplificarlos, imagina la imagen de un cubo. Cada una de las aristas del cubo tiene una de las coordenadas. Así que si queremos dirigir la punta de la herramienta y tocar una de estas coordenadas lo único que requerimos es introducir la orden pertinente al programa y cargarlo en la máquina, la cual se encargara de traducir esa orden y mover la herramienta a la posición señalada.

Las tres coordenadas (eje X, Y y Z), como ya mencionamos, no requieren ser introducidas de manera manual, pero si deben ser contempladas en el diseño original. Puesto que si faltara una de las coordenadas el programa no podría leer el diseño. Con estas coordenadas se controlan todos los movimientos de la herramienta al momento de la fabricación. También se controla la manera en que se desplaza la herramienta, la velocidad y algunos otros parámetros.

La mayoría de los modelos de router CNC, también realizar el corte en dos dimensiones siguiendo las líneas de los vectores. En estos casos de debe especificar como se requiere que la máquina interprete los vectores. Existen cuatro diferentes opciones: corte del interior, del exterior, sobre el vector y corte del relleno.

- Corte del interior. En este tipo de corte el borde de la herramienta tocará el borde de una vector cerrado desde el interior.
- Corte del exterior. La herramienta de corte tocará el borde de una vector cerrado desde el exterior.
- Corte sobre el vector. El centro de la herramienta de corte seguirá el vector.
- Corte del Relleno. La herramienta de corte devastará por completo el interior de una forma cerrada.

(CNC, s.f.)

### **2.6.3. Router CNC enfocado al corte por chorro de plasma.**

El uso de este tipo de corte es bástate variado, justamente por estas particularidades con las que cuenta, y va desde grandes procesos industriales hasta pequeñas tiendas de menor escala. El corte por medio de Plasma CNC se utiliza sobre todo en materiales que son conductores eléctricos, como el acero estructural, el aluminio, el latón y cobre; e incluso en otro tipo de materiales, como metales no férricos e inoxidable. Ver figura 2.6.3-1



**Ilustración 2-15. Máquina cortadora CNC.**

El corte por plasma tiene usos en distintas industrias, como: en tiendas de distintos tipos de fabricación de metales y otros productos, en la industria automotriz en las áreas de reparación restauración y en la construcción industrial. Acompáñanos a conocer algunas de las particularidades de este tipo de corte, su funcionamiento y además de las bases científicas en las que se originó dicha tecnología.

El control numérico computarizado permite manipular, programar las formas que serán cortadas, brindando una pre visualización digitalizada que nos permite confirmar el trabajo que está por realizarse.

El corte por medio de Plasma CNC tiene una gran cantidad de ventajas tanto en el proceso de corte como en los resultados obtenidos. El corte de plasma presenta un riesgo bastante reducido de deformaciones en los diseños o en las piezas, debido a la forma en que el calor es compactado específicamente en la zona de corte; sin embargo, no es recomendado para cortar piezas demasiado pequeñas, ya que la temperatura es tan elevada que la pieza puede deformarse. Como mencionamos al inicio, el valor económico de este tipo de corte también es considerable, pues los gases que pueden ser utilizados para este proceso son varios y pueden ser realmente accesibles en comparación con otro tipo de máquinas o herramientas de corte. Con el corte de plasma se produce una muy baja afectación térmica del material y el comienzo del corte es prácticamente instantáneo una vez establecidos los valores en el sistema CNC.



**Ilustración 2-16. Máquina CNC con cortador de plasma.**

Con este proceso de corte se pueden lograr grandes mejoras en acabados, y puede ser usado como un proceso complementario para trabajos especiales, como la producción de pequeñas series. Con respecto a los procesos de oxicorte, el corte con plasma lo han superado gracias a su mayor precisión y versatilidad que posee para cortar metales de espesores delgados, lo cual es prácticamente imposible en el oxicorte, por lo que el plasma tiene un espectro de aplicación mucho más amplio. Este proceso permite mecanizar los cortes a altas velocidades y ganar tiempo, además de que no se necesita de un precalentamiento del material para realizar las perforaciones deseadas, como sucede en el oxicorte. Además, permite un gran rango dinámico de espesores en el corte, que va desde los 0.5 a los 160 milímetros. (CNC, s.f.)

## **2.7. APLICACIÓN DE LA INGENIERÍA EN EL DESARROLLO DE DISEÑO.**

### **2.7.1. Análisis estructural.**

Una armadura es una estructura compuesta de elementos unidos entre sí en sus puntos extremos. Los elementos comúnmente usados en la construcción consisten en puntales de madera o barras metálicas. En particular, las armaduras planas se sitúan en un solo plano y con frecuencia se utilizan para soportar techos y puentes. La armadura que se muestra en la siguiente figura es un ejemplo de una armadura típica para soportar techos, donde las cargas del techo se transmiten a la armadura en los nodos por medio de una serie de largueros. Como esta carga está sobre el mismo plano de la armadura, el análisis de los elementos será bidimensional. (Hibbeler, Estática desimo cuarta edición, 2016)



Ilustración 2-17. Representación de una estructura.

### 2.7.2. Método de nodos.

Para analizar o diseñar una armadura, es necesario determinar la fuerza en cada uno de sus elementos. Una forma de hacer esto consiste en emplear el método de nodos. Este método se basa en el hecho de que toda la armadura está en equilibrio, entonces cada uno de sus nodos también está en equilibrio. Por lo tanto, si se traza el diagrama de cuerpo libre de cada nodo, se pueden usar las ecuaciones de equilibrio de fuerzas para obtener las fuerzas de los elementos que actúan sobre cada nodo. Como los elementos de una armadura plana son elementos rectos de dos fuerzas que se encuentran en el mismo plano, cada nodo está sometido a un sistema de fuerzas que es coplanario y concurrente. En consecuencia, sólo es necesario satisfacer:

$\sum F_x = 0$ ,  $\sum F_y = 0$  para garantizar el equilibrio.

Cuando se usa el método de los nodos, siempre se debe comenzar en un nodo que tenga por lo menos una fuerza conocida y cuando mucho dos fuerzas desconocidas, como en la figura 0-15. De esta manera, la aplicación de  $\sum F_x = 0$  y  $\sum F_y = 0$  resulta en dos ecuaciones algebraicas de las cuales se pueden despejar las dos incógnitas. Al aplicar esas ecuaciones, el sentido correcto de una fuerza de elemento desconocida puede determinarse con uno de dos posibles métodos. (Hibbeler, Estática desimo cuarta edición, 2016)

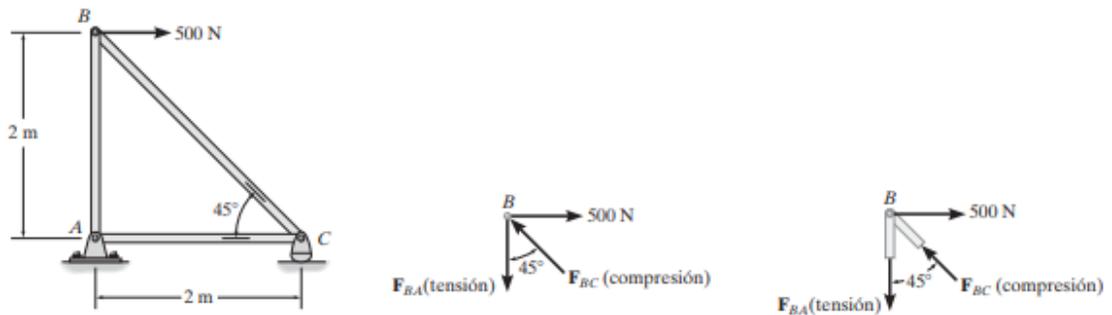


Ilustración 2-18. Representación de un nodo y las fuerzas que actúan en el sistema.

### 2.7.3. Procedimiento para el análisis por el método de nodos.

El siguiente procedimiento proporciona un medio para analizar una armadura con el método de nodos.

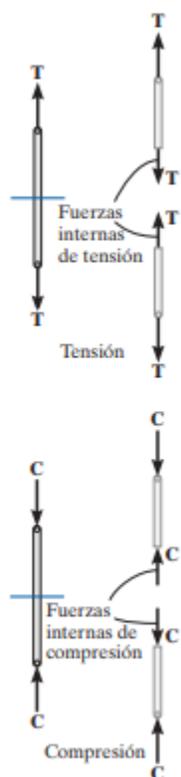
- Trace el diagrama de cuerpo libre de un nodo que tenga por lo menos una fuerza conocida y cuando mucho dos fuerzas desconocidas. (Si este nodo está en uno de los soportes, entonces puede ser necesario calcular las reacciones externas en los soportes de la armadura).
- Use uno de los dos métodos descritos antes para establecer el sentido de una fuerza desconocida.
- Oriente los ejes  $x$  y  $y$  de manera que las fuerzas en el diagrama de cuerpo libre puedan descomponerse fácilmente en sus componentes  $x$  y  $y$ , y luego aplique las dos ecuaciones de equilibrio de fuerzas  $\sum F_x = 0$  y  $\sum F_y = 0$ . Despeje las dos fuerzas de elemento desconocidas y verifique su sentido correcto.

Con los resultados obtenidos, continúe con el análisis de cada uno de los otros nodos. Recuerde que un elemento en compresión “empuja” el nodo y un elemento en tensión “jala” el nodo. Además, asegúrese de seleccionar un nodo que tenga cuando mucho dos incógnitas y por lo menos una fuerza conocida. (Hibbeler, Estática desimo cuarta edición, 2016)

### 2.7.4. Método de secciones.

Cuando necesitamos encontrar la fuerza en sólo unos cuantos elementos de una armadura, ésta puede analizarse mediante el método de secciones. Este método se basa en el principio de que si la armadura está en equilibrio, entonces cualquier segmento de la armadura está también en equilibrio. Por ejemplo, considere los dos elementos de armadura mostrados abajo en la figura 0-16. Si se deben determinar las fuerzas dentro de

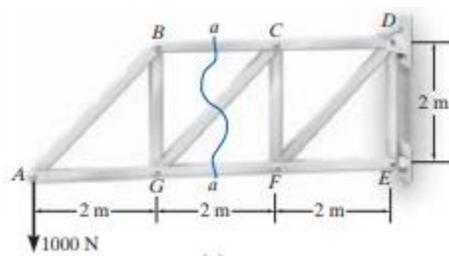
los elementos, entonces puede utilizarse una sección imaginaria, indicada por la línea azul, para cortar cada elemento en dos partes y en consecuencia “exponer” cada fuerza interna como “externa” como se indica en los diagramas de cuerpo libre de la derecha. Se puede observar con claridad que para que haya equilibrio el elemento que está en tensión (T) está sujeto a un “jalón”, mientras que el elemento en compresión (C) está sometido a un “empujón”



**Ilustración 2-19. Representación de las fuerzas que actúan en la sección.**

El método de secciones puede usarse también para “cortar” o seccionar los elementos de toda una armadura. Si la sección pasa por la armadura y se traza el diagrama de cuerpo libre de cualquiera de sus dos partes, entonces podemos aplicar las ecuaciones de equilibrio a esa parte para determinar las fuerzas del elemento en la “sección cortada”. Como sólo se pueden aplicar tres ecuaciones independientes de equilibrio ( $\sum F_x = 0$ ,  $\sum F_y = 0$ ,  $\sum M = 0$ ) al diagrama de cuerpo libre de cualquier segmento, debemos tratar de seleccionar una sección que, en general, pase por no más de tres elementos en que las fuerzas sean desconocidas. Por ejemplo, considere la armadura que se muestra en la figura 6-15a. Si se deben determinar las fuerzas en los elementos BC, GC y GF, la sección a-a podría ser apropiada. Los diagramas de cuerpo libre de las dos partes se muestran en las figuras 0-17, 0-18 y 0-19. Observe que la línea de acción de cada fuerza del elemento se

especifica a partir de la geometría de la armadura, ya que la fuerza en un elemento pasa a lo largo de su eje. Además, las fuerzas del elemento que actúan sobre una parte de la armadura son iguales pero opuestas a las que actúan sobre la otra parte —tercera ley de Newton—. Se supone que los elementos BC y GC están en tensión puesto que se encuentran sometidos a un “jalón”, mientras que GF está en compresión porque se encuentra sometido a un “empujón”. Las tres fuerzas de elemento desconocidas FBC, FGC y FGF pueden obtenerse al aplicar las tres ecuaciones de equilibrio al diagrama de cuerpo libre de la figura 6-15b. Sin embargo, si se considera el diagrama de cuerpo libre de la figura 6-15c, se tendrán que conocer las tres reacciones de soporte  $D_x$ ,  $D_y$  y  $E_x$ , porque sólo hay tres ecuaciones de equilibrio disponibles. (Por supuesto, esto se hace de la manera usual si se considera un diagrama de cuerpo libre de toda la armadura)



**Ilustración 2-20. Representación de una sección de una estructura.**

Al aplicar las ecuaciones de equilibrio debemos considerar con gran cuidado las maneras de escribir las ecuaciones de modo que den una solución directa para cada una de las incógnitas, en vez de tener que resolver ecuaciones simultáneas. Por ejemplo, con el segmento de armadura de la figura 6-15b y la suma de momentos con respecto a C, se obtendría una solución directa para FGF ya que FBC y FGC no producen ningún momento con respecto a C. De la misma manera, FBC puede obtenerse directamente a partir de una suma de momentos con respecto a G. Por último, FGC puede encontrarse directamente a partir de una suma de fuerzas en la dirección vertical ya que FGF y FBC no tienen componentes verticales. Esta capacidad de determinar directamente la fuerza en un elemento particular de una armadura es una de las ventajas principales del método de secciones.\* Al igual que en el método de nodos, hay dos maneras en que se puede determinar el sentido correcto de una fuerza de elemento desconocida:

- En muchos casos, el sentido correcto de una fuerza de elemento desconocida, puede determinarse “por inspección”. Por ejemplo, FBC es una fuerza de tensión tal como se

representa en la figura 0-17, ya que el equilibrio por momentos con respecto a G requiere que FBC genere un momento opuesto al de la fuerza de 1000 N. Además, FGC es una fuerza de tensión puesto que su componente vertical debe equilibrar la fuerza de 1000 N que actúa hacia abajo. En casos más complicados, el sentido de una fuerza de elemento desconocida puede suponerse. Si la solución resulta un escalar negativo, esto indica que el sentido de la fuerza es opuesto al del diagrama de cuerpo libre.

- Siempre suponga que las fuerzas desconocidas en elementos de la sección cortada están en tensión, es decir, “jalando” al elemento. Al hacer esto, la solución numérica de las ecuaciones de equilibrio dará escalares positivos para elementos en tensión y escalares negativos para elementos en compresión. (Hibbeler, Estática desimo cuarta edición, 2016)

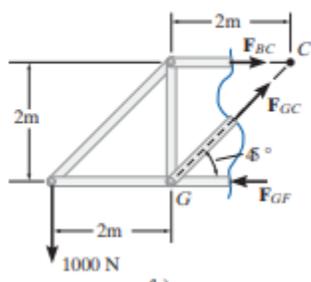


Ilustración 2-21. Análisis de primera sección.

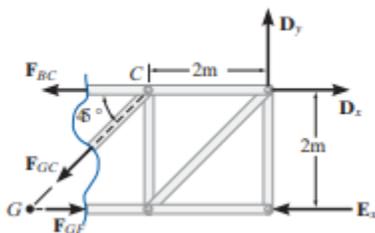


Ilustración 2-22. Análisis de segunda sección.

### 2.7.5. Procedimiento para el análisis por el método de secciones.

Las fuerzas en los elementos de una armadura pueden determinarse mediante el método de secciones por el siguiente procedimiento. Diagrama de cuerpo libre.

- Tome una decisión acerca de cómo “cortar” o seccionar la armadura a través de los elementos cuyas fuerzas deben determinarse.

- Antes de aislar la sección apropiada, puede requerirse determinar primero las reacciones externas de la armadura. Una vez hecho esto, entonces estarán disponibles las tres ecuaciones de equilibrio para encontrar las fuerzas de los elementos en la sección.
- Trace el diagrama de cuerpo libre del segmento de la armadura seccionada sobre la que actúe el menor número de fuerzas.
- Use uno de los dos métodos descritos antes para establecer el sentido de las fuerzas de elemento desconocidas. Ecuaciones de equilibrio.
- Los momentos deben sumarse con respecto a un punto que se encuentre en la intersección de las líneas de acción de dos fuerzas desconocidas, de manera que la tercera fuerza desconocida se determine directamente a partir de la ecuación de momento.
- Si dos de las fuerzas desconocidas son paralelas, las otras fuerzas pueden sumarse en forma perpendicular a la dirección de esas incógnitas para determinar directamente la tercera fuerza desconocida. (Hibbeler, Estática desimo cuarta edición, 2016)

## **CAPÍTULO 3 PROCESO DE ANÁLISIS Y MODELADO 3D.**

### **3.1. RESTRICCIONES DE DISEÑO.**

#### **3.1.1. Restricciones mecánicas.**

Para el diseño de la estructura principal se toman en cuenta las siguientes restricciones.

- Se deben utilizar miembros estructurales para el diseño de la estructura principal.
- Los elementos de soporte de material serán diseñados para soportar el peso de los materiales más pesados (placas de acero de 1.22 x 2.44 metros por 1.5 pulgadas de espesor)
- Adaptar los modelos para ser montados en rodamientos de precisión modelo RZNZ 52 -20.
- El puente y los elementos móviles deben ser de materiales estructurales.
- El sistema móvil porta herramientas debe ser de aluminio 6061.
- Se debe acoplar el diseño de porta herramienta para un control de altura RZNC-01.

#### **3.1.2. Restricciones para elementos de línea.**

Para el modelado de las estructuras principal y puente se partirá de las medidas establecidas a los elementos estructurales pre existente, como lo son:

- PTR.
- Soleras con medidas estándar.
- Ángulos de acero con medidas estándar.

- Todas las uniones en elementos estructurales deben ser soldadas.
- Todas las uniones en elementos planos de línea deben ser atornilladas.

### 3.2. PROCESO DE DISEÑO DE ESTRUCTURA PRINCIPAL.

Para el siguiente diseño partiremos de los siguientes datos.

Altura del soporte: 80 cm.

Largo total. 4.0 metros.

Los elementos estructurales de soporte son de PTR de 6x4 pulgadas de  $\frac{1}{4}$  de pulgada de espesor.

Los elementos secundarios de soporte son de PTR de 4x4 pulgadas de  $\frac{1}{4}$  pulgadas de espesor.

Comenzamos por trazar el croquis con las medidas necesarias.

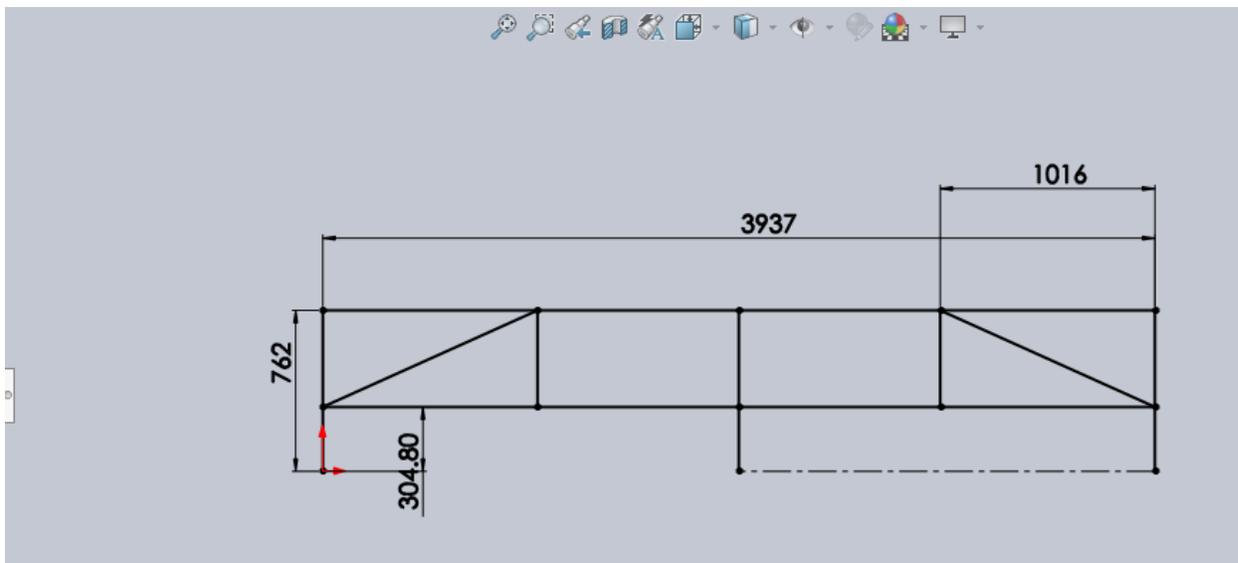
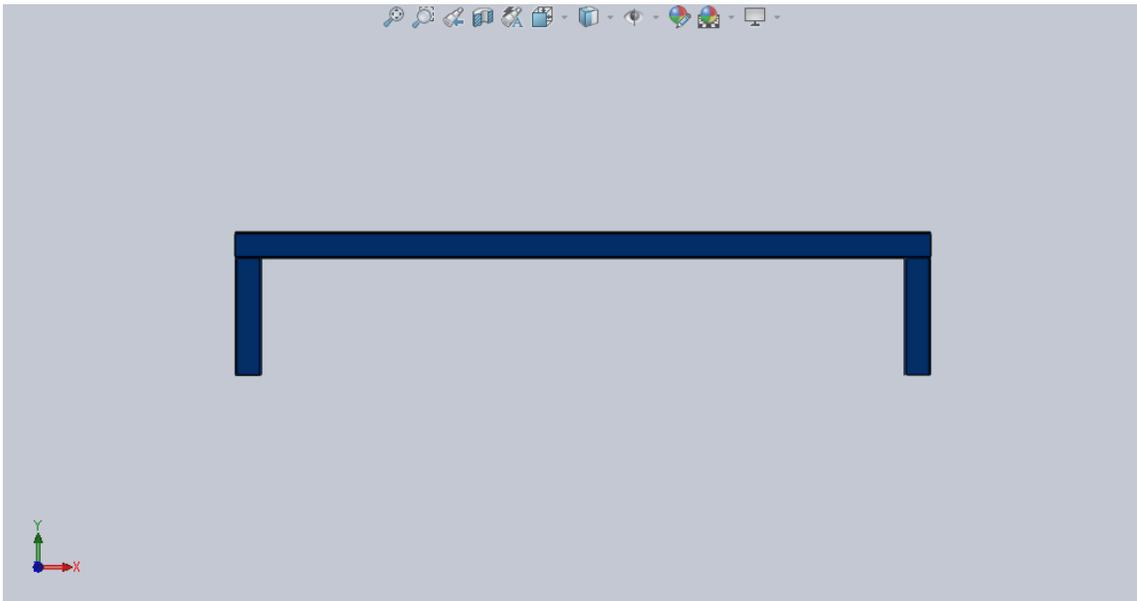


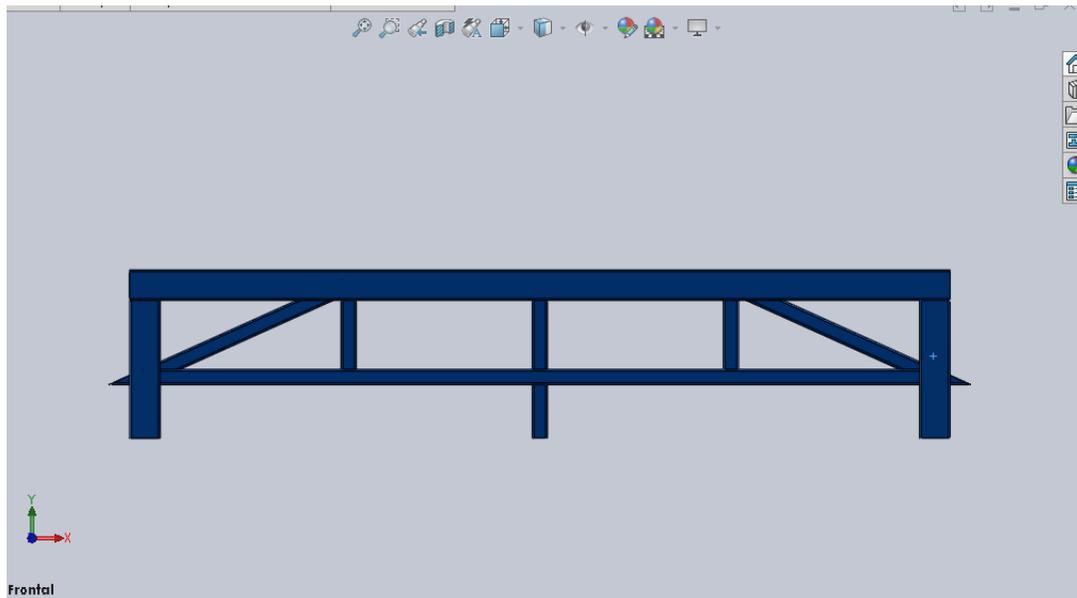
Ilustración 3-1. Croquis de estructura principal.

Procedemos a insertar los miembros estructurales.

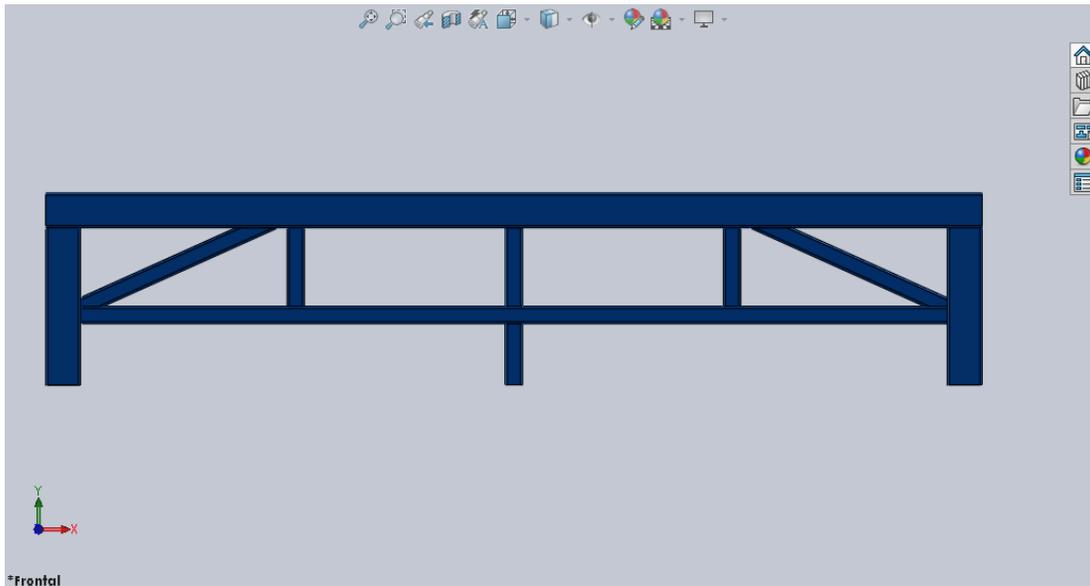


**Ilustración 3-2. Inserción de elemento estructural PTR 4x6 pulgadas.**

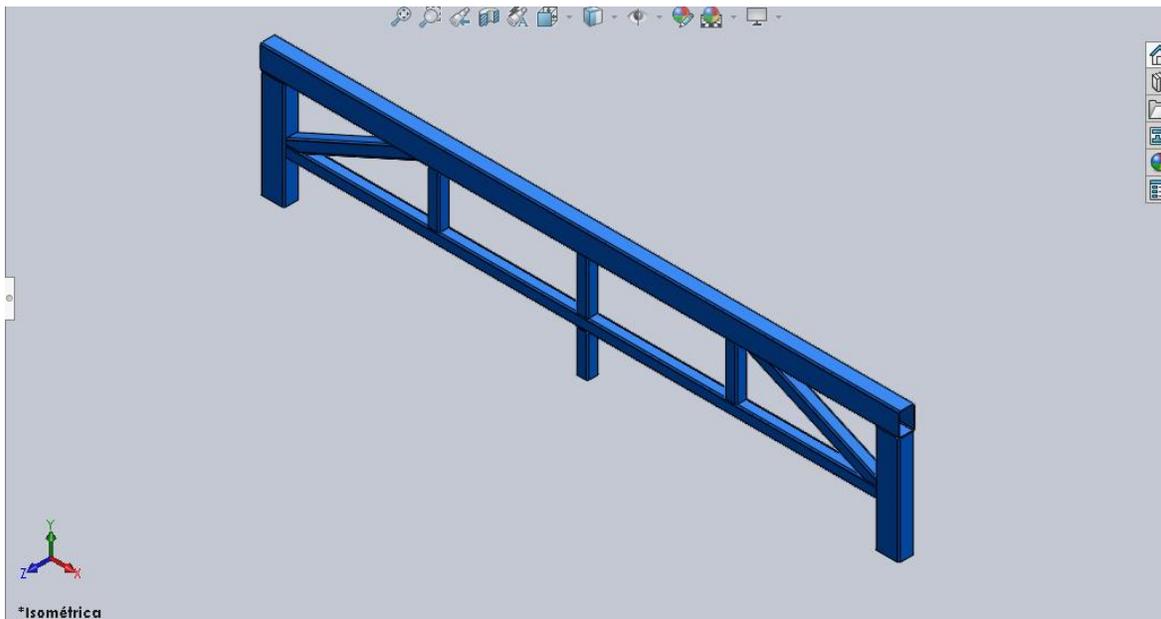
A continuación se presentan las inserciones de los elementos secundarios de soporte.



**Ilustración 3-3. Inserción de elementos secundarios de soporte.**



**Ilustración 3-4. Estructura principal completa. Vista frontal.**



**Ilustración 3-5. Estructura principal terminada. Vista isométrica.**

Como se observa en la ilustración 3-5, se emplean elementos estructurales de acero A36.

Estos elementos son comerciales.

### **3.2.1. Análisis estructural.**

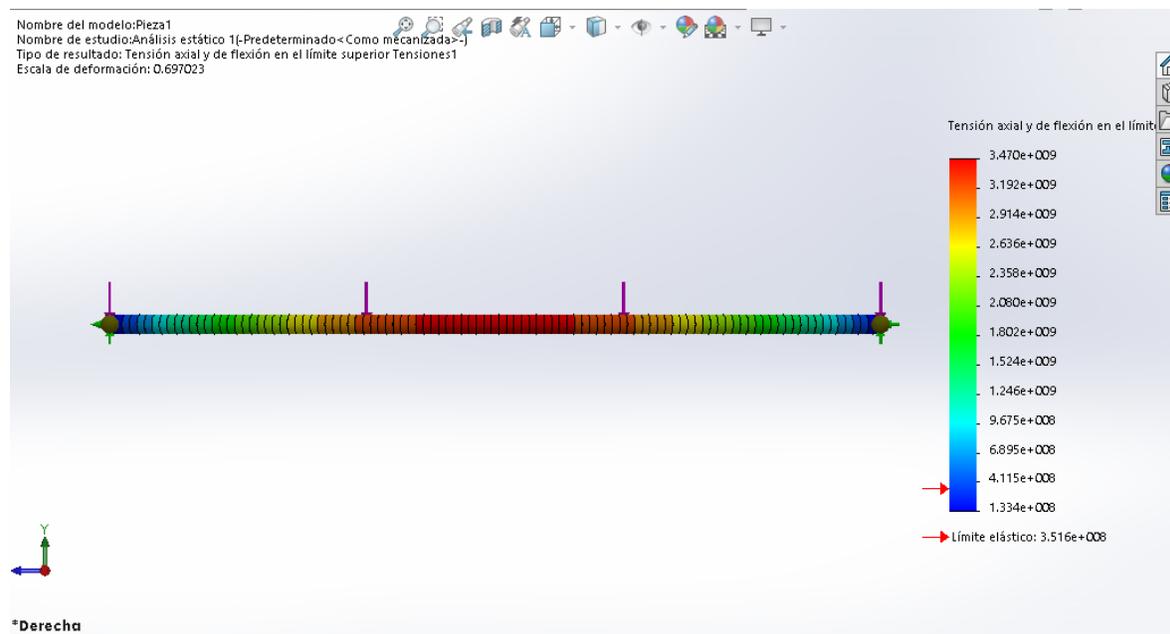
Para el análisis de la estructura se tomaran en cuenta las siguientes condiciones.

La máquina de corte consta de dos estructuras principales, por lo tanto el peso total del material se divide entre los dos componentes, esto implica que cada elemento estructural soporta la mitad del peso total.

El peso total de una placa de acero con las medidas 1.22x2.44 metros con espesor de 1.5 pulgadas es: 298.76 kg/m<sup>2</sup>. (www.laminasyaceros.com, s.f.)

Esto significa que el peso total de la placa es de 667.012 kg = 6.5433 kN.

Analizamos el elemento superior de la siguiente manera:



**Ilustración 3-6. Análisis estático de elemento superior de soporte.**

Los resultados arrojan que el elemento tiene mayor soporte de cargas en el centro, es por ello que se opta por reforzar la parte central del elemento como se muestra en la imagen.

<sup>2</sup> Dato obtenido de la siguiente tabla de pesos y medidas para placas de acero.  
<http://www.laminasyaceros.com/uploads/3/1/8/8/3188129/placa.pdf>

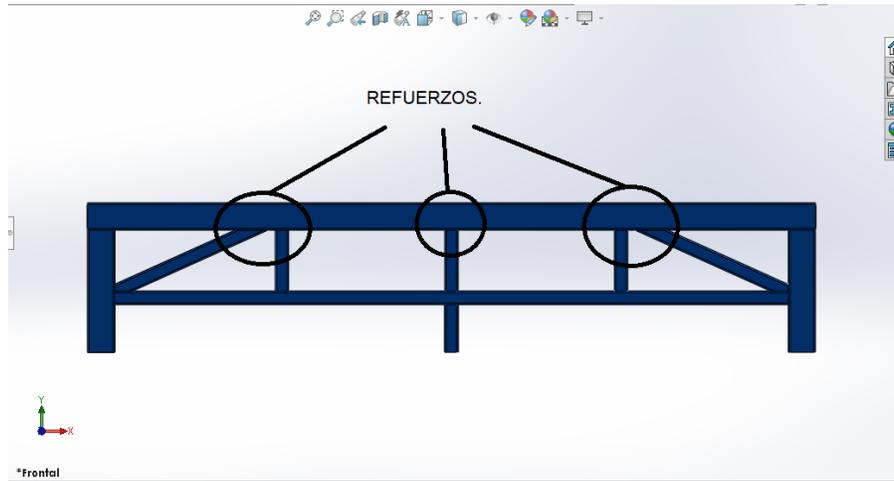


Ilustración 3-7. Refuerzos del elemento principal.

### 3.3. PROCESO DE DISEÑO DE TRANSPORTE DE PUENTE.

#### 3.3.1. Adaptación a rodamientos TRH20AC.

Los elementos que transportan el puente deben tener las siguientes características:

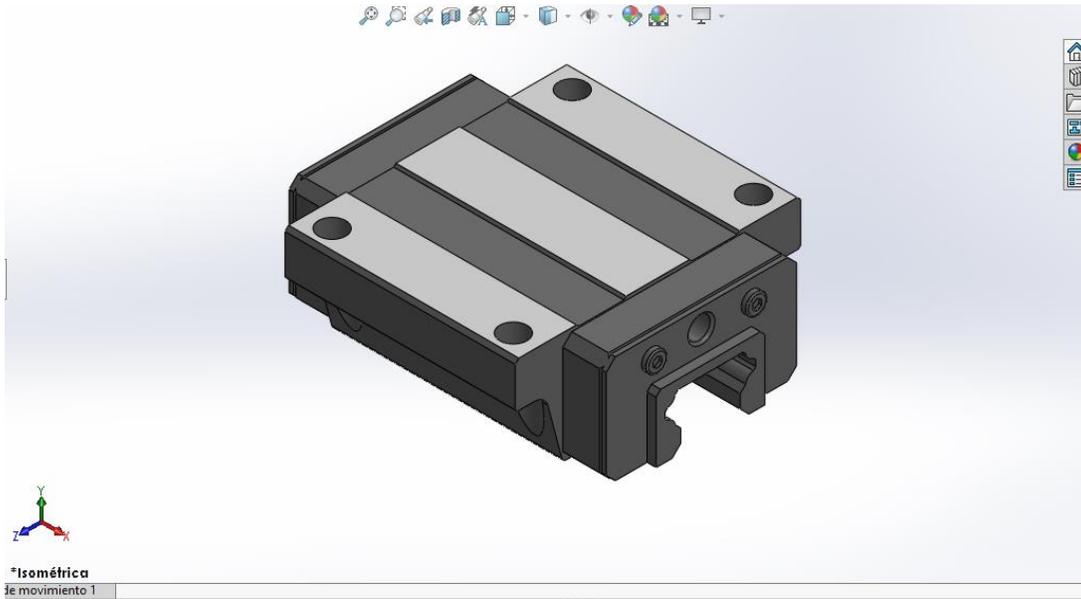
El material de fabricación debe ser Aluminio 6061.

Deben acoplarse a rodamientos de modelo: TRH20AC.

Este rodamiento tiene las siguientes características:

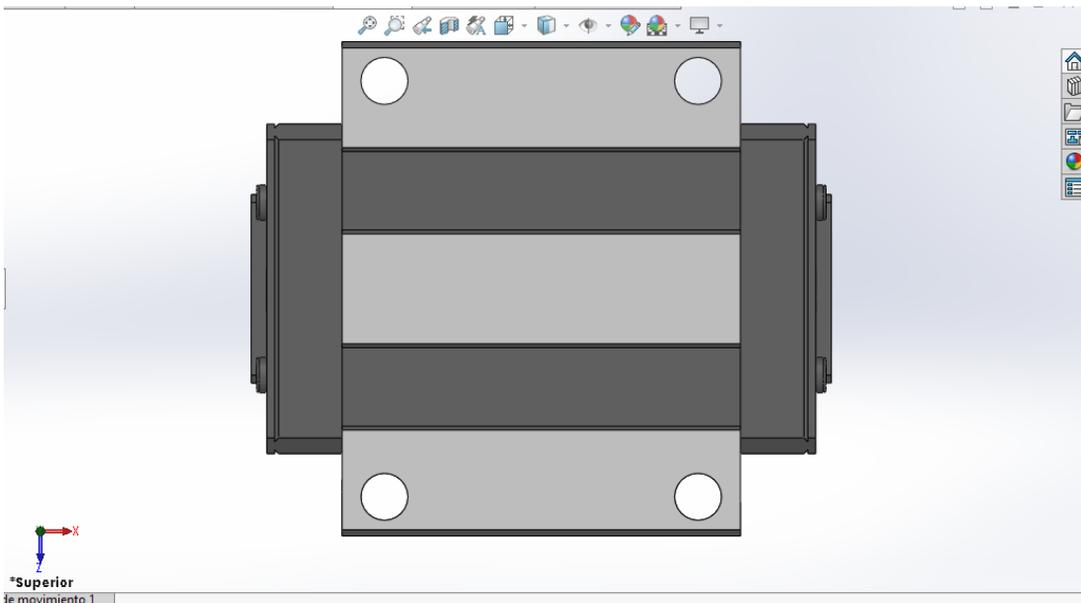
- Altura: 30 MM
- Ancho: 63 MM
- Capacidad de carga dinámica: 13.8 KN.
- Capacidad de carga estática: 46.8 KN.
- distancia entre centros de tornillos anchura: 53 MM
- distancia entre centros de tornillos longitud: 40 MM
- Longitud total: 74 MM

Estos rodamientos



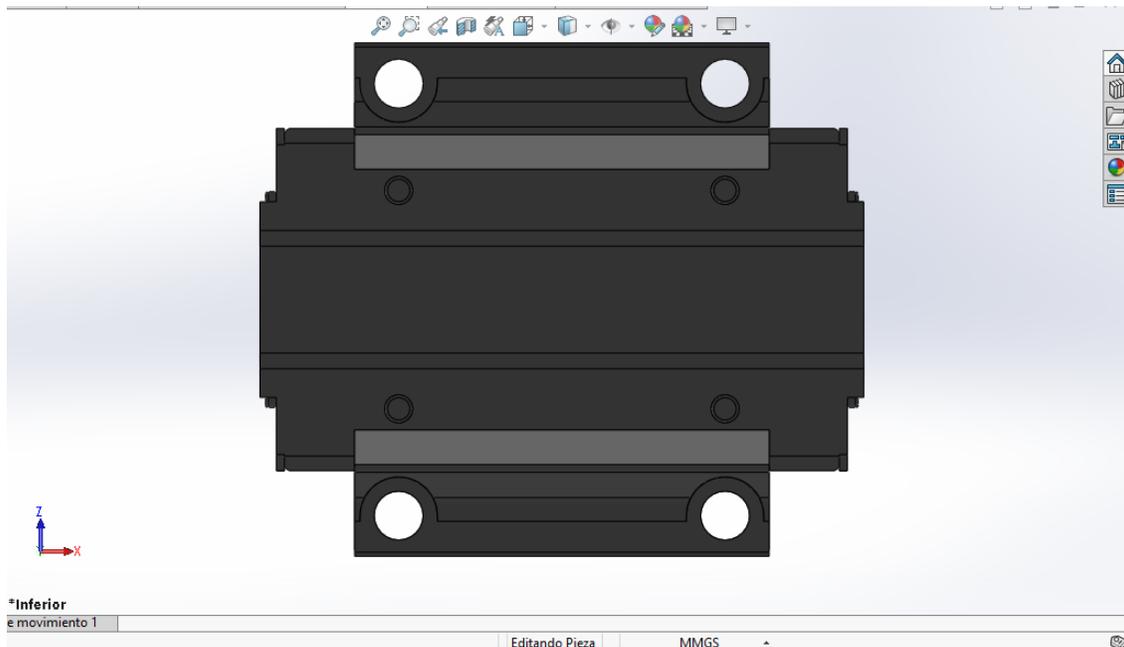
\*Isométrica  
Je movimiento 1

**Ilustración 3-8. Vista isométrica de rodamiento TRH20AC..**

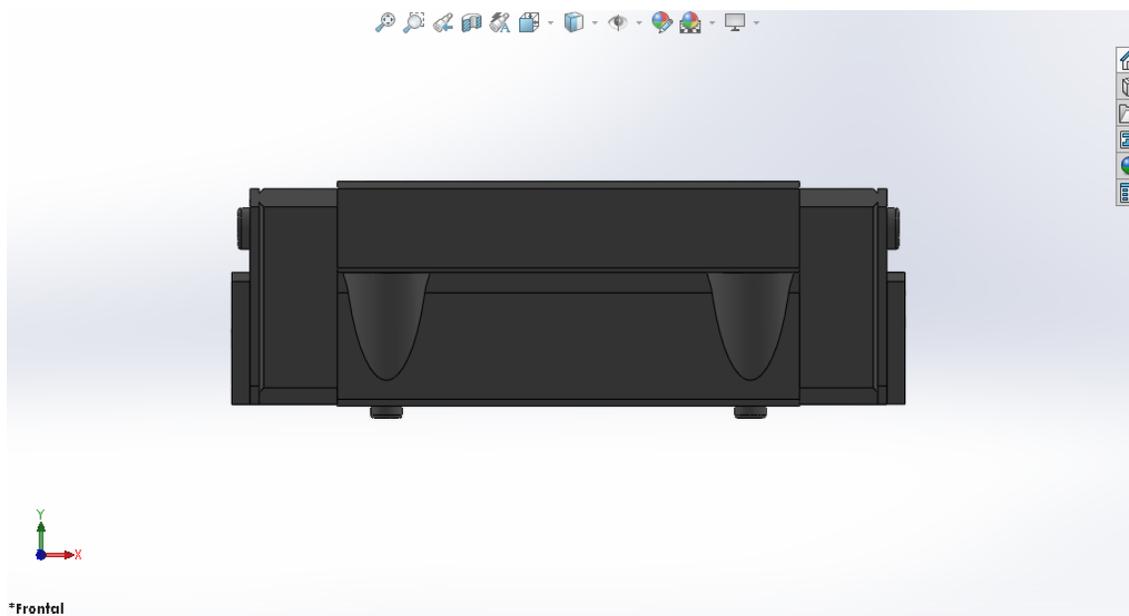


\*Superior  
Je movimiento 1

**Ilustración 3-9. Vista superior de rodamiento TRH20AC.**



**Ilustración 3-10. Vista inferior de rodamiento TRH20AC..**



**Ilustración 3-11. Vista frontal de rodamiento TRH20AC.**

### **3.3.2. Guía lineal de precisión TRH20AC.**

Los rodamientos TRH20AC son elementos de alta precisión, sin embargo es necesario que estos se deslicen por guías dotadas de las mismas características, las guías TRH20AC son elementos especiales que se adaptan perfectamente este tipo de rodamientos.

A continuación de presentan las características de las guías.

Anchura de Guía o Diámetro: 20mm

Longitud de La Guía: 2800mm/personalizado

Número de Modelo: TRH 20

Marca: Benqi

Rail altura: 18mm

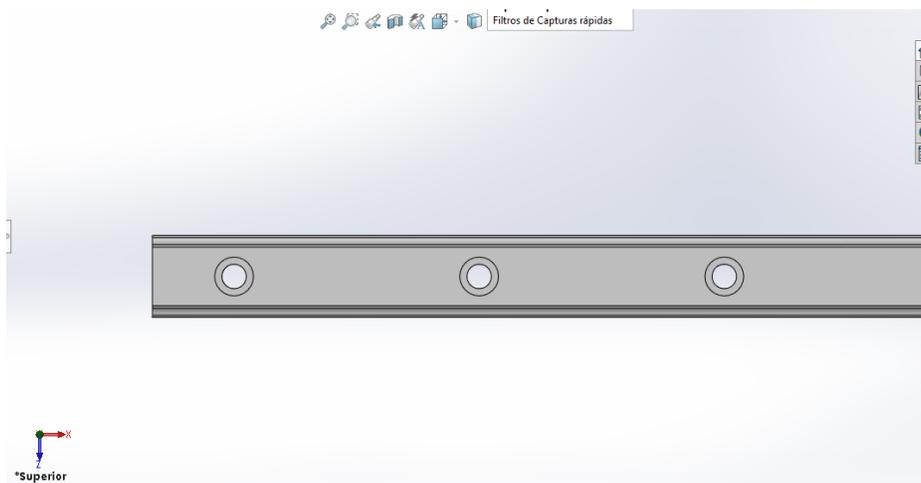
Rail peso: 2.3 kg/m

Longitud de paso: 60

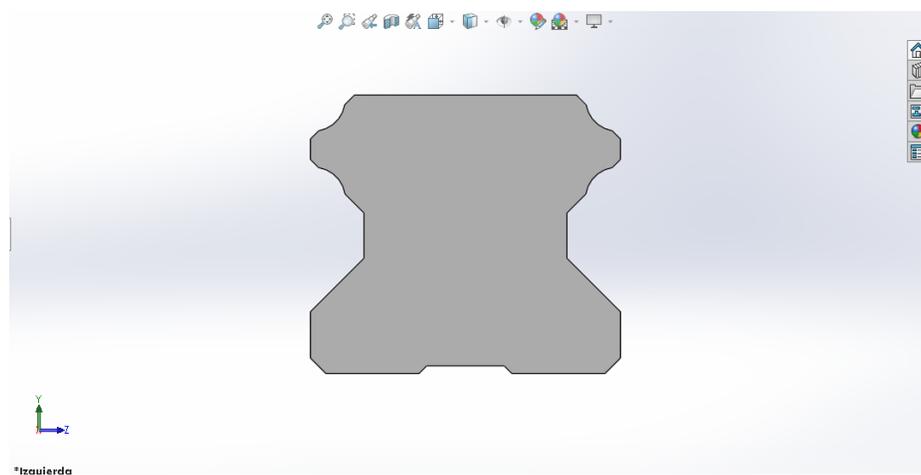
Limite carga dinámica: 13.8 C (kN)

Limite carga estática: 23.8Co (kN)

Peso del bloque (TRH 20C/20AC): 0.42 kg



**Ilustración 3-12. Vista superior de guía lineal de precisión.**



**Ilustración 3-13. Vista lateral de guía lineal de precisión.**

### 3.3.3. Perfil Bosch 45X90.

Perfil de aluminio ranurado de alta resistencia, 45x90 mm, ranura 10 mm, centro de 10 mm para roscar a M12, aleación 6063, temple T5, acabado anodizado natural mate de 10 micras.

Para aplicaciones generales, bastidores de maquinaria, estaciones de trabajo. Ampliamente utilizado en el sector automotriz para construcción de bastidores y transportadores. Compatible con la línea de Bosch. (Perfiles BOSCH, s.f.)

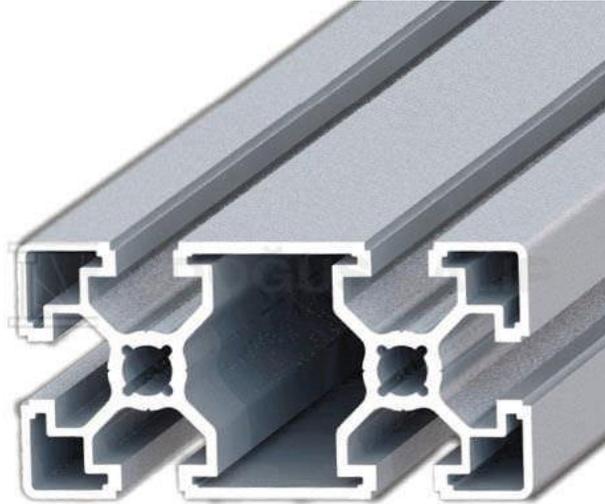


Ilustración 3-14. Perfil BOSCH 45X90. (Perfiles BOSCH, s.f.)

Este perfil nos ahorra gran parte del trabajo de ensamble ya que sobre él pueden montarse con facilidad las guías lineales y las cremalleras helicoidales.

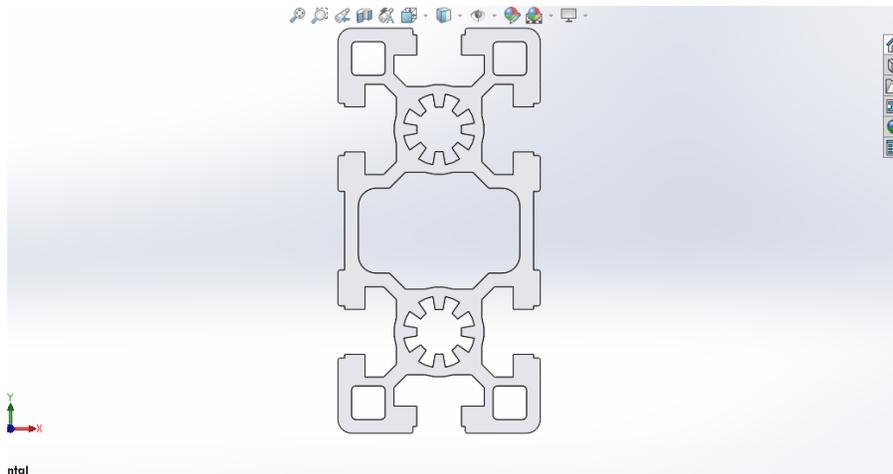


Ilustración 3-15. Modelo 3D de perfil BOSCH 45X90.

La longitud de cada perfil utilizado será igual al ancho y largo total de la máquina, para garantizar que el movimiento del puente sea total o igual a 4.0 y 2.0 metros a lo largo del eje X y eje Y, respectivamente.

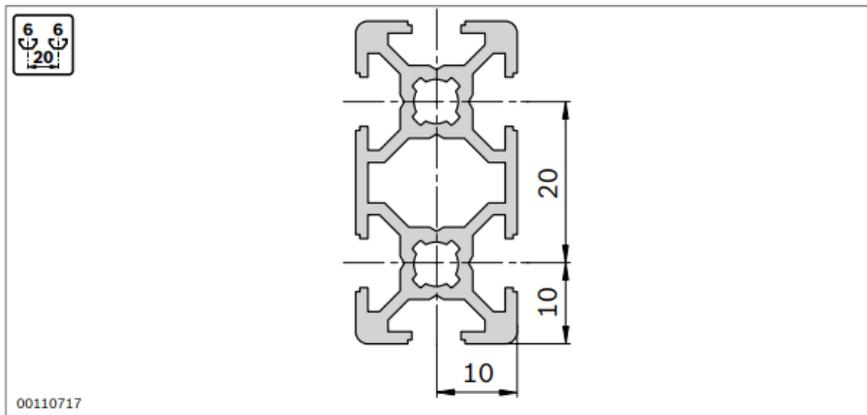


Ilustración 3-16. Imagen representativa del perfil BOSCH 45X90. (Perfiles BOSCH, s.f.)

### 3.3.4. Proceso de diseño de carro de transporte.

Partiendo de la siguiente información se procede a diseñar los elementos transportadores del puente. Este elemento estará fabricado de aluminio estructural 6061.

Comenzamos por el croquis del elemento.

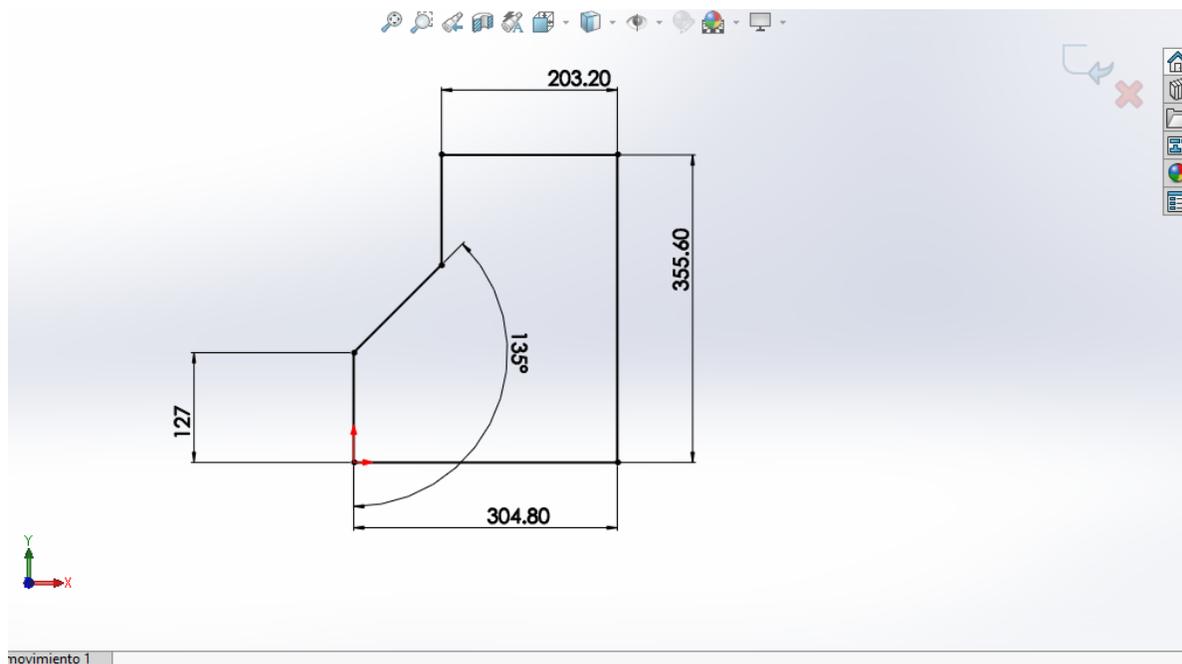
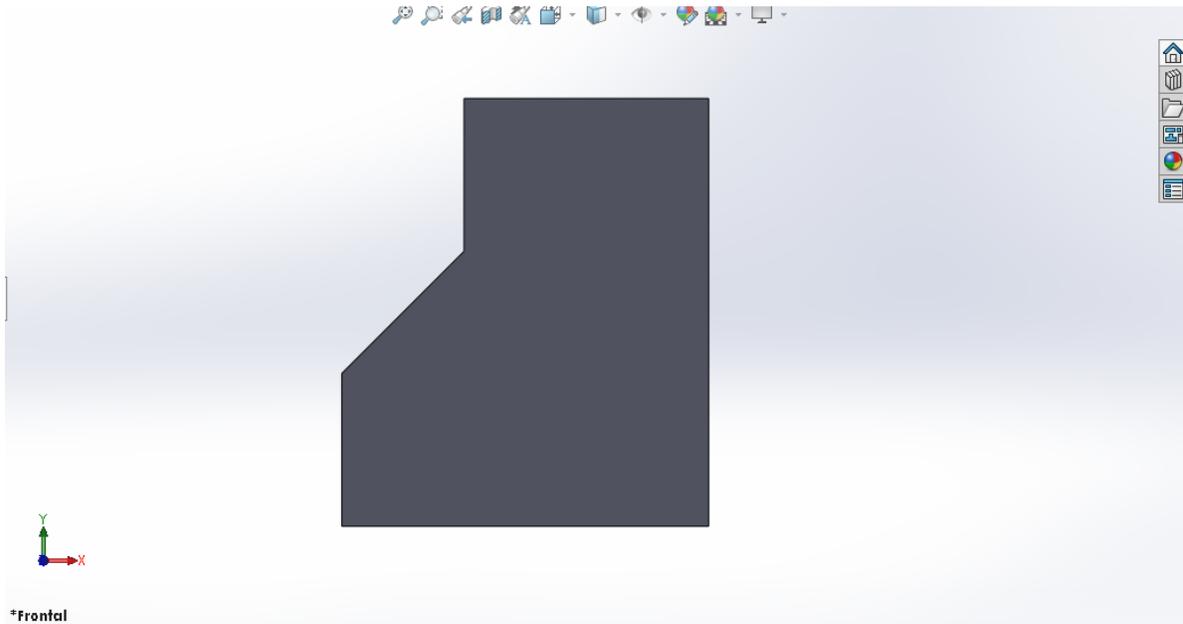
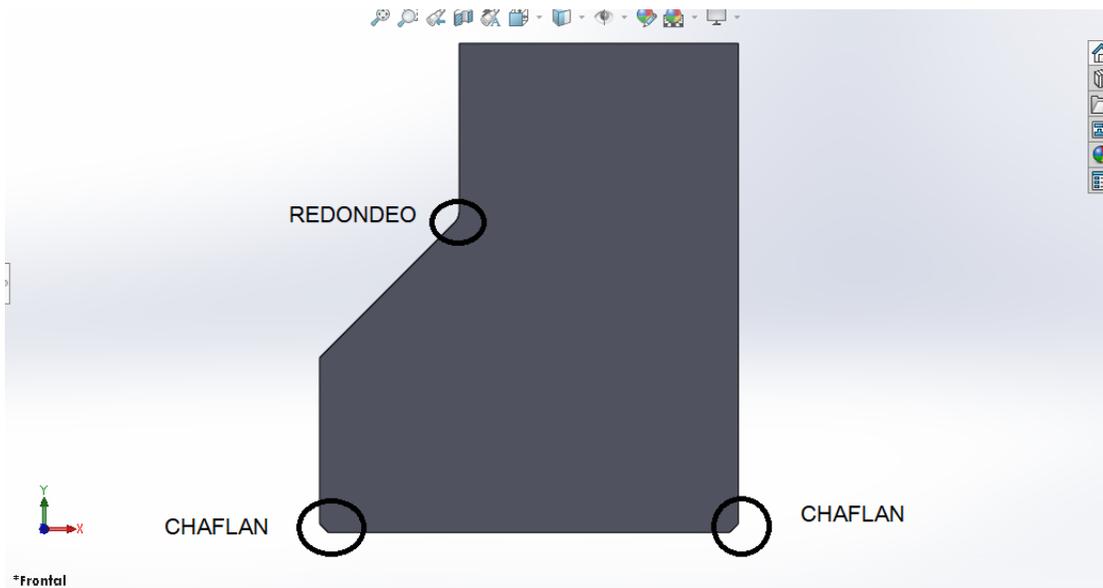


Ilustración 3-17. Croquis del elemento transportador de puente.

Debido a las posiciones de los servomotores, este elemento tomara la forma de L, tal y como se muestra en la figura 3-12.



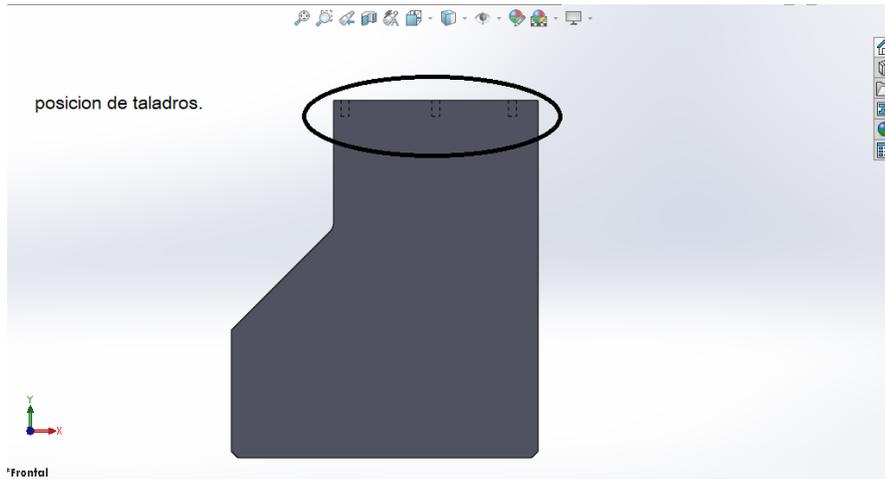
**Ilustración 3-18. Extrusión del croquis.**



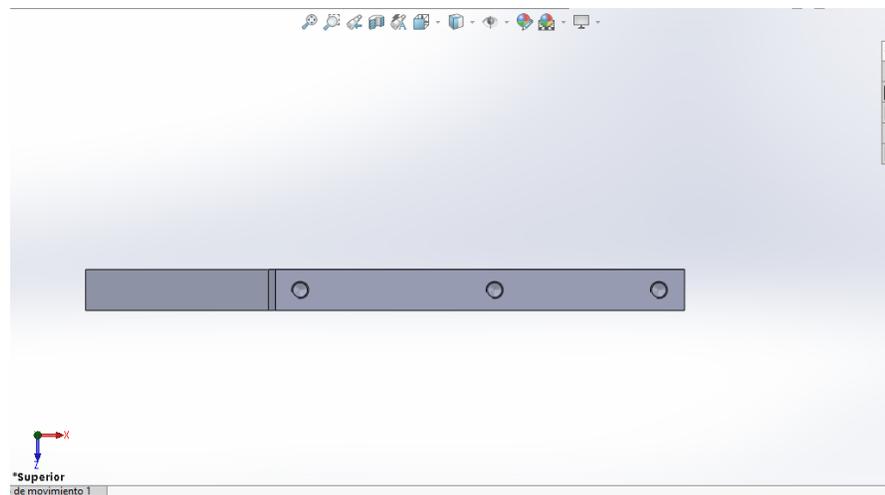
**Ilustración 3-19. Aplicación de chaflanes y redondeos.**

Los redondeos y los chaflanes sirven para evitar aristas muy pronunciadas, además ayuda a la distribución de esfuerzos.

A continuación se procede a insertar los taladros para los tornillos de sujeción de las placas de soporte del puente, estos estarán situados en la parte superior del soporte principal (carro).

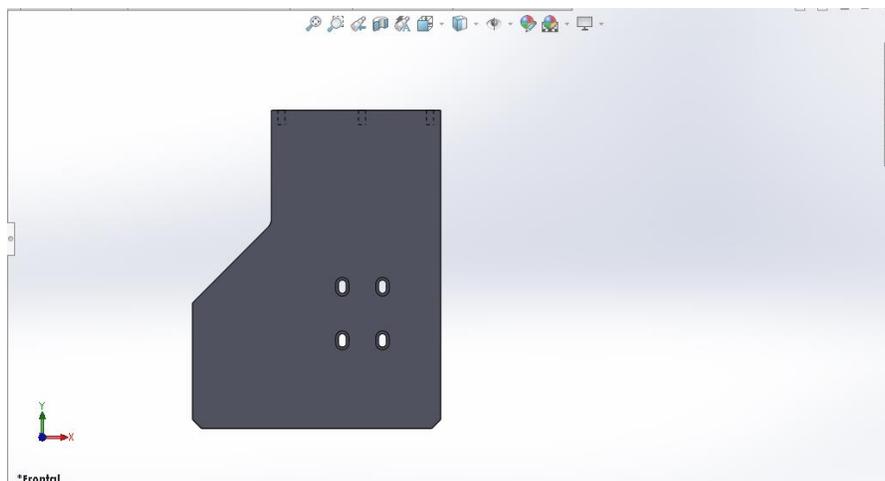


**Ilustración 3-20. Ubicación de los taladros de sujeción.**



**Ilustración 3-21. Vista superior del elemento, ubicación de los taladros roscados.**

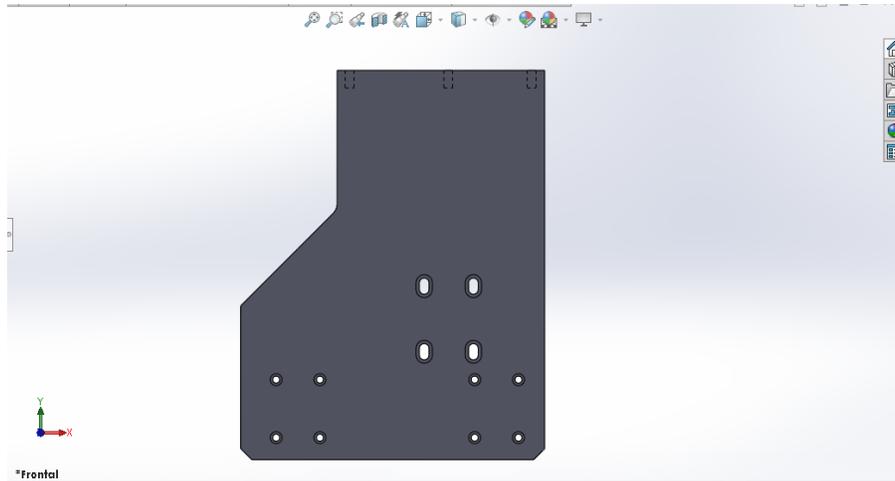
A continuación se aplican los siguientes taladros acoplándose a las medidas de los soportes de piñón. Las ranuras tienen una longitud de 1.5 centímetros, esta distancia servirá para ajustar la posición del piñón.



**Ilustración 3-22. Taladros ranurados para sujeción a los soportes de piñón.**

Los taladros siguientes están ajustados para adaptarse a los rodamientos HSR20BSSB.

Estos rodamientos serán utilizados para transportar el elemento completo. Como se observa en la figura 3-18.

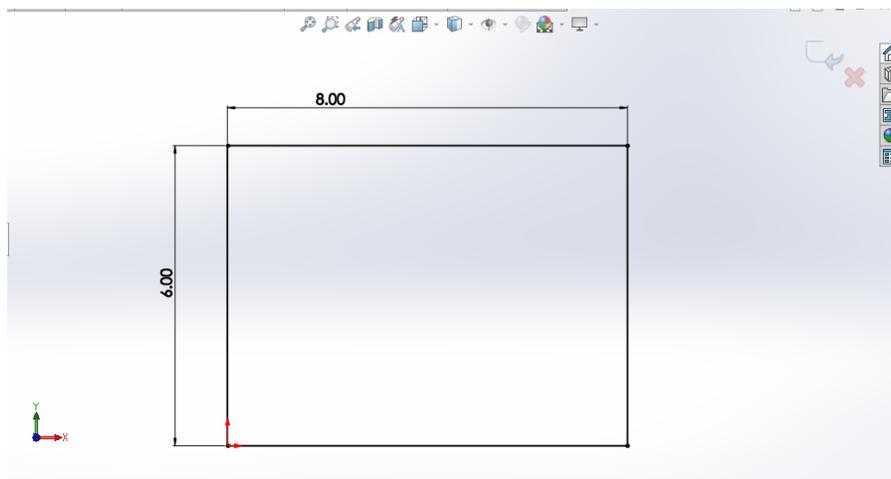


**Ilustración 3-23. Taladros ajustados a las medidas del rodamiento TRH20AC.**

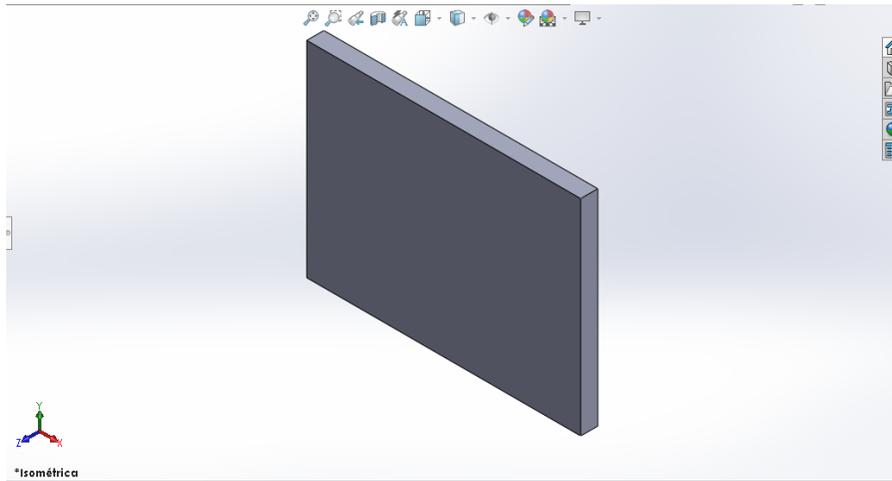
### 3.3.5. Diseño de placa inferior de soporte de puente.

El siguiente elemento estará ubicado en la parte superior del carro transportador de puente, este elemento soporta al puente.

Partiremos de un croquis cuadrado.

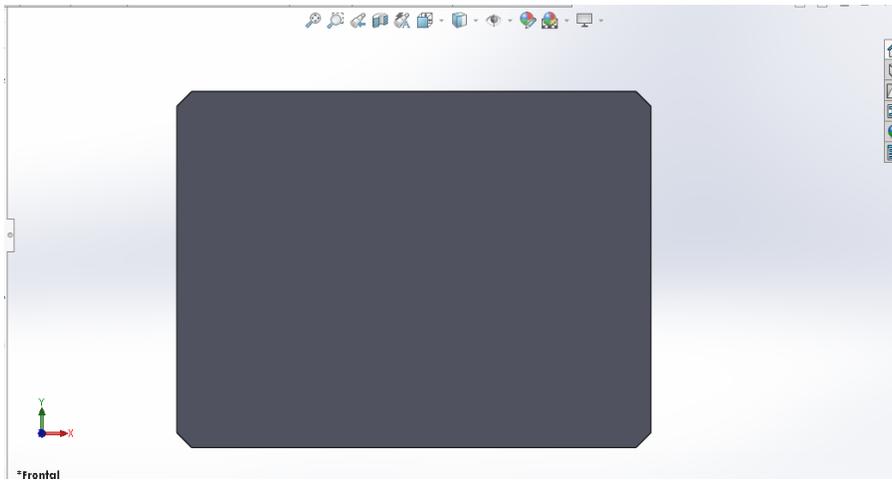


**Ilustración 3-24. Croquis de soporte de puente.**



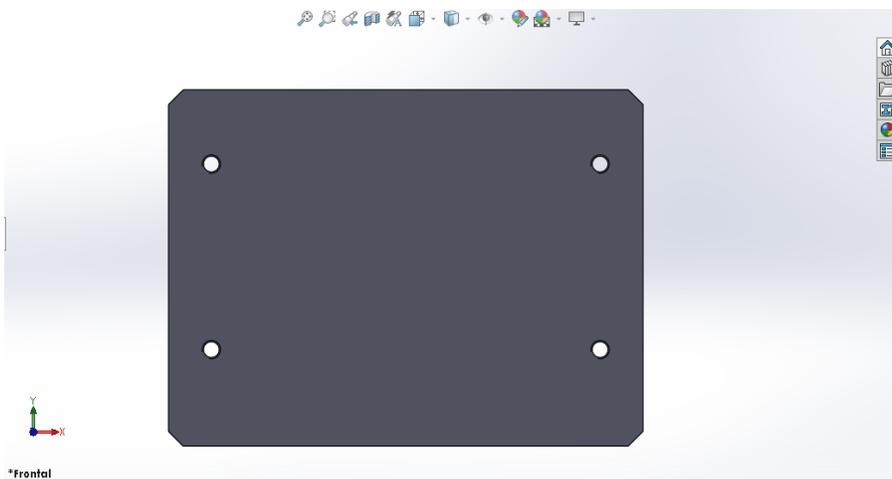
**Ilustración 3-25. Vista isométrica de placa de soporte de puente.**

Aplicamos chaflanes con longitud de 6.35mm.



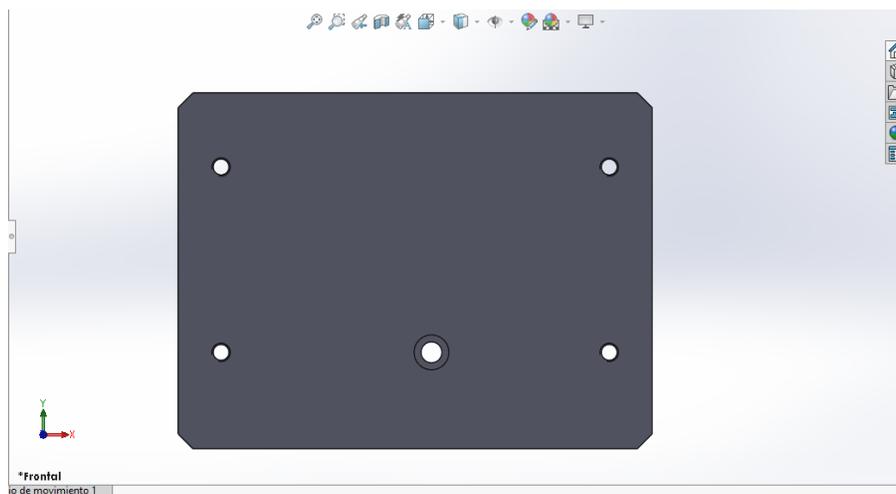
**Ilustración 3-26. Aplicación de chaflán a las esquinas de la laca.**

En la siguiente figura se pueden observar la aplicación de os taladros roscados M8 x 1, estos se aplican para sujeción de la base del puente.



**Ilustración 3-27. Aplicación de taladros para sujeción al carro de soporte.**

Por ultimo agregamos un taladro en la parte central inferior para aumentar el área de soporte, este debe ser para tornillo con cabeza plana, debido a que este quedara oculto bajo la placa superior de soporte.

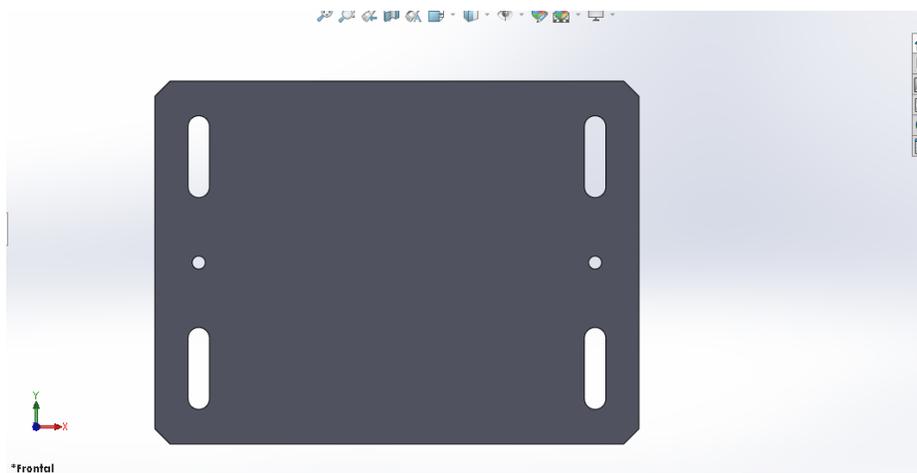


**Ilustración 3-28. Aplicación de taladro para tornillo de cabeza plana.**

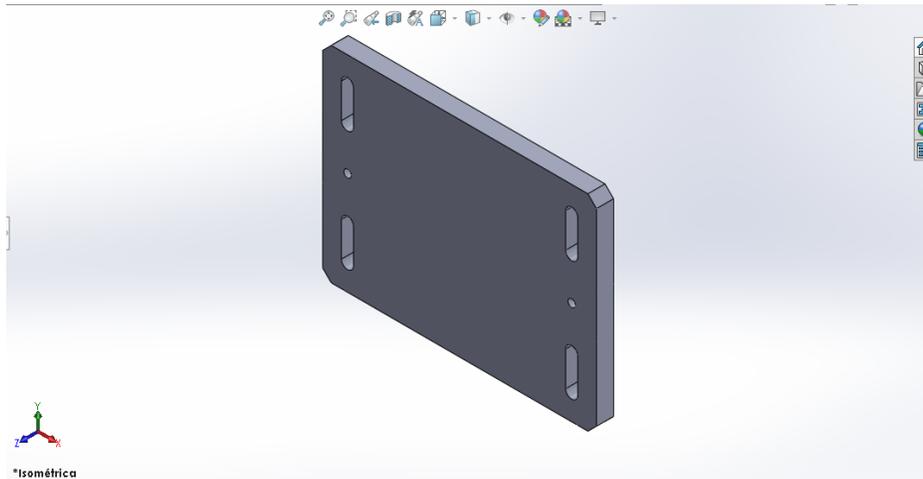
### **3.3.6. Diseño de placa superior de soporte de puente.**

La placa de soporte superior de soporte de puente estará acoplada en la parte superior a la placa inferior de soporte, a su vez esta ira acoplada a los extremos inferiores del puente.

El modelo completo puede visualizarse en la siguiente figura.



**Ilustración 3-29. Placa superior de soporte de puente(vista frontal).**



**Ilustración 3-30. Vista isométrica de placa superior de soporte de puente.**

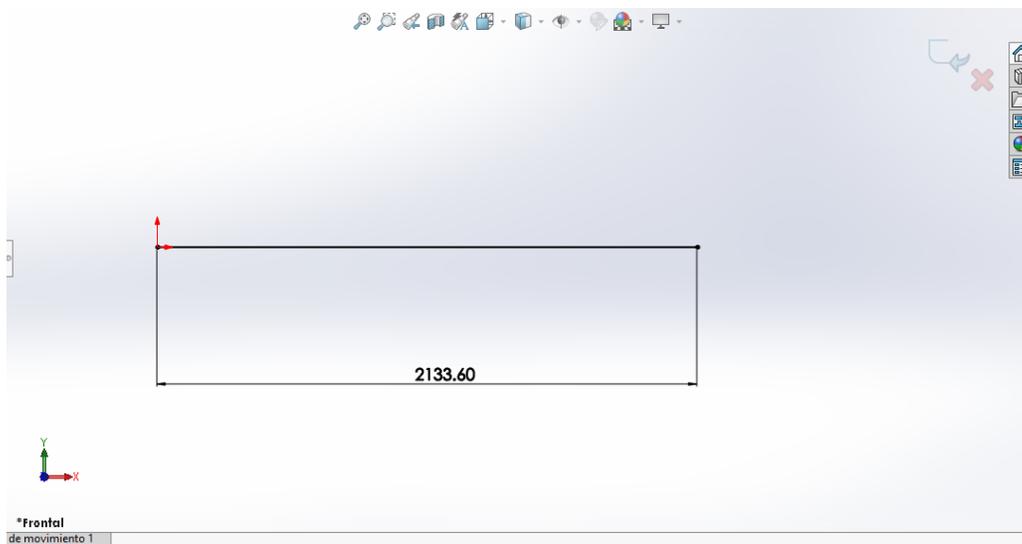
Las ranuras tienen una longitud de 2.54 cm, estas ranuras sirven para ajustar la posición del puente.

### 3.4. DISEÑO DE PUENTE.

El puente soporta una carga de  $10 \text{ kg} = 90.81 \text{ N}$ . teniendo en su punto medio el momento flexionante máximo.

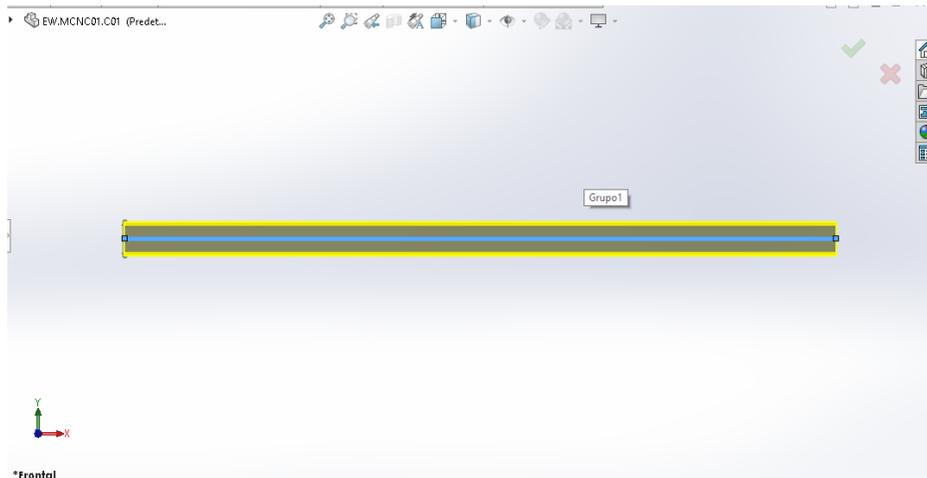
El puente debe fabricarse a partir de un elemento estructural PTR con medidas 6X4 pulgadas con espesor de 6.35mm.

Para el diseño de este se parte de un croquis principal, trazando una línea con la longitud igual al ancho total de la máquina aproximadamente a 2.33m. Como se observa en la siguiente figura.

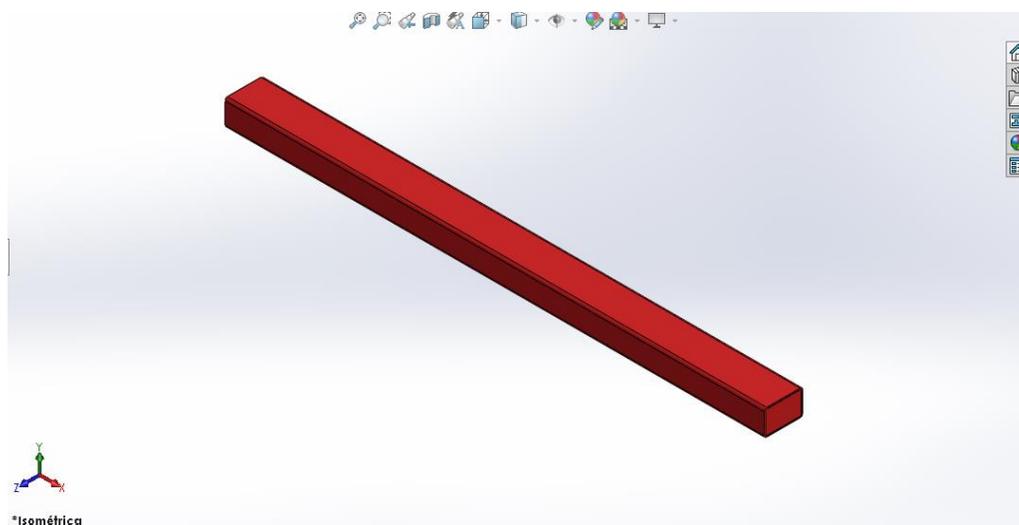


**Ilustración 3-31. Croquis principal del puente transportador de herramienta (eje Y).**

Seguido del croquis se procede a insertar el elemento estructural que cumpla con las medidas de soporte.



**Ilustración 3-32. Inserción de elemento estructural.**



**Ilustración 3-33. Vista isométrica de puente.**

### **3.5. PROCESO DE DISEÑO DE ELEMENTOS TRANSPORTADORES DE HERRAMIENTA DE CORTE.**

Los elementos que transportan la herramienta de corte deben moverse a través de rodamientos, es por ello que deben ajustarse a las medidas de los mismos. Todos los elementos son de aluminio estructural 6061.

Para transportar la herramienta se necesitan dos rodamientos TRH20AC que se muevan de manera transversal a la máquina, a su vez estas guías irán montadas sobre un perfil Bosch 45X90 tal y como se muestra en las imágenes anteriores.

### **3.5.1. Control de altura 'RICHNC-THC'**

También debe considerarse la adaptación al control de altura con las siguientes características:

Controlador de altura de la antorcha de la serie RICHNC (a continuación nos referimos como 'RICHNC-THC' en el contenido) es

Específicamente diseñado para la máquina de corte CNC por plasma o por llama para ajustar automáticamente el voltaje o la capacitancia del controlador de altura de la antorcha.

La serie RICHNC-THC es una integración de detección de arco, detección de capacitancia, motor a pasos controlador de altura. El controlador utiliza un procesador de micro placas individuales, bajo la calibración automática función muestra la altura de la antorcha.

RICHNC-THC01 tiene una gran confiabilidad de hardware. Es ideal para trabajar bajo atmósfera severa para máquinas de corte CNC por plasma. (<http://www.richnc.com>, s.f.)

1. Terminada la programación solo se necesita un pulso para activarlo.
2. 'Interruptor táctil' incorporado para la función de grabación de metal táctil de la antorcha
3. Todos los parámetros de trabajo de diferenciación con A, B, C, D, E, H, L.
4. Comprobación automática de la posición de la antorcha de corte.
5. Función de calibración automática
6. Altura de la antorcha de la pantalla en tiempo real.
7. Velocidad máxima de corte más de 6 m / min.
8. La distancia máxima de ajuste es de 12 a 30 CM.

9. Usando el motor paso a paso de CC el tiempo más corto para responder al cambio de voltaje de arco.

10. Fácil de controlar con la función automática y la función Manual.

11. Es fácil de controlar y la interfaz es simple. Adecuado para todos los Plasma y Flama CNC.

#### **Especificación técnica del control de altura RICHNC-THC.**

- Fuente de alimentación: DC 24V 2A (este voltaje es obtenido de una fuente externa).
- Pantalla: LED.
- Botón de control manual: 4 botones (Función, Confirmar, Abajo, Arriba).
- Material: aleaciones de metal.
- Motor adaptable: 17/23 RICHNC-Series.
- Modelo de motor: Motor paso a paso de CC.
- Rango de control de ajuste manual: 0 a 30 mm.
- Gama de control de ajuste automático: de 3 a 30 mm.
- Velocidad de control de ajuste automático: 3000 mm / min (30 pendientes).
- Exactitud del control: - 0.5 a + 0.5MM.
- Temperatura de la atmósfera: -10 a 50.
- Tamaño: 155 x 87 x 71 MM.

- Peso neto: 2.0 KG.
- Peso bruto: 2.5 KG.
- Sistema de detección: detector de voltaje de arco (plasma).



Ilustración 3-34. Control de altura 'RICHNC-THC.

### 3.5.2. Modelado de base de porta herramienta.

La base del porta herramienta consta de dos elementos principales, la base superior y la base frontal. Todos los elementos son de aluminio estructural 6061.

La base frontal consta de una placa de aluminio con ranuras adaptadas para montarse al rodamiento TRH20AC. Tal y como se muestra en la figura 3-35.

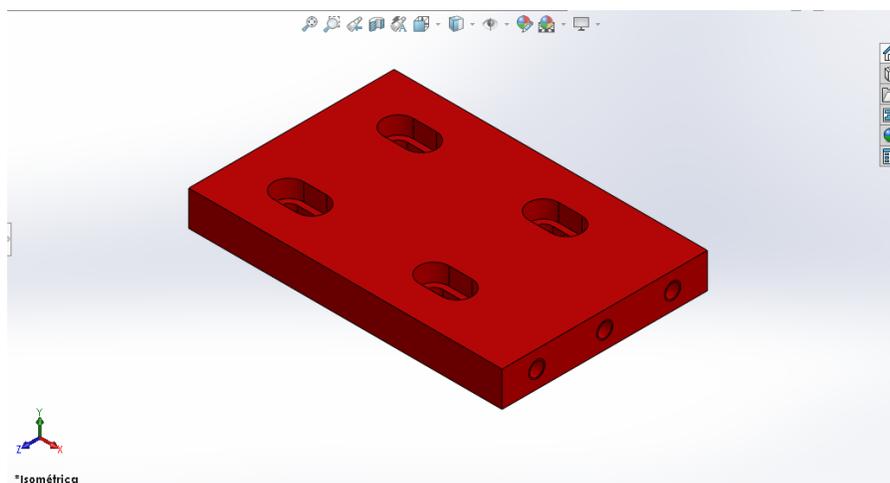
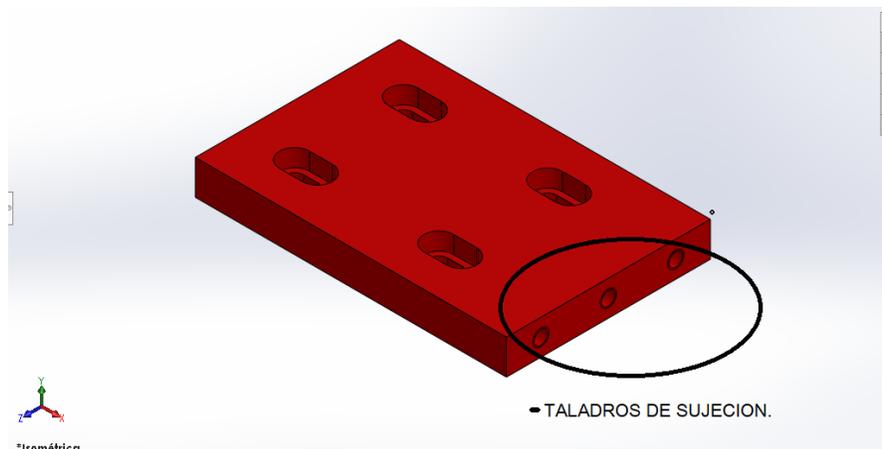


Ilustración 3-35. Base superior del porta herramienta (vista isométrica).

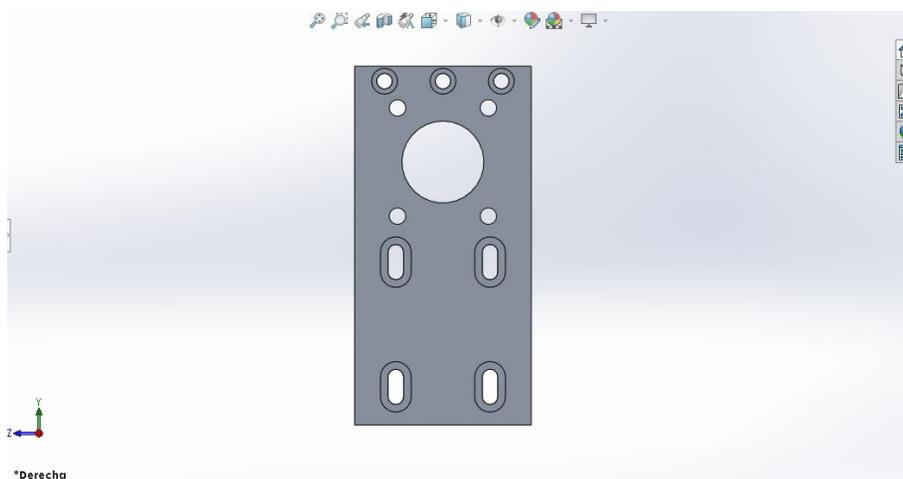
Los taladros en la parte lateral serán utilizados para sujetarla a la placa frontal de porta herramienta.



**Ilustración 3-36. Taladros de sujeción de placa frontal.**

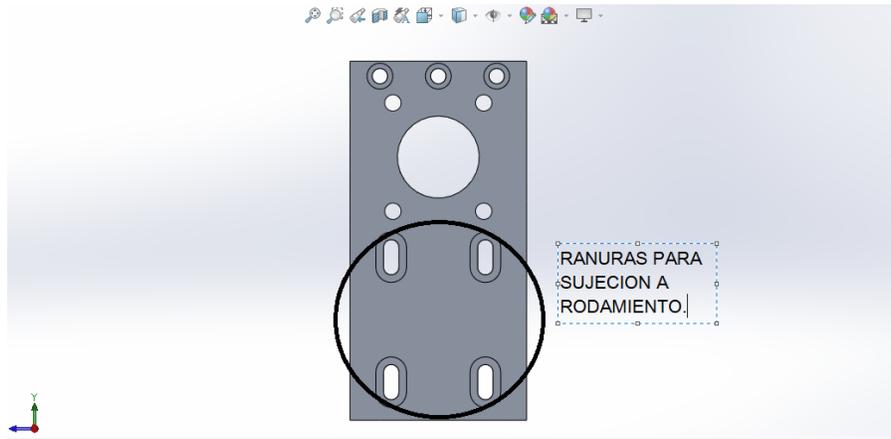
Para la placa frontal aplicaremos la adaptación al rodamiento TRH20AC.

Observamos en la figura 3-37.



**Ilustración 3-37. Placa frontal de porta herramienta.**

En la siguiente ilustración se observan los taladros para sujeción al rodamiento TRH20AC.



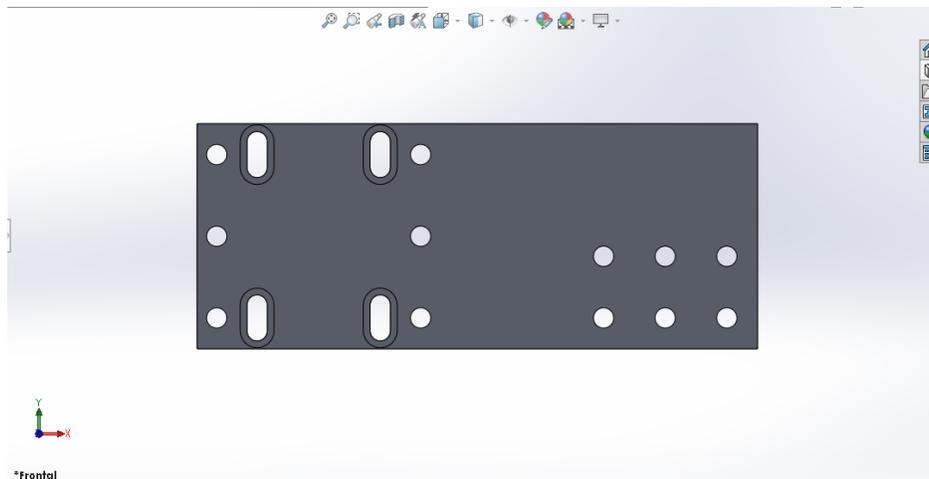
**Ilustración 3-38. Ranuras par sujeción a rodamiento.**

Las ranuras par sujeción a la placa superior se encuentran en la parte frontal superior de la placa frontal.

La placa frontal además de los taladros cuenta con cavidades para que el piñón pueda conectarse a la cremallera. Se pueden observar las cavidades en la imagen 3-38.

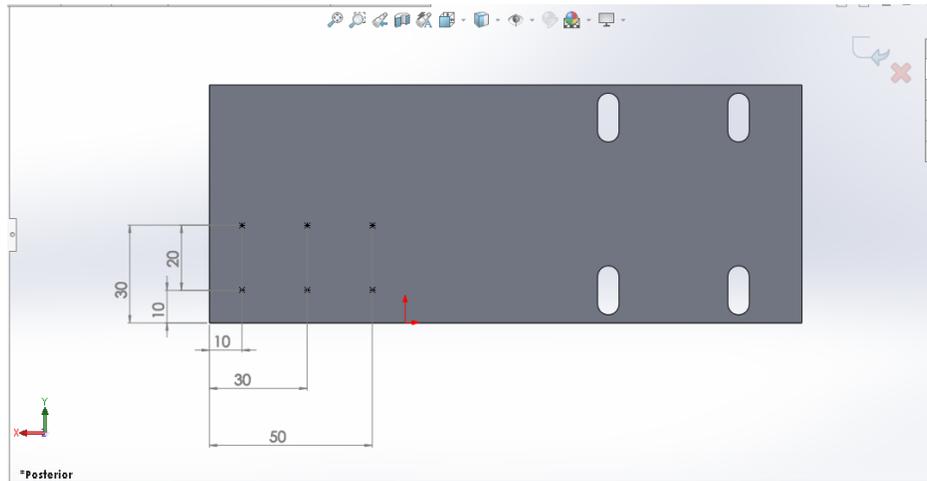
### **3.5.3. Modelado de placa de sujeción para el control de altura 'RICHNC-THC'.**

Para sujetar el control de altura es necesario adicionar a la placa de soporte frontal una placa extra que permita unir estos dos elementos. Para ello utilizaremos material aluminio 6061.



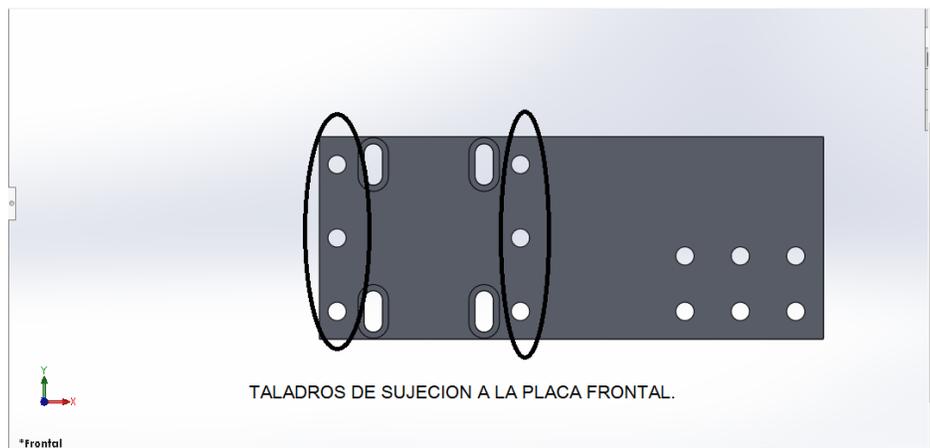
**Ilustración 3-39.placa de soporte de control de altura (vista frontal).**

Para sujetar el control de altura se realizan 6 taladros con ranura con las dimensiones mostradas en la figura 3-40.



**Ilustración 3-40. Taladros de sujeción para control de altura (vista posterior).**

Para sujetar la placa de sujeción del control de altura a la placa frontal se generan los siguientes taladros. Ver figura 3-41.



**Ilustración 3-41. Ranuras para sujeción a la placa frontal.**

### **3.6. MODELADO DE SOPORTES DE MATERIAL DE CORTE.**

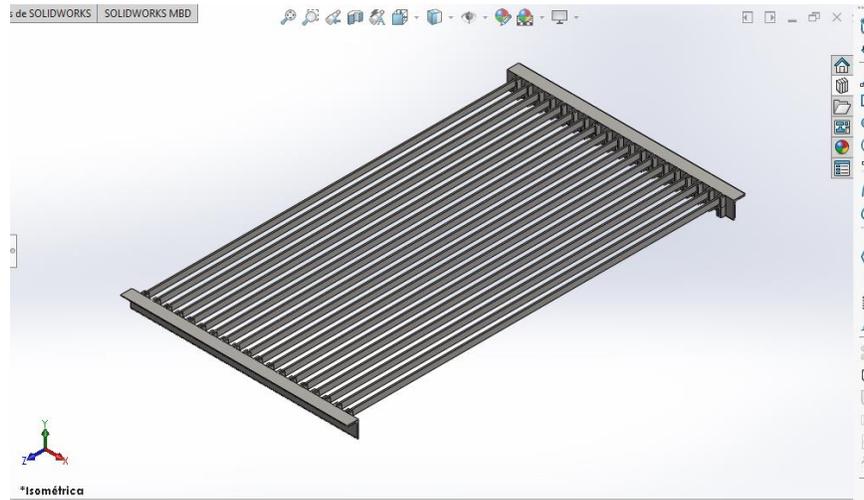
#### **3.6.1. Sufrideras transversales móviles.**

Para soportar el material de corte se necesitan elementos que sean capaces de sostener grandes cargas. Para este modelo se propone utilizar soleras de 2.5X1/4 de pulgada de acero 1020.

Se plantea utilizar grupos de 19 elementos distribuidos uniformemente en longitudes de 1m.

En total se utilizarán 4 bastidores con grupos de 19 soleras, con ello se busca cubrir el total del largo del área de soporte.

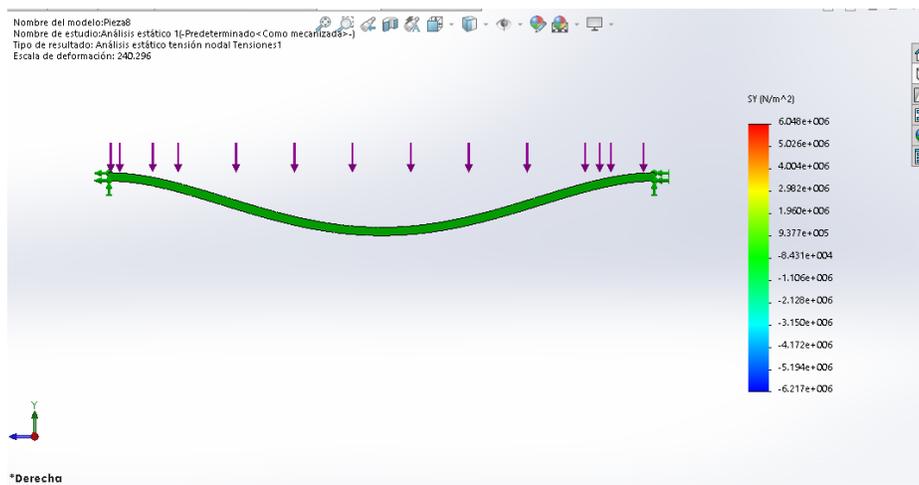
Se puede observar el bastidor completo en la siguiente ilustración.



**Ilustración 3-42. Bastidor de soporte de material de corte.**

Para analizar el comportamiento del peso del material se toma por separado cada elemento de soporte.

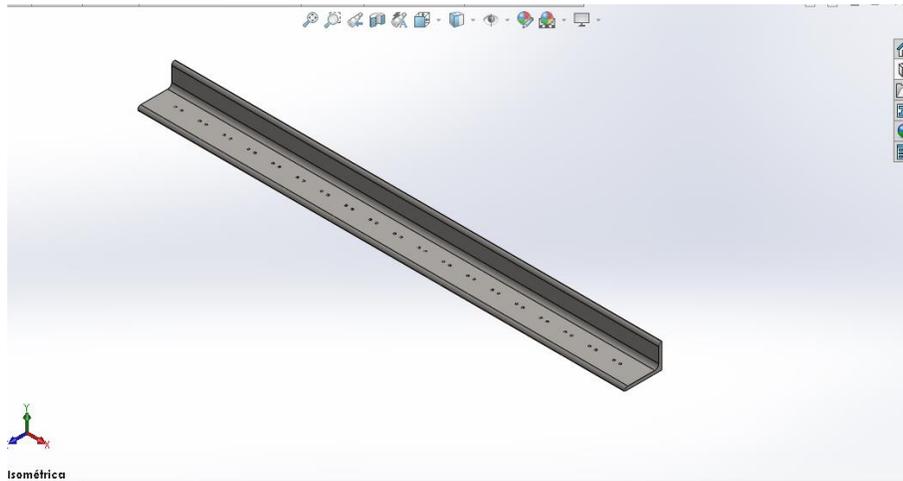
En total son 76 elementos, si el peso total del material es de 6.5433 KN, entonces cada elemento soporta una carga distribuida de 86.09 N.



**Ilustración 3-43. Comportamiento del soporte por las cargas aplicadas.**

En la imagen anterior se representan las cargas que actúan sobre la superficie de soporte de la sufridera móvil.

Para anclar las sufrideras a la estructura principal se utiliza un elemento estructural que se encarga de soportar cada una de los elementos de soporte, a su vez este es soportado por los costados angulares que lo componen.

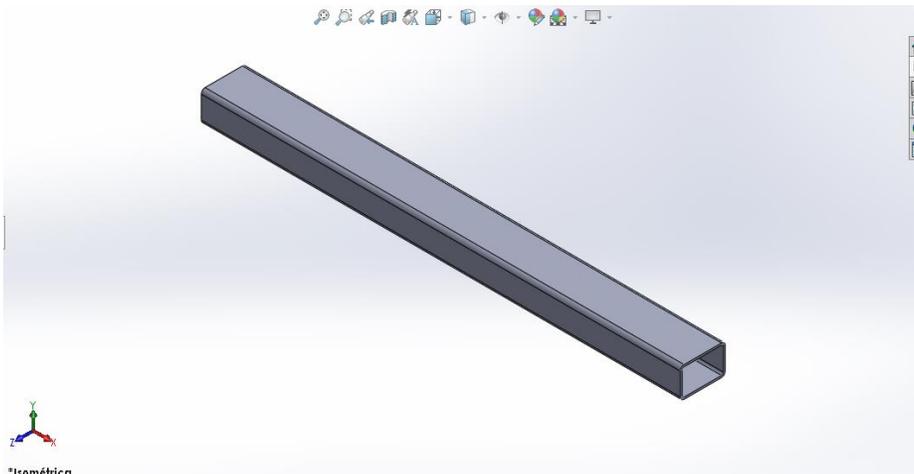


**Ilustración 3-44. Angulo de soporte (vista isométrica).**

### **3.7. MODELADO DE SUJECIONES A ESTRUCTURA PRINCIPAL.**

La máquina completa consta de dos estructuras principales, que juntas conforman la mesa de corte para placas de acero, para que estas dos estructuras puedan estar fijas es necesario unir las a través de dos elementos que permitan que las dos estructuras queden fijas en una sola posición.

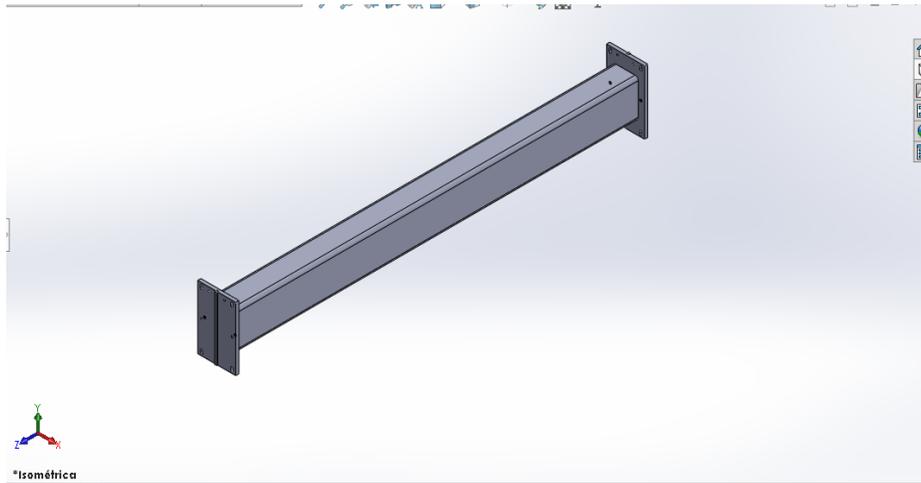
Para este modelo partiremos de un elemento estructural sujeto a placas de acero de  $\frac{1}{2}$  pulgadas para sujetarse a la estructura principal.



**Ilustración 3-45. Elemento de unión de las estructuras principales (vista isométrica).**

Para que este elemento pueda sujetarse a la estructura es necesario acoplarlo a una placa de  $\frac{1}{2}$  pulgadas y esta atornillada a una base que se encuentra en los costados internos de la estructura.

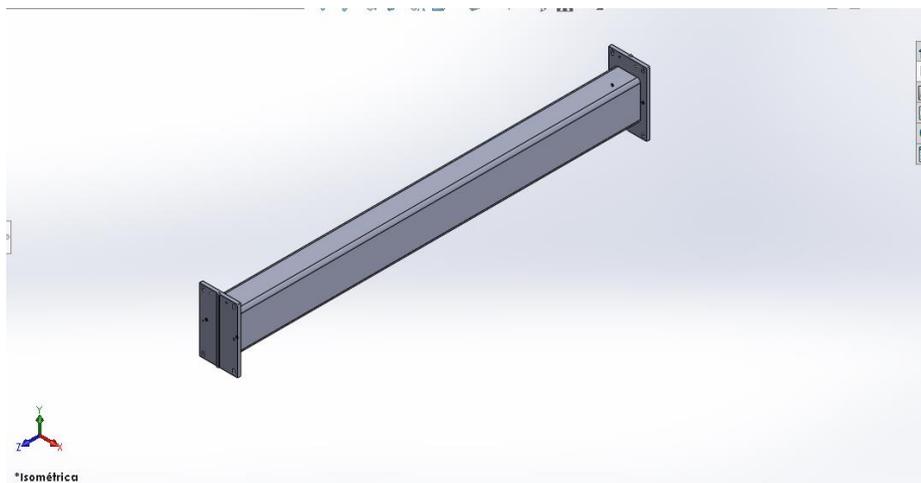
Podemos observar el elemento unido a la placa de sujeción en la figura 3-46.



**Ilustración 3-46. Elemento unido a placas de sujeción.**

Este elemento está diseñado a partir del elemento estructural PTR de dimensiones 6x4x1/4 pulgadas.

Se agregara un elemento secundario para hacer refuerzo al elemento principal de fijación.

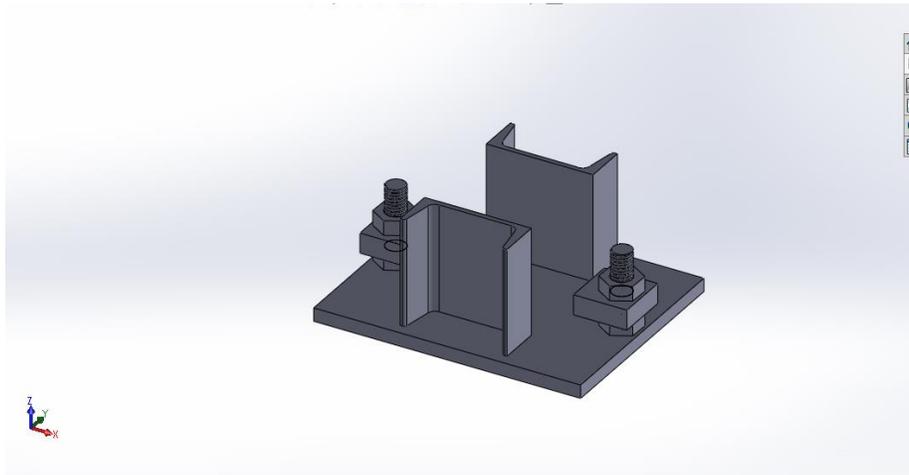


**Ilustración 3-47. Elemento secundario de fijación.**

Este elemento está diseñado a partir de elemento estructural PTR con dimensiones 3x3x1/4 pulgadas.

### 3.8. MODELADO DE SISTEMA DE NIVELACIÓN.

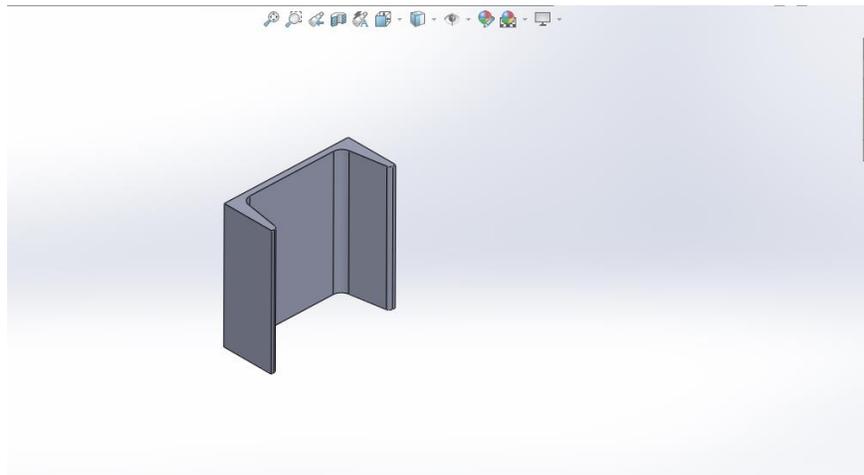
Es necesario que la mesa se encuentre en niveles verticales óptimos, para lógralo se desarrollan elementos que permitan ajustar el nivel de la mesa.



**Ilustración 3-48. Imagen representativa del modelo de nivelación.**

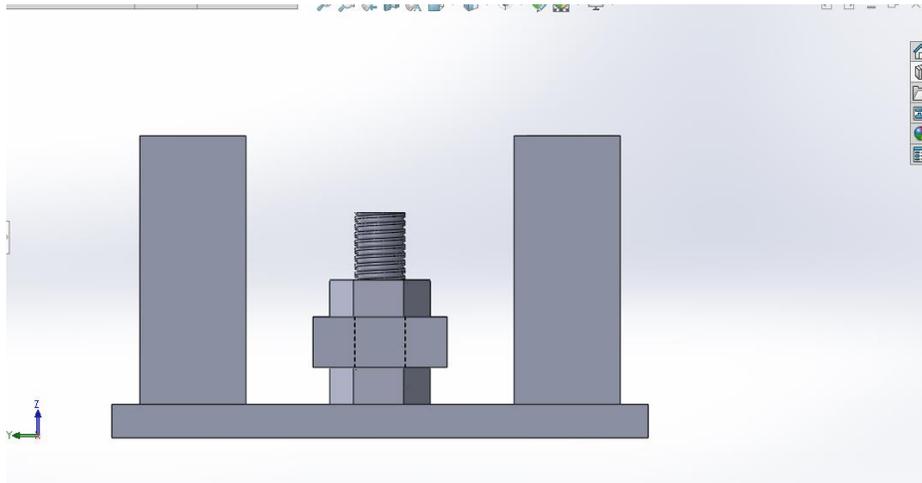
Este elemento está diseñado a partir de placas de acero de  $\frac{1}{2}$  pulgada de espesor unida a secciones de canal tipo C con dimensiones 4x5.4x1/4.

Estos elementos sirven para mantener fija la placa a la estructura de soporte.



**Ilustración 3-49. Canal ce de sujeción a estructura principal.**

Se utilizan tornillos con rosa de 5/15 de  $\frac{3}{4}$ .



**Ilustración 3-50. Tornillos que permiten nivelar la mesa de corte.**

# CAPÍTULO 4 RESULTADOS.

## 4.1. ENSAMBLE DE LOS ELEMENTOS MODELADOS.

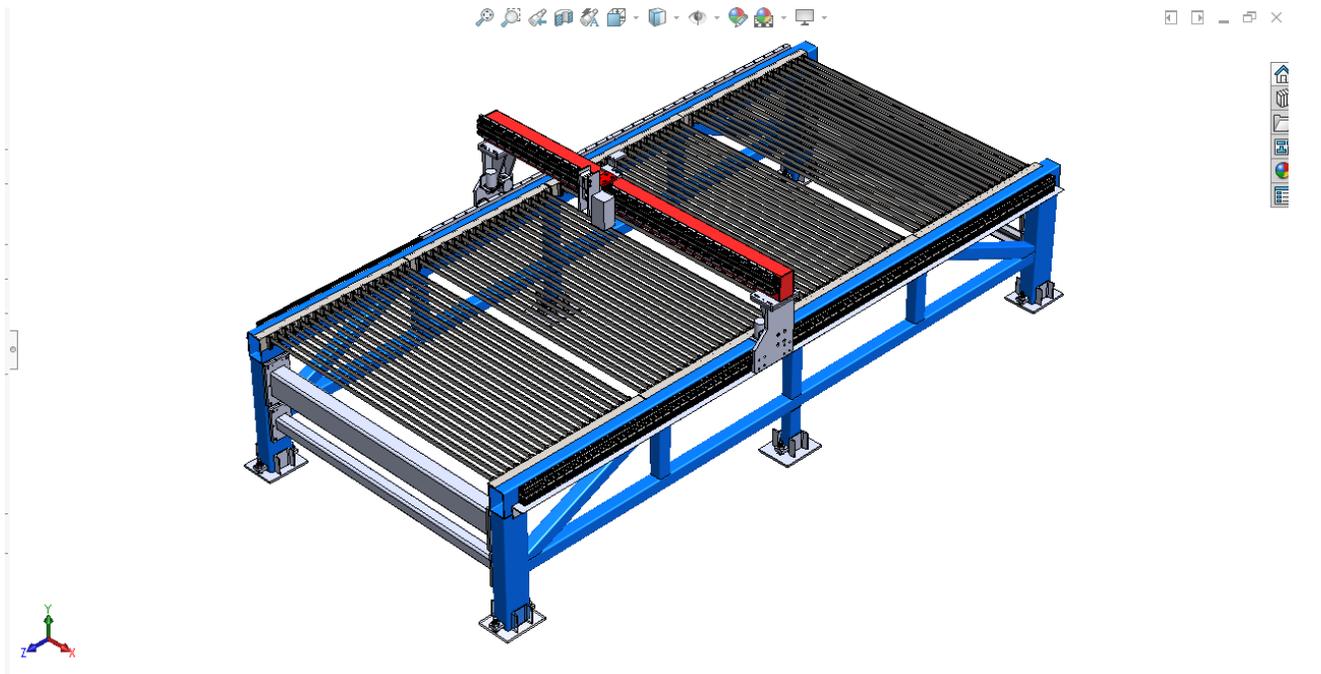


Ilustración 4-1. Vista isométrica del ensamblaje total.

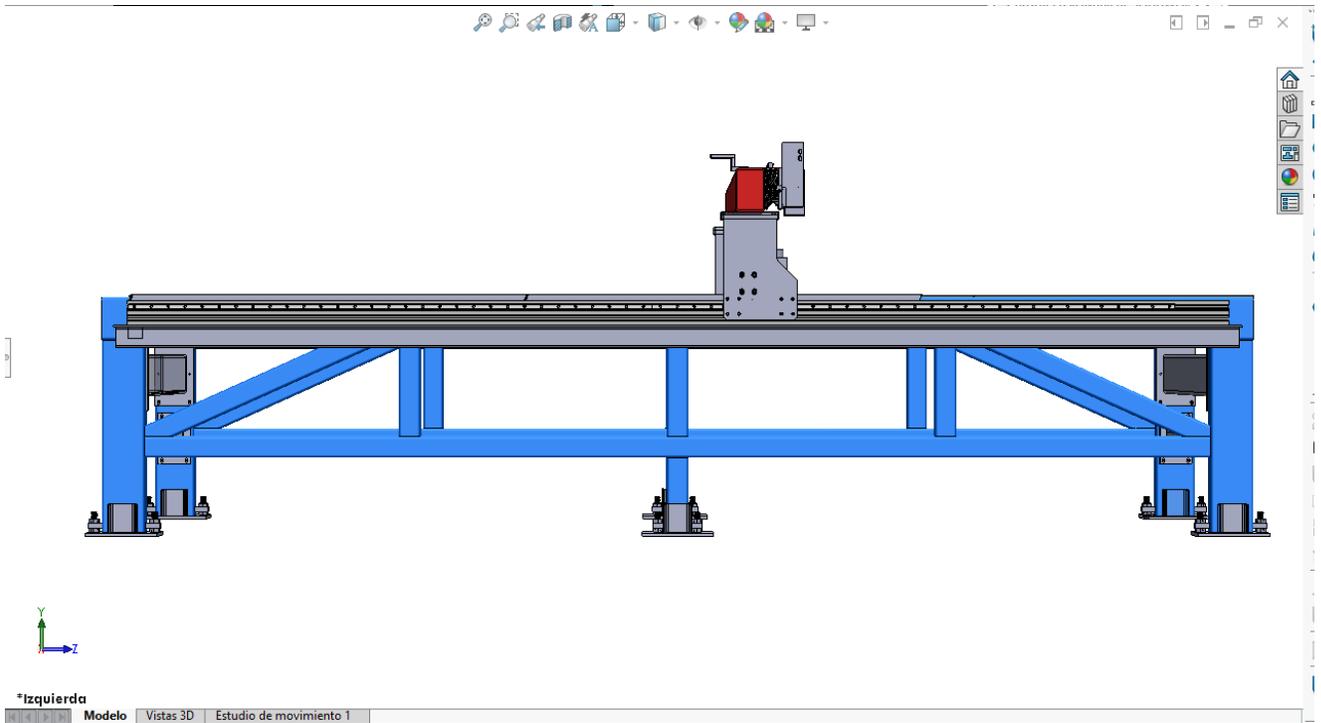
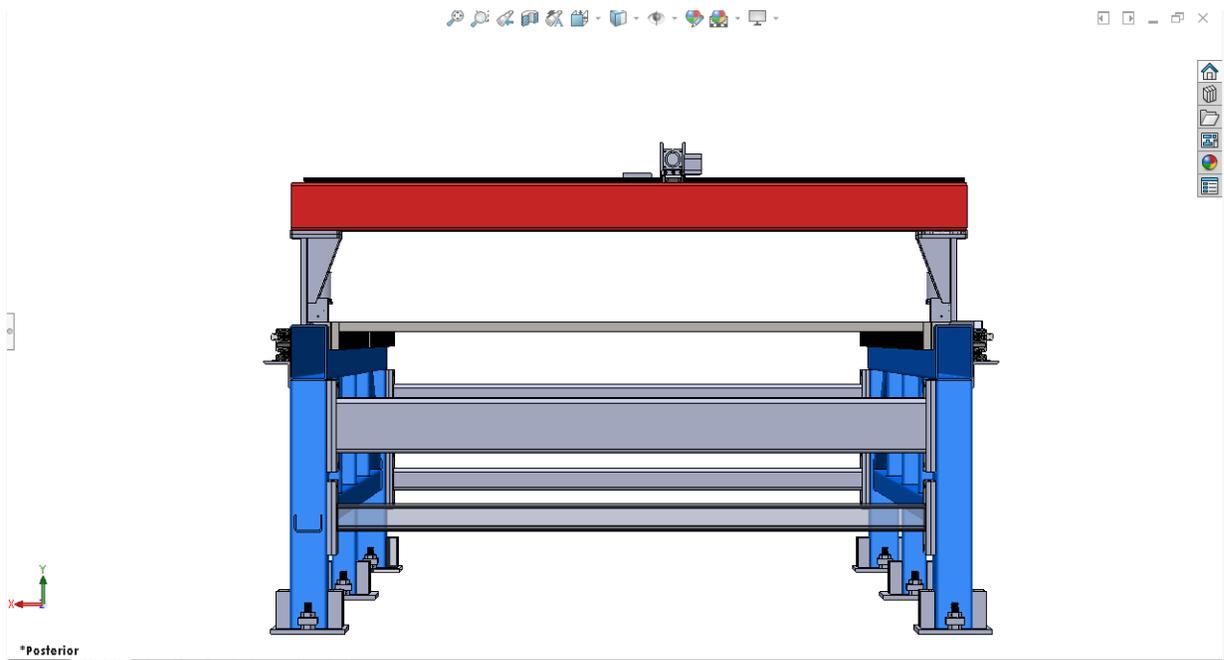
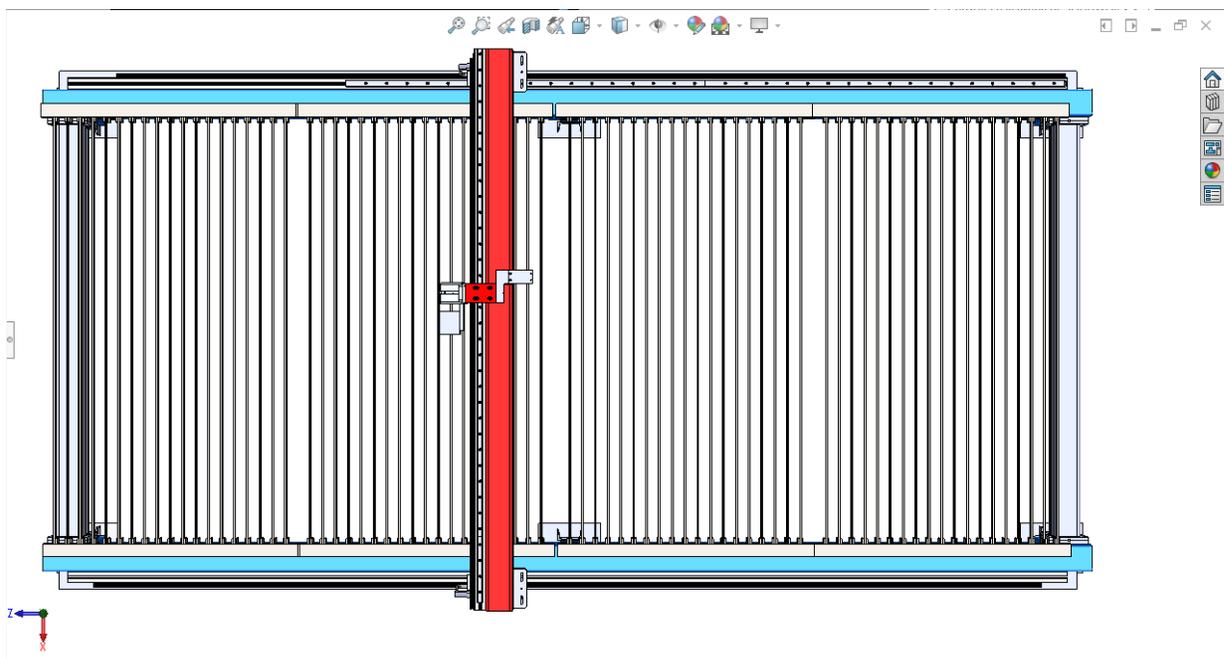


Ilustración 4-2. Vista lateral del ensamblaje completo.



**Ilustración 4-3. Vista posterior del ensamble completo.**



**Ilustración 4-4. Vista superior de ensamble completo.**

## 4.2. LISTA DE PLANOS.

### Plano de estructura principal.

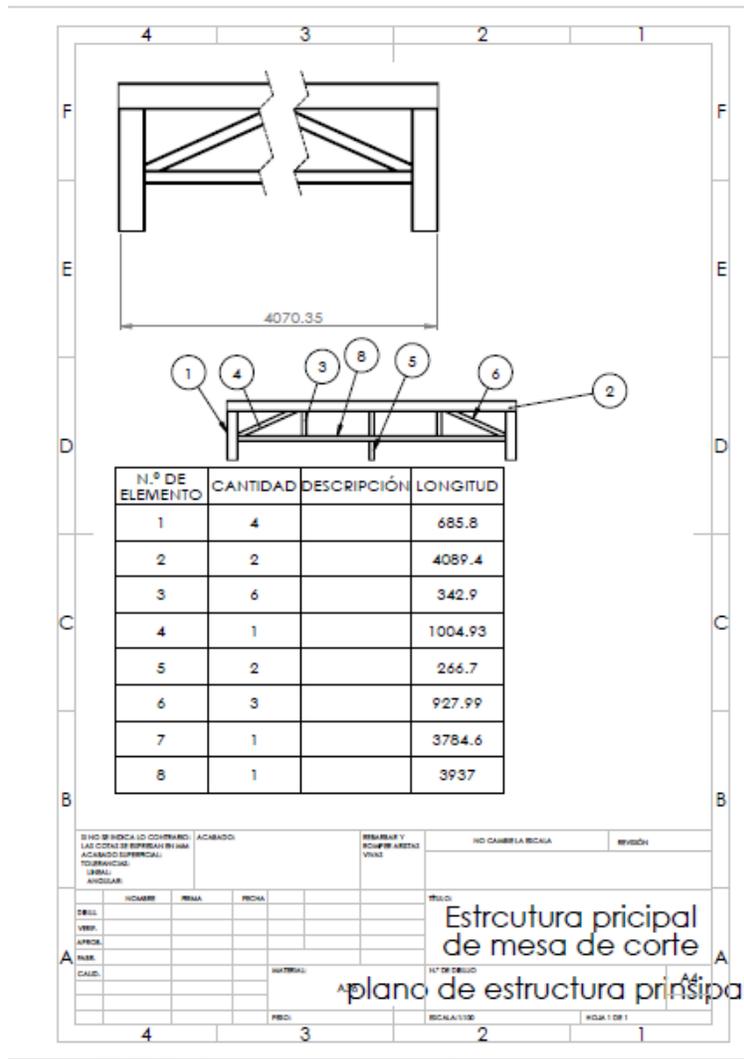


Ilustración 4-5. Plano de estructura principal.

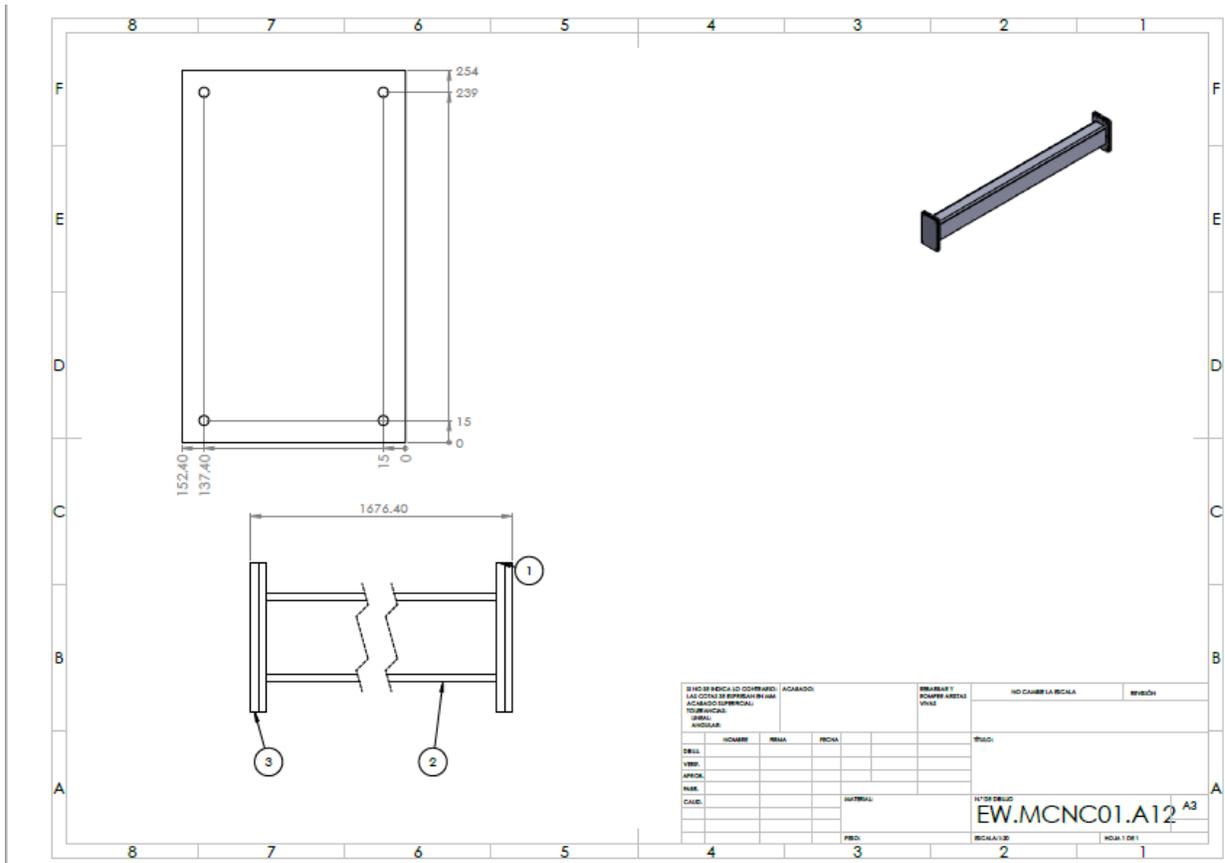






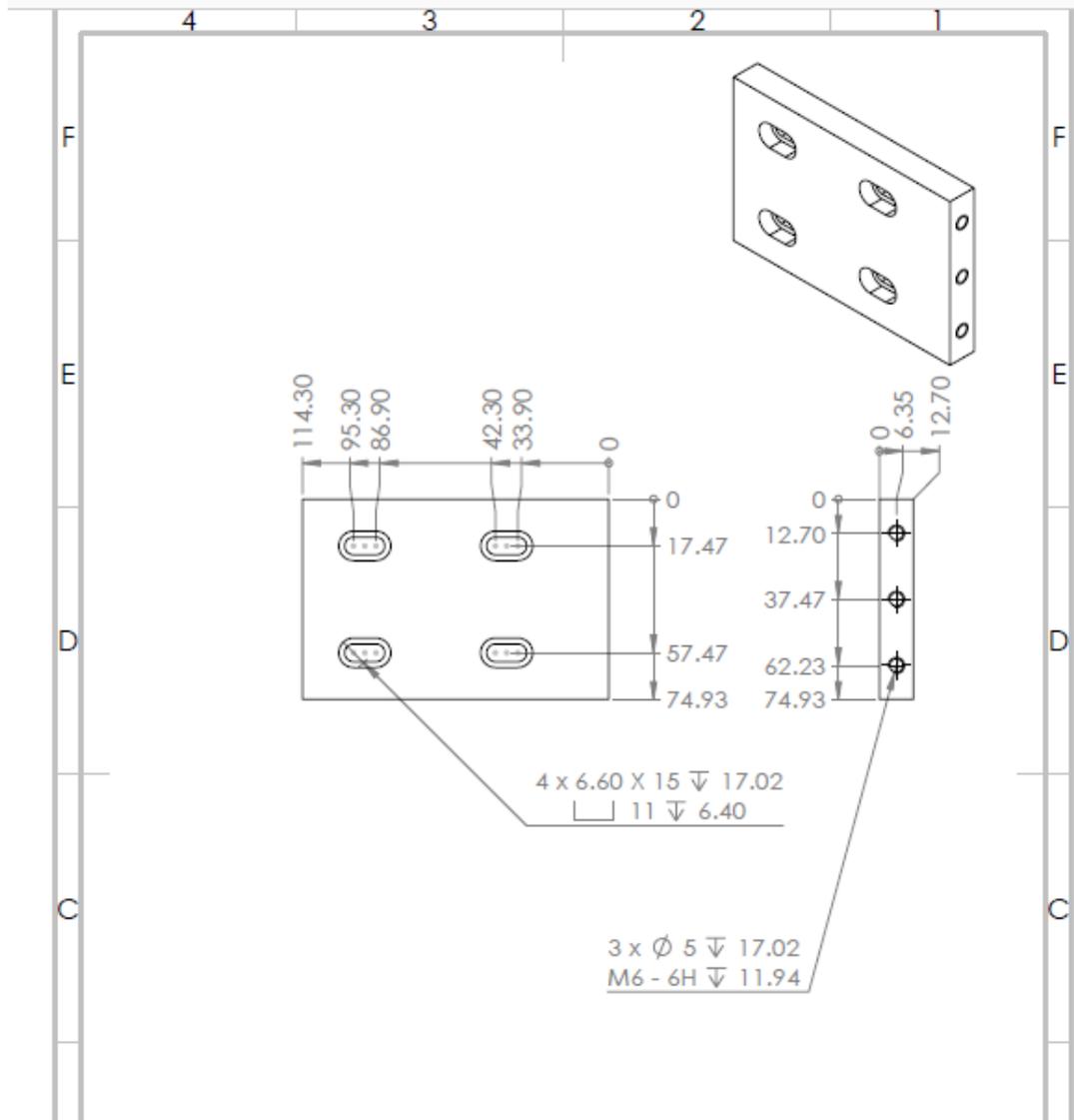


# Plano de sujeción a estructura principal.



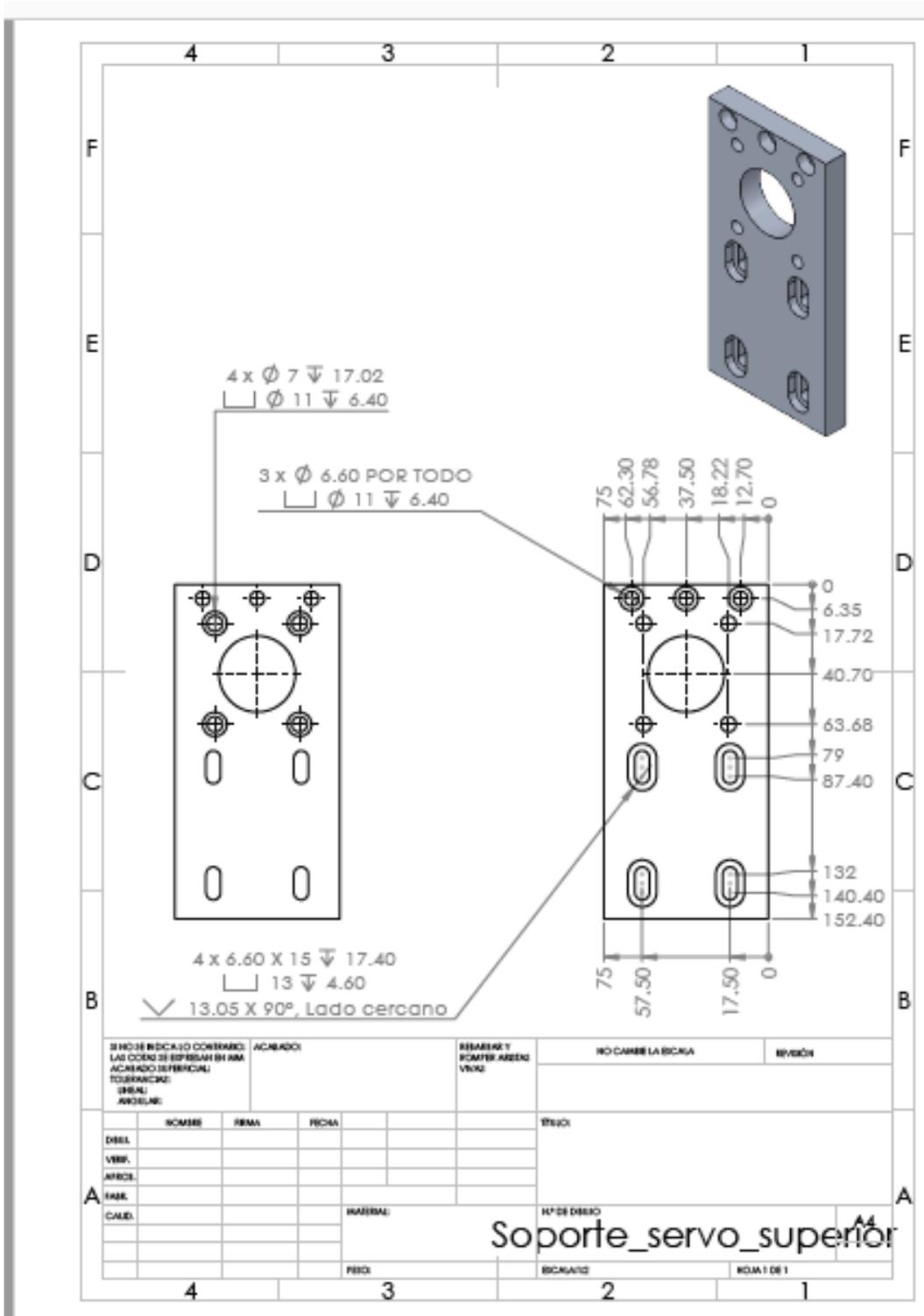


**Plano de soporte superior de porta herramienta.**



**Ilustración 4-11. Plano de soporte superior de porta herramienta.**

Plano de soporte frontal de porta herramienta.



## Plano de placa de sujeción de control de altura.

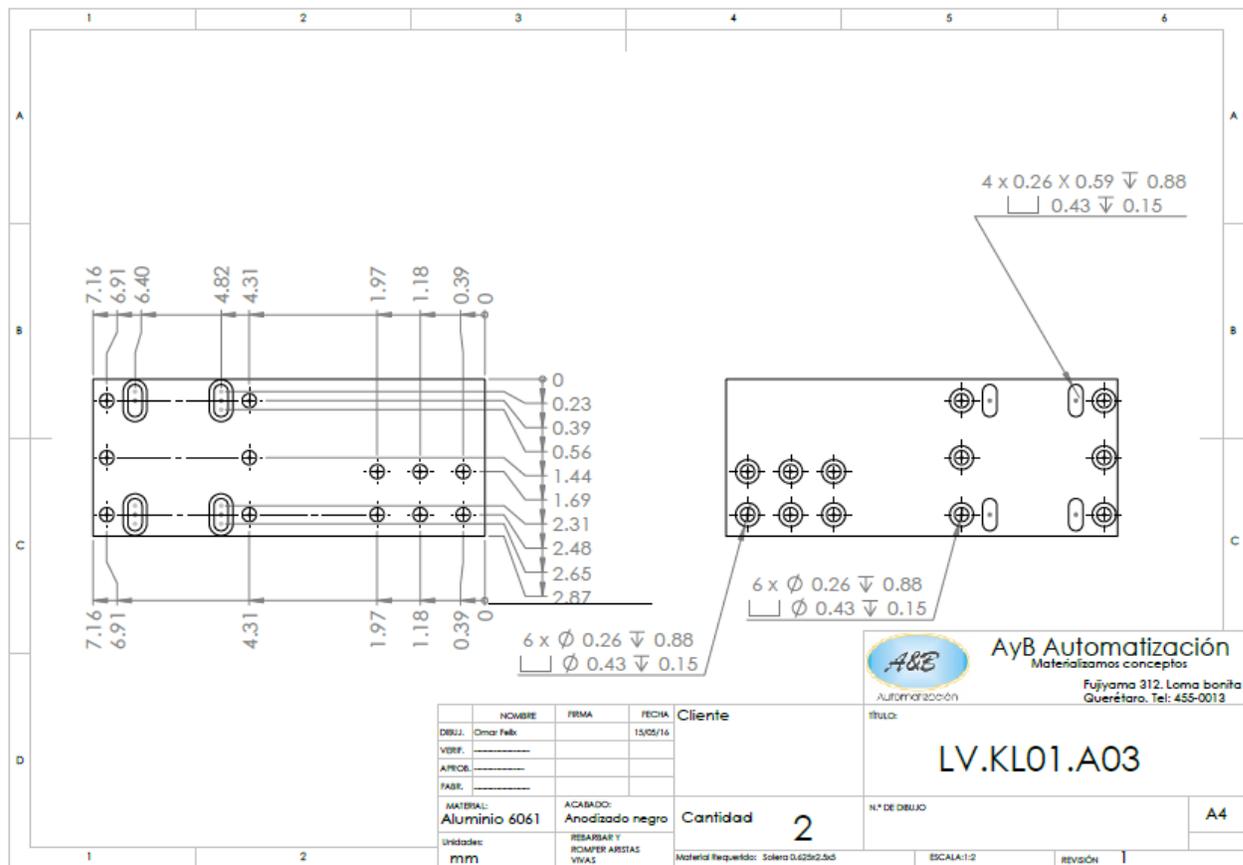


Ilustración 4-12. Plano de placa de sujeción de control de altura.

## **CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **CONCLUSIÓN.**

Se necesitan aplicar los conocimientos en estática, diseño mecánico, mecánica de materiales y diseño asistido por computadora para poder modelar pizas mecánicas.

Cada elemento modelado tiene que pasar por varias pruebas de funcionamiento para que este pueda fabricarse. Estas pruebas son fáciles de realizar con la ayuda del Software utilizado en este proyecto.

Este proyecto se realizó con la finalidad de crear una nueva empresa dedicada a la fabricación de máquinas de corte por control numérico (CNC), aunque estos modelos aún pueden mejorarse, dejan la pauta para seguir innovando y creando nuevos modelos para aplicar la reingeniería.

Se observó que para crear nuevos modelos es necesario tener conocimientos en el funcionamiento de las máquinas de corte y procesos de maquila de placas de acero.

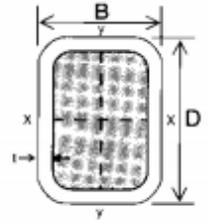
Se llega a la conclusión que hoy en día el desarrollo de software facilita el trabajo a los diseñadores, aumentando la competitividad y la innovación tecnológica en nuestro país.

# ANEXOS.

## ANEXO 1. TABLA DE DIMENSIONES Y PROPIEDADES DEL PERFIL PTR.

DIVISION ACEROS TUBULARES

### DIMENSIONES Y PROPIEDADES DEL PERFIL PER



DIMENSIONES EXTERIORES D x B	ESPESOR t		COLOR DE IDENTIFICACION	PESO Kg/m	AREA Cm <sup>2</sup>	MOMENTO DE INERCIA		MODULO DE SECCION s		RADIO DE GIRO r		CONSTANTE DE TORSION J Cm <sup>4</sup>	SISTEMA DE EMBARQUE	
	Pulg.	mm.				I xx Cm <sup>4</sup>	I yy Cm <sup>4</sup>	S xx Cm <sup>3</sup>	S yy Cm <sup>3</sup>	r xx Cm.	r yy Cm.		TRAMOS POR PAG.	PESO POR PAG. KG.
1 x 1 25 x 25	*0.075	1.91	Azul Verde Rojo	1.33	1.70	1.52	1.52	1.19	1.19	0.95	0.95	2.54	100	812
	0.095	2.41		1.62	2.07	1.75	1.75	1.38	1.38	0.92	0.92	3.01	100	988
	0.133	3.38		2.10	2.68	2.04	2.04	1.60	1.60	0.87	0.87	3.65	81	1038
1 1/4 x 1 1/4 32 x 32	*0.075	1.91	Azul	1.71	2.18	3.17	3.17	1.99	1.99	1.20	1.20	5.20	81	845
1 1/2 x 1 1/2 38 x 38	*0.075	1.91	Azul Blanco Verde Rojo	2.09	2.66	5.71	5.71	3.00	3.00	1.46	1.46	9.25	64	816
	0.110	2.79		2.94	3.74	7.56	7.56	3.97	3.97	1.42	1.42	12.64	64	1152
	0.125	3.18		3.27	4.18	8.21	8.21	4.31	4.31	1.40	1.40	13.91	64	1284
	0.154	3.91	3.89	4.96	9.24	9.24	4.85	4.85	1.37	1.37	16.03	64	1526	
2 x 2 51 x 51	*0.075	1.91	Azul Blanco Verde Rojo	2.85	3.63	14.28	14.28	5.62	5.62	1.98	1.98	22.71	56	973
	0.110	2.79		4.05	5.16	19.43	19.43	7.65	7.65	1.94	1.94	31.70	56	1366
	0.125	3.18		4.54	5.79	21.37	21.37	8.41	8.41	1.92	1.92	35.22	56	1551
	0.156	3.96	5.50	7.02	24.88	24.88	9.80	9.80	1.88	1.88	41.88	56	1882	
2 1/2 x 2 1/2 64 x 64	0.125	3.18	Blanco Verde Rojo	5.80	7.40	44.08	44.08	13.88	13.88	2.44	2.44	71.38	36	1282
	0.141	3.58		6.47	8.25	48.36	48.36	15.23	15.23	2.42	2.42	79.03	36	1421
	0.188	4.78		8.34	10.63	59.32	59.32	18.68	18.68	2.36	2.36	99.46	36	1827
3 x 3 76 x 76	0.125	3.18	Blanco Verde Rojo	7.07	9.01	78.93	78.93	20.72	20.72	2.96	2.96	126.27	36	1564
	0.156	3.96		8.66	11.05	94.24	94.24	24.73	24.73	2.92	2.92	153.04	25	1315
	0.188	4.78		10.24	13.06	108.40	108.40	28.45	28.45	2.88	2.88	178.70	25	1556
3 1/2 x 3 1/2 89 x 89	0.125	3.18	Blanco Verde Rojo Azul	8.33	10.63	128.54	128.54	28.92	28.92	3.48	3.48	203.82	20	1024
	0.156	3.96		10.24	13.06	154.51	154.51	34.76	34.76	3.44	3.44	248.22	16	996
	0.188	4.78		12.14	15.48	179.01	179.01	40.27	40.27	3.40	3.40	291.41	16	1181
	*0.250	6.35	15.63	19.93	220.16	220.16	49.53	49.53	3.32	3.32	367.28	12	1142	
4 x 4 102 x 102	0.125	3.18	Blanco Verde Rojo Azul	9.60	12.24	195.49	195.49	38.48	38.48	4.00	4.00	307.91	30	1759
	0.156	3.96		11.82	15.07	236.16	236.16	46.49	46.49	3.96	3.96	376.31	25	1804
	0.188	4.78		14.04	17.91	275.07	275.07	54.15	54.15	3.92	3.92	443.48	25	2150
	*0.250	6.35	18.16	23.16	341.94	341.94	67.31	67.31	3.84	3.84	563.55	16	1776	
4 1/2 x 4 1/2 114 x 114	*0.125	3.18	Blanco Verde Rojo Azul	10.86	13.85	282.40	282.40	49.41	49.41	4.51	4.51	442.46	20	1327
	*0.156	3.96		13.40	17.08	342.44	342.44	59.92	59.92	4.48	4.48	542.15	20	1636
	*0.188	4.78		15.94	20.33	400.48	400.48	70.07	70.07	4.44	4.44	640.77	20	1942
	*0.250	6.35	20.69	26.38	501.90	501.90	87.82	87.82	4.36	4.36	819.19	20	2525	
5 x 5 127 x 127	*0.125	3.18	Blanco Verde Rojo Azul	12.13	15.47	391.86	391.86	61.71	61.71	5.03	5.03	611.36	16	1185
	*0.156	3.96		14.98	19.10	476.61	476.61	75.06	75.06	5.00	5.00	750.64	16	1463
	*0.188	4.78		17.85	22.76	559.16	559.16	88.06	88.06	4.96	4.96	889.14	16	1747
	*0.250	6.35	23.22	29.61	705.26	705.26	111.06	111.06	4.88	4.88	1142.00	16	2264	
3 x 2 76 x 51	0.125	3.18	Blanco Verde Rojo	5.80	7.40	57.42	30.53	15.07	12.02	2.79	2.03	65.16	42	1496
	0.141	3.58		6.47	8.25	63.03	33.43	16.54	13.16	2.76	2.01	72.04	42	1658
	0.188	4.78		8.34	10.63	77.42	40.75	20.32	16.04	2.70	1.96	90.26	36	1827

3 x 3 76 x 76	0.125	3.18	Blanco Verde Rojo	7.07	9.01	78.93	78.93	20.72	20.72	2.96	2.96	126.27	36	1564
	0.156	3.96		8.65	11.05	94.24	94.24	24.73	24.73	2.92	2.92	153.04	25	1315
	0.188	4.78		10.24	13.06	108.40	108.40	28.45	28.45	2.88	2.88	178.70	25	1556
3 1/2 x 3 1/2 89 x 89	0.125	3.18	Blanco Verde Rojo Azul	8.33	10.63	128.54	128.54	28.92	28.92	3.48	3.48	203.82	20	1024
	0.156	3.96		10.24	13.06	154.51	154.51	34.76	34.76	3.44	3.44	248.22	16	996
	0.188	4.78		12.14	15.48	179.01	179.01	40.27	40.27	3.40	3.40	291.41	16	1181
	+0.250	6.35		15.63	19.93	220.16	220.16	49.53	49.53	3.32	3.32	367.28	12	1142
4 x 4 102 x 102	0.125	3.18	Blanco Verde Rojo Azul	9.60	12.24	195.49	195.49	38.48	38.48	4.00	4.00	307.91	30	1759
	0.156	3.96		11.82	15.07	236.16	236.16	46.49	46.49	3.96	3.96	376.31	25	1804
	0.188	4.78		14.04	17.91	275.07	275.07	54.15	54.15	3.92	3.92	443.48	25	2150
	+0.250	6.35		18.16	23.16	341.94	341.94	67.31	67.31	3.84	3.84	563.55	16	1776
4 1/2 x 4 1/2 114 x 114	+0.125	3.18	Blanco Verde Rojo Azul	10.86	13.85	282.40	282.40	49.41	49.41	4.51	4.51	442.46	20	1327
	+0.156	3.96		13.40	17.08	342.44	342.44	59.92	59.92	4.48	4.48	542.15	20	1636
	+0.188	4.78		15.94	20.33	400.48	400.48	70.07	70.07	4.44	4.44	640.77	20	1942
	+0.250	6.35		20.69	26.38	501.90	501.90	87.82	87.82	4.36	4.36	819.19	20	2525
5 x 5 127 x 127	+0.125	3.18	Blanco Verde Rojo Azul	12.13	15.47	391.86	391.86	61.71	61.71	5.03	5.03	611.36	16	1185
	+0.156	3.96		14.98	19.10	476.61	476.61	75.06	75.06	5.00	5.00	750.64	16	1463
	+0.188	4.78		17.85	22.76	559.16	559.16	88.06	88.06	4.96	4.96	889.14	16	1747
	+0.250	6.35		23.22	29.61	705.26	705.26	111.06	111.06	4.88	4.88	1142.00	16	2264
3 x 2 76 x 51	0.125	3.18	Blanco Verde Rojo	5.80	7.40	57.42	30.53	15.07	12.02	2.79	2.03	65.16	42	1496
	0.141	3.58		6.47	8.25	63.03	33.43	16.54	13.16	2.76	2.01	72.04	42	1658
	0.188	4.78		8.34	10.63	77.42	40.75	20.32	16.04	2.70	1.96	90.26	36	1827
4 x 2 102 x 51	0.125	3.18	Blanco Verde Rojo	7.07	9.01	117.34	39.69	23.10	15.63	3.61	2.10	97.47	36	1564
	0.156	3.96		8.66	11.05	140.16	47.02	27.59	18.51	3.56	2.06	117.34	25	1315
	0.188	4.78		10.24	13.06	161.26	53.64	31.74	21.12	3.51	2.03	136.01	25	1556
4 x 3 102 x 76	0.125	3.18	Blanco Verde Rojo Azul	8.33	10.63	156.42	100.45	30.79	26.36	3.84	3.07	194.95	20	1024
	0.156	3.96		10.24	13.06	188.16	120.53	37.04	31.63	3.80	3.04	237.20	16	996
	0.188	4.78		12.14	15.48	218.17	139.38	42.95	36.58	3.75	3.00	278.20	16	1181
	+0.250	6.35		15.63	19.93	268.67	170.81	52.89	44.83	3.67	2.93	349.91	12	1142
5 x 3 127 x 76	+0.125	3.18	Blanco Verde Rojo Azul	9.60	12.24	268.18	121.97	42.23	32.01	4.68	3.16	268.19	30	1759
	+0.156	3.96		11.82	15.07	324.20	146.81	51.05	38.53	4.64	3.12	326.94	24	1732
	+0.188	4.78		14.04	17.91	377.87	170.37	59.51	44.72	4.59	3.08	384.27	24	2064
	+0.250	6.35		18.16	23.16	470.26	210.27	74.06	55.19	4.51	3.01	485.61	16	1776
6 x 3 152 x 76	+0.125	3.18	Blanco Verde Rojo Azul	10.86	13.85	419.43	143.48	55.04	37.66	5.50	3.22	344.40	20	1327
	+0.156	3.96		13.40	17.08	508.85	173.10	66.78	45.43	5.46	3.18	420.29	20	1636
	+0.188	4.78		15.94	20.33	595.34	201.35	78.13	52.85	5.41	3.15	494.57	20	1942
	+0.250	6.35		20.69	26.38	746.55	249.72	97.97	65.54	5.32	3.08	626.61	20	2525
6 x 4 152 x 102	+0.125	3.18	Blanco Verde Rojo Azul	12.13	15.47	509.23	273.64	66.83	53.87	5.74	4.21	560.93	16	1185
	+0.156	3.96		14.98	19.10	619.76	332.16	81.33	65.39	5.70	4.17	687.90	16	1463
	+0.188	4.78		17.85	22.76	727.55	388.87	95.48	76.55	5.65	4.13	813.78	16	1747
	+0.250	6.35		23.22	29.61	918.68	488.49	120.56	96.16	5.57	4.06	1042.50	16	2264

\* Sólo calidad comercial

\*Sólo alta resistencia (H-50)

## ANEXO 2. TABLA DE DATOS TÉCNICOS DE PERFILES BOSCH.

Perfil	Ranura	Superficie del perfil	Momento de inercia		Momento de resistencia		Valor característico de torsión		Masa m (kg/m)	Página	
		A (cm <sup>2</sup> )	I <sub>x</sub> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> )	W <sub>x</sub> (cm <sup>3</sup> )	W <sub>y</sub> (cm <sup>3</sup> )	I <sub>t</sub> (cm <sup>4</sup> )	W <sub>t</sub> (cm <sup>3</sup> )			
20x20		6	1,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,08	0,17	0,4	2-12
20x20 1N		6	1,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,60	0,67	0,5	2-12
20x20 2N		6	1,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,31	0,52	0,5	2-12
20x20 2NVS		6	1,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,37	0,52	0,5	2-13
20x20 3N		6	1,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,19	0,34	0,5	2-13
20x20 R		6	1,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,21	0,39	0,4	2-13
20x40		6	2,9	4,6	1,2	2,5	1,4	0,68	0,91	0,8	2-14
20x60		6	3,5	14,2	1,7	4,7	1,7	2,30	2,00	0,9	2-14
20x40x40		6	4,2	6,0	6,0	2,6	2,6	1,50	1,30	1,1	2-14
10x40		6	2,1	3,2	0,2	1,6	0,4	-	-	0,6	2-15
30x30		8	3,1	2,8	2,8	1,8	1,8	0,29	0,33	0,9	2-17
30x30 1N		8	3,7	3,1	3,5	2,0	2,3	2,80	1,50	1,0	2-17
30x30 2N		8	3,5	2,8	3,5	2,1	2,7	1,50	1,20	1,0	2-17
30x30 2NVS		8	3,5	3,1	3,1	2,0	2,0	1,70	1,10	1,0	2-18
30x30 3N		8	3,3	3,1	2,8	2,3	2,1	0,86	0,73	0,9	2-18
30x30°		8	3,7	3,5	3,6	2,0	1,9	1,50	2,00	1,0	2-18
30x45°		8	4,0	3,6	5,1	2,1	2,3	2,10	2,40	1,1	2-19
30x60°		8	3,6	3,0	4,1	1,7	1,9	1,50	2,00	1,0	2-19
30x30 R		8	2,9	2,3	2,3	1,4	1,4	0,81	1,20	0,8	2-19
30x60		8	5,5	19,6	5,1	7,0	3,9	2,60	2,10	1,5	2-20
30x60 4N		8	5,8	20,2	5,5	6,7	3,8	4,80	2,40	1,6	2-20
30x60x60		8	8,2	26,2	26,2	7,6	7,6	6,40	3,60	2,2	2-20
30x90		8	7,7	60,7	7,3	13,5	4,9	5,10	3,80	2,1	2-21
30x120		8	9,9	136,3	9,6	22,7	6,4	7,60	5,60	2,7	2-21
30x45		8/10	4,0	8,1	3,9	3,9	2,9	1,30	1,30	1,1	2-22
60x60 8N		8	9,8	39,7	39,7	13,2	13,2	19,30	6,80	2,6	2-22
11x20		8	1,0	0,5	0,1	0,7	0,3	-	-	0,3	2-22
15x120		8	9,0	110,4	2,2	18,4	2,7	-	-	2,4	2-23

30x60°		8	3,6	3,0	4,1	1,7	1,9	1,50	2,00	1,0	2-19
30x30 R		8	2,9	2,3	2,3	1,4	1,4	0,81	1,20	0,8	2-19
30x60		8	5,5	19,6	5,1	7,0	3,9	2,60	2,10	1,5	2-20
30x60 4N		8	5,8	20,2	5,5	6,7	3,8	4,80	2,40	1,6	2-20
30x60x60		8	8,2	26,2	26,2	7,6	7,6	6,40	3,60	2,2	2-20
30x90		8	7,7	60,7	7,3	13,5	4,9	5,10	3,80	2,1	2-21
30x120		8	9,9	136,3	9,6	22,7	6,4	7,60	5,60	2,7	2-21
30x45		8/10	4,0	8,1	3,9	3,9	2,9	1,30	1,30	1,1	2-22
60x60 8N		8	9,8	39,7	39,7	13,2	13,2	19,30	6,80	2,6	2-22
11x20		8	1,0	0,5	0,1	0,7	0,3	-	-	0,3	2-22
15x120		8	9,0	110,4	2,2	18,4	2,7	-	-	2,4	2-23
40x40L		10	5,6	9,1	9,1	4,5	4,5	1,30	0,74	1,5	2-26
40x40L 0N		10	6,3	10,4	10,4	5,2	5,2	10,70	4,30	1,7	2-26
40x40L 1N		10	6,1	9,8	10,3	4,7	5,1	6,90	3,70	1,7	2-26
40x40L 2N		10	6,0	9,0	10,3	4,5	5,2	4,00	3,00	1,6	2-27
40x40L 2NVS		10	6,0	9,7	9,7	4,9	4,9	4,50	2,70	1,6	2-27
40x40L 3N		10	5,8	9,7	9,0	4,8	4,5	2,60	1,70	1,6	2-27
40x30°		10	6,2	9,4	11,8	4,7	5,9	3,00	3,10	1,7	2-28
40x45°		10	6,8	9,9	16,6	5,0	8,3	4,20	3,70	1,8	2-28
40x60°		10	6,3	8,7	13,1	4,3	6,5	3,00	3,10	1,7	2-28
40x40L R		10	5,0	7,2	7,2	3,6	3,6	2,50	2,00	1,3	2-29
40x40 HR		10	5,5	8,1	7,6	4,0	3,6	4,60	2,80	1,5	2-29

Perfil	Ranura	Superficie del perfil A (cm <sup>2</sup> )	Momento de inercia		Momento de resistencia		Valor característico de torsión		Masa m (kg/m)	Página	
			I <sub>x</sub> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> )	W <sub>x</sub> (cm <sup>3</sup> )	W <sub>y</sub> (cm <sup>3</sup> )	I <sub>t</sub> (cm <sup>4</sup> )	W <sub>t</sub> (cm <sup>3</sup> )			
45x90		10	15,4	124,6	32,8	27,7	14,6	15,40	6,61	4,2	2-44
45x180		10	25,5	766,7	57,3	85,2	25,5	44,40	17,00	6,9	2-44
45x270		10	61,9	3962,0	118,0	300,2	61,6	-	-	16,7	2-45
45x90x90L		10	21,2	152,1	152,1	19,1	32,6	34,90	11,60	5,7	2-45
45x90x90L 4N		10	22,1	160,8	160,8	30,6	30,6	65,30	17,20	6,0	2-46
90x90SL		10	14,1	130,2	130,2	28,9	28,9	42,50	13,90	3,8	2-46
90x90L		10	24,1	211,1	211,1	46,9	46,9	82,10	20,10	6,5	2-46
90x90L 4N		10	24,2	227,4	214,7	50,5	47,7	122,00	22,20	6,5	2-47
90x90L 4NVS		10	24,2	220,9	220,9	49,2	49,2	127,00	22,00	6,5	2-47
90x90		10	38,4	299,8	299,8	66,7	66,7	118,60	26,00	10,4	2-47
90x180L		10	42,8	1380,0	401,0	153,3	89,1	257,00	47,10	11,6	2-48
90x180		10	63,6	2138,3	544,3	237,6	121,0	429,00	64,00	17,2	2-48
90x360		10	90,2	14065,0	710,0	781,4	157,7	937,10	117,60	24,4	2-49
15x22,5		10	1,3	0,8	0,3	0,9	0,6	-	-	0,3	2-49
15x180		10	11,6	321,7	3,2	35,7	4,2	-	-	3,1	2-50
22,5x45		10	4,7	7,1	2,9	3,2	2,6	-	-	1,3	2-50
22,5x180		10	21,6	581,0	11,8	66,8	14,7	-	-	5,8	2-50

## Referencias

CNC, C. S. (s.f.). *SIDECO CNC*. Obtenido de <http://sideco.com.mx/>

Cutting., C. W. (s.f.). *Cebora Welding & Cutting*. Obtenido de <https://www.cebora.it/>

Hibbeler, R. C. (2011). *Mecánica de materiales 8va edición*. Ciudad de México: Pearson Educación.

Hibbeler, R. C. (2016). *Estática desimo cuarta edición*. Ciudad de México: Pearson Educación .

*Perfiles BOSCH.* (s.f.). Obtenido de <http://perfilesdealuminioranurado.com.mx/Fichas%20tecnica/Ficha%20t%C3%A9cnica%20Perfil%2045x90.pdf>

RCTECNIC. (Mayo de 2015). [www.rctecnic.com](http://www.rctecnic.com). Obtenido de [https://www.rctecnic.com/blog/15\\_Qu%C3%A9-es-un-servomotor-y-para-qu%C3%A9-sirve-](https://www.rctecnic.com/blog/15_Qu%C3%A9-es-un-servomotor-y-para-qu%C3%A9-sirve-)

Sorby, D. K. (2011). *Dibujo para diseño de ingeniería*. México D.F: Cengage Learning Editores.

wikipedia. (s.f.). [wikipedia.org](http://wikipedia.org). Obtenido de <https://es.wikipedia.org>

[www.laminasyaceros.com](http://www.laminasyaceros.com). (s.f.). [www.laminasyaceros.com](http://www.laminasyaceros.com). Obtenido de <http://www.laminasyaceros.com/uploads/3/1/8/8/3188129/placa.pdf>