



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**MANUAL DE CAPACITACIÓN PARA LA OPERACIÓN DE LA
MÁQUINA CNC DE CORTE LÁSER DE FIBRA, MARCA G –
WEIKE MODELO LF3015CN.**

**TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA
PROFESIONAL**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**PRESENTA:
JOSÉ RICARDO ROMERO XOLOCOTZI**

**NOMBRE DEL ASESOR:
JAIME ALBERTO ELIZALDE OLÍN**



APIZACO, TLAX., FEBRERO 2024



Apizaco, Tlaxcala, **28/noviembre/2023.**

Oficio No. MM/654/2023.

ASUNTO: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

MARTÍN ROJAS RAMÍREZ
JEFE DEL DEPTO. DE DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación integral:

Alumno:	JOSÉ RICARDO ROMERO XOLOCOTZI
Carrera:	INGENIERÍA MECATRÓNICA
No. De Control:	18371331
Nombre del Proyecto:	MANUAL DE CAPACITACIÓN PARA LA OPERACIÓN DE LA MAQUINA CNC DE CORTE LASER DE FIBRA, MARCA G-WEIKE MODELO LF3015CN.
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
METAL MECÁNICA

ENRIQUE ACOLTZI BAUTISTA
JEFE DEL DEPTO. DE METAL-MECÁNICA

JAIME ALBERTO ELIZALDE OLÍN
Nombre y Firma del Asesor

c.p.- Expediente
Archivo.

EAB*petry.





EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Apizaco
Subdirección de Planeación y Vinculación

Apizaco, Tlax., 15/enero/2024
No. OFICIO: DEP-CT/017/2024

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

JOSE RICARDO ROMERO XOLOCOTZI
EGRESADO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
CON NÚMERO DE CONTROL: 18371331
P R E S E N T E

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** cuyo tema es: **"MANUAL DE CAPACITACIÓN PARA LA OPERACIÓN DE LA MÁQUINA CNC DE CORTE LÁSER DE FIBRA, MARCA G-WEIKE MODELO LF3015CN"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESION

Debiendo entregar **3** empastados del mismo, apropiadamente encuadernados, a la brevedad, para presentar su acto de recepción profesional.

Sin otro particular por el momento, le envió un cordial saludo.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO

MARTÍN ROJAS RAMÍREZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

c.p. archivo



Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de Tzompantepec,
Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010 Ext. 304, e-mail:
dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx



2024
Felipe Carrillo
PUERTO
PRESIDENTE DEL GOBIERNO
PROTECTOR DEL COMERCIO Y LA INDUSTRIA

Agradecimientos

Este trabajo es parte de la recta final de una larga trayectoria llena de buenas experiencias que tuve en una de las mejores etapas de mi vida estudiantil; fue un camino muy duro lleno de malas y de buenas experiencias que me ayudaron a ir formando mi carácter. A todo esto, sacrifiqué muchas cosas para poder llegar hasta aquí, pero, no lo hice solo, hago una mención especial de mi madre por haberme apoyado desde un inicio, por comprenderme y orientarme lo mejor posible, gracias a tu amor y esfuerzo he podido llegar hasta aquí y lograr todo lo que tengo ahora; madre, sin ti no lo hubiera podido lograr, fuiste el pilar en mi vida. Gracias a mis abuelos, por el tiempo que dedicaron a apoyarme para poder ir bien en mi trayecto escolar y por todo el tiempo que me brindaron para poder llegar a este punto de mi vida. Agradezco también a mi pareja, Karen, por haberme acompañado en el final de mi vida escolar y por haberme apoyado todo este tiempo.

Agradezco a mi asesor interno, el Ingeniero Jaime Alberto Elizalde Olin, por su apoyo, comprensión y flexibilidad, gracias por despejar mis dudas y asesorarme en todo momento. Le agradezco por tomarse el tiempo en las visitas industriales y comprender lo que hacía en mi trabajo, el tiempo que se tomó por revisar mi trabajo y darme las correcciones pertinentes.

También agradezco a la empresa COMETAL, que en esta organización pude obtener más de un año de experiencia laboral, gracias por darme la oportunidad de crecer personal y profesionalmente. Agradezco al ingeniero Rogelio Ignacio Hernández Moya por todo el apoyo que me brindo para impulsar mi carrera profesional en su empresa. De igual manera agradezco a mi asesor externo el Ingeniero Gustavo Adolfo Cahuantzi Rodríguez por asesorarme y dar las correcciones pertinentes para este trabajo.

También agradezco a mis compañeros de trabajo, que me acompañaron en esta trayectoria, gracias, Ismael, Edgar, Jorge, Gustavo Adrián, Miguel y Enrique, por haber compartido sus conocimientos conmigo y hacer ameno todo este tiempo trabajando. Gracias, Ingeniero Víctor Hugo Cortés Cruz, por darme muchas oportunidades y por ayudarme a crecer profesionalmente.

Agradezco a todos mis profesores, que, buenas o malas experiencias que me hayan dado, aprendí de todo eso. Gracias a muchos de los profesores por compartir arduamente su conocimiento de una forma amena, como el Ingeniero Carlos Manuel Ortiz Lima, el Ingeniero Alfonso Hernández Cortés y el Ingeniero Jaime Alberto Elizalde Olin.

Índice

Resumen	2
1. Introducción	3
2. Descripción de la empresa y del Puesto o Área de Trabajo del Estudiante	4
2.1 Descripción de la empresa	4
2.2 Descripción del puesto o área de trabajo del estudiante.	5
3. Problemas a resolver priorizándolos	5
4. Objetivos	6
4.1 Objetivo general.	6
4.2 Objetivo específico.	6
5. Justificación	6
6. Marco teórico	6
6.1. Propiedades de la radiación láser.	6
6.2 Generación del rayo láser.	8
6.2.1 Elementos importantes de un láser de fibra óptica.	10
7. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.	15
8. Resultados	17
9. Conclusiones	150
Conclusiones del Proyecto	150
Recomendaciones	150
Experiencia profesional adquirida	150
10. Competencias desarrolladas	151
Competencias desarrolladas y/o aplicadas	151
Fuentes de información	152

Resumen

El presente proyecto se realizó en COMETAL, ubicada en Interior B Calle, Av Hermanos Hidalgo No. 709, colonia Del Carme, Apizaco, con código postal 90316.

El proyecto tiene como objetivo dar un apoyo en la capacitación del personal de COMETAL que desee operar la máquina CNC de corte láser por fibra óptica, G – WEIKE modelo LF3015CN, pues el proceso que tiene la empresa es mandar a capacitar a nuevo personal con un operador experimentado, sin embargo, éste no tiene el tiempo de capacitar bien al nuevo personal ya que tiene que cumplir con la producción. Esto hace difícil que la empresa tenga buenos operadores en el menor tiempo posible.

Por ello, surge la idea de realizar este manual para poder darle una guía de estudio al operador para que en el momento que quiera resuelva sus dudas y en la empresa solo practique.

La empresa COMETAL está en proceso de certificación, por lo que este manual puede ayudar a certificar el proceso y a sus operadores. Al tener este manual, la empresa podrá realizar evaluaciones periódicas para verificar la calidad del aprendizaje de los operadores en el transcurso de su capacitación.

Con este proyecto, la empresa reducirá considerablemente el tiempo de capacitación al nuevo personal para operar en este proceso, pasando de brindar 37 días a 10 días en el proceso de aprendizaje del operador, por lo que, en caso de que alguno de los operadores vigentes deja de tener relación laboral con la empresa o entran en incapacidad indefinida, la empresa podrá ir considerando a los nuevos candidatos para capacitarlos en poco tiempo.

Con esto no se afectará al proceso de producción y mucho menos al proceso de aprendizaje del nuevo operador.

El manual tiene las nociones básicas de operación y control de parámetros de corte para cualquier máquina, sea cual sea el modelo de la marca G – WEIKE o de alguna otra marca.

1. Introducción

La capacitación de personal en los procesos de producción es una etapa muy importante en cualquier empresa. El no capacitar al personal, no dar el tiempo necesario o simplemente no hacerlo bien cuando se debe tendrá como resultado muchas consecuencias, entre ellas el deterioro del desempeño individual, la motivación y se imposibilita el desarrollo a largo plazo de la empresa (puede haber fuga de personal y de talentos). Capacitar con fundamentos técnicos y hacer que el personal practique en el poco tiempo de capacitación presencial en la empresa es lo que se busca al realizar este proyecto.

El uso de estas máquinas no tiene un manual como este, solo dan una breve enseñanza sobre cómo usar la máquina, pero no lo da todo. Este manual que se presenta se adecúa a las necesidades de la empresa, desde el conocimiento general de la máquina como sus componentes, funciones, capacidad; fundamentos teóricos del corte láser por fibra óptica; el uso del software de la máquina, donde se da el paso a paso para el uso de cada una de las herramientas para poder generar un buen maquinado, así como optimización de tiempos y materiales; teoría sobre parámetros de corte, donde se dan tips para la mejora en el acabado de corte y perforación de material. Técnicas de montaje y desmontaje de material, donde se da una guía rápida de cómo usar las carretillas motorizadas (montacargas) para alimentar la máquina con material, también se dan sugerencias y recomendaciones para un programa de mantenimiento del equipo y el diseño con recursos CAD para los elementos reemplazables de la máquina con el fin de que la empresa tenga los planos y puede reemplazar dichos elementos.

2. Descripción de la empresa y del Puesto o Área de Trabajo del Estudiante

2.1 Descripción de la empresa

- **Nombre:** COMETAL
- **Domicilio:** Interior B Calle, Av Hermanos Hidalgo No. 709
- **Colonia:** Del Carmen, Apizaco
- **C.P.:** 90316
- **RFC:** HEMR760215PE1
- **Giro, ramo o sector:** industrial.
- **Teléfono:** 2414186338
- **Titular de la empresa:** Rogelio Ignacio Hernández Moya

Información sobre la empresa, organismo o dependencia: COMETAL nace un 4 de noviembre de 2015 en Apizaco, Tlaxcala; empresa fundada por el Ing. Rogelio Ignacio Hernández Moya. Es una empresa que se dedica a procesos metal mecánicos mediante maquinaria CNC, es proveedora de empresas internacionales como GREENBRIER, que se dedica a la fabricación de trenes y LOHR, que se dedica al diseño, fabricación y comercialización de sistemas de transporte de mercancías. COMETAL realiza los siguientes procesos:

- Corte con cizalla.
- Corte con plasma.
- Doble de lámina y placa
- Soldadura por electrodo, microalambre y láser.
- Corte láser.
- Escotado de tubo.

Política de Calidad: empresa fabricante de piezas metal mecánicas con maquinaria CNC que establece como estrategia de negocio la satisfacción de nuestros clientes, la rentabilidad de nuestra empresa, la seguridad y cordialidad con nuestras partes interesadas, cumpliendo con nuestros objetivos de calidad, los requisitos legales aplicables, buscando la mejora continua de nuestros colaboradores y el Sistema de Gestión de Calidad.

Misión: Fabricar piezas metal mecánicas mediante nuestros procesos de Corte Láser CNC, corte con plasma. Punzonado CNC, metalero, doble CNC, soldadura, satisfaciendo las necesidades y requerimientos de nuestros clientes.

Visión: ser una empresa con presencia nacional reconocida por atención calificada y oportuna de nuestro personal, con alto grado de calidad en nuestros productos y servicios, utilizando tecnología de punta y manteniendo un espíritu de servicio comprometido; orientados a cubrir las necesidades y expectativas de nuestros clientes.

Valores:

- Honestidad
- Compromiso
- Responsabilidad
- Respeto
- Integridad

- Puntualidad

2.2 Descripción del puesto o área de trabajo del estudiante.

Puesto	Operador CNC de corte por láser.
Ubicación	Planta 2 COMETAL
Objetivo del puesto	Operar y programar la maquinaria para poder llegar a la producción deseada en función de los estándares de calidad de la empresa.
Actividades diarias	• Inspección de rutina de la maquinaria CNC de corte láser. • Operar y programar la maquinaria CNC de corte láser • Montaje y desmontaje de material con carretillas motorizadas • Verificación de medidas en el producto terminado • Diseño CAD para los proyectos de corte láser.
Conocimientos necesarios para el puesto	• Matemáticas básicas • Manejar montacargas • Conocimiento sobre el uso de herramientas de medición • Uso básico de AutoCAD y/o SOLIDWORKS

Tabla 1. Descripción del puesto de operador de maquinaria CNC de corte por láser (elaboración propia).

3. Problemas a resolver priorizándolos

Los problemas que se presentan en la empresa, al menos en este proceso, son los siguientes:

- Capacitación ausente al personal para el proceso de corte láser, y si la hay, no se les brinda de la mejor manera.
- No se le da el tiempo necesario al personal para poder comprender el problema.
- Estos problemas dan como resultado un deterioro en el desempeño individual, la motivación del personal y resulta difícil el desarrollo a largo plazo de la empresa habiendo entonces fuga de personal.

El proyecto resolverá el problema de la ausencia de capacitación para el proceso de corte láser en el personal, ya que la persona tendrá todos los recursos escritos (que se obtuvieron bajo experiencia) para poder estudiar por su cuenta, obtendrá todas las bases teóricas del proceso y solo tendrá que poner todo eso en práctica en los momentos que tenga autorizado estar en la máquina, en vez de esperar a que un operador experimentado tenga tiempo suficiente para exponerle todos los detalles de la máquina y del proceso.

Debido a que la empresa requiere tener a un operador lo más rápido posible, pone al personal a operar, pero, se le ha dado una breve introducción a la operación de la máquina, por lo que solo sabrá operarla para alguna tarea en específico y no será capaz de realizar otras tareas útiles para la producción en la empresa; tiempo después la empresa seguirá sin tener más personal en el proceso de cortes láser ya que el personal sigue sin estar capacitado.

Al tener este manual, el personal podrá realizar un estudio de todo el proceso, y si tiene dudas durante su periodo de trabajo, podrá realizar una consulta; así, de esta manera se ahorra tiempo en la capacitación del personal, dando incluso pauta a una evaluación escrita y práctica de los operadores en el proceso de corte láser, pudiendo la empresa tener un inicio para poder certificar su proceso o a sus operadores.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general.

Elaborar un manual de uso del software de la máquina G – WEIKE modelo LF3015CN, donde se incluye el uso de operaciones de maquinado básicas a avanzadas para esta máquina. Se darán fundamentos teóricos del corte por láser de fibra óptica, así como casos prácticos de los acabados de corte para los materiales que la empresa COMETAL procesa para sus clientes.

4.2 Objetivo específico.

Dar los recursos teóricos-prácticos al personal en capacitación para poder operar la maquinaria CNC de corte láser marca G-WEIKE modelo LF3015CN.

Proporcionar información de consulta al personal durante las prácticas que haga en operaciones de corte láser.

5. Justificación

Los operadores de la máquina láser que ya trabajan en la empresa COMETAL, en algún momento se llegan a cambiar de proceso productivo, por lo que quienes lleguen a dominar mejor la operación de la máquina deben de capacitar al personal nuevo que este por ingresar como operador de maquinaria de corte láser. Sin embargo, la empresa no puede asignar un tiempo específico para capacitar a sus nuevos operadores, pues la producción no puede parar; lo anterior genera un problema en el proceso de aprendizaje de los nuevos operadores para operar la máquina, pues el capacitador puede olvidar darle toda la información al nuevo operador, aunado a que el tiempo que la empresa permite al nuevo operador, para sacar producción por su cuenta, es poco.

Con esto nace la propuesta de realizar un manual para capacitar al personal de COMETAL en la operación de la máquina de corte por láser, y así solucionar el problema de la ausencia de tiempo en el aprendizaje del operador. El manual también funge como un recurso de consulta y de estudio para los operadores y que su formación no dependa de qué tan rápido y bien le enseñe un capacitador.

6. Marco teórico

El término “Láser” es un acrónimo de la descripción del proceso láser: Amplificación de Luz por Emisión Estimulada de Radiación o en inglés “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation”. Se puede definir al láser como un haz de luz, se amplifica suministrando energía a un medio láser activo (el gas auxiliar para el caso del corte láser de fibra), excitándolo y luego usando la radiación ya existente para estimularlo a que emita radiación. Esta radiación no siempre se encuentra en el rango visible y, en particular, los rayos láser utilizados en el procesamiento de materiales irradian en los rangos infrarrojo y ultravioleta, por lo que no son visibles. (BOC)

6.1. Propiedades de la radiación láser.

Un láser genera luz con propiedades particulares que se propaga en forma de onda electromagnética. Las propiedades de la luz láser son su monocromaticidad, coherencia y baja divergencia.

Monocromaticidad: Tanto la luz natural como la luz de una bombilla están compuestas de radiación de muchas longitudes de onda diferentes, un fenómeno que vuelve vívido en un arco iris. La luz de una bombilla se propaga en todas direcciones, por lo que no es direccional, consulte la ilustración 32. Como resultado intensidad de la luz es muy baja en un punto específico. La luz láser está compuesta únicamente por radiación de una sola longitud de onda (monocromaticidad). (BOC)

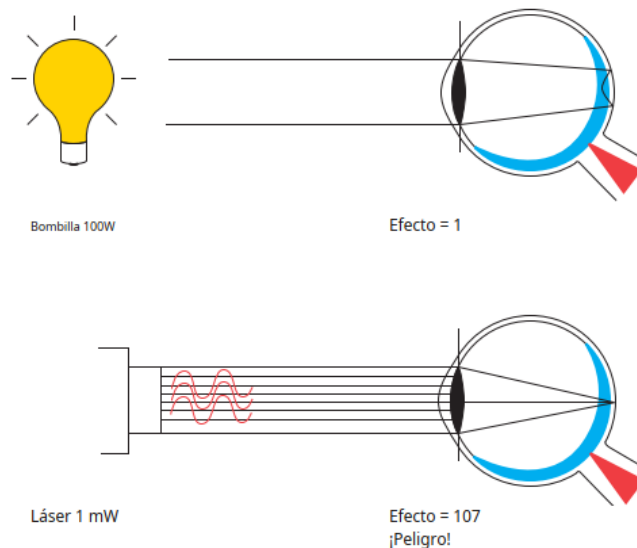


Ilustración 1. Luz no direccional de una bombilla y luz láser direccional, monocromática y coherente. (BOC)

Coherencia: En consecuencia, los rayos láser se pueden agrupar en un pequeño punto focal de menos de 0,5 mm (0,02 pulgadas) de diámetro a una gran distancia de la fuente de radiación, por ejemplo, 20 m (60 pies). (BOC)

Divergencia: La distribución ideal de energía tendría forma gaussiana con alta intensidad en el centro del haz y una disminución de la intensidad hacia los bordes, véase la figura 32. Este orden de modo o distribución de intensidad se conoce como TEM₀₀ (*Modo Electromagnético Transversal de orden 0*) y llamado modo básico o modo Gaussiano. Este modo sería particularmente adecuado en el corte por láser debido al hecho de que el modo es radialmente simétrico a su centro y los resultados de corte serán independientes de la dirección de corte.

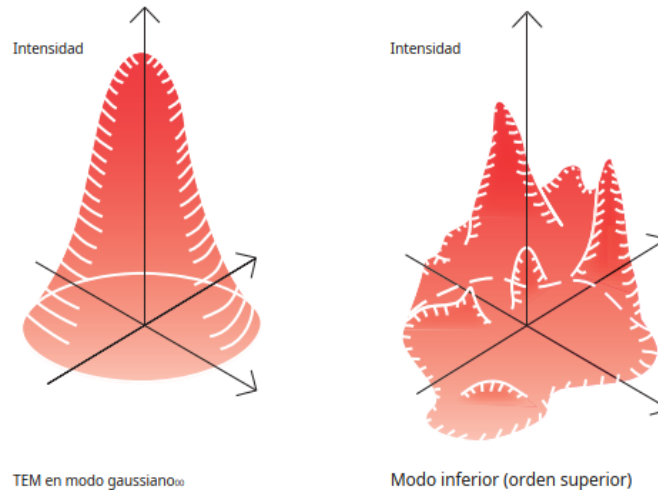
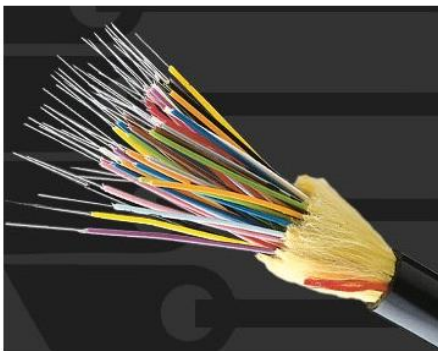


Ilustración 2. Distribución de la intensidad en el rayo láser. (BOC)

Por lo tanto, a medida que aumenta la distancia desde el láser, el rayo láser se ensancha independientemente de la construcción y el diseño. Por lo que, para el corte, no se debe dejar mucha distancia para evitar que el rayo pierda su efectividad.

6.2 Generación del rayo láser.

Un láser de fibra óptica es un LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) en el que el **medio amplificador** que se utiliza es una **fibra óptica** que se ha **dopado** en elementos raros; habitualmente y dependiendo de las necesidades estos elementos (tierras raras) son: erbio, iterbio, neodimio, tulio, praseodimio, holmio o disprosio. (HOLY laser Technology blog, 2020)



Fibra óptica estándar



Óxido de Erblio en polvo



Carcasa compacta que incluye la fuente laser fibra óptica

Ilustración 3. Elementos de la fuente generadora (derecha) del LASER (HOLY laser Technology blog, 2020)

Como se mencionó anteriormente, la fibra óptica utilizada como medio central para el láser se habrá dopado con elementos de tierras raras, por lo regular es el elemento Erblio. La razón por la que se hace el dopado de fibra óptica con tierras raras es porque los niveles de átomos de estos elementos tienen niveles de energía extremadamente útiles, lo que permite utilizar una fuente de bomba de diodo láser más barata, y eso proporcionará además un alto rendimiento de energía. (HOLY laser Technology blog, 2020)

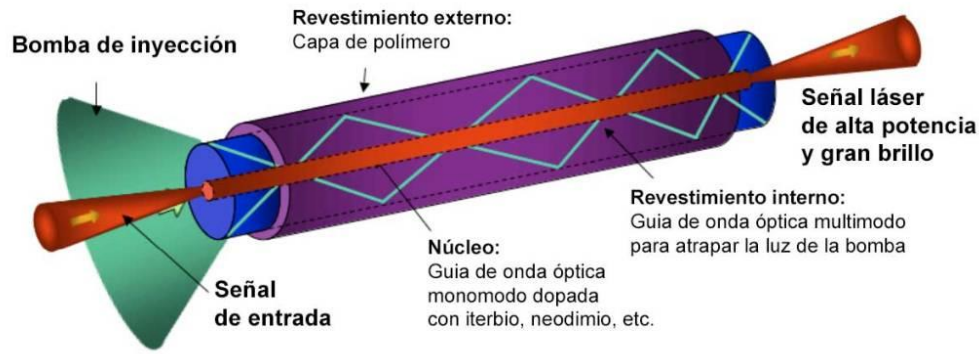


Ilustración 4. Generación de un rayo láser de fibra óptica. (HOLY laser Technology blog, 2020)

Básicamente el rayo láser va “rebotando” en la fibra óptica hasta llegar al cabezal de corte.

Un láser de fibra es un láser en el que el medio de amplificación es una fibra óptica. Es un módulo activo (como un componente electrónico activo en la electrónica) que necesita ser alimentado y que utiliza las propiedades de amplificación óptica de iones de Tierras Raras.

El medio de bombeo es generalmente un diodo láser acoplado a fibra. Se pueden utilizar dos tipos de arquitecturas (Ilustración 5 y 6):

- **Configuraciones de cavidad láser** donde la luz va en ambas direcciones a través de los medios de amplificación de fibra.
- **Configuraciones MOPA:** (Master Oscillator Power Amplifier) donde un medio oscilante genera una pequeña señal de "sembradora" que se amplifica a través de los medios de amplificación de fibra.

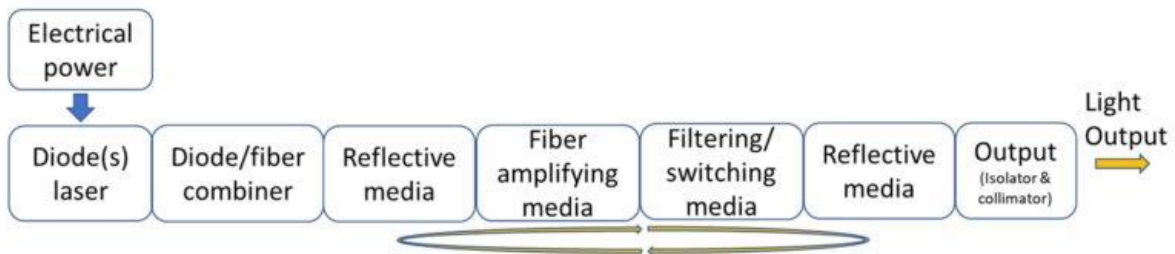


Ilustración 5. Láser de fibra en configuración de cavidad láser

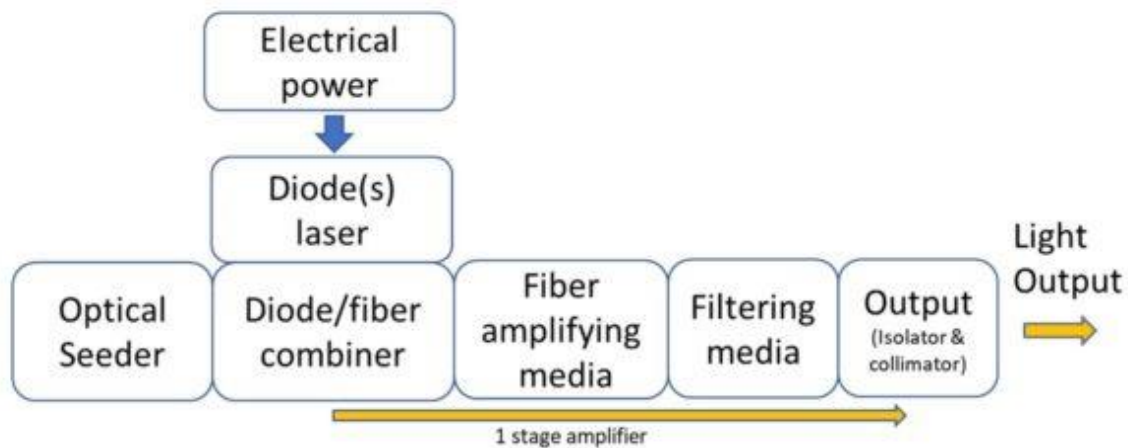


Ilustración 6. Láser de fibra en una configuración MOPA (Master Oscillator Power Amplifier) - versión de una sola etapa

6.2.1 Elementos importantes de un láser de fibra óptica.

6.2.1.1 Medios de amplificación de fibra

Como con cualquier láser, un láser de fibra utiliza el principio de emisión estimulada. La mayoría de los láseres de fibra están hechos de una concatenación de componentes acoplados a fibra. (AeroDiODE, s.f.)

Las fibras asociadas con los diversos componentes se llaman "fibras pasivas". Las fibras pasivas no tienen propiedades de amplificación. Las fibras en el corazón de los medios de amplificación se llaman "fibras activas". Las fibras activas se dopan con elementos de tierras raras (como Erblio, Iterbio o Tulio) que realizan la emisión estimulada mediante la transformación de la potencia de bombeo del diodo láser a la potencia del láser. (AeroDiODE, s.f.)

La longitud de onda de bombeo requerida para Iterbio (Yb^{3+}) o Erblio (Er^{3+}) es típicamente 915 o 976nm, mientras que la longitud de onda de emisión de Er^{3+} es de alrededor de 1.5 μm e Yb^{3+} entre 1030-1100nm. (AeroDiODE, s.f.)

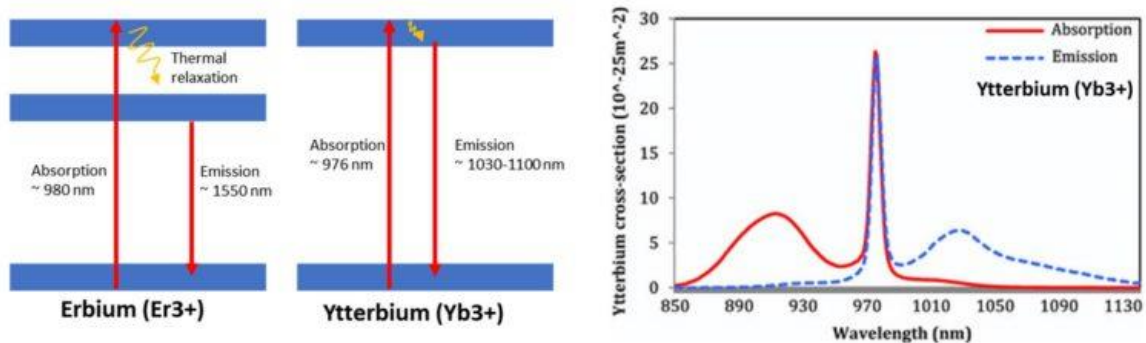


Ilustración 7. Niveles de energía y espectro de absorción/emisión asociada (solo Yb^{3+} derecha) de un medio de fibra activo - el efecto combinado de absorción y emisión produce un área de emisión favorable para Yb^{3+} entre 1030 y 1100nm dependiendo de la relación de inversión de la población de iones

6.2.1.2 Bombas de Diodos láser

Las bombas de diodos láser se utilizan para láseres de fibra son dispositivos acoplados de fibra generalmente basados en la tecnología de semiconductores AlGaAs III-V que emiten en el rango de 800-1000 nm (más a menudo 915 o 976 nm - ver espectro de absorción Figura 3).

Pueden dividirse en dos familias principales:

1. **Diodos láser acoplados de fibra monomodo:** donde la luz proveniente de un pequeño diodo láser emisor de borde se enfoca en un núcleo de fibra de $\sim 6 \mu\text{m}$. Este tipo de diodo láser se ensambla generalmente en un paquete de mariposa con un refrigerador TEC integrado en el paquete (la tendencia actual es hacia factores de forma más pequeños). Estos diodos láser acoplados a fibra generalmente pueden alcanzar entre 300 mW y 1.5 W de potencia de salida. Se utilizan para bombear fibras activas de un solo revestimiento (ver Ilustración 6).

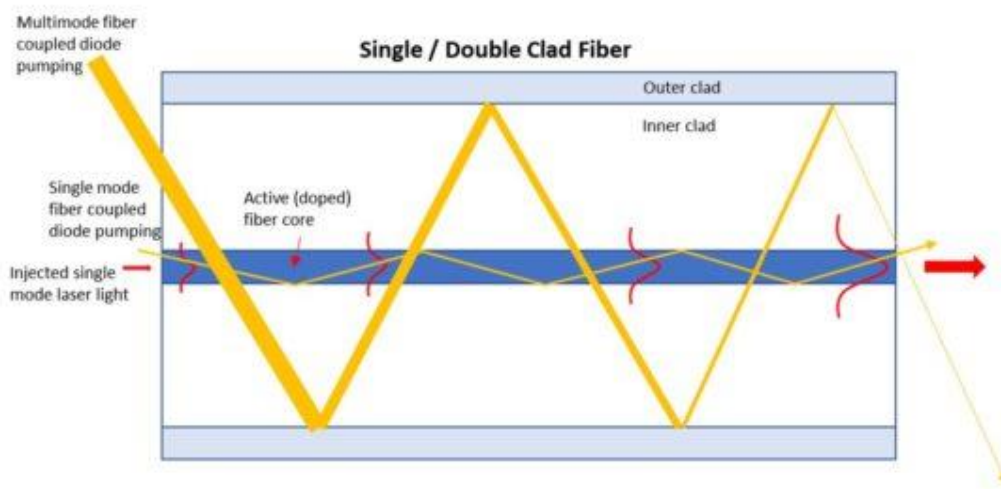


Ilustración 8. Principio de un diodo láser monomodo o multimodo que bombea una fibra activa revestida simple o doble (AeroDiODE, s.f.)

Los principales proveedores de diodos láser de bomba monomodo 915/976 nm son empresas que desarrollaron sus negocios a finales de los noventa para amplificadores de fibra utilizados en el mercado de telecomunicaciones (EDFAs: Erbium Doped Fiber Amplifiers). Ofrecen un alto nivel de fiabilidad y un costo moderado debido a sus altos volúmenes de producción.

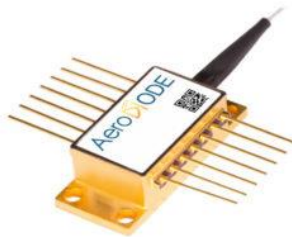


Ilustración 9. Ejemplo de un diodo láser acoplado de fibra monomodo a 976nm de AeroDiODE (AeroDiODE, s.f.)

2. **Los diodos láser acoplados a fibra multimodo:** utilizados en los láseres de fibra se basan generalmente en chips de diodo láser emisores laterales de área amplia. También se pueden separar en dos categorías:

Diodos láser de emisores individuales donde un solo chip de diodo láser de hasta 20 W se acopla a un diodo láser de 105 (núcleo)/125µm (revestimiento).

Diodos láser multi emisores que se basan en múltiples chips de diodo láser que se acoplan en una fibra similar y ofrecen niveles de potencia escalables hasta varios cientos de vatios.



Ilustración 10. Ejemplo de bombas de diodo láser acopladas a fibra multimodo utilizadas en láseres de fibra (izquierda: 30 W @ 976 nm con estabilización de rejilla de volumen Bragg para adaptarse al espectro de absorción estrecho Yb3+; derecha: 10 W @ 915 nm) (AeroDiODE, s.f.)

6.2.1.3 Diodo / combinador de fibra

Acoplar la luz de un diodo láser acoplado a una fibra activa es un proceso complicado. Esto es especialmente cierto para las configuraciones de MOPA (Ilustración 6), donde se deben inyectar tanto la fuente de la sembradora de entrada como la luz de la bomba.

Los componentes utilizados en este proceso de acoplamiento son diferentes para un diodo láser acoplado de fibra monomodo que para un diodo láser acoplado de fibra multimodo.

Para el bombeo de diodo láser monomodo, se utilizan generalmente dos tipos de componentes:

Acopladores TAP/WDM: Estos se basan en el principio de fusionar y girar dos fibras para que los modos de ambas fibras se puedan acoplar hasta el momento en que se alcancen las prestaciones objetivo. Una gran limitación aquí viene de la separación de longitud de onda mínima necesaria para lograr un buen rendimiento de acoplamiento de dos longitudes de onda diferentes. Varios cientos de nanómetros de diferencia es generalmente necesario

Película delgada WDM's (Multiplexores por división de longitud de onda): Son la solución para emplear cuando los acopladores Tap no funcionan. Estos componentes se basan en la tecnología de filtros dicróicos de películas delgadas. La luz no está realmente en la fibra cuando está dentro del componente, pero lo consideramos un componente de fibra.



Ilustración 11. Ejemplo de un acoplador de tomas (izquierda) y una película delgada WDM (derecha) que se usa típicamente en láseres de fibra. (AeroDiODE, s.f.)

6.2.1.4 Medio reflectivo / medio filtrante

Medios reflectantes - rejilla Bragg espejo

Un componente clave que es ampliamente utilizado en los láseres de fibra es una rejilla de Bragg, que es la perturbación periódica o aperiódica del índice de refracción en el núcleo de una fibra óptica. Estos se hacen generalmente iluminando una fibra de germano silicato con luz UV.

La rejilla Bragg permite pasar cualquier tipo de espectro de reflexión/ transmisión dependiendo de la forma en que se fabrica la iluminación UV de fibra.

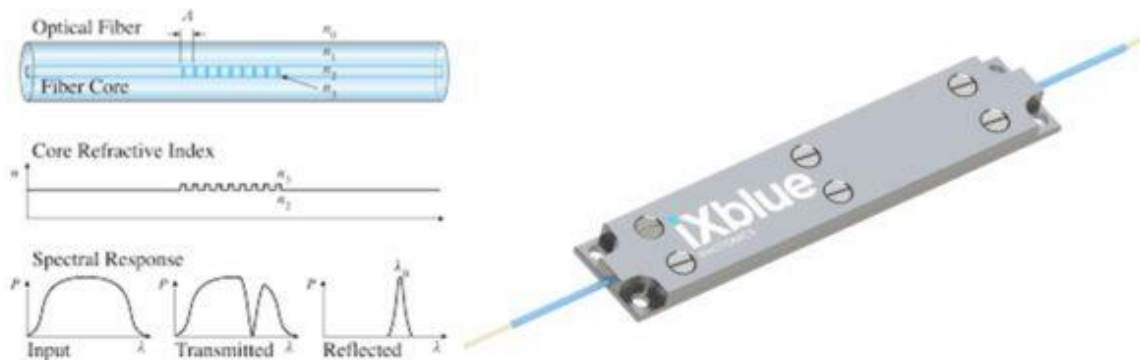


Ilustración 12. Principio de rejilla Bragg de fibra. (AeroDiODE, s.f.)

Filtros - Filtros de rejillas Bragg

Los láseres de fibra (especialmente las configuraciones MOPA) se enfrentan a un efecto no deseado llamado ASE (emisión espontánea amplificada o en inglés Amplified Spontaneous Emission). Este es un efecto de amplificación bidireccional a partir de un bajo nivel de luz que compite negativamente con la amplificación de la luz de la sembradora. Un ASE tiene un espectro correlacionado con el espectro de ganancia del dopante de tierras raras. Por lo tanto, es muy amplio y la intensidad aumenta no linealmente a lo largo de la longitud de la fibra.

Puesto que el espectro de la sembradora es generalmente mucho más estrecho que el espectro de ASE, es relevante agregar algunos dispositivos de filtración a lo largo de la longitud del láser de la fibra de modo que las pérdidas a lo largo del espectro de ASE sean más altas que la ganancia en estas longitudes de onda, pero permitiendo que la luz de la sembradora pase.

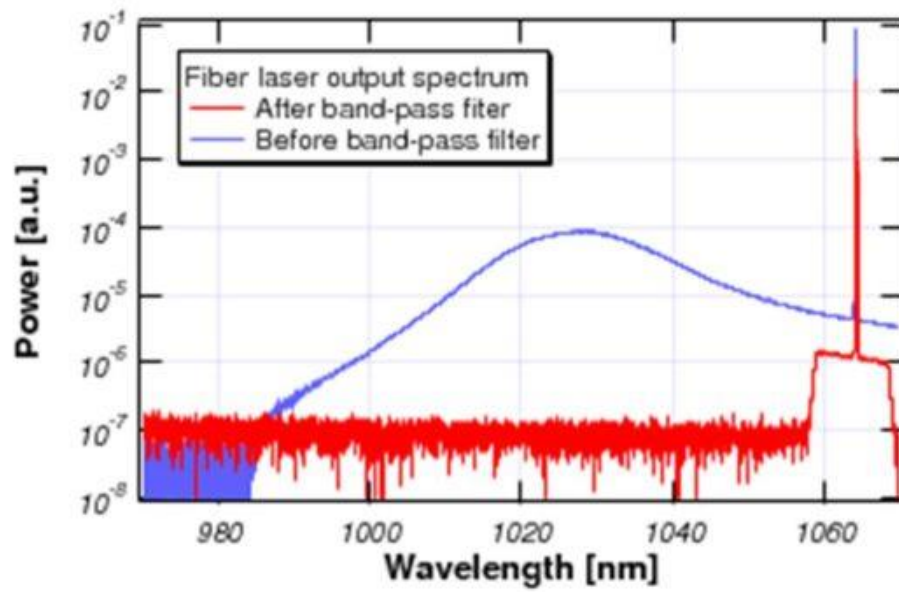


Ilustración 13. Ejemplo de un efecto de ganancia competitivo entre la amplificación de la sembradora estrecha @ 1064nm y el efecto de filtrado de rejilla ASE y Bragg amplio. (AeroDiODE, s.f.)

7. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.

El área de corte láser se ubica en la planta 2 de la empresa COMETAL.



Ilustración 14. Distribución de la empresa COMETAL (elaboración propia).

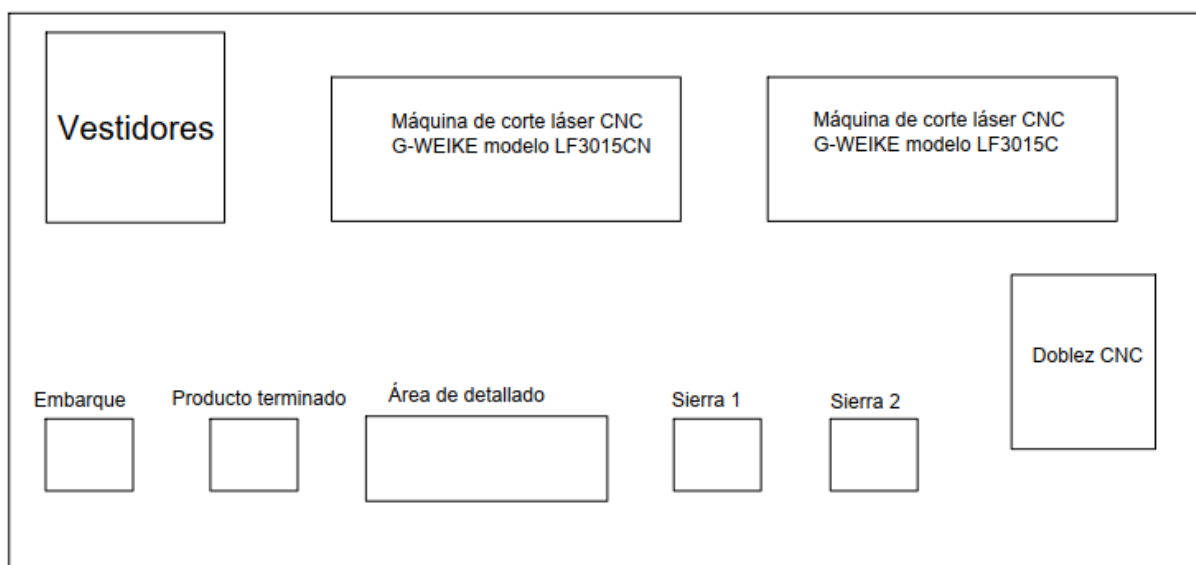


Ilustración 15. LAYOUT de la planta 2 (elaboración propia).

El corte láser se conforma de 2 máquinas, cada una de diferente potencia, la máquina G-WEIKE modelo LF3015CN es de 2000W de potencia y el modelo LF3015C es de 3000W.

El proceso de fabricación consiste en lo siguiente:

1. El departamento de ingeniería recibe el proyecto a realizar, determina el costo del proyecto y realiza el dibujo junto con su respectivo plano.
2. El departamento de ingeniería pasa el dibujo en formato DXF, junto con el plano y una hoja de ruta para el operador.

		HOJA DE RUTA				REV. 0 10/11/2022 PCL-007-F2	
Diseño:	SIN	Fecha de recepción de MP:		No. Orden de Trabajo:			
Descripción:		Materia Prima:		PO:			
Proyecto:	SIN	Fecha de entrega:		Cliente:			

CONTROL DE PRODUCCIÓN										Calidad		Entrada a Embarques
Proceso de Fabricación			Operador	Tiempos		Cantidad		Estatus				
No. Op.	Descripción	Cant. Total	Proceso	Nombre	Hora de inicio	Hora de término	Fabricada	Pendiente	OK	NOK	Fecha	
1	CORTE		LASER									
2	DOBLEZ		DOBLADORA									
3												
4												
5												
6												
7												
8												

_____ Firma de producción
 _____ Firma de Calidad
 _____ Firma de embarques

Ilustración 16. Hoja de ruta (elaboración propia).

- El operador realiza el corte, compara medidas con el plano y llena su hoja de ruta de acuerdo con el proceso al cual pertenece.
- Si hay doblez, se pasa a doblez.
- La pieza se va al área de detallado.
- La pieza se va al área de producto terminado
- Se manda al área de embarque.

8. Resultados



Manual de capacitación para la
operación de la máquina CNC de corte
láser de fibra, marca G – WEIKE
modelo LF3015CN

Contenido del manual

Contenido del manual	18
1.0 Conocimiento de todas las partes de la máquina y funcionamiento de estas	20
1.1 Corte por láser como un proceso sin contacto.....	20
1.2 Partes de la máquina y funcionamiento de estas.	20
1.2.1 Colector de polvos.....	20
1.2.2 Chiller	22
1.2.3 Gabinete de control	27
1.2.4 Pantalla de diseño.	28
1.2.5 Cama (mesa de trabajo) y puente de la máquina láser.	29
1.2.6 Dewar contenedor de oxígeno.	34
1.2.7 Compresor.....	36
2.0 Bases teóricas para el corte por láser en los diferentes materiales	40
2.1 El término láser.....	40
2.2 Propiedades de la radiación láser.	6
2.3 Generación del rayo láser.	8
2.4 Tipos de gas.	42
2.5 Corte láser	43
3.0 Procedimiento de encendido y apagado de la máquina	44
4.0 Guía para el uso del software Cypcut laser.	45
4.1 Interfaz de usuario.....	45
4.1.1 Barra de herramientas.....	47
4.1.2 Menú archivo	48
4.2 Proceso de operación.	51
4.2.1 Importar archivos.....	51
4.2.2 Preproceso	51
4.2.3 Técnica de corte de configuración del corte	54
4.2.4 Planificación de ruta de corte	58
4.2.5 Revisión previa al maquinado	59
4.2.6 Inicio del maquinado.	60
4.3 Transformación geométrica	61
4.4 Técnicas para el maquinado	65
4.4.1 Compensación.....	65
4.4.2 Punto de refrigeración	66
4.4.3 Corte anillo	68
4.4.4 Cortar y liberar	68
4.4.5 Conjunto	69

4.4.6 Agrupar	72
4.5 Optimización de corte	74
4.5.1 Flying Cut (Corte en vuelo)	74
4.5.2 Corte común	78
4.5.3 Puente.	80
4.6 Optimización del material	80
4.6.1 Nesterio	80
4.7 Optimización del proceso	81
4.7.1 Búsqueda de borde	81
4.8 Técnica de corte	83
4.8.1 Parámetros de corte	84
4.8.2 Parámetros de perforación	88
4.8.3 Parámetros globales	92
5.0 Conocimiento y operación de la máquina láser	94
5.1 Antes de la operación	94
5.1.1 Equipo de protección personal	97
5.1.2 Preparación de la máquina y herramientas	98
5.1.3 Identificación del material	104
5.1.4 Nesterio (optimización del material)	104
5.1.5 Alinear material	107
5.1.6 La regla general del corte	108
5.2 Durante la operación	109
5.2.1 Funciones del control remoto.	109
5.2.2 Cuidados durante la operación	112
5.3 Después de la operación	115
6.0 Conocimiento y manejo de parámetros en los layers de corte	117
6.1 Corte con oxígeno (corte exotérmico)	118
6.2 Corte con aire o nitrógeno (corte endotérmico)	127
7.0 Técnicas de montaje y desmontaje de material en la máquina	131
8.0 Programa de mantenimiento para la máquina	137
9.0 Piezas de desgaste (charolas y peines) y periodos de reemplazo	140
Glosario	145
Bibliografía	147



1.0 Conocimiento de todas las partes de la máquina y funcionamiento de estas

1.1 Corte por láser como un proceso sin contacto.

El corte por láser es un proceso de corte con el que es posible cortar materiales metálicos y no metálicos de diferentes espesores. Todo ello se logra con un rayo láser que se guía, forma y agrupa. (BOC)

Cuando el rayo láser golpea la pieza a trabajar, el material se calienta hasta el punto de derretirse, es en este proceso donde toda la potencia del láser se concentra en un punto. Si se introduce más calor en esta área, el rayo láser penetrará el material por completo (el proceso de corte ha comenzado); mientras que en otros procesos de corte se necesita aplicar mucha fuerza con las herramientas en el área de corte, por el contrario, el rayo láser completa su tarea sin ningún contacto. En el corte por láser no se desgasta la herramienta, ni se producen deformidades ni daños en la pieza de trabajo. Ahora ya sabe la principal ventaja del proceso de corte por láser contra otros procesos de corte.

1.2 Partes de la máquina y funcionamiento de estas.

Para llevar a cabo el proceso de corte láser, se requiere de los siguientes elementos (en el modelo LF3015CN de la marca G – WEIKE) para lograrlo:

- Colector de polvos.
- Chiller.
- Gabinete de control.
- Pantalla de diseño.
- Cama (mesa de trabajo) y puente de la máquina láser.
- Control manual de la máquina láser.
- Dewar contenedor de oxígeno.
- Compresor.

1.2.1 Colector de polvos.

El colector de polvos elimina la suciedad, el polvo, los desechos, los gases y los productos químicos del aire que se presentan en el proceso de corte por láser, dichos elementos los atrapa el colector de polvos dentro de sus filtros (Figura 2). Es de gran importancia para procurar mantener la salud de

los operadores y personal que se encuentre en contacto constante con la máquina en funcionamiento.



Figura 1. Colector de polvos (propiedad de COMETAL).

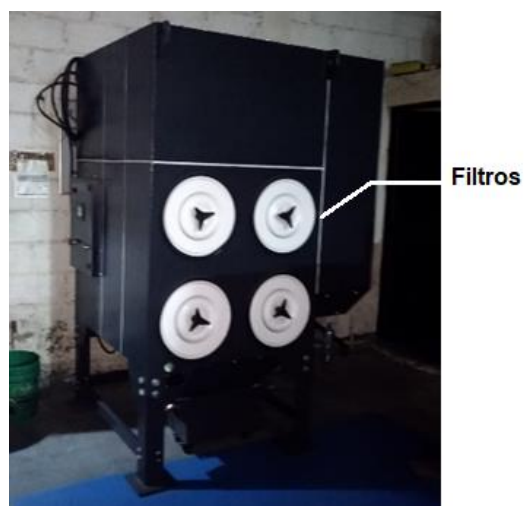


Figura 2. Señalamiento de los filtros del colector de polvos (propiedad de COMETAL).

Usted deberá encender el colector de polvos si nota que el ambiente en el que está trabajando comienza a llenarse de humo (resultado del corte con láser).

Proceso de encendido:

1. Baje la pastilla correspondiente del colector de polvos.
2. Presionar el interruptor de encendido del colector de polvos (blower on).

Para el proceso de apagado solo presione el interruptor de apagado (blower off). También puede presionar el paro de emergencia, pero, solo hágalo en caso de que se presente algún incidente con colector de polvos (vea la Figura 3).

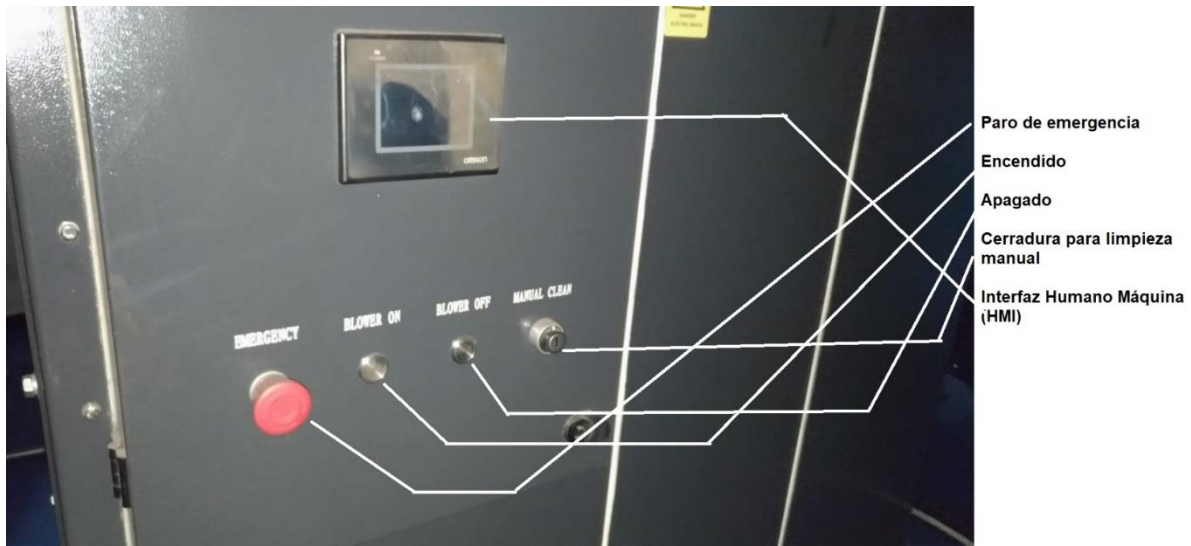


Figura 3. Interfaz del operador para encendido y apagado del colector de polvos (Elaboración propia, propiedad de COMETAL).

1.2.2 Chiller

“Es un dispositivo de enfriamiento industrial diseñado y fabricado para corte por láser, soldadura por láser, marcado por láser, grabado por láser y otros equipos que utilizan el procesamiento por láser. Puede proporcionar un medio de enfriamiento estable para los escenarios de aplicación anteriores” (S&A).

El chiller se compone de un compresor, un condensador, un evaporador, un dispositivo regulador (*válvula de expansión térmica*), válvulas de control (*válvula solenoide*), una bomba de agua, y un tanque de agua.

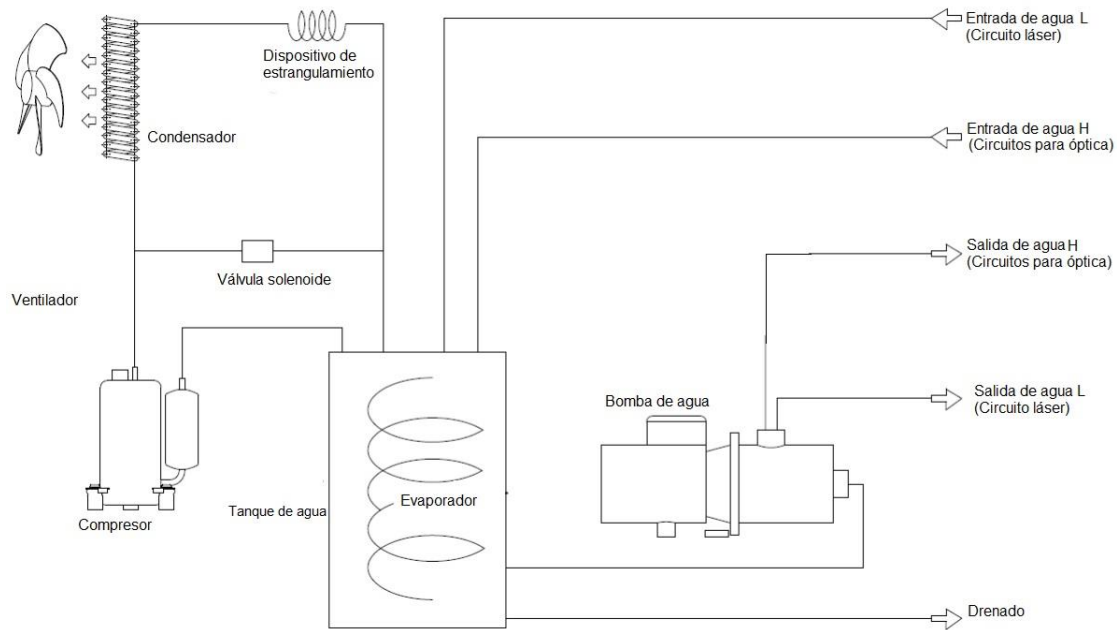


Figura 4. Diagrama de un Chiller (S&A)

La función del chiller es controlar la temperatura de la zona que deseamos enfriar, que en este caso es la máquina láser. Hay distintos tipos de chiller, sin embargo, es más eficiente manejar el chiller de enfriamiento por agua que el de enfriamiento por gas, debido a que en el chiller de enfriamiento por gas se pueden presentar fácilmente fugas, y la localización de estas para la correspondiente reparación es muy difícil. Sucede todo lo contrario a un chiller de enfriamiento por agua.

El chiller de enfriamiento por agua, logra mantener la temperatura de los sistemas a los que se conecte, gracias a la circulación de agua fría en dichos sistemas.

El proceso comienza con la bomba de agua, la cual entrega el agua ya fría a la máquina láser, específicamente al circuito de óptica, ubicados en el cabezal (vea la sección de "Puente") y al circuito generador de láser, ubicado en el gabinete de control (vea la sección de "Gabinete de control"). El agua de enfriamiento se llevará el calor de la máquina que genera en su proceso de trabajo. Una vez que el agua haya aumentado su temperatura, retornará al chiller para reducirla y así se repetirá el proceso.

Dentro del sistema de refrigeración del chiller hay un evaporador (vea la figura 4), el cual contiene un compuesto químico llamado anticongelante, éste último absorberá el calor del agua de retorno y se evaporará. El compresor extrae continuamente el vapor generado del evaporador y lo comprime. El vapor comprimido de alta temperatura y presión se envía al condensador para que el vapor del anticongelante se pase a líquido (líquido condensado de alta presión); en esta etapa de condensación se libera una cantidad de calor considerable, dicho calor se extrae con el ventilador del chiller para luego mandarse al exterior. El flujo del líquido ya condensado pasará a ser controlado por el dispositivo de estrangulamiento, entra en el evaporador para ser vaporizado, absorbe el calor del agua, y todo el proceso circula constantemente.

Básicamente el chiller está conectado a 2 partes de la máquina láser, una es el cabezal en donde está el circuito de óptica y la otra parte es el circuito generador del láser que se encuentra en el gabinete de control. Estas dos partes a las que se conecta el chiller son las que deseamos enfriar específicamente, puesto que todo circuito electrónico genera calor en su etapa de trabajo.

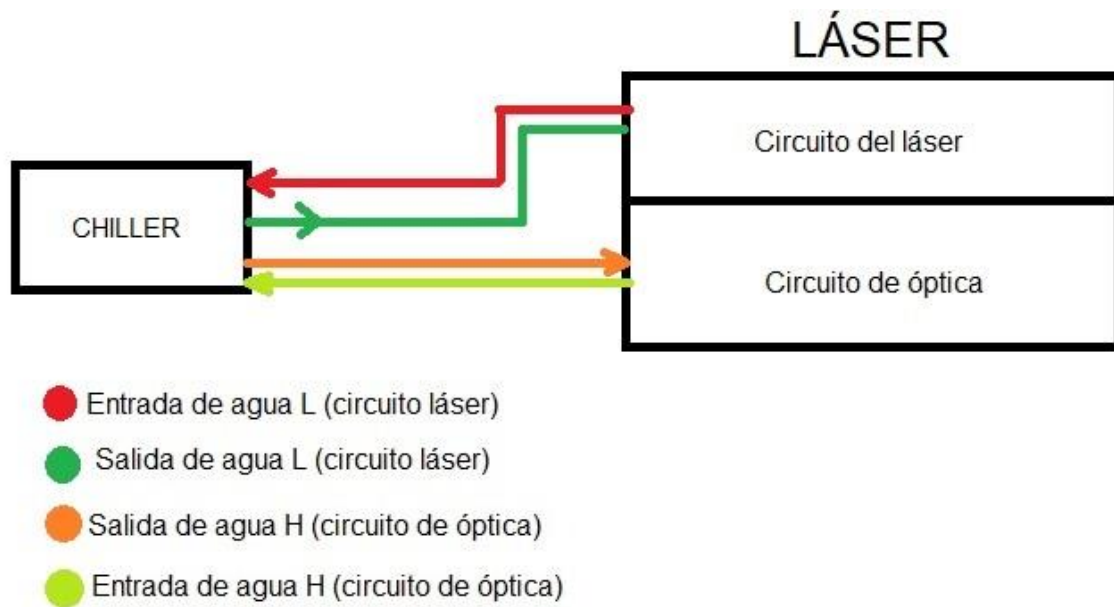


Figura 5. Diagrama de salidas y entradas de agua en el chiller (elaboración propia).

El enfriamiento de los circuitos para óptica y para el láser se logra una vez que las salidas de agua del chiller conducen el fluido frío hacia los circuitos para que, por medio de bobinas o serpentines, y con ventiladores, disipen el calor de estos hacia el agua fría y que retorne al chiller para repetir el ciclo de enfriamiento.

El modelo que tiene COMETAL para esta máquina es el CWFL – 2000.



Figura 6. Chiller CWFL-2000 (propiedad de COMETAL).

En la ilustración 6 y 7 podrá observar las partes del modelo de chiller con el que cuenta la empresa.

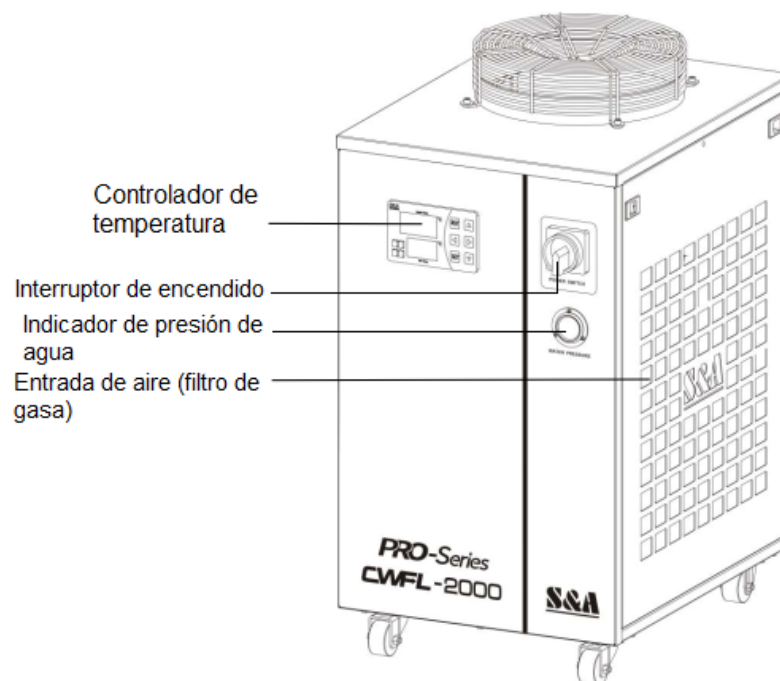


Figura 7. Parte frontal del chiller CWFL-2000 (S&A)

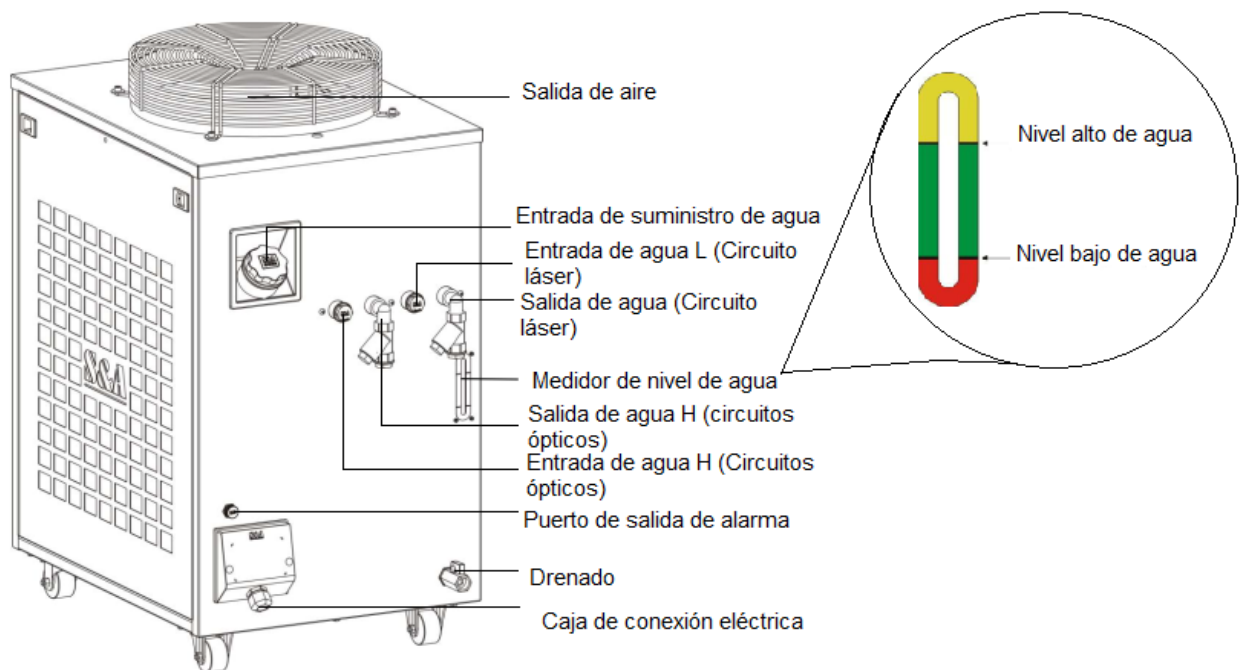


Figura 8. Parte trasera del chiller CWFL-2000 (S&A)

El chiller tiene dos paneles de control de temperatura, uno es para el circuito generador del láser (baja temperatura o "LOW TEMP") y el otro es para el circuito de óptica (alta temperatura o "HIGH TEMP").



Figura 9. Paneles de control del láser (propiedad de COMETAL).

1.2.3 Gabinete de control

El gabinete de control se ubica (regularmente) a un lado de la cama o mesa de trabajo.



Figura 10. Gabinete de control para láser de fibra (G WEIKE Laser)

Es aquí donde encontramos el circuito generador del láser, así como el control de los *servomotores* que se ubican en los rieles de la mesa de trabajo.



Figura 11. Interior del gabinete de control (propiedad de COMETAL).

A un costado del gabinete de control se encuentra un botón de paro de emergencia, el cual pausa el proceso de corte en caso de que se presente algún incidente. Le sigue un interruptor que activa el

rayo láser (llave). Luego de la llave que activa el láser, encontrará una luz indicadora de encendido de la máquina y un interruptor para el encendido de la computadora de la “pantalla de diseño”.

Debajo de todos los “botones” que se mencionaron anteriormente, encontrará el interruptor de encendido y apagado del gabinete de control de la máquina láser.

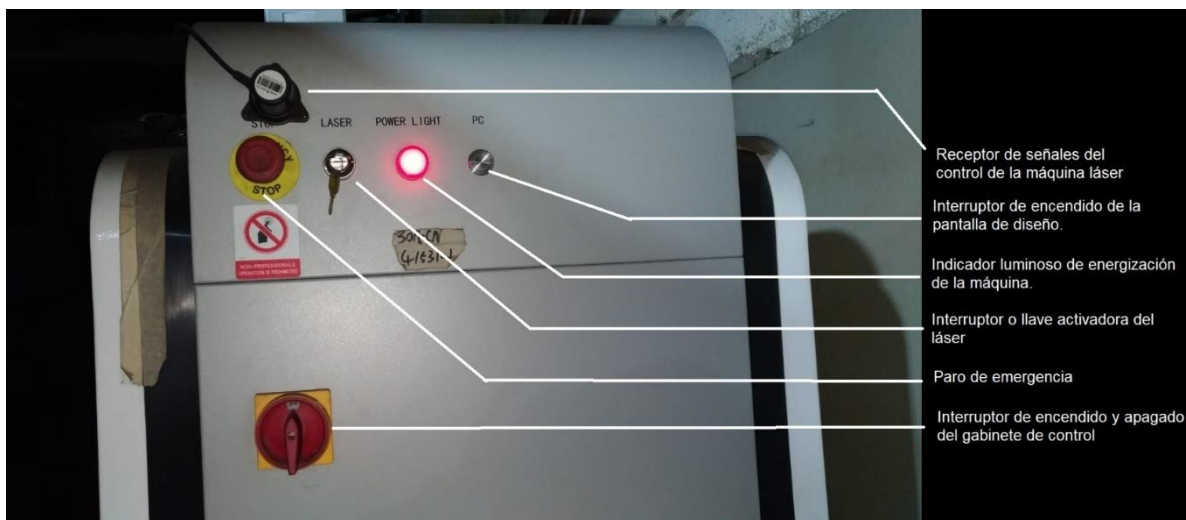


Figura 12. Interruptores de control del gabinete de control (propiedad de COMETAL y elaboración propia).

1.2.4 Pantalla de diseño.

Es en la pantalla de diseño donde usted podrá interactuar con el software dedicado al manejo de la máquina láser. Para poder interactuar con el software le será necesario tener un teclado y un ratón (mouse), cual computadora normal.

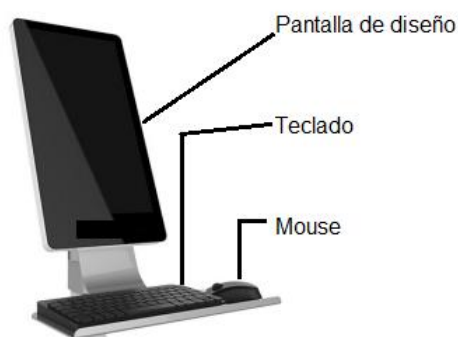


Figura 13. Pantalla de diseño (G WEIKE Laser)

Así como el software o programa requiere de controles (teclado y ratón), la máquina requerirá también de un control, el cual se muestra en la figura 14.



Figura 14. Control de la máquina láser (elaboración propia).

El control de la máquina láser controla todos los mecanismos de ésta, las señales las manda por vía inalámbrica al receptor que se encuentra por encima del gabinete de control (figura 13).

1.2.5 Cama (mesa de trabajo) y puente de la máquina láser.

En la mesa de trabajo es donde usted podrá colocar el material a procesar, y para poder soportar el enorme peso la mesa debe tener unos soportes, los cuales llevan el nombre de “peines”. Por encima de la cama tenemos el puente, el cual logra moverse por medio de unos rieles que se componen de un mecanismo de engranes llamado “piñón-cremallera” y el movimiento lo brindan 4 servomotores. En el mismo puente se encuentra el cabezal de corte de la máquina láser, que es donde se centra el rayo de corte y “sale” expulsado por una boquilla.

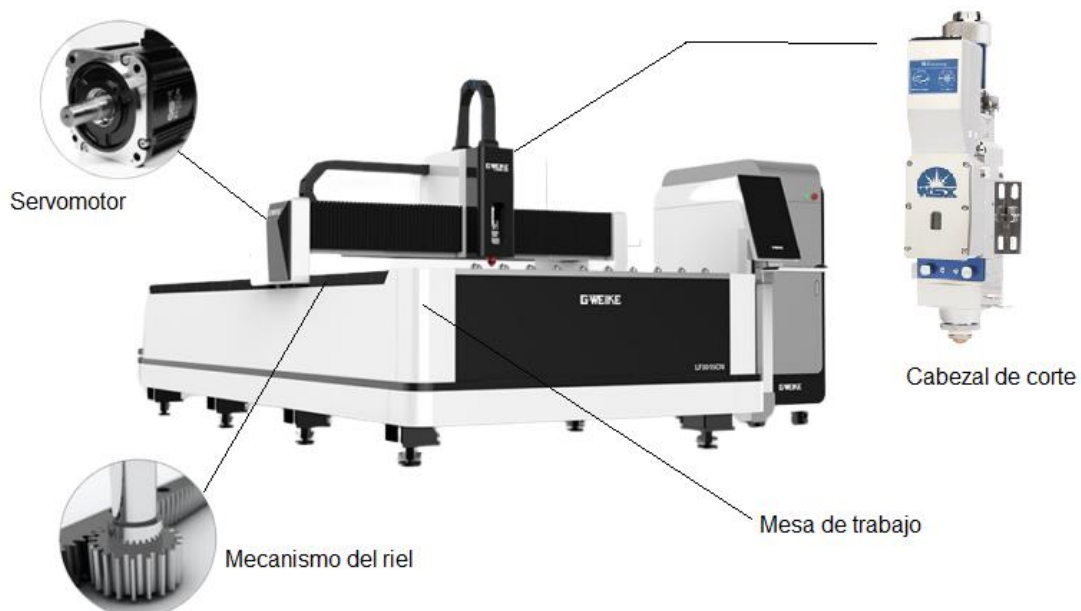


Figura 15. Partes de la mesa de trabajo (G WEIKE Laser).

Los peines que se encuentran en la mesa de trabajo son como los que se muestran a continuación en la figura 16.



Figura 16. Peines (propiedad de COMETAL y elaboración propia).

En el puente usted podrá identificar un par de rieles en los costados de la mesa de trabajo (un riel en cada lado), los cuales mueven todo el puente hacia adelante y hacia atrás, o de manera técnica, en el eje Y. El tercer riel, que se ubica transversalmente, mueve el cabezal de derecha a izquierda o viceversa, lo que se conoce como eje X. El eje Z o el movimiento de abajo hacia arriba o viceversa, lo hace otro servomotor. Observe la figura 17 para comprender mejor esta parte.

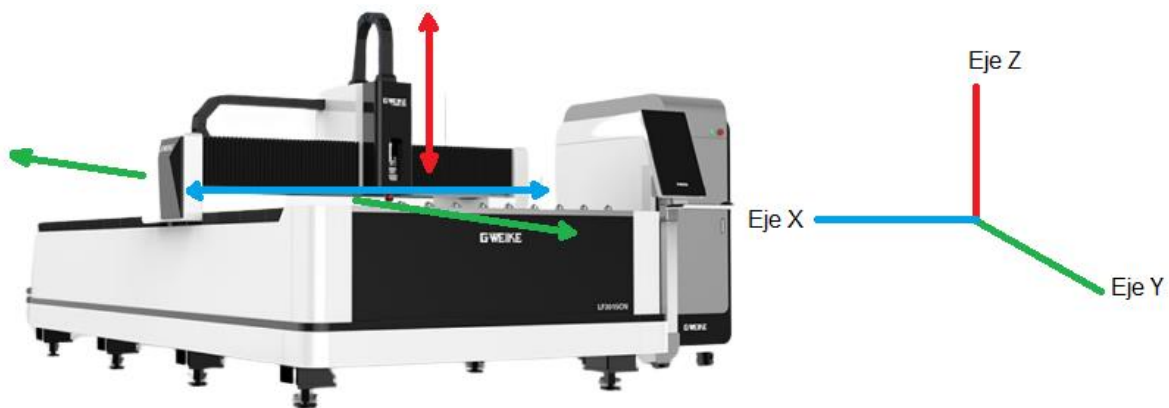


Figura 17. Grados de libertad o ejes de la máquina láser (elaboración propia, (G WEIKE Laser)).

El cabezal de corte tiene en su interior todo el circuito de óptica, el cual genera el centrado y la expulsión del rayo láser.



Figura 18. Cabezal de corte (propiedad de COMETAL y elaboración propia).

En el cabezal podemos identificar 3 partes muy importantes: la boquilla, el lente superior y el lente protector o inferior, vea la figura 19.

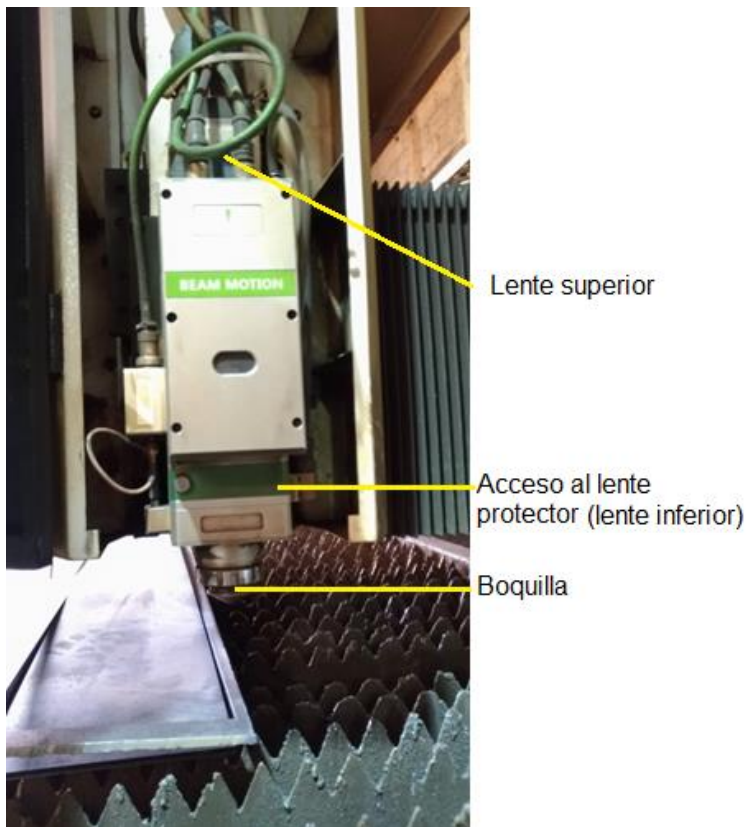


Figura 19. Tres de las partes más importantes del cabezal de corte (elaboración propia y propiedad de COMETAL).

El trabajo de las boquillas es hacer más o menos fino (dependiendo del grosor del material) el haz de luz que genera el láser, y los lentes centran el rayo salido del último tramo de la fibra óptica; este tema se explica en la segunda parte del manual, no se preocupe.



Figura 20. Lente protector (izquierda) y sello de este (derecha) (elaboración propia y propiedad de COMETAL).

El lente superior no es muy diferente al lente inferior y tener alcance con el lente protector es sencillo, solo tiene que desatornillar el tornillo del acceso al lente inferior (figura 19). Proteger de salpicaduras de metal fundido, es el trabajo del lente protector, de ahí su nombre, pero ¿por dónde entraría ese metal fundido? Entra por la abertura de la boquilla.



Figura 21. Boquilla (propiedad de COMETAL y elaboración propia).

En lo que respecta a las boquillas, tiene que saber que hay 2 tipos de éstas: boquillas de doble capa y boquillas de capa sencilla.

Las boquillas dobles se usan para cortar con oxígeno en materiales como el acero al carbón o comercial. Se usa para cortar con oxígeno ya que éste último se calienta mucho al momento de ser usado como gas auxiliar de corte, debido a esto, las boquillas de doble capa tienen la estructura que se muestra en la figura 22 para poder aguantar el calor del oxígeno.



Figura 22. Boquilla de doble capa (propiedad de COMETAL y elaboración propia).

La estructura de las boquillas de capa sencilla se muestra en la figura 23.



Figura 23. Boquillas de capa sencilla (propiedad de COMETAL y elaboración propia).

Las boquillas de capa sencilla se usan para cortar con aire comprimido y con nitrógeno como gas auxiliar de corte. Con las boquillas de capa sencilla podemos cortar materiales no ferrosos como el aluminio, el cobre y materiales ferrosos como el acero inoxidable.

Para ambos tipos de boquillas existen diferentes medidas en la apertura de éstas, el cómo escogerlas va a depender del grosor de material y de su tipo, la correcta selección de la boquilla dará como resultado un buen acabado en el corte. Como puede ver en la figura 24, las boquillas van de 1.0mm de diámetro en la apertura a 4.0mm; usará boquillas pequeñas para materiales delgados y para materiales más gruesos irá aumentando el diámetro de su boquilla dependiendo de cómo se comporte el acabado de su corte.

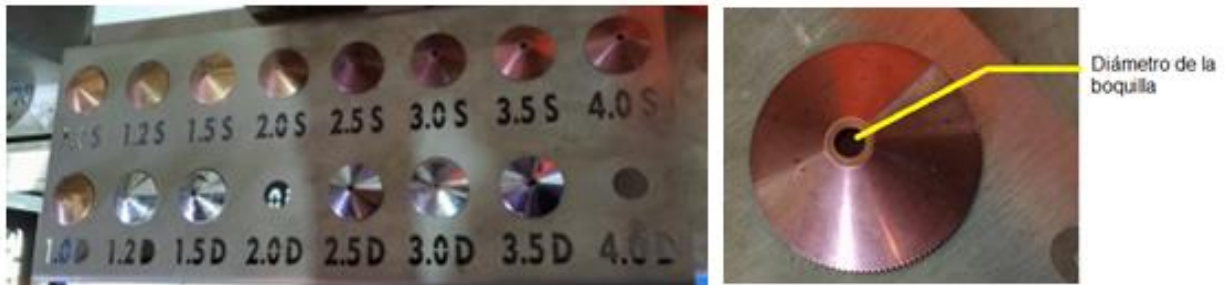


Figura 24. Tipos de boquillas de acuerdo con el diámetro de su abertura (propiedad de COMETAL y elaboración propia).

Como puede notar, la base que tiene a las boquillas tiene las letras “S” y “D”, sencilla y doble respectivamente.

Las boquillas afectan en la calidad del corte debido a lo siguiente:

- A la forma interna de la boquilla, que da también la dirección de flujo del gas auxiliar de corte y su presión. La presión es un factor muy importante en el acabado del corte, la boquilla es uno de los factores de los que depende la presión del gas auxiliar.
- La boquilla evita que la masa fundida de metal en la pieza de trabajo salpique hacia el cabezal de corte láser para proteger al lente protector y el lente superior.
- Sirve como sensor de ajuste en la altura del cabezal de corte si es que el material esta pandeado o no.

1.2.6 Dewar contenedor de oxígeno.

El Dewar es el contenedor del oxígeno como gas auxiliar de corte, se le llama auxiliar porque sirve para liberar al corte de la escoria resultante del proceso y enfriar la superficie de trabajo, también protege el lente inferior del cabezal y la boquilla.

La operación total del Dewar se lleva a cabo por medio de las válvulas de control ubicadas en la parte superior del tanque. Las válvulas están identificadas y codificadas para su fácil identificación, la

válvula de llenado (líquido) es de color azul; la válvula de uso del gas es de color verde; la válvula de ventilación es de color plata; y la válvula de generación de presión es de color verde.

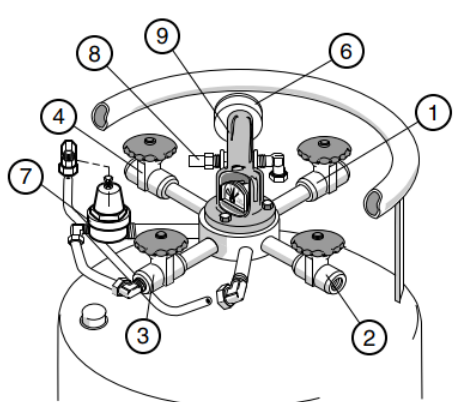
 Figura 25. Partes de un Dewar MCR. (Chart Inc., 1944)	1. Válvula de uso de gas – Esta válvula se conecta con la máquina para usar el gas en el corte.
	2. Válvula de llenado/líquido – Se utiliza para el llenado del Dewar.
	3. Válvula de control de la presión - Sirve para aislar (on/off) el regulador de presión.
	4. Válvula de ventilación – Usada para ventilar la presión.
	6. Manómetro – Indica la presión del cilindro.
	7. Regulador combinado MCR – Se utiliza para mantener automáticamente la presión, abra su correspondiente válvula únicamente si detecta que la presión del cilindro es baja.
	8. Válvula de alivio – Usada para limitar la presión del gas.
	9. Indicador de nivel – Usado para aproximar el contenido líquido dentro del cilindro.

Tabla 2. Partes de un Dewar (elaboración propia).

La conexión entre la válvula 1 (uso de gas) y la máquina láser, tiene de por medio una válvula reguladora de oxígeno, que es como se muestra a continuación.



Figura 26. Regulador de oxígeno (Propiedad de COMETAL y elaboración propia).

Esta válvula sirve para regular el flujo del gas desde el Dewar hacia la máquina. Ya está ajustada en un rango de presión, pero si es necesario reajustarla, debe procurar tener la válvula entre 60 y 120 *psi*. Para poder usar el gas debe abrir la válvula de uso de gas, se dará cuenta de la salida de este por el indicador del regulador de presión de oxígeno.

Si la presión del Dewar no es la suficiente, abra la válvula de control de la presión, pero, no la deje mucho tiempo abierta pues se generará un exceso de gas, y el tanque tendrá que expulsar ese exceso de presión de gas por medio de la válvula de alivio; evite que el manómetro del Dewar llegue por encima de 400 *psi*, no es bueno esto debido a que se genera fuga de gas, y eso significa pérdida monetaria.

1.2.7 Compresor.

El compresor tiene la función de comprimir el aire que está en la atmosfera para poder usarlo en nuestra máquina de corte láser. el aire comprimido es aún más barato que el oxígeno y el nitrógeno.

El aire se conforma por un 78% de nitrógeno, 21% oxígeno y un 1% de argón. El aire comprimido es usado para cortar aluminio, cobre y acero inoxidable, normalmente esos materiales se cortan con nitrógeno, pero, es muy caro; el aire es la mejor opción debido a que no calienta el material de corte como pasa con el oxígeno. Se muestran las partes del compresor que se usa en la empresa:

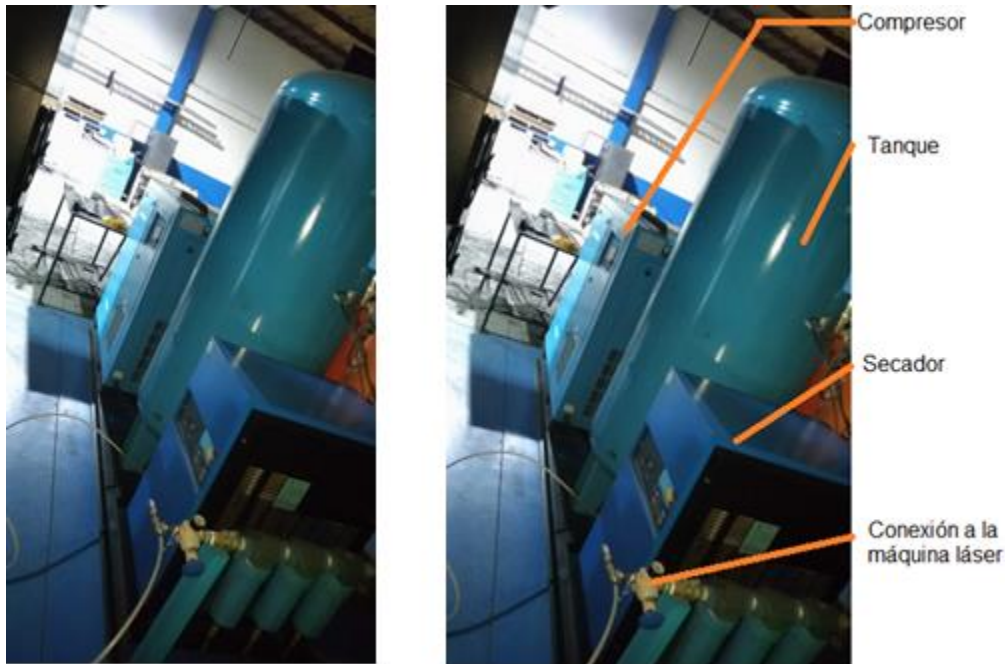


Figura 27. Compresor (propiedad de COMETAL y elaboración propia).

El compresor tiene todo el sistema electromecánico necesario para poder comprimir el aire de la atmosfera, que luego se irá al depósito o tanque de almacenamiento de aire.

Un gas tiene sus partículas muy separadas, por eso no podemos agarrarlo o verlo a simple vista como un líquido o un sólido, pero, si el compresor hace su trabajo sobre un gas, las *partículas* de éste se juntarán tanto que van a unirse, formando así un líquido. Claro que el trabajo del compresor no es generar líquido en grandes cantidades, sino aire a presión, pero el que se genere un poco de líquido durante el proceso resulta inevitable.



Figura 28. Compresión del aire (elaboración propia).

El líquido que se genera en el proceso se almacena en el tanque del compresor, pero, hay que sacarlo del mismo, por lo que resulta necesario purgar al compresor. Usted como operador debe de

sacar esa agua con una válvula que el tanque tiene por debajo, apóyese de un recipiente para sacar esa agua.

Como recomendación, purgue el compresor al menos tres veces durante el tiempo que lo esté usando, haga cada purga en un intervalo de 3 horas.

Después de haber comprimido el aire y ser almacenado en el tanque, el aire se dirige a un separador ciclónico (lo encontrará a un lado del tanque) para poder separar del aire comprimido todo líquido que se haya generado o incluso pequeños fragmentos sólidos. El separador ciclónico logra esto con un *proceso centrífugo*.

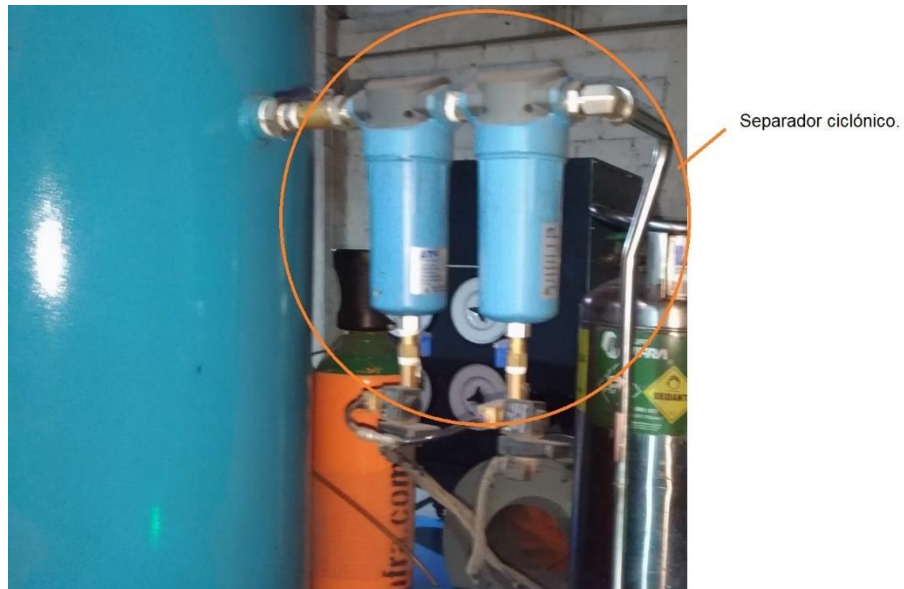


Figura 29. Separador ciclónico (elaboración propia y propiedad de COMETAL).

Una vez que se separa el aire comprimido de cualquier impureza líquida y sólida, se pasa a un secador, el cual seca el aire comprimido para reducir el contenido de vapor de agua (agua en forma de gas), evitando así las condensaciones en los puntos de trabajo y esto se logra mediante un *proceso frigorífico* (enfriamiento) para llevar al aire a una temperatura de $+3^{\circ}\text{C}$, si es menor a esa temperatura habría tapones de hielo, eso ocasionará daños en el sistema de tuberías y de secado. Los $+3^{\circ}\text{C}$ es la temperatura más cercana al *punto de rocío* del aire.

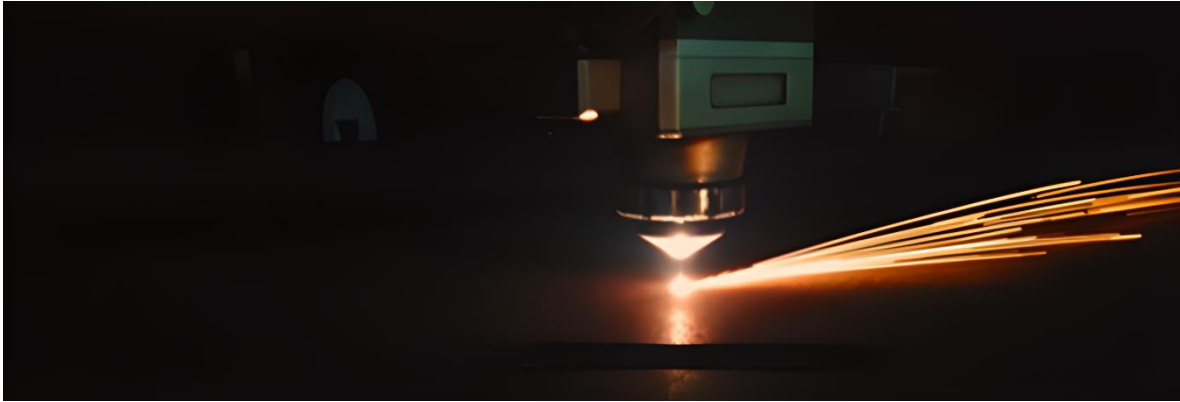
El proceso de enfriamiento del aire comprimido en el secador es muy similar al proceso que ocupa el chiller.

Después de haber eliminado el agua en estado gaseoso (gas que no es deseable tener en el proceso de corte) se pasa a otro filtro que retiene partículas de agua que no se hayan podido eliminar en el secador, para poder así mandar el aire comprimido a la máquina de corte láser.



Figura 30. Filtros de secado (elaboración propia y propiedad de COMETAL).

La válvula de control de la presión de aire comprimido la debe mantener a una presión de 1.5 *Bar*, apóyese del manómetro para poder observar la presión que está indicando su compresor. La presión de corte con aire debe estar ubicada a 1.5Bar para tener un buen acabado, de lo contrario, no obtendrá la presión necesaria para poder eliminar la viruta que resulte durante el corte.



2.0 Bases teóricas para el corte por láser en los diferentes materiales

2.1 El término láser.

El término “Láser” es un acrónimo de la descripción del proceso láser: Amplificación de Luz por Emisión Estimulada de Radiación o en inglés “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation”. (BOC)

Se puede definir al láser como un haz de luz, se amplifica suministrando energía a un medio láser activo (el gas auxiliar para el caso del corte láser de fibra), excitándolo y luego usando la radiación ya existente para estimularlo a que emita radiación. Esta radiación no siempre se encuentra en el rango visible y, en particular, los rayos láser utilizados en el procesamiento de materiales irradian en los *rangos infrarrojo* y *ultravioleta*, por lo que no son visibles. (BOC)

2.2 Propiedades de la radiación láser.

Un láser genera luz con propiedades particulares que se propaga en forma de onda electromagnética. Las propiedades de la luz láser son su monocromaticidad, coherencia y baja divergencia.

Monocromaticidad: Tanto la luz natural como la luz de una bombilla están compuestas de radiación de muchas longitudes de onda diferentes, un fenómeno que vuelve vívido en un arco iris. La luz de una bombilla se propaga en todas direcciones, por lo que no es direccional, consulte la figura 31. Como resultado intensidad de la luz es muy baja en un punto específico. La luz láser está compuesta únicamente por radiación de una sola longitud de onda (monocromaticidad). (BOC)

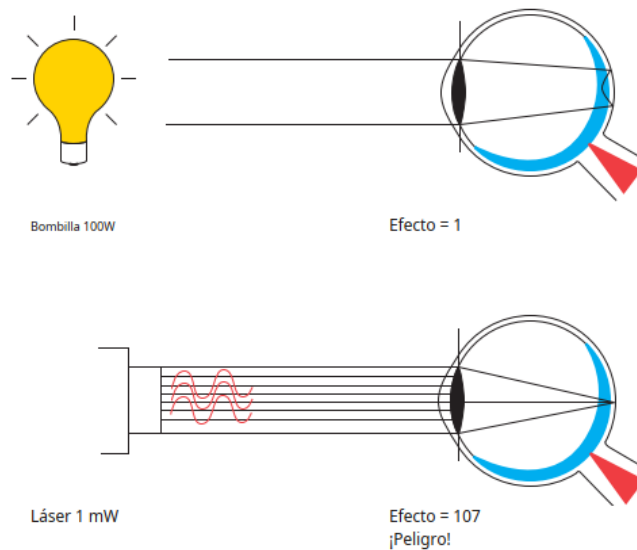


Figura 31. Luz no direccional de una bombilla y luz láser direccional, monocromática y coherente. (BOC)

Coherencia: En consecuencia, los rayos láser se pueden agrupar en un pequeño punto focal de menos de 0,5 mm (0,02 pulgadas) de diámetro a una gran distancia de la fuente de radiación, por ejemplo, 20 m (60 pies). (BOC)

Divergencia: La distribución ideal de energía tendría forma gaussiana con alta intensidad en el centro del haz y una disminución de la intensidad hacia los bordes, véase la figura 32. Este orden de modo o distribución de intensidad se conoce como TEM₀₀ (*Modo Electromagnético Transversal de orden 0*) y llamado modo básico o modo Gaussiano. Este modo sería particularmente adecuado en el corte por láser debido al hecho de que el modo es radialmente simétrico a su centro y los resultados de corte serán independientes de la dirección de corte.

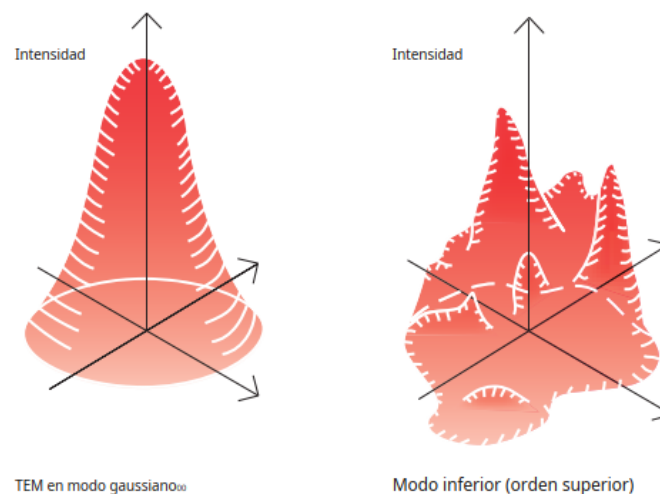


Figura 32. Distribución de la intensidad en el rayo láser. (BOC)

Por lo tanto, a medida que aumenta la distancia desde el láser, el rayo láser se ensancha independientemente de la construcción y el diseño. Por lo que, para el corte, no se debe dejar mucha distancia para evitar que el rayo pierda su efectividad.

2.3 Generación del rayo láser.

Un láser de fibra óptica es un LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) en el que el **medio amplificador** que se utiliza es una **fibra óptica** que se ha **dopado** en elementos raros; habitualmente y dependiendo de las necesidades estos elementos (tierras raras) son: erbio, iterbio, neodimio, tulio, praseodimio, holmio o disprosio. (HOLY laser Technology blog, 2020)



Figura 33. Elementos de la fuente generadora (derecha) del LASER (HOLY laser Technology blog, 2020)

Como se mencionó anteriormente, la fibra óptica utilizada como medio central para el láser se habrá dopado con elementos de tierras raras, por lo regular es el elemento Erbio. La razón por la que se hace el dopado de fibra óptica con tierras raras es porque los niveles de átomos de estos elementos tienen niveles de energía extremadamente útiles, lo que permite utilizar una fuente de bomba de diodo láser más barata, y eso proporcionará además un alto rendimiento de energía. (HOLY laser Technology blog, 2020)

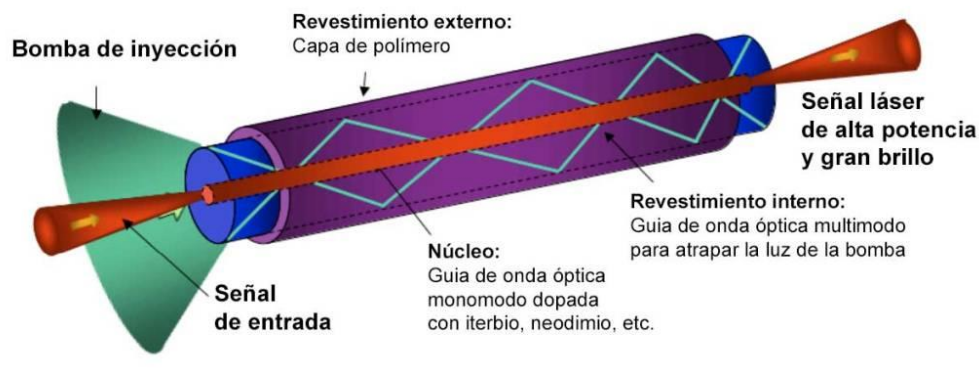


Figura 34. Generación de un rayo láser de fibra óptica. (AeroDiODE, s.f.)

Básicamente el rayo láser va “rebotando” en la fibra óptica hasta llegar al cabezal de corte.

2.4 Tipos de gas.

El gas de corte utilizado es crucial para el resultado del corte. El oxígeno generalmente produce un buen rendimiento de corte en aceros al carbono y aceros de baja aleación. Sin embargo, el oxígeno reacciona con el metal base y el borde cortado se cubre con una capa de óxido. Estas son las razones por las que los aceros de alta aleación (acero inoxidable) se cortan con nitrógeno cada vez más cuando se dispone de suficiente potencia láser.

El nitrógeno también se utiliza cada vez más para las piezas que posteriormente se recubren con pintura en polvo. Cualquier óxido en el borde cortado disminuye la unión entre el recubrimiento y el material y, por lo tanto, puede provocar problemas de corrosión.

2.5 Corte láser

El corte por láser es un proceso de corte térmico en el que un corte (ranura) que está formado por la acción de calentamiento de un haz láser transversal enfocado de densidad de potencia del orden de 10^4Wmm^{-2} en combinación con la acción de corte por fusión de una corriente de gas de asistencia inerte o activa. El haz de láser enfocado funde el material en todo el espesor del material y un chorro de gas presurizado, actuando coaxialmente con el haz de láser, que expulsa el material fundido del corte. El principio básico del corte por láser se muestra en la ilustración 35 y los términos relacionados con el proceso de corte se ilustran en la ilustración 36 (Wandera, 2006).

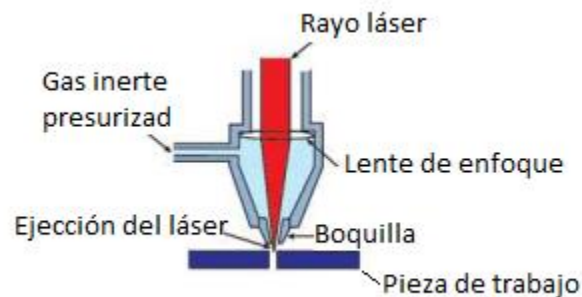


Figura 35. Principio básico del corte láser. (Wandera, 2006)

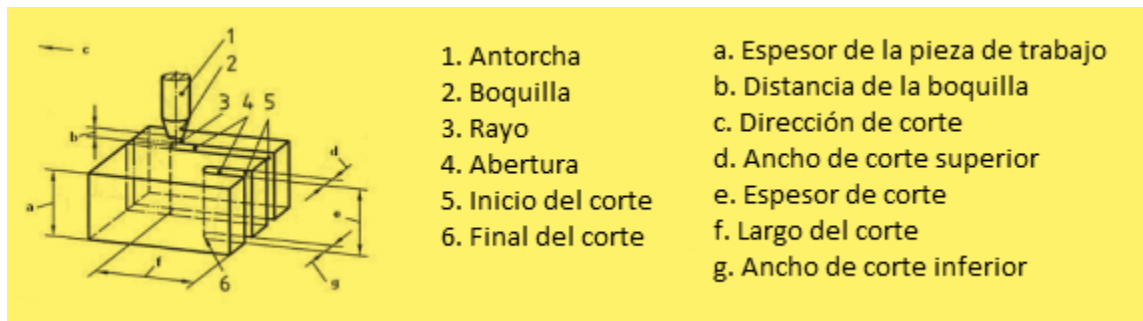


Figura 36. Términos del corte láser. (Wandera, 2006)



3.0 Procedimiento de encendido y apagado de la máquina

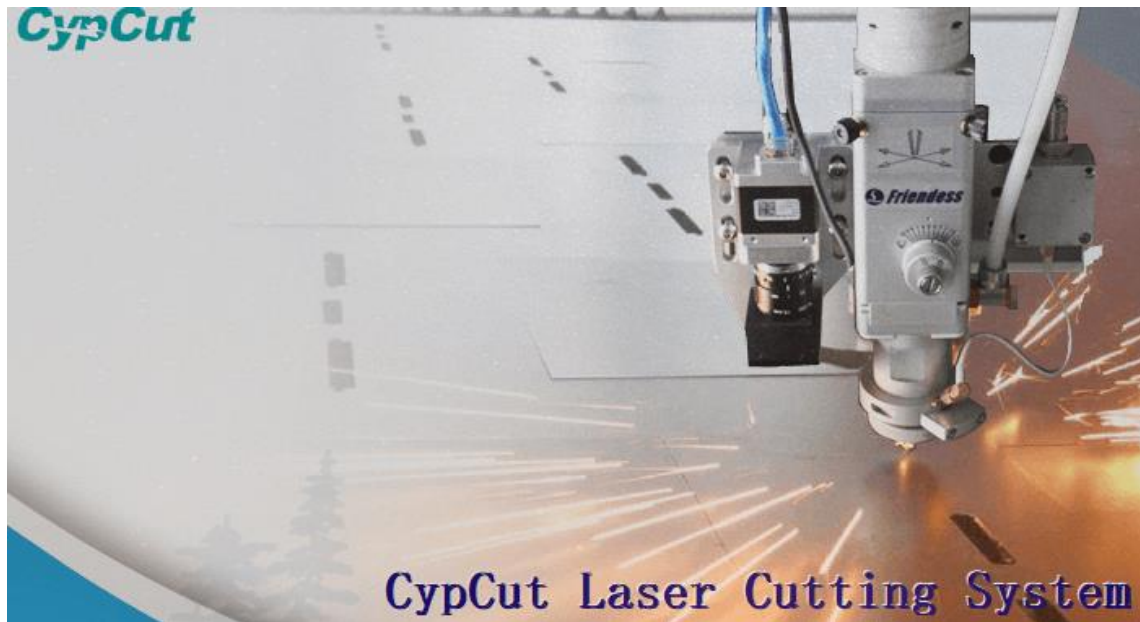
Antes de encender la máquina, verifique que la pastilla principal de la planta este cerrada, para poder encender la máquina láser. Esto va a depender del diseño de los tableros de control.

El **orden de encendido** de la máquina es:

1. Suba la correspondiente pastilla del chiller y su transformador
2. Prenda el transformador y el chiller.
3. Suba la correspondiente pastilla del gabinete de control.
4. Encienda el gabinete de control y la computadora.
5. Si va a cortar acero al carbón, abra la llave del Dewar de oxígeno que se conecta al láser.
6. Si va a cortar acero inoxidable, encienda el compresor. Primero suba la pastilla correspondiente al transformador del compresor, luego prenda el secador del compresor; quite el paro de emergencia de la HMI y accione el botón de START. No olvide purgar su compresor.
7. Abra el programa CypCut laser.
8. Prenda su colector de polvos, suba la pastilla correspondiente antes de hacerlo.

El **orden de apagado** de la máquina es el siguiente:

1. Apague la computadora, como cualquier computadora normal.
2. Apague el gabinete de control.
3. Apague el transformador del gabinete de control y baje la pastilla de éste.
4. Apague el chiller.
5. Apague el transformador del chiller y baje la pastilla.
6. Cierre todas las válvulas del Dewar.
7. Apague el compresor.
8. Baje la pastilla del compresor.
9. Apague el colector de polvos.
10. Baje la pastilla del colector de polvos.



4.0 Guía para el uso del software Cypcut laser.

4.1 Interfaz de usuario

Abra su aplicación del software Cypcut laser, encontrará la interfaz de usuario del programa.

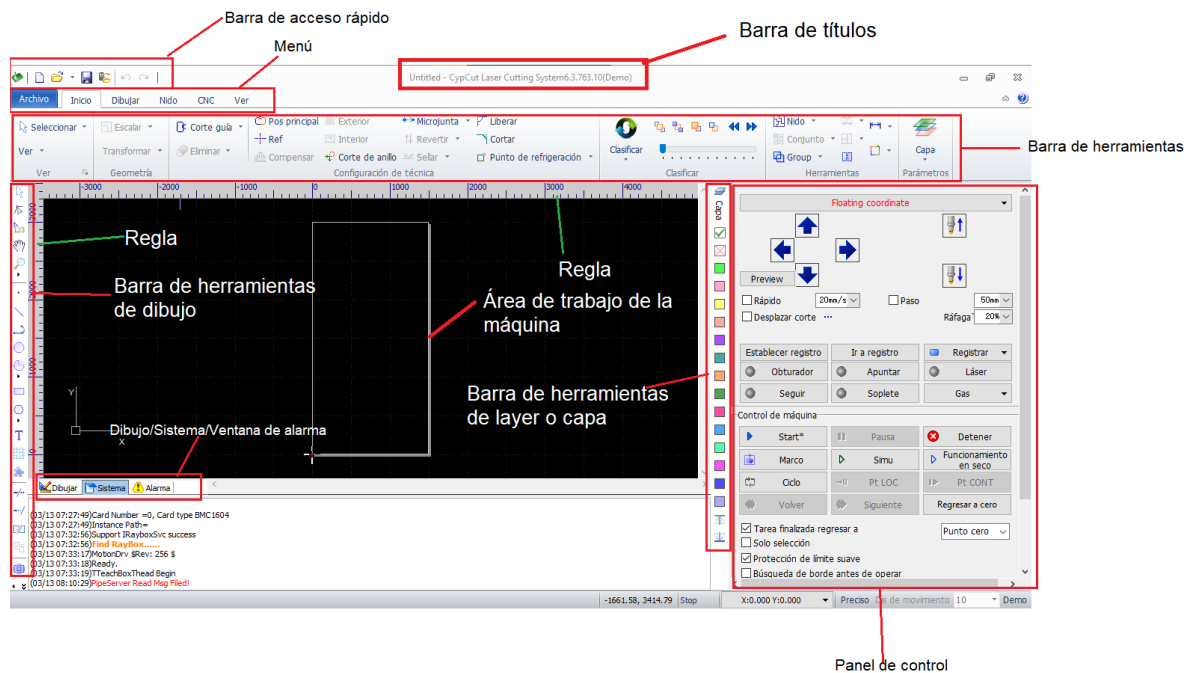


Figura 37. Interfaz de usuario (elaboración propia).

La zona central en negro es tablero de dibujo, el marco blanco es el área de trabajo de la máquina. La cuadrícula del tablero de dibujo y la regla se ajustarán cuando haga zoom en la pantalla negra. En la pantalla principal de arriba a abajo está la barra de títulos, el menú y la barra de herramientas.

Usted puede encontrar las funciones más utilizadas en la barra de herramientas donde el grupo de funciones se muestra con iconos claros.

La barra de menú incluye la pestaña de 'Archivo' y otros 5 menús de herramientas: 'Inicio', 'Dibujar', 'Nido', 'CNC' y 'Ver'. Haga clic en cada una de ellas y se le mostrará la barra de herramientas relacionada.

En la parte superior izquierda está la barra de Acceso rápido, que se utiliza para crear, abrir y guardar archivos. También deshacer y rehacer la operación.

En el lado izquierdo está la "Barra de herramientas de dibujo"; las funciones básicas de dibujo se proporcionan aquí. Los primeros cinco botones se utilizan para cambiar el modo de dibujo, incluyendo selección, edición de nodos y edición de secuencias, arrastre y acerque su pantalla. Los otros botones a continuación corresponden a la edición del gráfico o dibujo a trabajar, haga clic en alguno de estos botones para insertar nuevo gráfico en el tablero de dibujo.

En el lado derecho está la barra de herramientas de "Barra de herramientas de layer o capa" incluyendo un botón de "capa" y otros botones de diferente color de este. Si da clic en el botón de "capa", le aparecerán las herramientas de técnica de corte, donde los operadores podrán modificar todos los parámetros de corte para los diferentes materiales.

Figura 38. Ventana de técnicas de corte o parámetros de corte (elaboración propia).

Usted puede seleccionar un gráfico arrastrando de abajo hacia arriba el cursor del mouse con el clic izquierdo y asignarle un color de layer a este para poder configurar parámetros. Por lo regular, el color verde es usado para corte y el color rosa es usado para marcado.

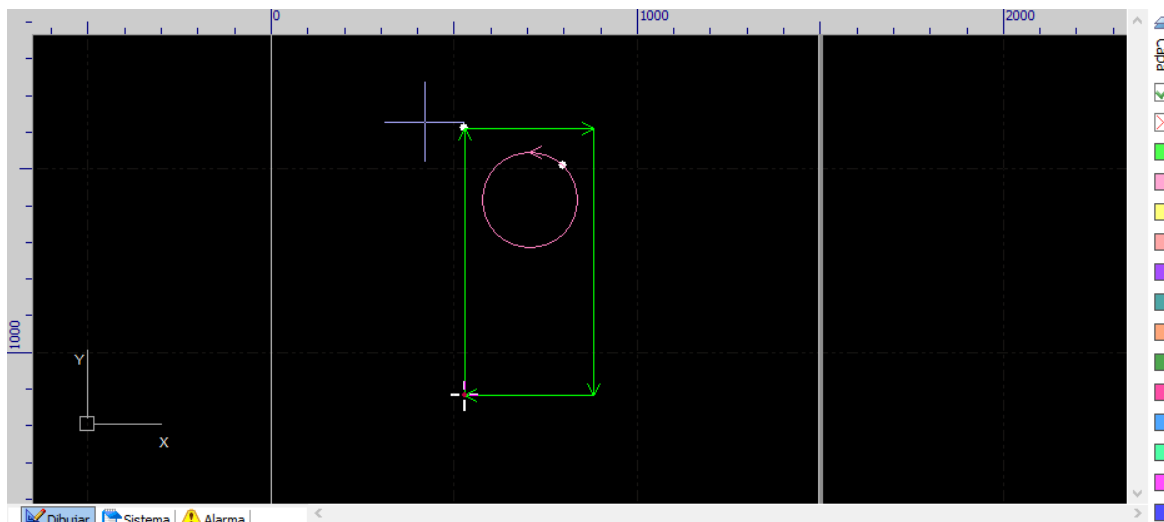


Figura 39. Asignación de capas (elaboración propia).

En la parte inferior encontramos 3 ventanas: Dibujar, Sistema, Alarma. En la ventana 'Dibujar' mostrará toda la información relacionada con el comando de dibujo; en la ventana 'Sistema' mostrará toda la información del sistema, excepto el dibujo, cada mensaje impreso con línea de tiempo (hora de ejecución) y marcado con diferentes colores para que los usuarios puedan reconocer estos mensajes como error, alarma o aviso etc. En la ventana 'Alarma' muestra todos los mensajes de alarma de color rojo.

En el área derecha de la página principal está 'Panel de control' donde los usuarios ejecutan las operaciones de mecanizado más utilizadas.

4.1.1 Barra de herramientas.

Las opciones de la barra de herramientas tienen diferentes subpestañas de herramientas. Vea la siguiente ilustración para comprenderlo.

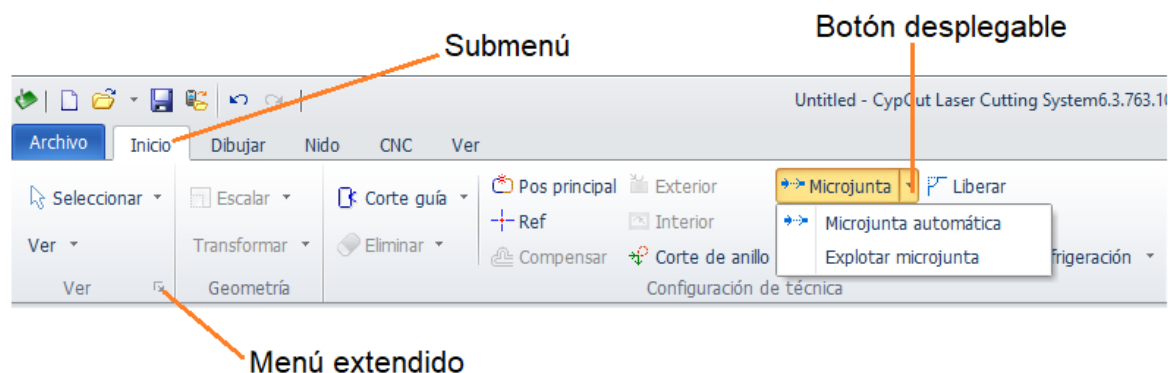


Figura 40. Menús desplegables de la barra de herramientas (elaboración propia).

La barra de herramientas se divide en cinco submenús 'Inicio', 'Dibujar', 'Nido', 'CNC', 'Ver'. Haga clic en el título del submenú cambiará a la página relacionada; durante el proceso de mecanizado se mostrará la página de 'Trabajando' y no puede cambiar a otra página hasta que el proceso se detenga.

4.1.2 Menú archivo

En el botón de archivo tenemos diversas opciones relacionadas con el manejo de archivos. De clic en **Archivo** para ver las opciones de esta pestaña.

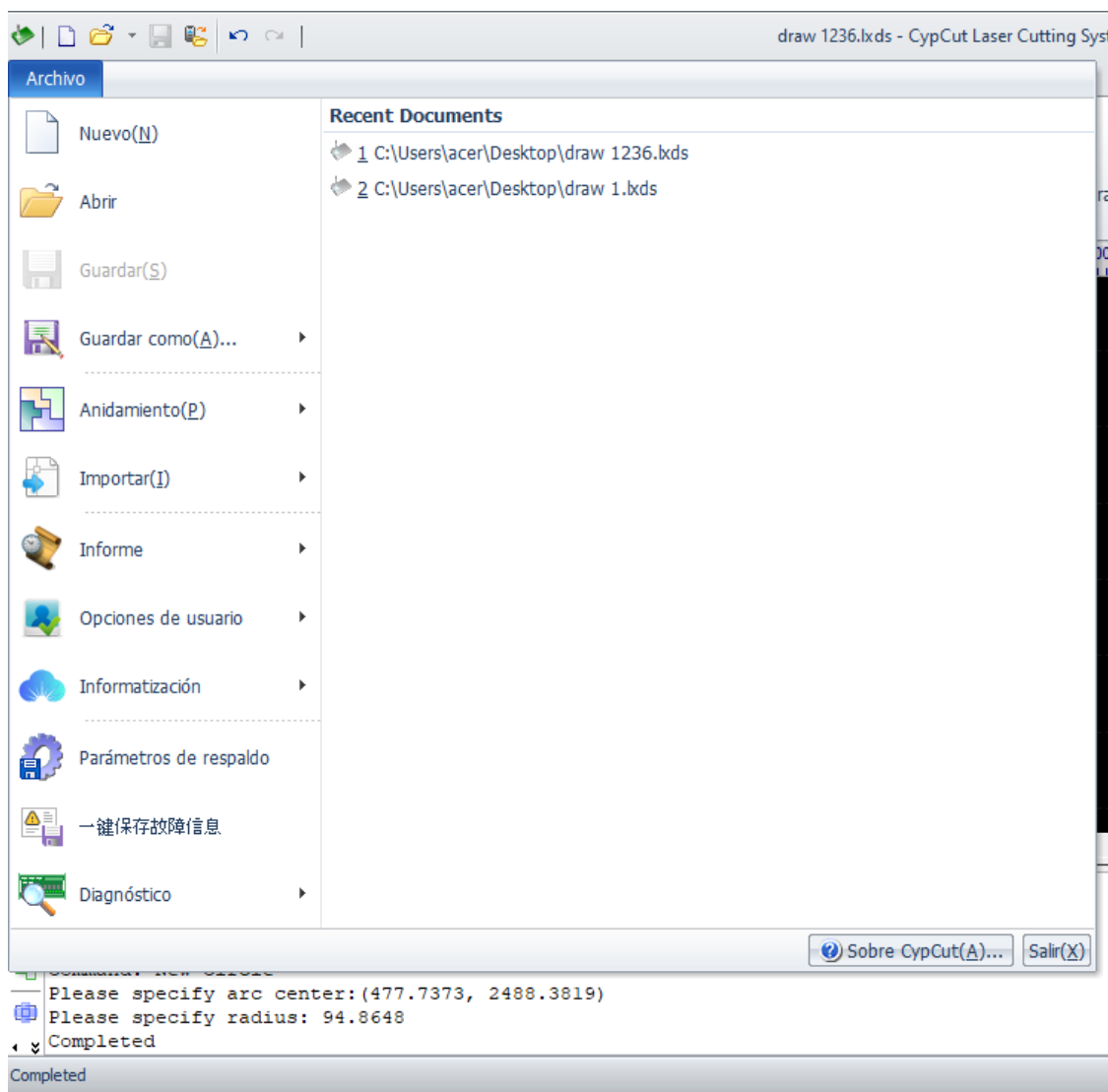


Figura 41. Menú archivo (elaboración propia).

De clic en el menú de archivo y rápidamente le aparecerán los archivos (lado derecho) que ha abierto anteriormente, de esta manera podrá usted acceder a ellos con rapidez de ser necesario.

En ese mismo menú de "Archivo" se encuentra el botón "Abrir", de clic y se le abrirá una pestaña donde le mostrará todas las carpetas que estén guardadas en la computadora de la máquina, de las cuales podrá extraer archivos en formatos DXF o LXD.

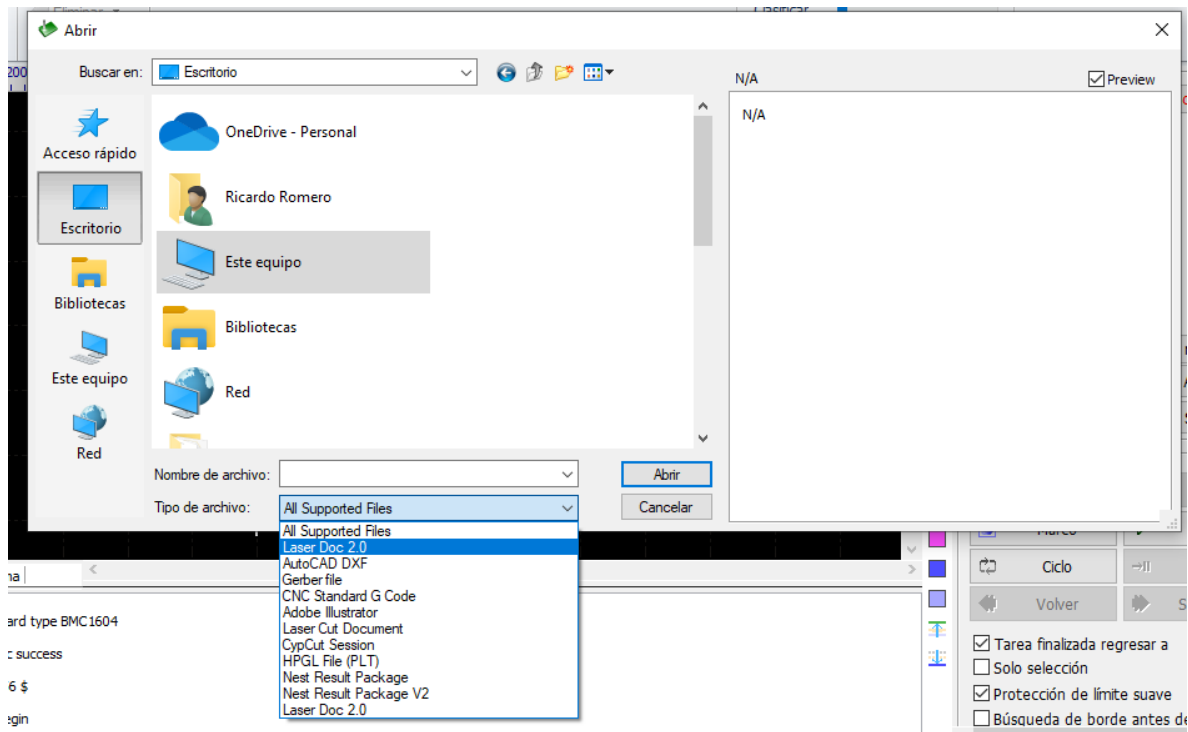


Figura 42. Botón “abrir” (elaboración propia).

Como puede ver en la ilustración anterior, se pueden abrir distintos tipos de archivos, sin embargo, solo usará los dos primeros que son “Laser Doc 2.0” y AutoCAD DXF. El primero es un archivo que genera y guarda desde el software CypCut Laser, y el segundo es un archivo que se genera desde el software de dibujo asistido llamado AutoCAD; el formato DXF no solo lo puede generar desde AutoCAD, sino también en programas de dibujo como SOLIDWORKS, CATIA, etc.

De clic en “Guardar cómo” para guardar un archivo en LXD o DXF y nombrarlo.

Seleccionando el botón de “Importar” no borrará el archivo que tenga abierto actualmente, solo se agregará otro (DXF o LXD). Si desea un nuevo archivo en “blanco”, solo de clic en “Nuevo”.

El botón de “Anidamiento” abre archivos donde haya acomodado un conjunto de dibujos listos para el maquinado, más adelante se explicará este tema.

Mediante “Informe” puede exportar el informe de mecanizado, el informe de anidamiento y el informe de estado de ejecución de la máquina.

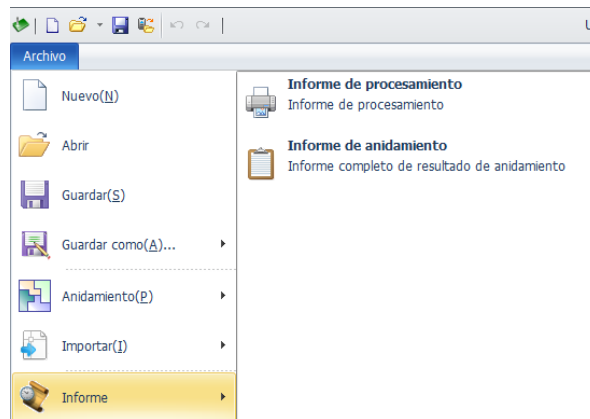


Figura 43. Botón “informe” (elaboración propia).

Si le da clic al botón “Opciones de usuario” y luego a “Parámetros de usuario”, le aparecerá una ventana como la siguiente:

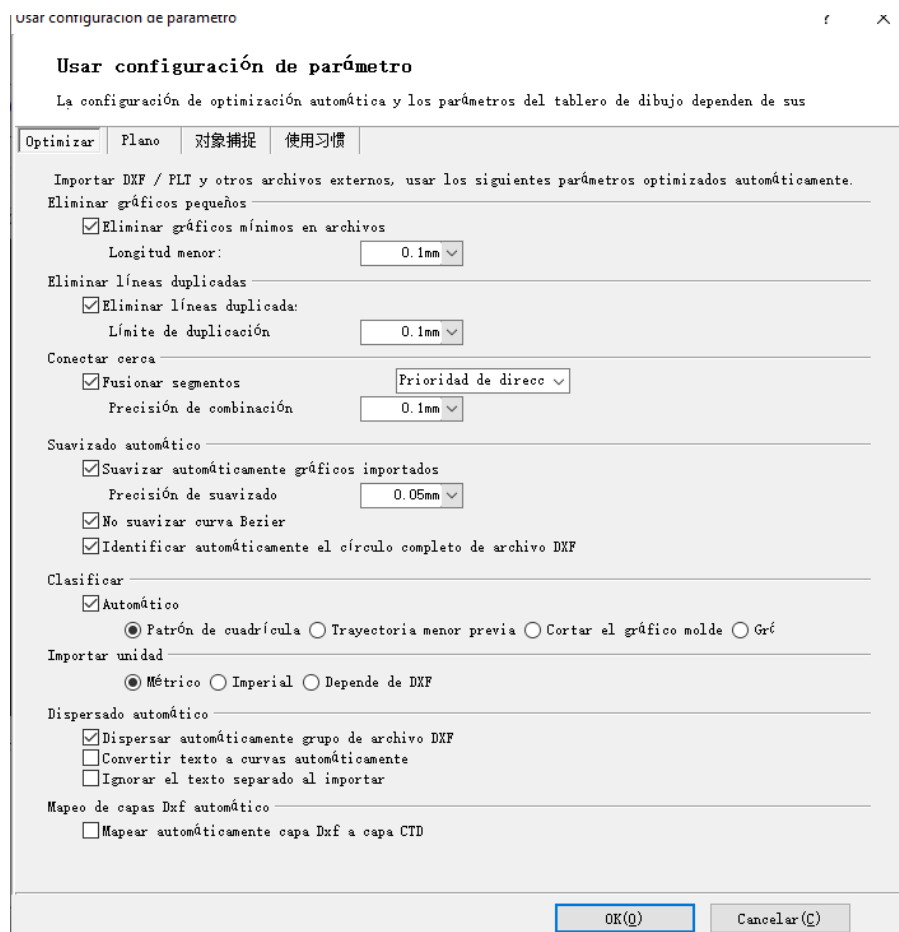
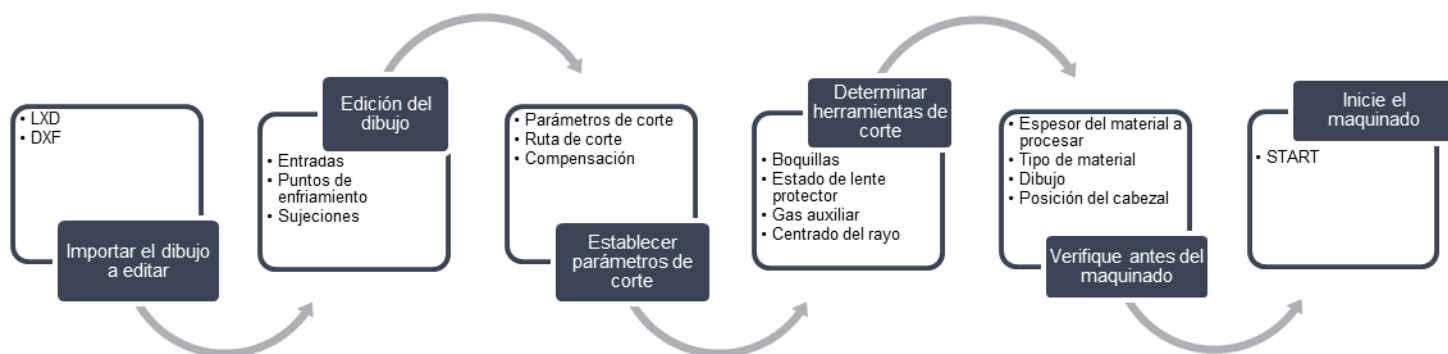


Figura 44. Parámetros de usuario (elaboración propia).

Como puede notar, son parámetros referidos al dibujo y no a la técnica de corte. Por medio de “Parámetros de respaldo” en el menú de archivos los usuarios pueden hacer una copia de seguridad de todos los parámetros en un archivo comprimido. Con “Diagnóstico” puede supervisar y dar solución de problemas en el programa.

4.2 Proceso de operación.



4.2.1 Importar archivos

Haga clic en el botón  en la parte superior izquierda y seleccione el archivo a abrir. La ventana de vista previa del cuadro de diálogo de archivo abierto le ayudará a localizar rápidamente el archivo que necesita.

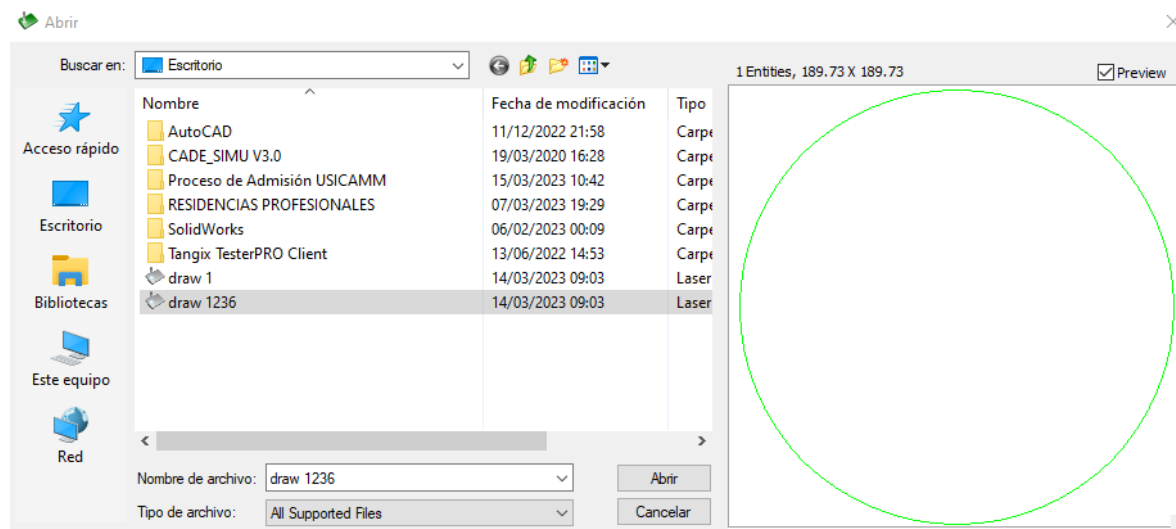


Figura 45. Botón “abrir” con vista previa (elaboración propia).

4.2.2 Preproceso

Al importar gráficos, CypCut Laser elimina automáticamente los gráficos mínimos y las líneas duplicadas, fusiona líneas sin cerrar, suavizado y clasificación automáticos. Generalmente, puede comenzar a establecer parámetros de corte sin otras operaciones. Si el proceso automático no puede

cumplir con sus requisitos, puede abrir el menú “archivo”, luego “parámetros de usuario” para establecer las opciones de función que necesita.

Por lo regular, el software considera que todos los gráficos a procesar deben ser líneas cerradas. Si abre un archivo que contiene gráficos no cerrados, el software puede mandarle mensajes y mostrarlos en color rojo. Esta función podría estar desactivada en su máquina.

Para poder ver los gráficos sin cerrar en su tablero de dibujo, haga clic en el “ver”  y seleccione el botón  “resaltar gráfico no cerrado” y en  “mostrar curva no cerrada en rojo”.

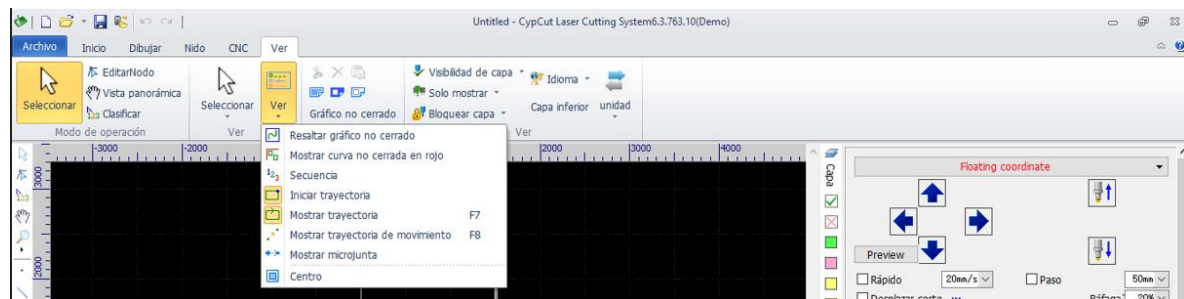
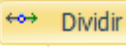


Figura 46. Proceso para resaltar líneas no cerradas (elaboración propia).

Si usted necesita dividir un gráfico manualmente, de clic en el menú de  “inicio”,  “optimizar” y luego en “dividir” .

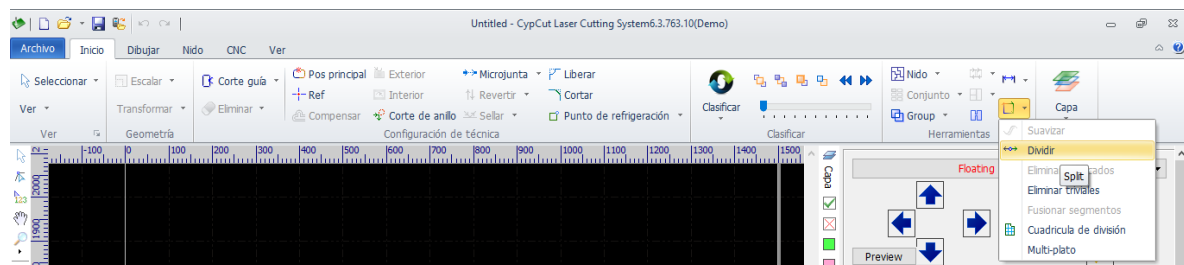


Figura 47. Dividir dibujo (elaboración propia).

Para poder dividir un gráfico, y una vez haya seleccionado la herramienta de dividir, ubique el cursor en la sección del dibujo que necesite dividir, como resultado tendrá una línea punteada en la sección dividida y un “punto blanco” que será un nuevo punto de entrada.

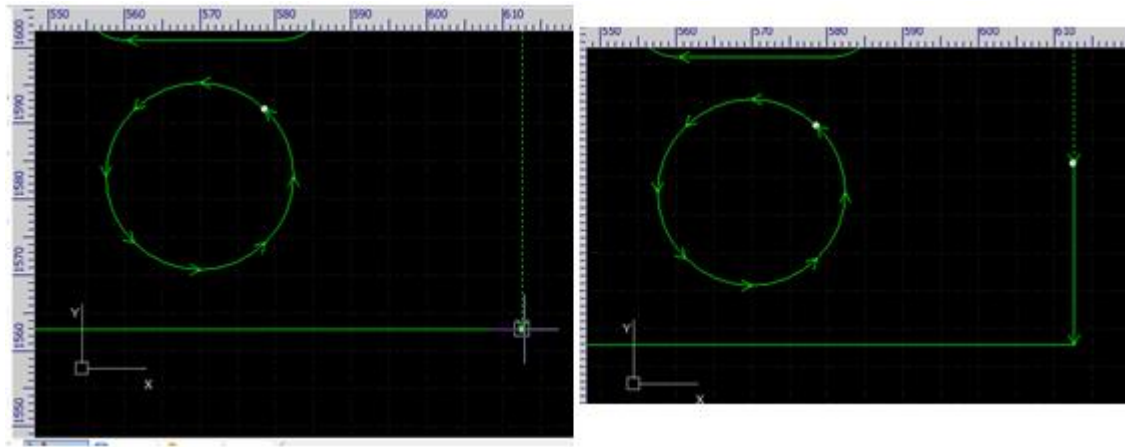


Figura 48. División de dibujos (elaboración propia).

Para unir las secciones divididas vaya por la misma ruta correspondiente para dividir, pero, ahora seleccione la opción de fusionar segmentos.

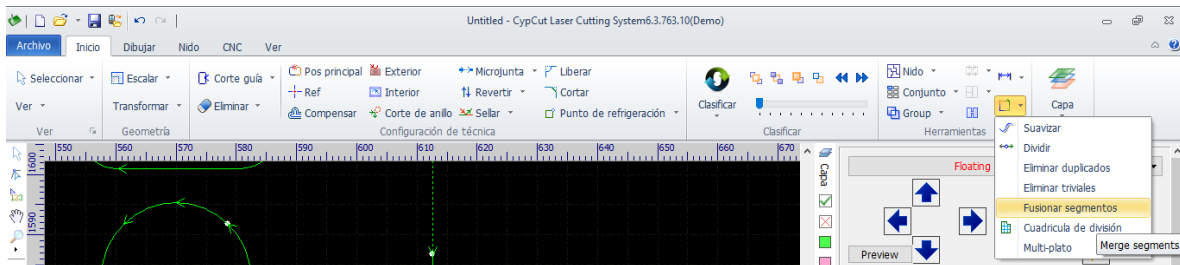


Figura 49. Unir segmentos (elaboración propia).

Seleccione todos los gráficos que desea unir (presione tecla Shift  de su teclado + clic izquierdo) y luego de clic a la herramienta de fusionar segmentos. Le aparecerá una ventana donde le pide la precisión que desea obtener al unir las líneas, como recomendación escriba una posición de 0.05mm, y seleccione la opción “Efecto para los gráficos seleccionados”, al final de clic en ok.

Verá que las líneas se unieron y ahora al seleccionar ese gráfico solo es necesario arrastrar el cursor del ratón.

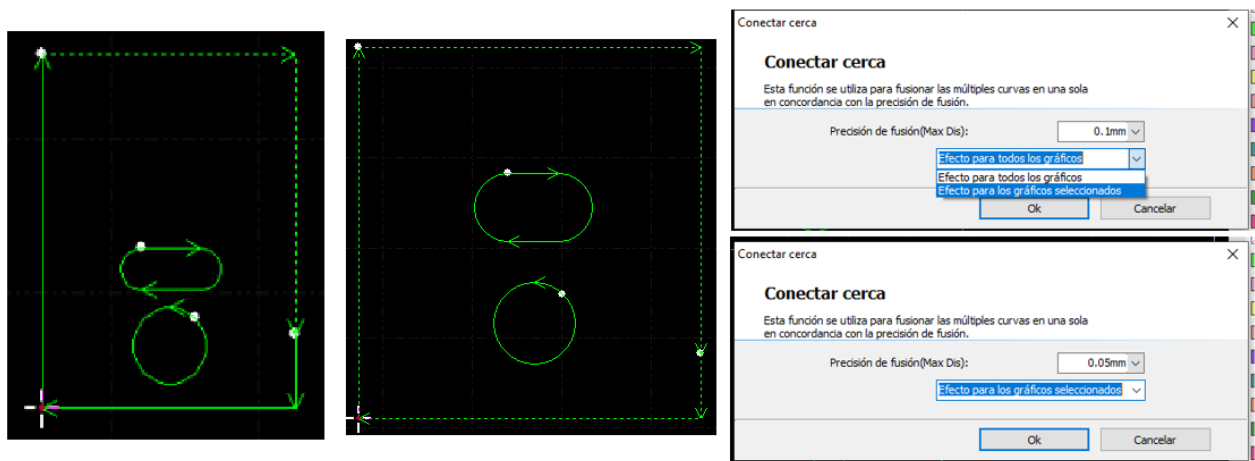
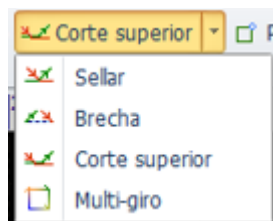


Figura 50. Fusión de segmentos (elaboración propia).

Nota: Cada que desee seleccionar un gráfico después de usar una herramienta con anterioridad, presione la tecla “Esc” que está en la esquina superior izquierda para que el programa le permita seleccionar el gráfico.

4.2.3 Técnica de corte de configuración del corte

Se explicará el uso de todas las herramientas de la sección Configuración técnica en la pestaña de Inicio, iremos por partes.



Comenzando con , que contiene 4 herramientas.

- **Brecha** : sirve para dejar una abertura en la sección que desee dividir, esto sirve para hacer que las piezas no se caigan durante el proceso de corte. Seleccione el dibujo donde desea colocar la brecha, seleccione la herramienta de brecha, escriba la longitud que tendrá esta y de clic en ok.

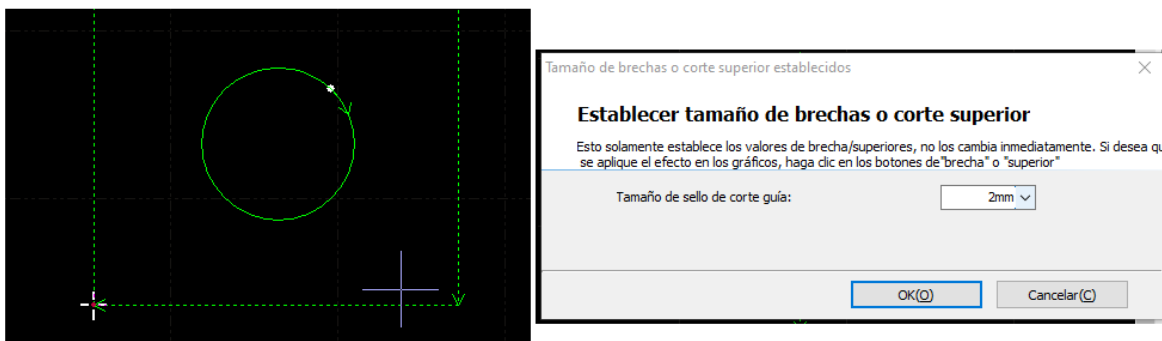


Figura 51. Asignación de Brecha (elaboración propia).

La brecha aparecerá junto al punto de entrada del dibujo que usted seleccionó. Para cambiar la posición de la brecha basta con que cambie la posición del punto de entrada, también conocida como posición principal, esta herramienta se explicará más adelante.

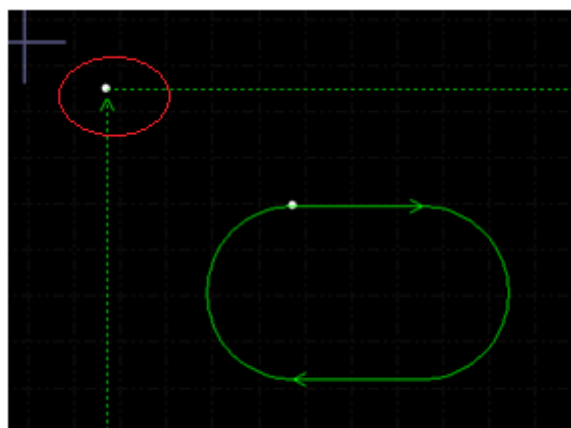
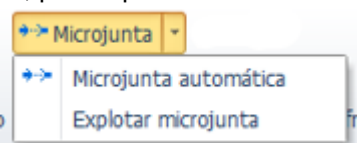


Figura 52. Brecha (elaboración propia).

- **Sellar**  **y Corte superior**  retiran la brecha que haya asignado, básicamente unen el dibujo que dividió. **Multi giro**  asigna **Multi-giro** la cantidad de veces que desea para repetir un corte, si selecciona la ventana de Multi giro le aparecerá una ventana en donde escribirá la cantidad de veces que desea realizar ese corte (lo hace en la misma posición, por lo que no es recomendable realizar un doble corte en la misma pieza).



- **Micro junta** : tiene la misma función que la herramienta brecha, con la diferencia de que la micro junta la puede colocar en donde usted quiera y no forzosamente cerca del punto de entrada, además de que puede colocar más de una micro junta. Primero de clic en la herramienta de micro junta, luego en la figura a la que desee ponerle la micro junta, escriba la longitud de ésta y de clic en ok.
Micro junta automática sirve para colocar la cantidad de micro juntas que usted desee. Las puede colocar “por número total”, es decir, usted asigna la cantidad de micro juntas y su longitud; “por intervalo”, o sea, cada qué distancia desea agregar una micro junta. Puede aplicar a todos los dibujos o solo a la selección (habilite esa opción).

Junta automática

Junta automática		Junta automática	
Esta función se utiliza para mantener las partes conectadas al esqueleto y para evitar la pieza.			
Estilo ☒ Por número total ☐ Por intervalo	Cuenta: 5 Longitud: 2mm Aplicar a todos	Estilo ☐ Por número total ☒ Por intervalo	Distancia: 50mm Longitud: 2mm Aplicar a todos

Figura 53. Micro junta automática (elaboración propia).

Explotar micro junta: separa las líneas del dibujo en la longitud que especifique en el momento en que agregó la micro junta. Es una alternativa a la herramienta de “dividir” ya antes vista.

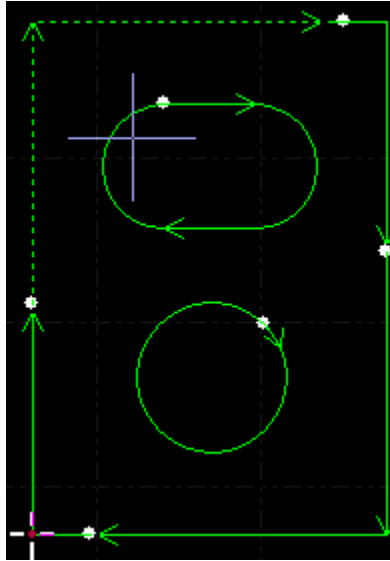
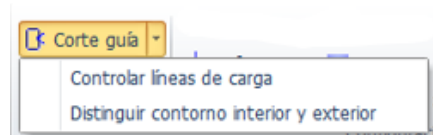


Figura 54. Explosión de micro junta (elaboración propia).

Nota: cada que agrega micro junta se agrega una nueva entrada (sin corte guía) en el corte, se le recomienda usar solo una micro junta para calibres gruesos, ya que muchas micro juntas generarán muchas entradas y diversas perforaciones que afectarán a la calidad de la pieza y del corte. Para calibres delgados (18, 20, 22) puede colocar más de una micro junta si así lo desea, no afectará a su pieza debido al pequeño diámetro de la perforación para esos calibres.



- **Corte guía** : también conocida como entrada, da un avance previo al corte principal de la pieza. Para usar la herramienta, de primero un clic en el o los dibujos que requieran de corte guía, seleccione solo el botón  y le aparecerá una ventana donde podrá establecer la longitud de un corte guía de entrada y de salida, así como su forma geométrica (línea recta, arco, línea + arco), el ángulo de entrada, por dónde entrará (esquina o borde largo), contornos cerrados, contornos interiores o exteriores.

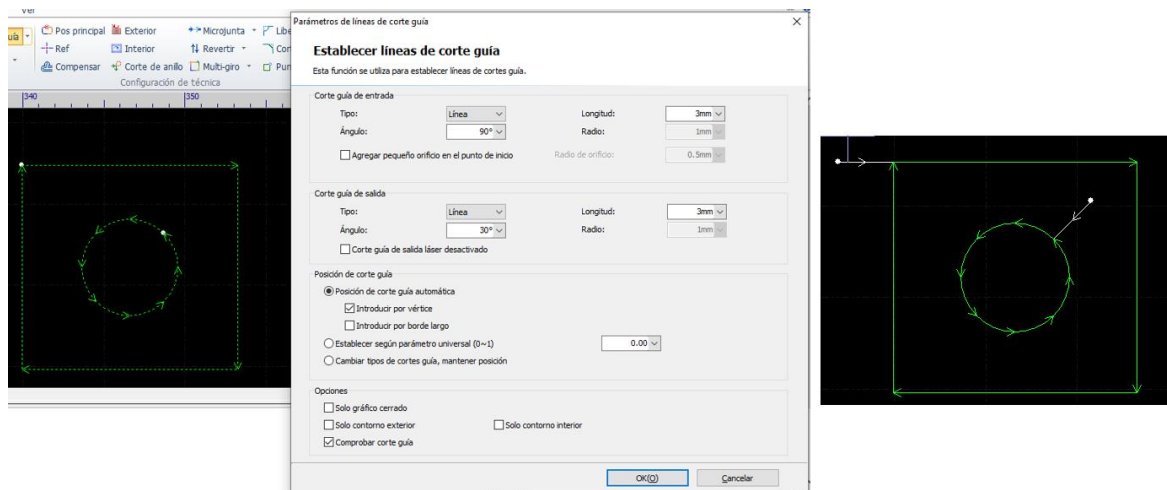


Figura 55. Corte guía (elaboración propia).

Presione a tecla ok y le aparecerán los cortes guía externos y en muchas ocasiones se requiere que el corte guía sea interno, pero, si su dibujo tiene muchos detalles, puede presionar la opción (dentro del mismo corte guía) “Distinguir contorno interior y exterior” y vea el resultado automático; revise cada entrada, puede que el programa no haga interno o externo el corte guía como se debe, evite tener errores.

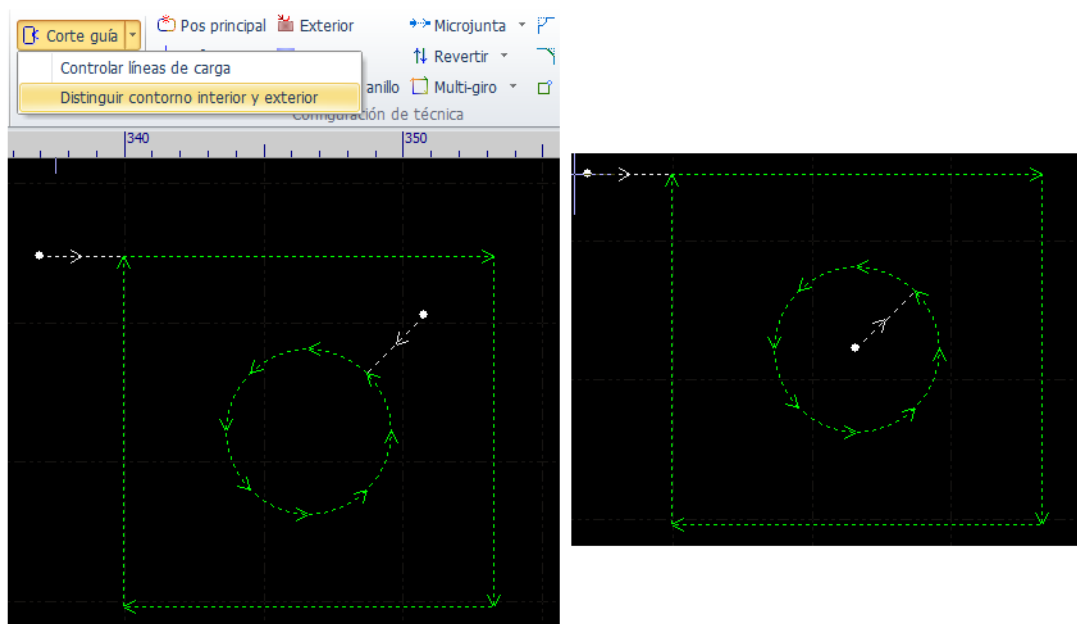


Figura 56. Corte guía interior y exterior (elaboración propia).

También puede hacer internas o externas las entradas (dependiendo de las necesidades) con los siguientes botones:



Figura 57. Entradas (elaboración propia).

Nota: los puntos blancos que anteceden al corte guía son puntos de entrada o puntos de piercing, que es por dónde perfora la máquina.

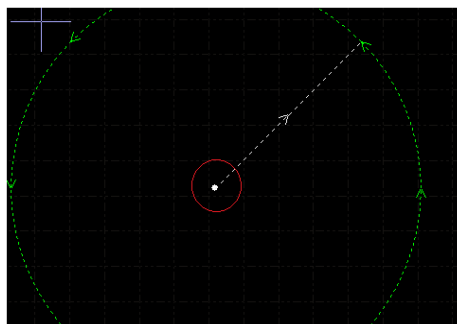


Figura 58. Punto de piercing (elaboración propia).

4.2.4 Planificación de ruta de corte



Establezca la secuencia de corte del gráfico según sea necesario. Haga clic en el menú de Inicio o en Nido para establecer automáticamente la secuencia de corte de todo el gráfico. Al abrir el menú desplegable, puede elegir el patrón de clasificación y reconocer el contorno interno y externo del gráfico de piezas, esto para que se corten primero los dibujos de adentro y al final el contorno exterior.

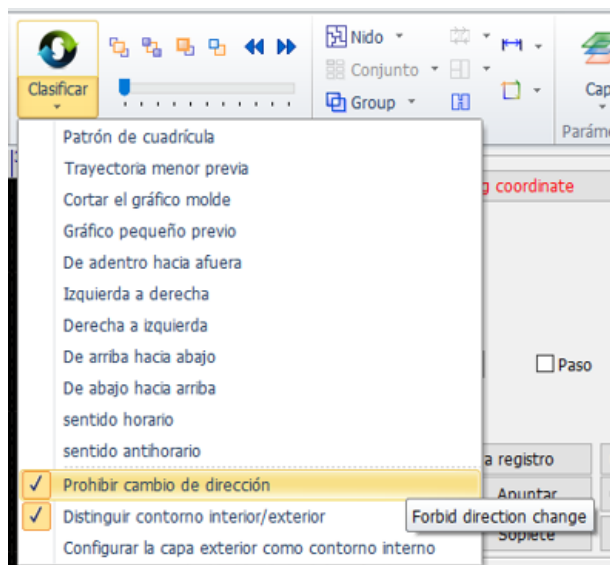


Figura 59. Clasificar orden de corte (elaboración propia).

También puede ordenar los cortes manualmente para optimizar el resultado de la jerarquía automática haciendo clic en  la barra de herramientas izquierda y, a continuación, haciendo clic en el gráfico para establecer la secuencia. Haga clic en un gráfico y haga clic en el siguiente, definirá la secuencia de corte de estos dos gráficos.

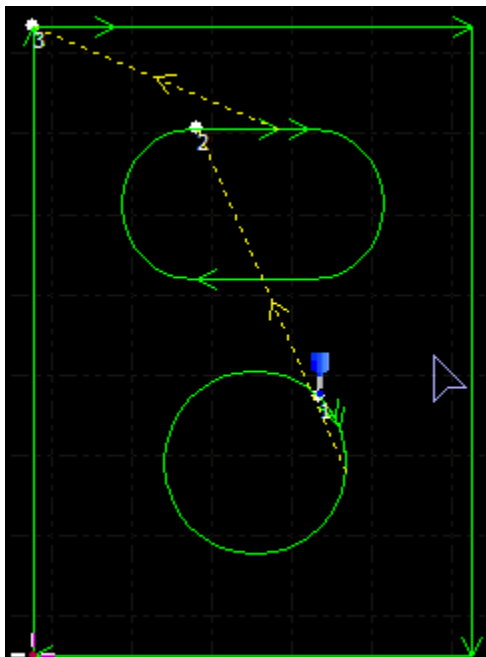


Figura 60. Orden manual (elaboración propia).

Seleccione los gráficos que se han ordenado (establecer secuencia) y haga clic en el botón  en el menú Inicio para establecer un grupo (agrupar). Se fijará la secuencia de los gráficos dentro de un grupo. El grupo de dibujos se definirá como un objeto completo.

4.2.5 Revisión previa al maquinado

Puede comprobar la ruta de la herramienta (cabezal) antes de comenzar a maquinar. Haga clic en el botón Alinear y se alinearán los gráficos que usted haya seleccionado de acuerdo con lo que requiera; arrastre la barra de progreso mostrará rápidamente la secuencia gráfica; haga clic en el botón de Vista previa interactiva para verificar la secuencia una por una.

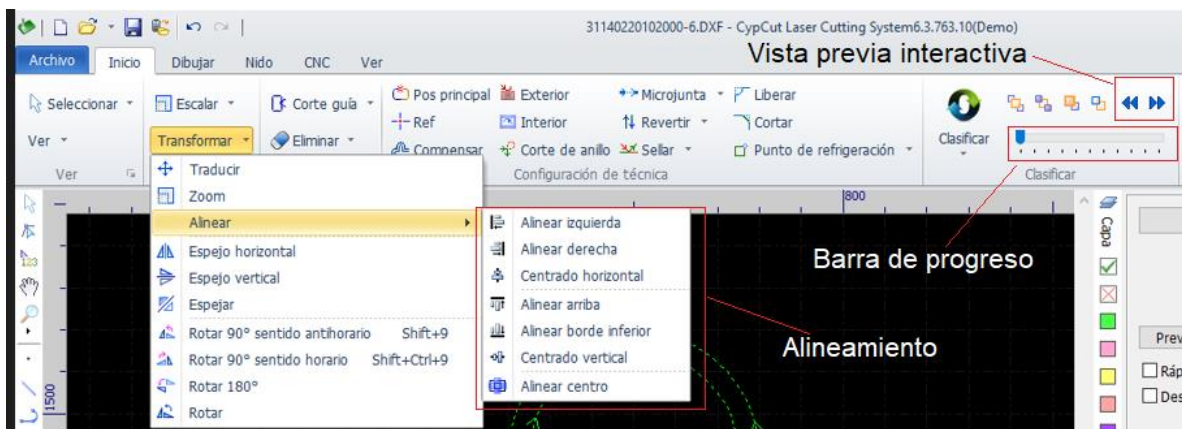
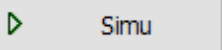


Figura 61. Pre maquinado (elaboración propia).

Puede simular el proceso de corte en el programa con el botón de simulación , seleccione lo que desea cortar, de clic en "sí" (yes) en la ventana que le aparezca y observe. Puede modificar la velocidad de simulación en la pestaña de CNC.

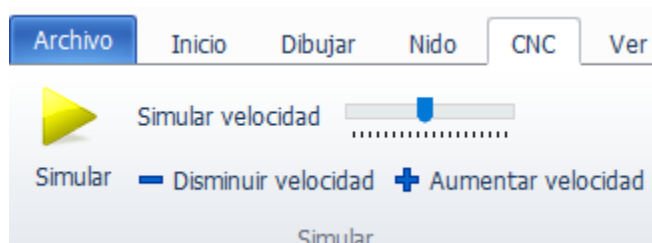


Figura 62. Velocidad de simulación (elaboración propia).

4.2.6 Inicio del maquinado.

Haga clic en  Ref dentro del menú Inicio, aquí puede modificar la posición de referencia del gráfico. Por ejemplo, si la cabeza del láser está en la parte inferior izquierda del gráfico, establezca la referencia como inferior derecha

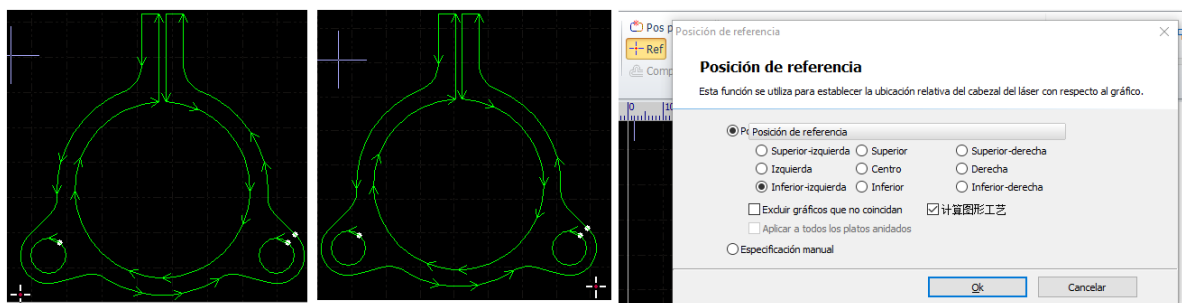
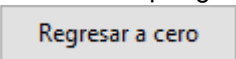


Figura 63. Referencia y cambio de esta (elaboración propia).

Después de comprobar la posición, haga clic en "Frame" (marco), dentro del panel de control o en el propio mando de control remoto de la máquina; la cabeza del láser se moverá a lo largo del marco rectangular del gráfico, puede verificar si el área de mecanizado es el que requiere.

En su control remoto de la máquina puede usted seleccionar el botón de “Dry cut” para que el cabezal haga una simulación física de exactamente por dónde pasará el cabezal para el corte. Dry cut es muy diferente a Frame, pues Frame realiza un recorrido del área total de material que ocupa la pieza, y Dry cut realiza el recorrido exacto por dónde pasaría el cabezal en el material a procesar.

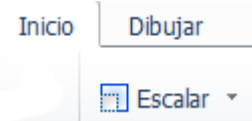
Otras funciones que puede encontrar en el panel de control y en el control remoto de la máquina son:

- Start: Da inicio al proceso de maquinado.
- Pause: Retiene el proceso de corte hasta que vuelva a activar el botón Start en su control. Con esta función puede mover en los 3 ejes el cabezal, abrir el láser, cerrar el gas, etc.
- Stop: retiene por completo el proceso, en dado caso que vuelva a presionar el botón de Start, la última posición en la que este el cabezal será el nuevo punto cero de la pieza en proceso. Tenga cuidado de no perder su cero pieza, se le recomienda que después de haber presionado el botón de Stop regrese a cero con la combinación de Fn + Zero en su control remoto, o con  en su panel de control.
- Back: se puede usar únicamente si tiene activo el botón de Pause. Regresa unos pasos al cabezal en la trayectoria de corte.
- Forward: se puede usar únicamente si tiene activo el botón de Pause. Adelanta unos pasos al cabezal en la trayectoria de corte.

4.3 Transformación geométrica.

Modificación de escala.

Puede modificar la escala de su dibujo con la herramienta de escalar que se encuentra en el menú

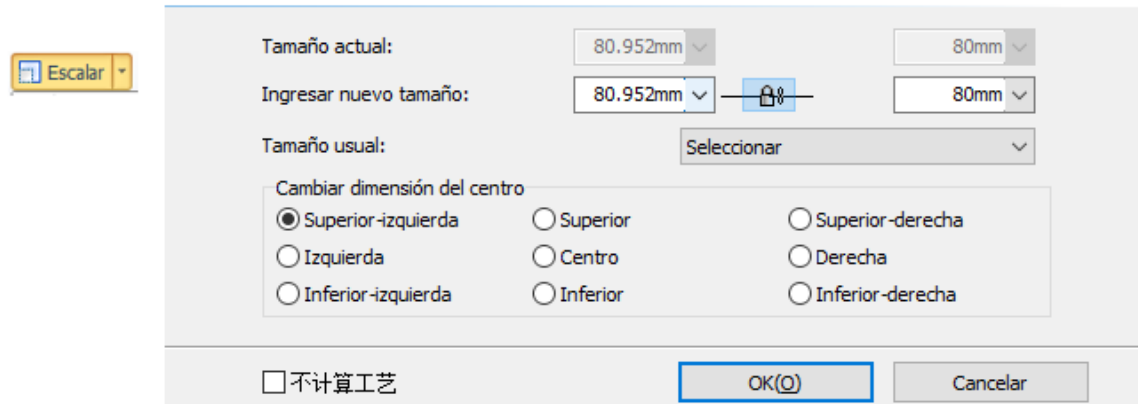
 de inicio . Si le da clic al menú debajo de esa opción, le aparecerán las siguientes opciones:



básicamente aquí podrá reducir o aumentar la escala de su dibujo. Si lo que desea es modificar alguna medida en específico en su dibujo, tiene que dar clic en directamente en la herramienta de Escalar y asignar las medidas que desea.

Modificar tamaño:

Esta función se utiliza para modificar el tamaño de los gráficos.



Escalar

Tamaño actual: 80.952mm 80mm

Ingresar nuevo tamaño: 80.952mm 80mm

Tamaño usual: Seleccionar

Cambiar dimensión del centro

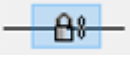
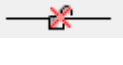
☒ Superior-izquierda ☐ Superior ☐ Superior-derecha

☐ Izquierda ☐ Centro ☐ Derecha

☐ Inferior-izquierda ☐ Inferior ☐ Inferior-derecha

☐ 不计算工艺 OK(O) Cancelar

Figura 64. Escalar un dibujo (elaboración propia).

Si modifica la medida del ancho y no presiona el botón de bloqueo , el largo se cambiará automáticamente, ajustándose al ancho que usted asigne. Si desbloquea las medidas al presionar el botón antes mencionado , podrá modificar ambas medidas de forma independiente.

Para asignar medidas a una circunferencia, no presione el botón de bloqueo, solo asigne una medida y la otra se ajustará al diámetro que haya escrito.

4.3.1 Gráficos estándar

En la parte izquierda encontrará los gráficos que puede dibujar en el programa de Cypcut Laser.



Figura 65. Línea : Puede dibujar una línea (elaboración propia).

- **Polilínea** : le permite dibujar diversa cantidad de líneas hasta formar un contorno cerrado.

- **Círculo**  : traza una circunferencia.
- **Arco de punto**: le permite trazar un arco con un solo punto.
- **Escanear arco**: traza un arco de tres puntos.
- **Elipse**: traza una elipse.
- **Rectángulo**: traza dicha figura.
- **Redondo Recta**: traza un rectángulo con las esquinas redondeadas.
- **Polígono**: dibuja un polígono, además de que le permite elegir el número de lados de su figura.
- **Estrella**: le permite dibujar una estrella.
- **Texto**  : le permite ingresar el texto que desee, la fuente, el tamaño de las letras, la escala y el ángulo de inclinación.

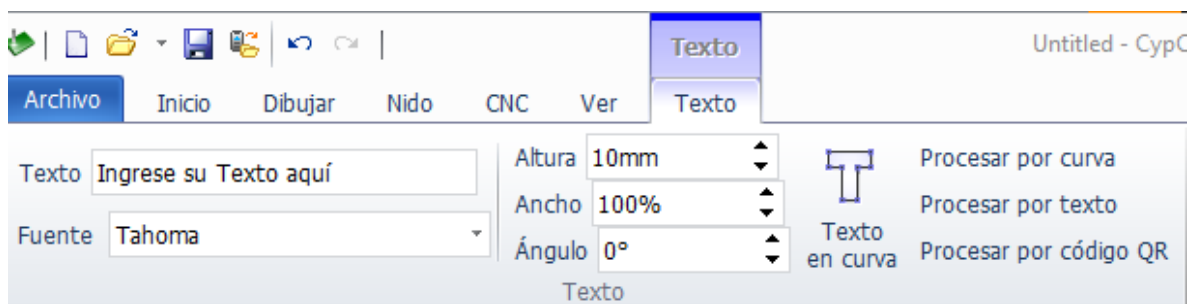


Figura 66. Herramientas para texto (elaboración propia).

Dibujar partes estándar  : le permite dibujar prediseños que tiene el programa.

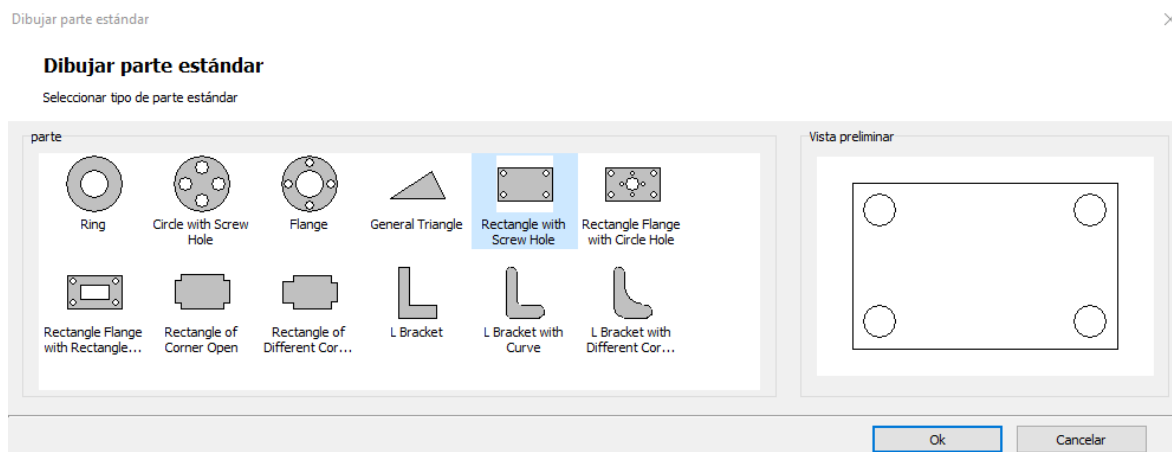


Figura 67. Prediseños (elaboración propia).

Cada uno de los prediseños tienen una vista previa, y al dar clic en OK aparecerá una ventana donde puede modificar las medidas de este prediseño. Al modificar cada parte del prediseño se le mostrará una cota donde podrá ver qué es lo que está modificando, al final de clic en OK y ubique el dibujo en el lugar que ya haya designado dentro del área de trabajo.

4.3.2 Medición

Cypcut Laser provee de una herramienta que mide la distancia entre dos puntos  , la encontramos en el menú de inicio.

Seleccione el icono de la herramienta e indique de dónde a dónde desea medir.

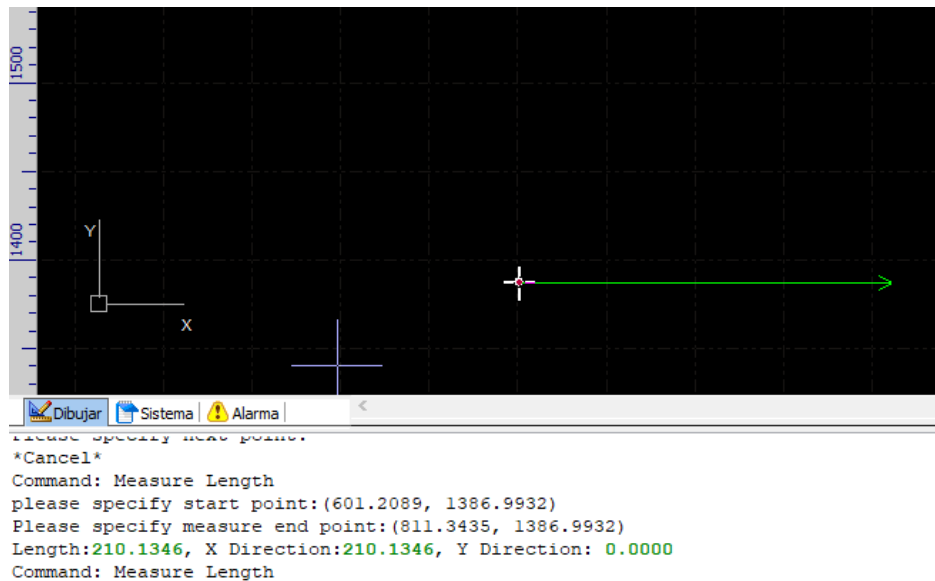


Figura 68 Medición de recta (elaboración propia).

En la ventana de comandos le aparecerá la medida entre puntos que haya usted seleccionado.

4.3.3 Optimización gráfica

La herramienta general de optimización gráfica se encuentra en la ventana de inicio y con el icono siguiente .

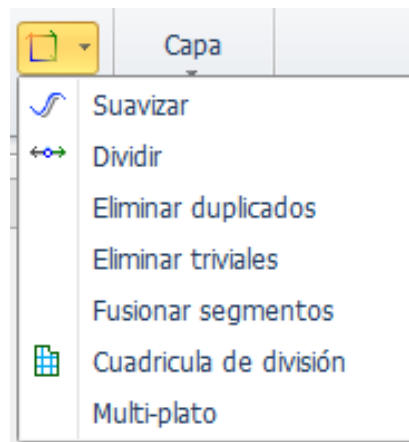


Figura 69. Herramientas de optimización gráfica (elaboración propia).

- **Suavizar**  : hace más finas las curvas en el dibujo, también afina imperfecciones en el mismo.



Figura 70. Herramienta de suavizar (elaboración propia).

- **Eliminar duplicados:** Esta función se utiliza para eliminar la línea superpuesta en el contorno cerrado.
- **Eliminar triviales:** A veces, los gráficos importados pueden contener gráficos visualmente imperceptibles, lo que resulta en una posición anormal en el mecanizado. Usted puede usar esta función para eliminar estos gráficos mínimos estableciendo el rango de dimensiones para definir los gráficos mínimos. Los gráficos más pequeños que el rango de dimensión serán eliminados.
- **Fusionar segmentos:** en muchas ocasiones el dibujo CAD no viene “cerrado”, esto será un problema enorme al momento de realizar el maquinado. La función de fusionar segmentos le pedirá un rango de precisión para fusionar los dibujos abiertos, este rango no es más que la distancia máxima a cerrar en su dibujo.

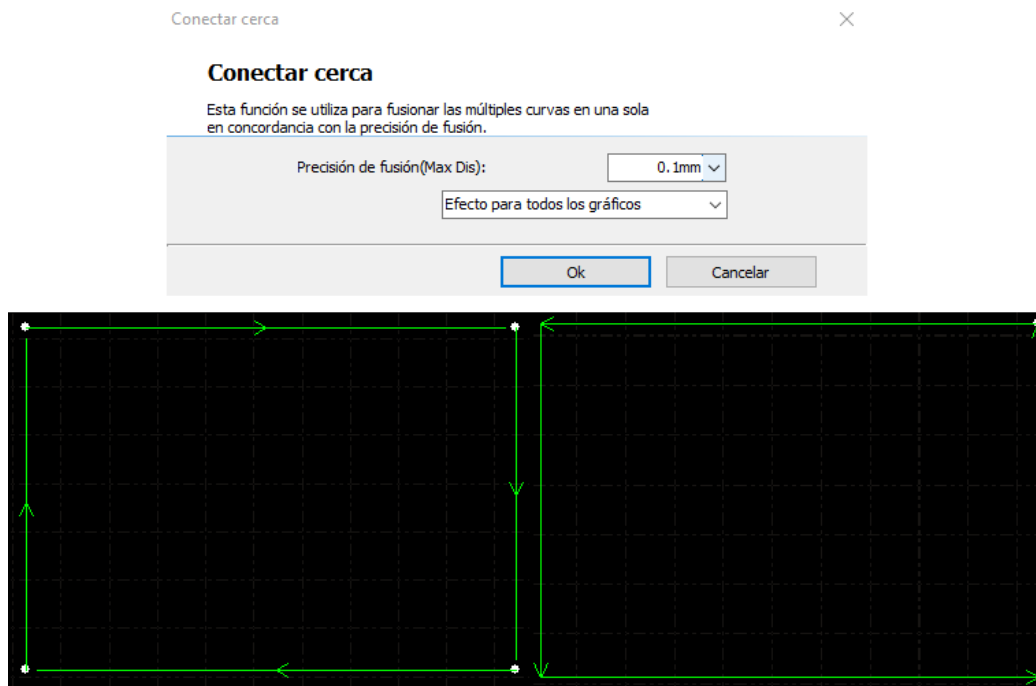


Figura 71. Fusionar segmentos (elaboración propia).

4.4 Técnicas para el maquinado

4.4.1 Compensación

Para poder obtener el valor necesario para compensar, debe medir la medida real del corte, es decir, haga una “prueba”, mida su resultado y compare con las medidas del plano.

$$\text{Compensación} = \frac{\text{lo que se requiere} - \text{lo que se tiene en corte}}{2}$$

Sin embargo, hay algunos factores que debe de considerar al momento de compensar:

- El ancho de la boquilla: el tamaño del haz (ancho del rayo) es lo que afecta, a mayor diámetro de la boquilla mayor será la abertura del corte, por lo que hay que compensar menos.
- Tipo de gas (oxígeno, nitrógeno o aire comprimido): en el corte por aire, o con nitrógeno, no es necesario compensar en la mayor parte de los casos, debido a que el corte con este gas es más fino. Compense en el corte con aire si y solo si le solicitan estar dentro de cierto rango de tolerancia.
En el caso del corte con oxígeno, siempre es necesario compensar.
- El material: la compensación va a depender mucho del grosor de este, por lo son *directamente proporcionales*.
- La marca del cabezal y la potencia de la máquina de corte láser.

La compensación es la línea de color blanco que se muestra en pantalla. Esa línea blanca, que es la compensación, es la ruta real de la herramienta.

El gráfico en color verde (o sea cual sea el color de Layer que haya escogido) es el dibujo original, y no es la ruta real de la herramienta.



Figura 72. Línea de compensación (elaboración propia).

La compensación puede ser interna o externa, la compensación interna es para barrenos o dibujos de interiores. En cuanto a la compensación externa, es útil para la parte externa de los dibujos.

Si desea compensar figuras interiores en un dibujo, lo que debe hacer es comprimir esa compensación; si la figura es externa, como un contorno, la compensación se expande.

En la ventana que el programa le brinda para la herramienta de compensación, se le especifican 2 entradas de números, entrada para ancho interior (es la compensación que se comprime) y para el ancho exterior (es la compensación que se expande).

4.4.2 Punto de refrigeración

Los puntos de refrigeración se aplican en cada esquina, se le recomienda que el ángulo de apertura de estas esquinas sea de 90° a 30° (menores a 30° será necesario reemplazar por un redondeo). El otro rango que se le recomienda es de 90° a 170° en las esquinas.

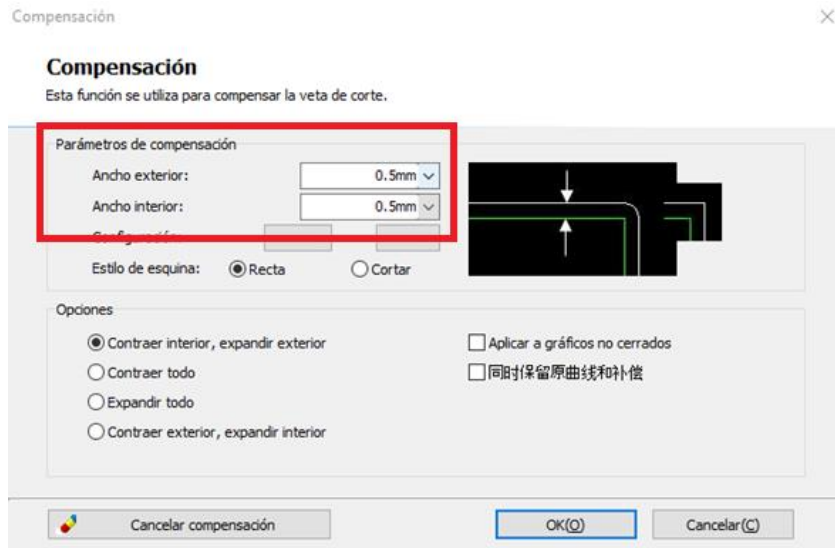


Figura 73. Compensación interna y externa (elaboración propia).

No es necesario colocar un punto de refrigeración adelante del corte guía o línea de entrada.

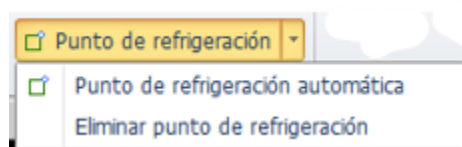


Figura 74. Punto de refrigeración (elaboración propia).

La herramienta de punto de refrigeración tiene la opción de hacerlo automáticamente, donde la da la opción de agregarlo en el rango de ángulos que usted desee, y también si requiere agregar un punto de enfriamiento en la entrada del corte.

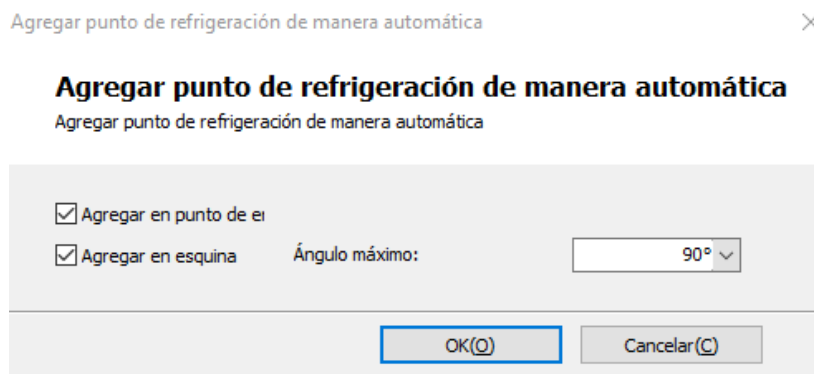
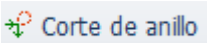


Figura 75. Punto de refrigeración automática (elaboración propia).

También le da la opción de eliminar los puntos de refrigeración, para ello solo seleccione el dibujo al que le haya agregado los puntos de refrigeración y de clic a la opción de eliminar puntos de refrigeración.

Nota: evite poner puntos de micro junta antes de agregar los puntos de refrigeración, porque se le agregaran puntos de enfriamiento en cada apertura de línea que se le haya agregado en la micro junta.

4.4.3 Corte anillo

El corte de anillo  es usado para crear una ruta adicional para mejorar la calidad de corte de una esquina aguda.

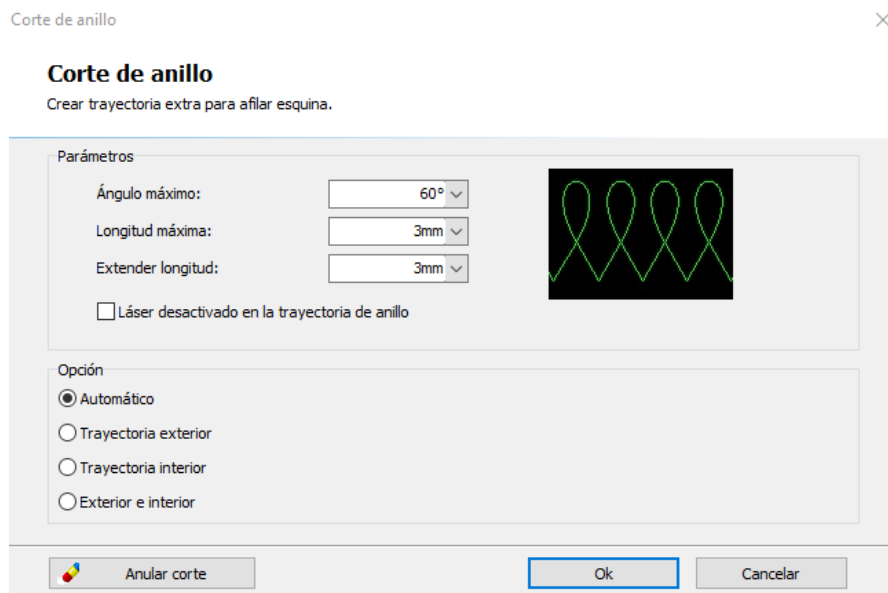


Figura 76 Corte de anillo (elaboración propia).

4.4.4 Cortar y liberar

Las funciones de cortar y liberar   tienen la siguiente función:

- **Liberar**  : hace una semi circunferencia con el radio que usted especifique y en la esquina que usted asigne.

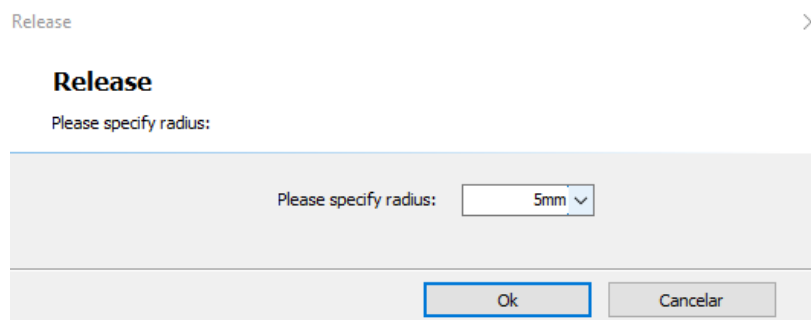


Figura 77. Radio para función liberar (elaboración propia).

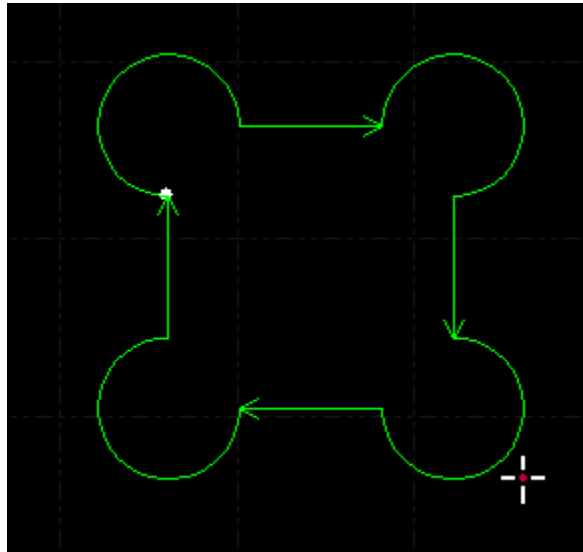


Figura 78. Efectos de la función liberar (elaboración propia).

- **Cortar**  : hace un redondeo en la esquina que usted asigne y con el radio que decida.

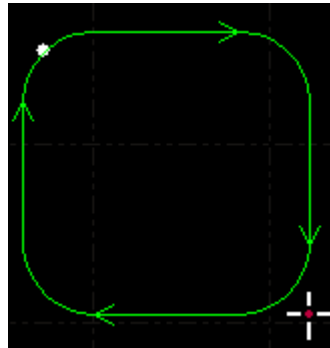


Figura 79. Efectos de la función cortar (elaboración propia).

4.4.5 Conjunto

Herramienta que le ayudará a crear un conjunto de dibujos en filas y columnas según sean sus necesidades.

La herramienta tiene opciones donde podrá crear conjuntos rectos, de forma manual, circulares y de relleno completo (anidamiento o nestado parcial). La herramienta de conjunto se usa muy frecuente al momento de hacer un nestado (optimización del material).

La herramienta se encuentra en su pestaña de inicio, y lo encuentra con el nombre de Array o Conjunto:

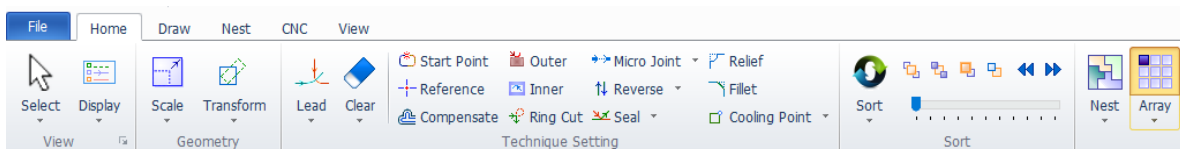


Figura 80. Ubicación de la herramienta Conjunto (elaboración propia).

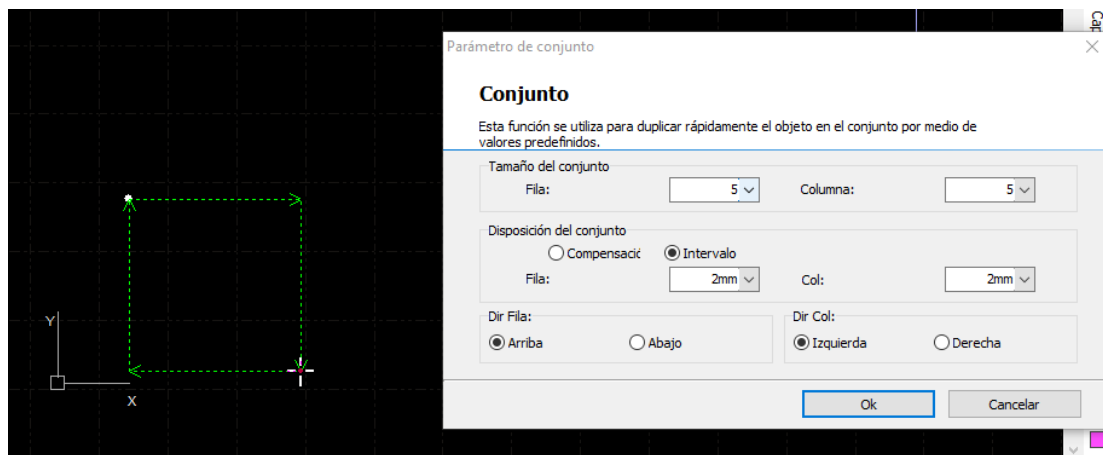


Figura 81. Conjunto normal (elaboración propia).

Si da clic en la herramienta de conjunto puede generar la cantidad de filas y columnas que desee, todo a partir de un solo dibujo. Puede dar separación entre filas y columnas con la distancia que requiera en función del grosor del material (vea la Tabla 1 del tema 5.1.4).

La separación por compensación hará que el resto de sus dibujos estén muy juntos (si no considera la adición de las dimensiones de su dibujo original) debido a que su función es solo separar las aristas de los dibujos con la distancia que especificó; quedará algo parecido a la compensación.

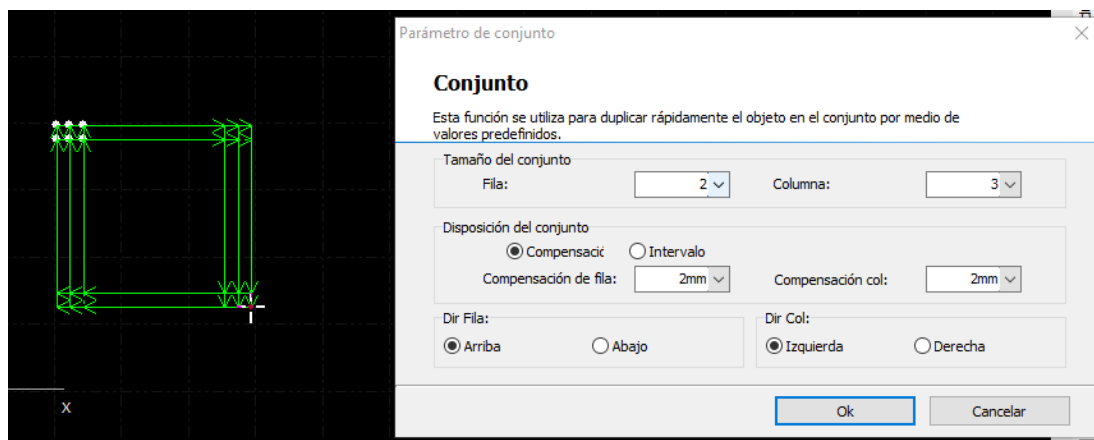


Figura 82. Conjunto por compensación (elaboración propia).

Por otro lado, la separación por intervalo es lo que más le resultará útil, separará cada dibujo al final de estos, considerando el corte guía.



Figura 83. Conjunto por intervalo (elaboración propia).

De clic en las opciones que la herramienta de conjunto le ofrece.

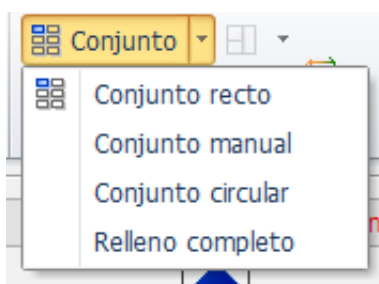


Figura 84. Herramientas de conjunto (elaboración propia).

El **conjunto circular** se hace de la siguiente manera:

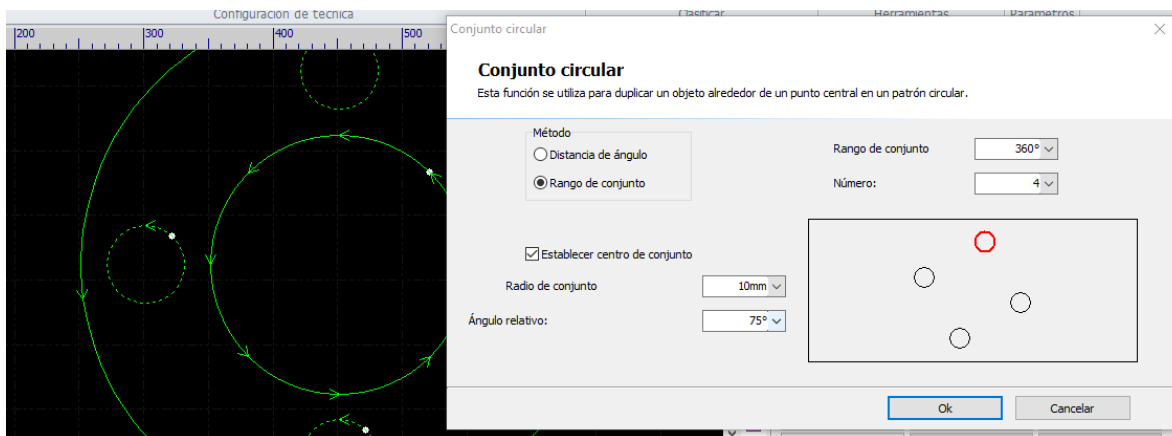


Figura 85. Conjunto circular (elaboración propia).

Debe mantener activa la casilla de “Establecer centro de conjunto” para ver la imagen de vista previa de cómo se verá su conjunto circular.

4.4.6 Agrupar

La función de agrupar le sirve para hacer en una sola unidad dos o más dibujos, esto con la intención de que alguna de las entidades de su dibujo no se le muevan por un descuido y su corte quede fuera de especificaciones. Podrá identificar que un dibujo no está agrupado si al seleccionar una sola entidad de éste, únicamente la selección se pondrá en líneas punteadas.

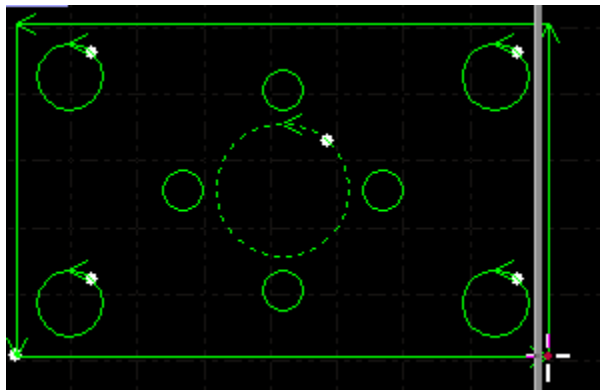


Figura 86. Figura no agrupada (elaboración propia).

Cabe destacar que el agrupamiento no solo aplica en dibujos con entidades internas como el que se mostró en la ilustración anterior, sino también para un conjunto de dibujos sin estructuras internas, como los siguientes.

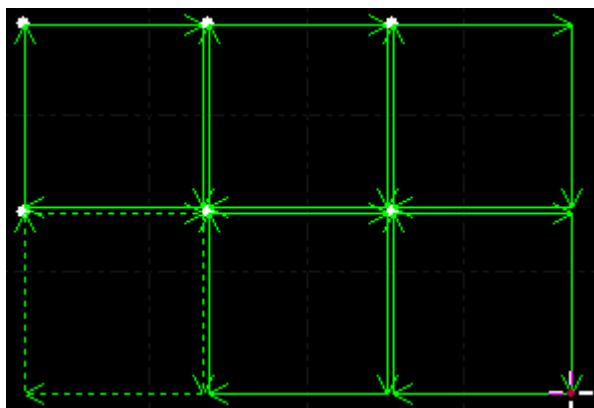


Figura 87. Conjunto de cuadrados sin agrupar. Podrá identificar que no están agrupados debido a que solo uno de estos cuadros puntea sus líneas (elaboración propia).

Para agrupar sus dibujos, solo debe seleccionar todo lo que desee agrupar, luego de clic en  Group y automáticamente tendrá todas las entidades que haya seleccionado, agrupadas.

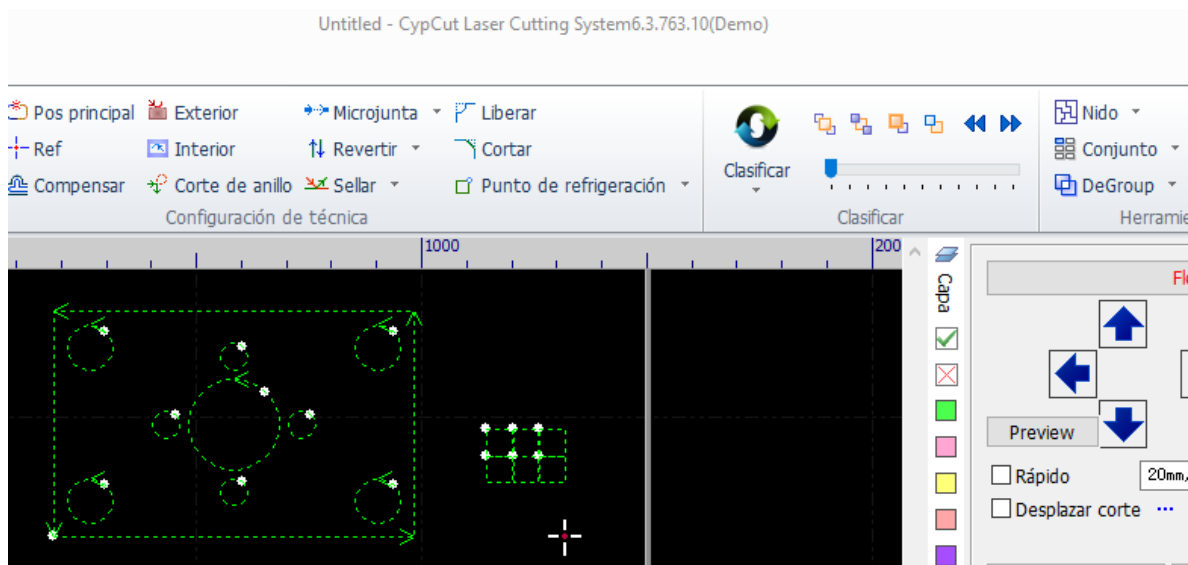
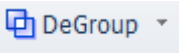


Figura 88. Dibujos agrupados (elaboración propia).

Si lo que desea es desagrupar, seleccione su grupo de dibujos, luego de clic en , de esta forma podrá desagrupar su selección.

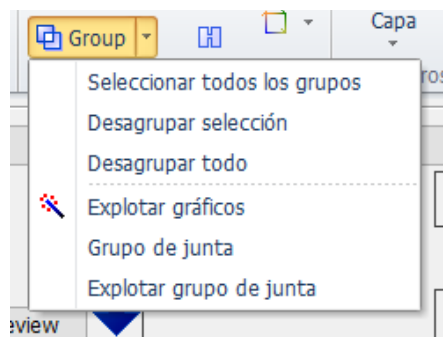


Figura 89. Opciones en la función agrupar (elaboración propia).

Todas las opciones de “Agrupar” son para lo siguiente:

- **Seleccionar todos los grupos:** selecciona todos los grupos que haya creado sin necesidad de hacer clic en cada uno de éstos.
- **Desagrupar selección:** desagrupa únicamente lo que haya seleccionado.
- **Desagrupar todo:** desagrupa todo sin necesidad de seleccionar nada.
- **Explotar gráficos:** Hace que las líneas de cada gráfico se separen, es decir, hace discontinuas las líneas que forman un solo dibujo.

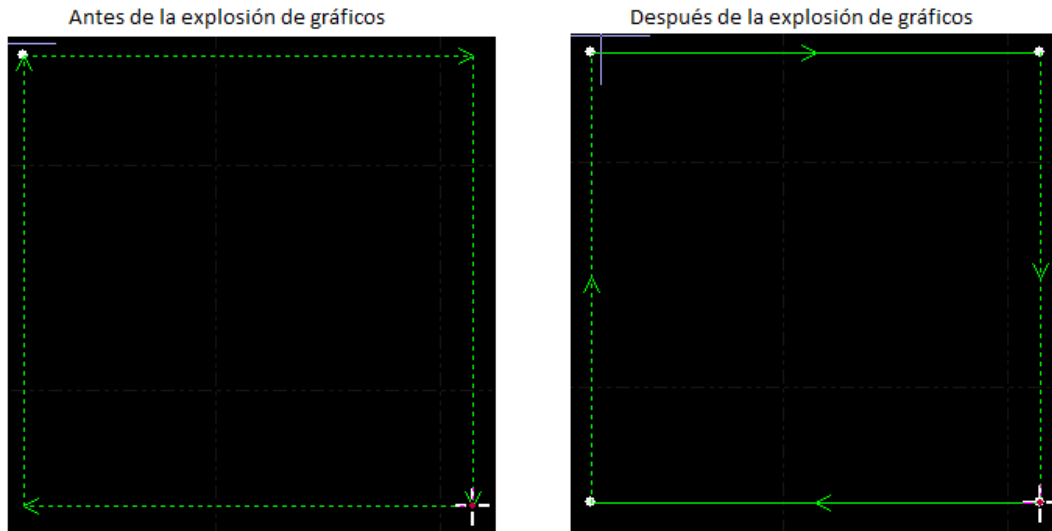


Figura 90. Explosión de gráficos (elaboración propia).

- **Grupo de junta:** crea una micro junta.
- **Explotar grupo de junta:** todos los puntos de micro junta se separan (dependiendo de la cantidad de estos), haciendo una separación de gráficos.

4.5 Optimización de corte.

4.5.1 Flying Cut (Corte en vuelo)

Cuando los gráficos son figuras estándar como rectángulos, círculos o polígonos, use la función de fly cutting para mejorar la eficiencia en el tiempo de corte.

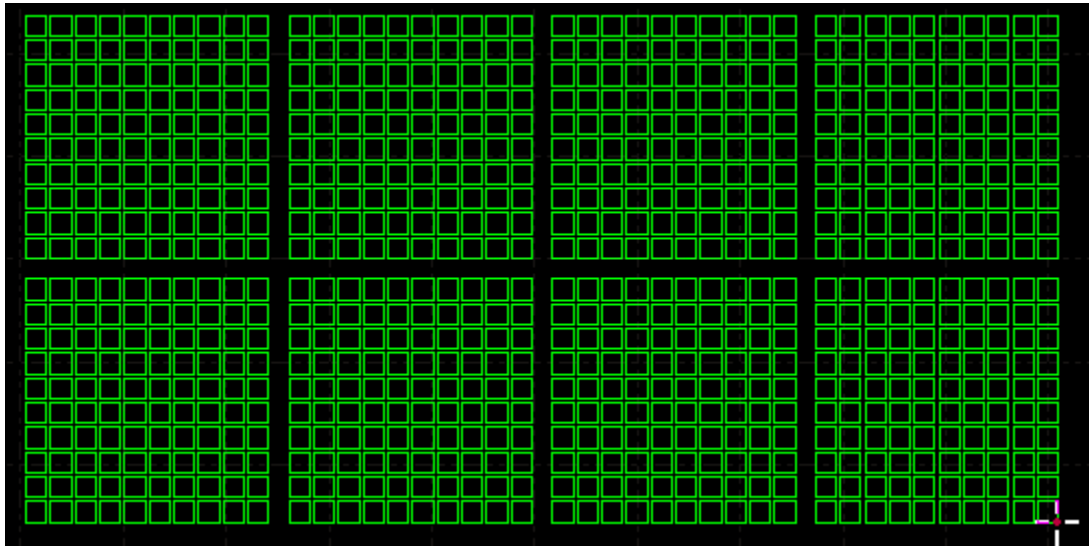


Figura 91. Optimización de corte. Sin usar el corte en vuelo, esto le puede llevar horas cortando, pero con la herramienta de este tema reducirá ese tiempo considerablemente (elaboración propia).

Nota: esta herramienta sirve únicamente para calibres muy delgados, como el calibre 20 en adelante. También le sirve para calibre 18, no lo use para calibres más gruesos. Debe tener su dibujo desagrupado para usar la herramienta de corte en vuelo.

Antes de usar corte en vuelo, ejecute la clasificación primero, esto optimizará la ruta de corte. De clic



en

La posición de inicio define dónde comenzará el corte en vuelo. **Distancia de junta máxima:** creará un camino de corte suave para girar si la distancia de giro (de su dibujo) es más corta que el valor que usted agregue. **Desviación permitida:** si la distancia entre dos gráficos es más larga que el valor que designe, el programa no será capaz de crear un camino de corte por vuelo.

Fresado de punto único



Líneas de fresado de punto único

Esta función se utiliza para crear la trayectoria de fresado de punto único para gráficos en un conjunto regular.

Posición inicial

☐ Superior-izquierda
 ☐ Superior-derecha
 ☒ Inferior-izquierda
 ☐ Inferior-derecha

Desviación permitida:

1mm

Distancia de junta máxima:

20mm

Ok

Cancelar

Figura 92. Desviación permitida (elaboración propia).

Líneas de fresado de punto único

Esta función se utiliza para crear la trayectoria de fresado de punto único para gráficos en un conjunto regular.

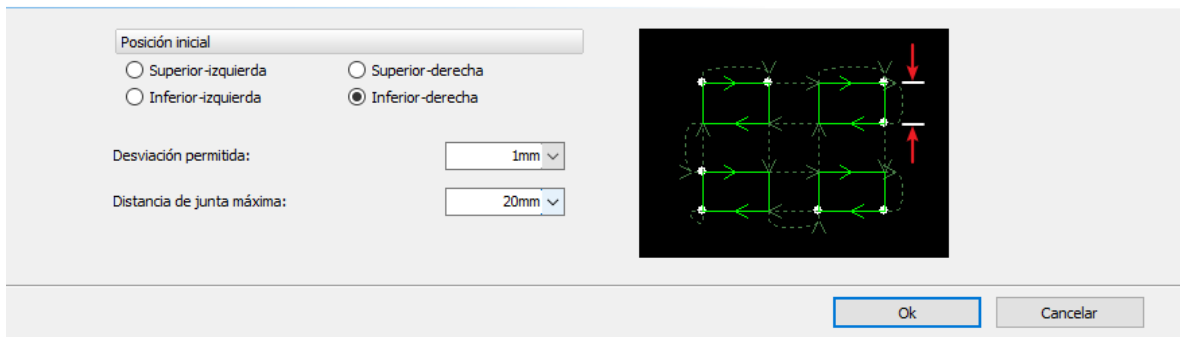


Figura 93. Distancia de junta máxima (elaboración propia).

De clic en ok y el dibujo creará la ruta de corte en vuelo.

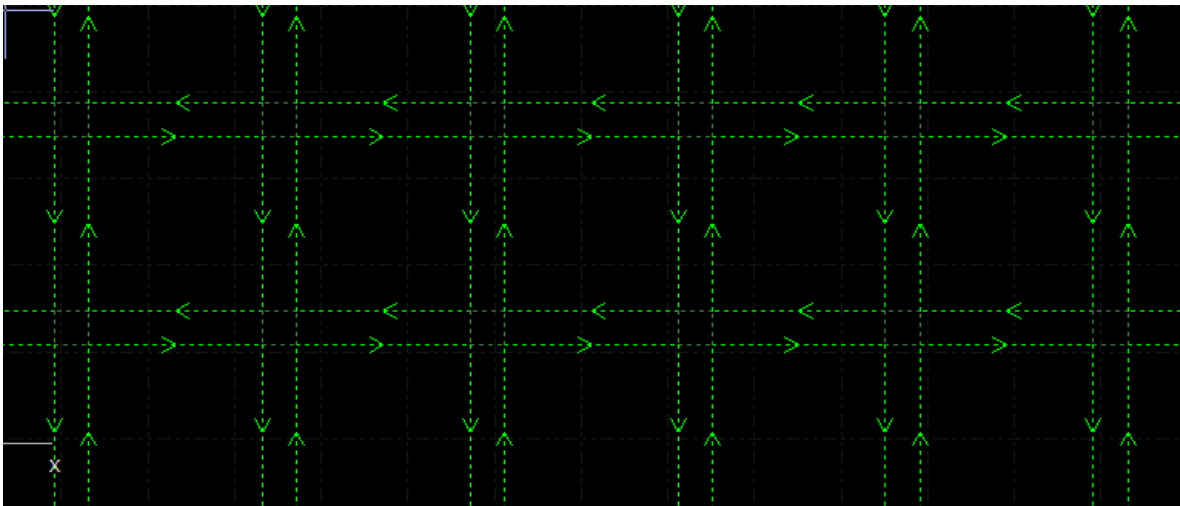


Figura 94. Ruta de corte en vuelo (elaboración propia).

Cuando el corte son en su mayoría círculos, le convendrá usar la opción de Fresado de punto único circular.

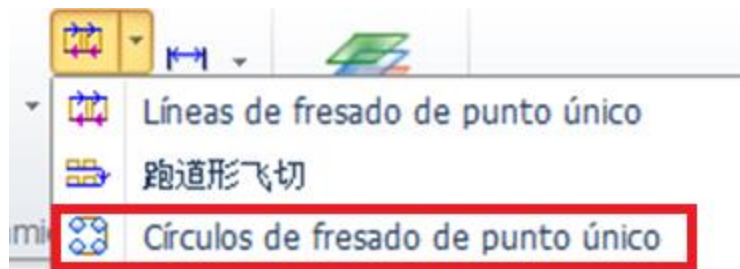


Figura 95. Fresado de punto único circular (elaboración propia).

Distancia válida: solo la distancia más corta que este valor, creará una ruta válida para el corte en vuelo circular.

Fresado de punto único circular

Esta función se utiliza para crear la trayectoria FlyCut de círculos.

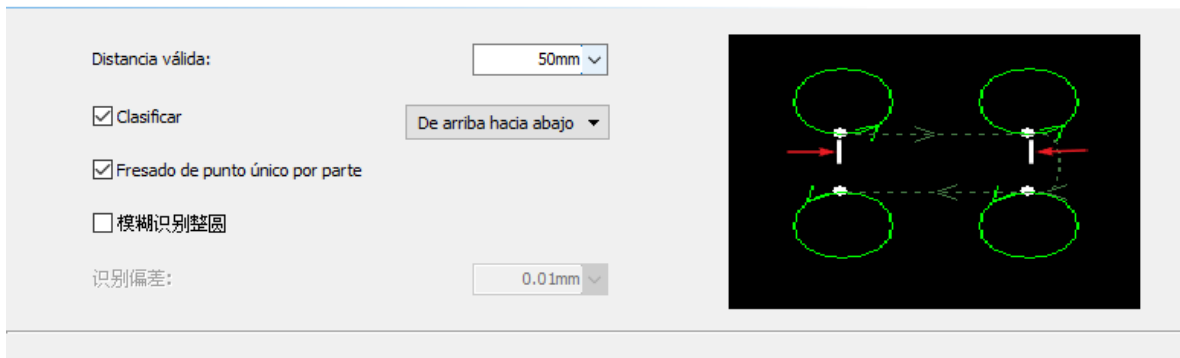


Figura 96. Corte en vuelo circular (elaboración propia).

Clasificar: da orden en el que se ejecutará la ruta.

Si selecciona “Fresado de punto único por parte”, se cortará por grupos.

Fresado de punto único por parte

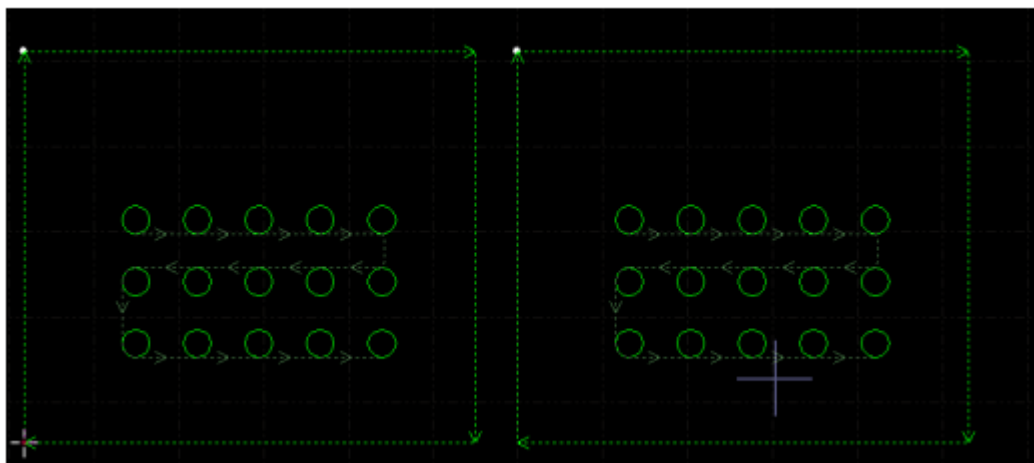


Figura 97. Selección de fresado por partes (elaboración propia).

Sin Fresado de punto único por parte

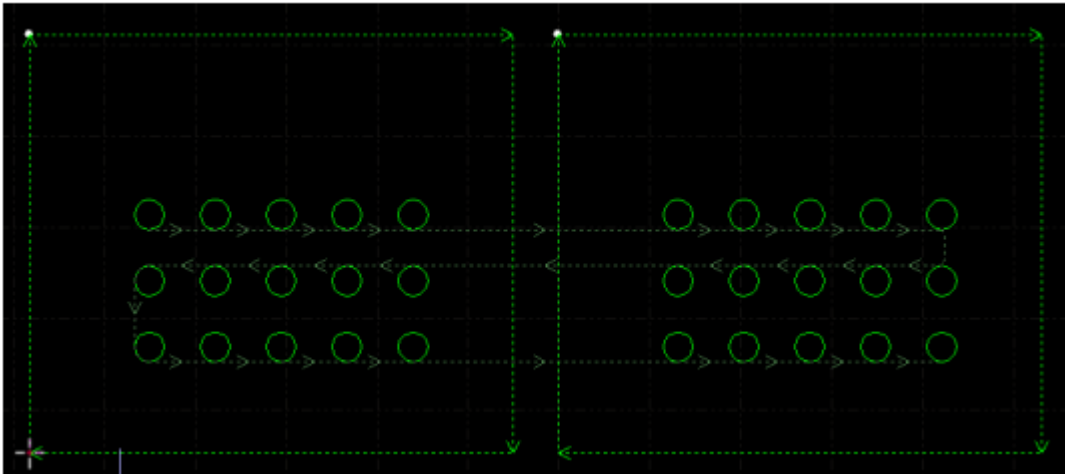


Figura 98. Sin selección de fresado único por parte (elaboración propia).

4.5.2 Corte común

Esta herramienta normalmente se aplica para piezas donde no se requiera de compensación, es decir, donde no se requiere de mucha precisión debido a que las tolerancias son flexibles o que el corte es con aire; recuerde que el corte con aire es muy fino y normalmente no requiere de compensación.

Aplicar esta técnica de corte ahorra espacio y material, sin embargo, solo debe aplicar en calibres delgados (de calibre 16 hacia abajo). En ninguna circunstancia lo haga en espesores mayores al calibre 16.

Imagine que va a cortar dos piezas en calibre 18 como la siguiente:

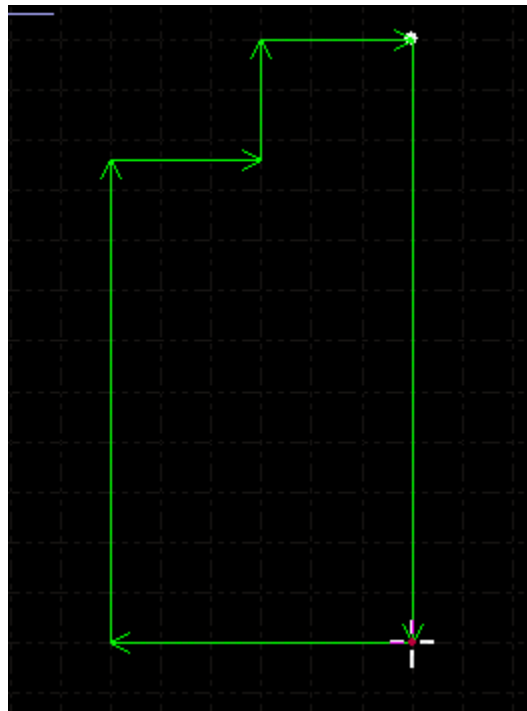


Figura 99. Pieza para corte común (elaboración propia).

El corte será con aire y debe ocupar la menor cantidad de material posible, entonces, para aplicar el corte común en esta pieza deberá hacer lo siguiente:

Realizar un conjunto de 1 fila-2 columnas y con separación de 0mm, luego gire su pieza de tal modo que queden encontradas sus secciones más largas.

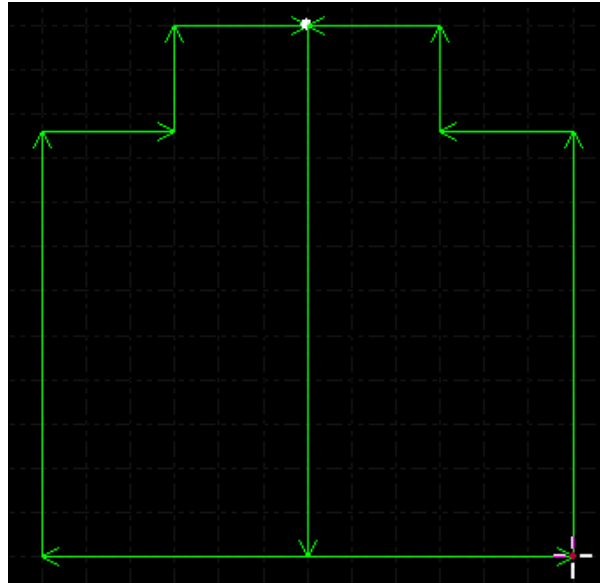


Figura 100. Piezas empalmadas (elaboración propia).

Seleccione ambas piezas y ahora va a seleccionar lo siguiente: **Nido<Borde conectado**.

Verá que el contorno de ambas piezas se hará en uno solo, de hecho, hasta observará que solo hay una ruta de corte.

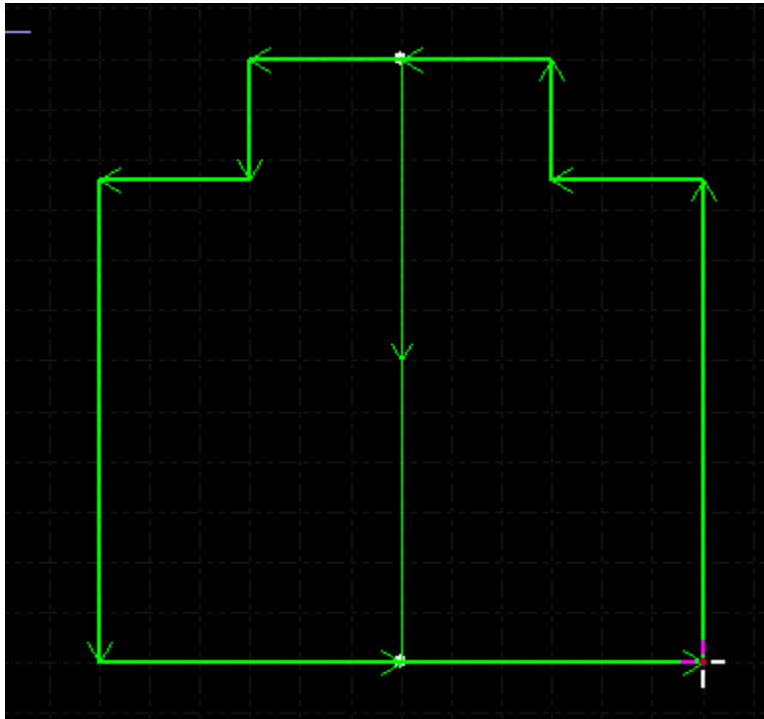
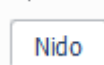


Figura 101. Corte común (elaboración propia).

El corte se ejecutará primero sobre la línea de en medio y al final se irá sobre el contorno.

4.5.3 Puente.

Sirve para ahorrar tiempos de perforación, se aplica cuando el dibujo tiene muchas partes.

De clic en  y en , especifique la magnitud del ancho que desea que tenga su puente y de clic en OK.

Arrastre el cursor por la ruta que desea que tenga el puente (tiene que cruzar los dibujos).

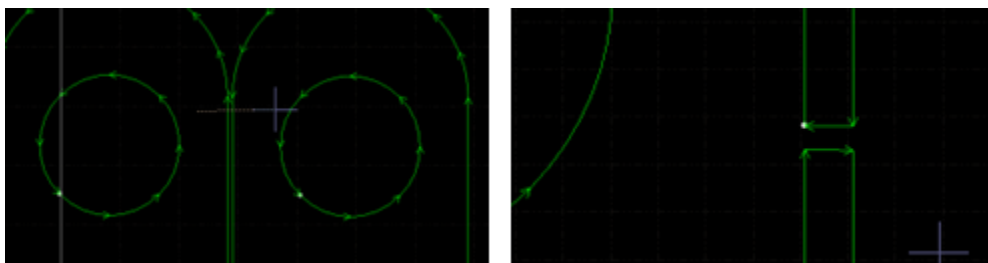


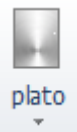
Figura 102. Puente (elaboración propia).

4.6 Optimización del material

4.6.1 Nестeo

La función Nest se utiliza para diseñar las piezas en una placa con la mayor utilización. Los operadores pueden hacer clic en el botón nest para finalizar el anidamiento. CypCut también

proporciona opciones para personalizar el anidamiento como: Espacio de piezas, margen de placa, ángulo de rotación, corte común, gestión de remanentes, etc.



Agregue primero un plato y de medidas (medidas de su placa)

Importe una parte (dibujo).

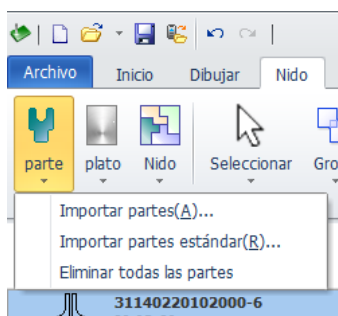
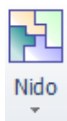
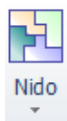


Figura 103. Importar parte (elaboración propia).



De clic en  y asigne medidas, luego de OK.

Anidamiento automático

Nido

Configure plato y parámetros y luego haga clic en Ok para comenzar el anidamiento.

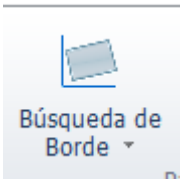
Seleccionar partes ☒ Todas las partes en biblioteca ☐ Partes seleccionadas		Configuración de parámetros	
Seleccionar plato ☒ Todos los platos en biblioteca ☐ Solo platos seleccionados ☐ Platos estándar		Brecha y Margen Espacio entre pa 2mm Margen de plato 2mm	
Longitud 3900mm Ancho 1540mm Material Grosor 12.7mm		Estrategia de anidamiento Ángulo de rotaci 90 Dirección de anid De abajo hacia Borde conectado automático Aplicar borde con ☐ Borde conectado ☒ Longitud de bord 20mm Núm borde conec 2 Borde conectado ☐	
☒ Primero eliminar los resultados del anidamiento		Configuraciones comunes	
		排样 Cancelar	

Figura 104. Medidas para el nido (elaboración propia).

4.7 Optimización del proceso

4.7.1 Búsqueda de borde

En muchas ocasiones, le será muy difícil alinear manualmente las placas debido a su peso, por lo que resultará muy útil hacer un escaneo para poder alinear virtualmente la placa. Esta herramienta busca la desviación en grados de su material, haciendo que el corte vaya recto sin importar qué tan chueca este la placa.

Vaya a la pestaña de CNC, de clic en  y agregue las medidas de su material.

BCS100 búsqueda de borde para confirmar

×

BCS100 búsqueda de borde

¡Un tamaño incorrecto de plato genera riesgos, ingrese el tamaño real del plato!

☐ 自动识别板材尺寸

1. Tamaño de plato X: Y:

Margen de plato X: Y:

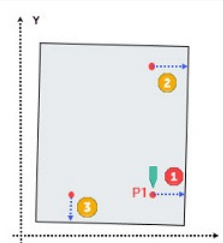
☐ Búsqueda de borde de 6 puntas

☒ Búsqueda de borde de 6 puntas(For thin plate)

2. Especificar P1 en [Inferior-derecha] sobre el plato

☐ Comenzar en el punto de inicio predefinido

☒ Comenzar en la posición actual



☐ Rápido Paso

Figura 105. Búsqueda de borde (elaboración propia).

Después de clic en Búsqueda de borde de 6 puntos, espere a que termine el escaneo y se le mostrará en la parte de arriba un escrito en amarillo que le indicará qué tan desviado esta su material.

De clic en guardar. Luego de esto ya puede ejecutar la función FRAME y empezar a maquinar.

Tenga cuidado de no volver a usar la misma inclinación para nuevas placas, debe eliminar el resultado de la búsqueda.

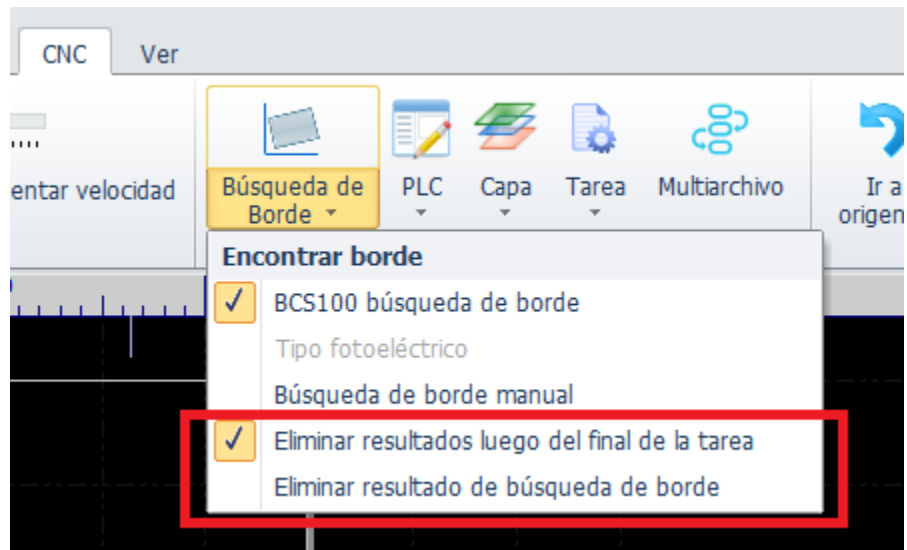


Figura 106. Eliminación de resultados de búsqueda de borde (elaboración propia).

4.8 Técnica de corte

4.8.1 Parámetros de corte

De clic en la pestaña de “layer”, y le aparecerán los parámetros de corte, perforación y de modo de maquinado.

Configuración de parámetros de la capa

Parámetro global **Capa1**

Material: Grosor: 0,0mm boquilla:

☐ Movimiento rápido ☐ Perforación previa ☐ Retirar película ☐ Refrigerar nuevamente ☐ Corte múltiple 0 ☒ Gas activado ☐ No cortar ☐ Seguimiento desactivado Modo: Estándar

Corte **Perforación**

Velocidad: 3000 mm/s
Altura de elevación: 10 mm
Altura de boquilla: 1 mm
Tipo de gas:
Presión de gas: 5 BAR
Potencia máxima: 100 %
Ciclo de operación: 100 %
Frecuencia: 1000 Hz
Tamaño del haz: 0 X
Posición de foco: 0 mm
Tiempo de retraso: 200 ms
Retraso de láser desactivado: 0 ms

☐ Corte guía lento Longitud: 2 mm Velocidad: 3 mm/s
☐ Parada lenta Longitud: 2 mm Velocidad: 3 mm/s

☐ Curva de potencia ☐ Curva de frecuencia ☐ Valor absoluto

100
80
60
40
20
0

0 10 20 30 40 50

Comentarios de usuario

OK(O)

Figura 107. Parámetros de corte y perforación (elaboración propia).

A continuación, se describen los parámetros de corte.

Configuración de parámetros de la capa

Parámetro global Capa1

Material: ▼ Grosor: 0,0mm ▼

☐ Movimiento rápido ☐ Perforación previa ☐ Retirar peli

Corte Perforación

1	Velocidad:	3000 ▼	mm/s
2	Altura de elevación:	10 ▼	mm
3	Altura de boquilla:	1 ▼	mm
4	Tipo de gas:	▼	
5	Presión de gas:	5 ▼	BAR
6	Potencia máxima:	100 ▼	%
7	Ciclo de operación:	1,000 ▼	W
8	Frecuencia:	100 ▼	%
9	Tamaño del haz:	1000 ▼	Hz
10	Posición de haz:	0 ▼	X
11	Posición de foco:	0 ▼	mm
12	Tiempo de retraso:	200 ▼	ms
13	Retraso de láser desactivado:	0 ▼	ms

Figura 108. Parámetros de corte (elaboración propia).

1. **Velocidad de corte:** es la velocidad en m/min o en mm/s a la que el cabezal corre durante el corte. Este valor es teórico, por lo que el valor real de corte suele ser menor a éste.
2. **Altura de elevación:** es la altura a la que el cabezal de corte se eleva después de haber cortado cierta sección de material. Cuando se pausa el proceso, el cabezal se elevará a esta distancia.
3. **Altura de la boquilla:** es la altura a la cual se va a encontrar la boquilla del material de corte en proceso.
4. **Tipo de gas:** indica el gas que está usando, ya sea oxígeno o nitrógeno (si usa aire comprimido, se le especificará como nitrógeno).
5. **Presión de gas:** presión a la que saldrá de la boquilla. Se indica en BAR, sin embargo, puede cambiar las unidades.
6. **Potencia máxima:** máxima potencia que usted designe. Se maneja en porcentaje (de 1% - 100%). El valor de la potencia va a depender de la potencia de la máquina.
7. **Ciclo de operación:** es parte de las funciones de PWM (Modulación por ancho de Pulso). Es aquí donde se puede controlar la potencia de salida ajustando el porcentaje del ciclo de trabajo.
8. **Frecuencia:** es el número de ciclos por segundo en el que el rayo láser choca con el material para poder llevar a cabo el corte.
El corte láser se verá de la siguiente manera:

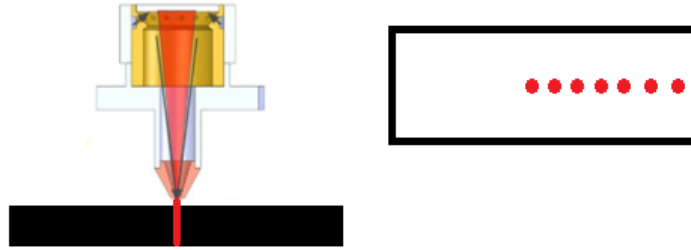


Figura 109. Frecuencia no continua en el rayo láser. (Elaboración propia).

Si la frecuencia es pequeña (hablamos de 50 – 200 Hz), el rayo láser solo se verá como una serie de perforaciones y no se verá como un corte continuo. Incluso con frecuencias menores a 50Hz, el ojo humano podrá percibirlo.

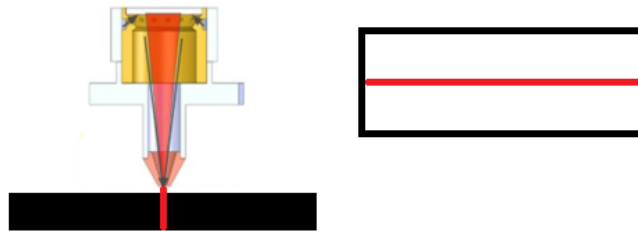


Figura 110. Continuidad en el corte láser. (Elaboración propia)

Procure mantener su frecuencia en 5000Hz para un acabado satisfactoria en su corte.

Si la frecuencia no fuera continua (es baja), el corte láser se vería de la siguiente manera:

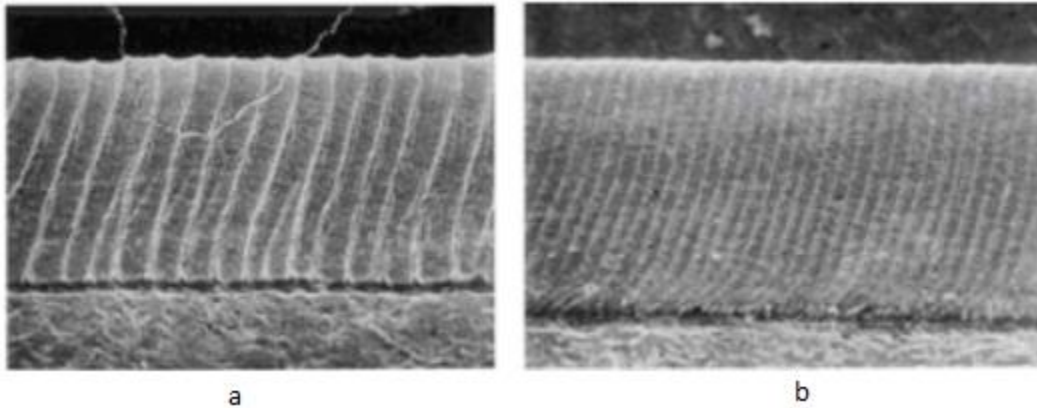


Figura 111. Comparación de vista microscópica de corte láser, (a) baja frecuencia con no uniformidad en el corte, (b) alta frecuencia y uniformidad en el corte (Wandera, 2006)

9. **Tamaño del haz:** es el ancho del haz del rayo, sin embargo, esta herramienta no será necesaria usarla. No la necesita.
10. **Posición del foco:** es la distancia entre el foco y la superficie de trabajo, puede ser positiva o negativa (vea el capítulo 6).
11. **Tiempo de retraso:** es el tiempo de confirmación para corte, antes de que se active el rayo láser.
12. **Retraso de láser desactivado:** tiempo de retraso antes de desactivar el rayo láser.

Si modifica algún parámetro de corte, de clic en OK para que sus cambios sean activados y aplicados.

Si desea guardar esos cambios, de clic en guardar  y asigne un nombre a su nuevo archivo de layer, procure guardar de acuerdo con el espesor del material, el tipo de material y el gas auxiliar que

usó. Puede abrir un archivo de layer dando clic en .

Los parámetros de la parte de arriba son los siguientes:

☐ Movimiento rápido ☐ Perforación previa ☐ Retirar película ☐ Refrigerar nuevamente ☐ Corte múltiple ☒ Gas activado ☐ No cortar ☐ Seguimiento desactivado

- **Movimiento rápido:** función que hace que el cabezal se mueva de un lado a otro sin elevarse en el eje Z.
- **Perforación previa:** la capa (layer) se ejecuta luego de realizarse una perforación, esto con la intención de darle tiempo al operador para limpiar la escoria circundante y que el corte salga limpio.
- **Retirar película:** Función que se realiza antes de la capa de corte. Es un layer con la función de realizar un recorrido rápido y superficial por el camino de corte, esto se hace con aire comprimido y con baja potencia, con la intención de retirar el óxido y toda impureza que baje la calidad del corte.
- **Refrigerar nuevamente:** luego de acabar el mecanizado, el cabezal realiza un recorrido por la trayectoria del corte, pero, con el láser desactivado y con la función de soplete.
- **Corte múltiple:** se repite la misma trayectoria de corte, dependiendo de cuántas repeticiones asigne (el recuadro está en el lado derecho).
- **Gas activado:** mantenga siempre activa esta casilla.
- **No cortar:** se desactiva el rayo.
- **Seguimiento desactivado:** luego de terminar el mecanizado, el cabezal no sube de altura, sino que se queda en la misma luego de su última operación.

4.8.2 Parámetros de perforación

Configuración de parámetros de la capa

Parámetro global: **Capa1**

Material: Cold rolled steel | Grosor: 0,0mm | boquilla: Default

☐ Movimiento rápido
 ☐ Perforación previa
 ☐ Retirar película
 ☐ Refrigerar nuevamente
 ☐ Corte múltiple
 0
 ☒ Gas activado
 ☐ No cortar
 ☐ Seguimiento desactivado
 Modo: Estándar

Corte | **Perforación**

☐ Sin perforación

☐ Tiempo de paso: 1000 ms
 Altura de perforación: 1 mm
 Gas de perforación:
 Presión de gas: 5 BAR
 Potencia máxima: 100 %
 1,000 W
 Ciclo de operación: 100 %
 Frecuencia: 5000 Hz
 Tamaño del haz: 0 X
 Posición de foco: 0 mm
 Tiempo de perforación: 200 ms
☐ Soplete extra: 0 ms

☐ Etapa 1

☐ Tiempo de paso: 1000 ms
 Altura de perforación: 5 mm
 Gas de perforación:
 Presión de gas: 5 BAR
 Potencia máxima: 100 %
 1,000 W
 Ciclo de operación: 100 %
 Frecuencia: 100 Hz
 Tamaño del haz: 0 X
 Posición de foco: 0 mm
 Tiempo de perforación: 200 ms
☐ Soplete extra: 0 ms

☒ Etapa 2

☐ Tiempo de paso: 1000 ms
 Altura de perforación: 15 mm
 Gas de perforación:
 Presión de gas: 5 BAR
 Potencia máxima: 100 %
 1,000 W
 Ciclo de operación: 50 %
 Frecuencia: 5000 Hz
 Tamaño del haz: 0 X
 Posición de foco: 0 mm
 Tiempo de perforación: 200 ms
☐ Soplete extra: 0 ms

Comentarios de usuario

OK(O)

Figura 112. Parámetros de perforación (elaboración propia).

Son muy parecidos a los parámetros de corte, solo cambian algunos, sin embargo, la lógica para el uso de estos es muy diferente que en el uso de los parámetros de corte.

☐ Sin perforación
 ☐ Etapa 1

☐ Tiempo de paso: 1000 ms
 Altura de perforación: 1 mm
 Gas de perforación:
 Presión de gas: 5 BAR
 Potencia máxima: 100 %
 1,000 W
 Ciclo de operación: 100 %
 Frecuencia: 5000 Hz
 Tamaño del haz: 0 X
 Posición de foco: 0 mm
 Tiempo de perforación: 200 ms
☐ Soplete extra: 0 ms

Figura 113. Parámetros de una perforación (elaboración propia).

- **Tiempo de paso:** tiempo de retardo para pasar de una etapa de perforación a otra.

- **Altura de perforación:** distancia entre la boquilla y la superficie del material de trabajo.
- **Gas de perforación:** puede ser oxígeno, nitrógeno, aire comprimido.
- **Presión de gas:** presión medida en BAR, por lo general va de 0.5 a 1 BAR (dependiendo de la potencia de la máquina).
- **Potencia máxima:** potencia que usará en la etapa de perforación, esto va de acuerdo con la potencia de su máquina.
- **Ciclo de operación:** es parte de las funciones de PWM (Modulación por ancho de Pulso). Es aquí donde se puede controlar la potencia de salida ajustando el porcentaje del ciclo de trabajo.
- **Frecuencia:** número de choques del rayo láser por segundo sobre el punto de perforación. Si usa mucha frecuencia (100Hz), procure compensar eso con una potencia media (70% de la potencia de la máquina), de lo contrario se fundirá muy rápido y en gran cantidad el material, generando “bolas” de metal fundido. Esas “bolas” dañan la perforación y al lente.
- **Foco:** es negativo con la finalidad de ir penetrando en un punto en específico al material. Imagine que el foco tiene la función de un taladro, la broca entra a cierta profundidad, luego sale y vuelve a entrar, pero ahora a mayor profundidad, sale y vuelve a entrar, pero para perforar completamente al material.
- **Tiempo de perforación:** tiempo de duración de la perforación, se mide en ms (milisegundos), por lo que, 1000 milisegundos son 1segundo.

En el layer de perforación tiene etapas, la cantidad de etapas de perforación dependerá mucho de la potencia que tenga la máquina. La casilla de “**Sin perforación**” tiene la función de desactivar todas las etapas de perforación aún si éstas tienen parámetros configurados.

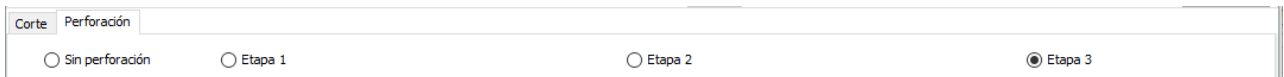


Figura 114. Etapas de perforación (elaboración propia).

Las etapas de perforación funcionan de la siguiente manera:

ETAPAS DE PERFORACIÓN

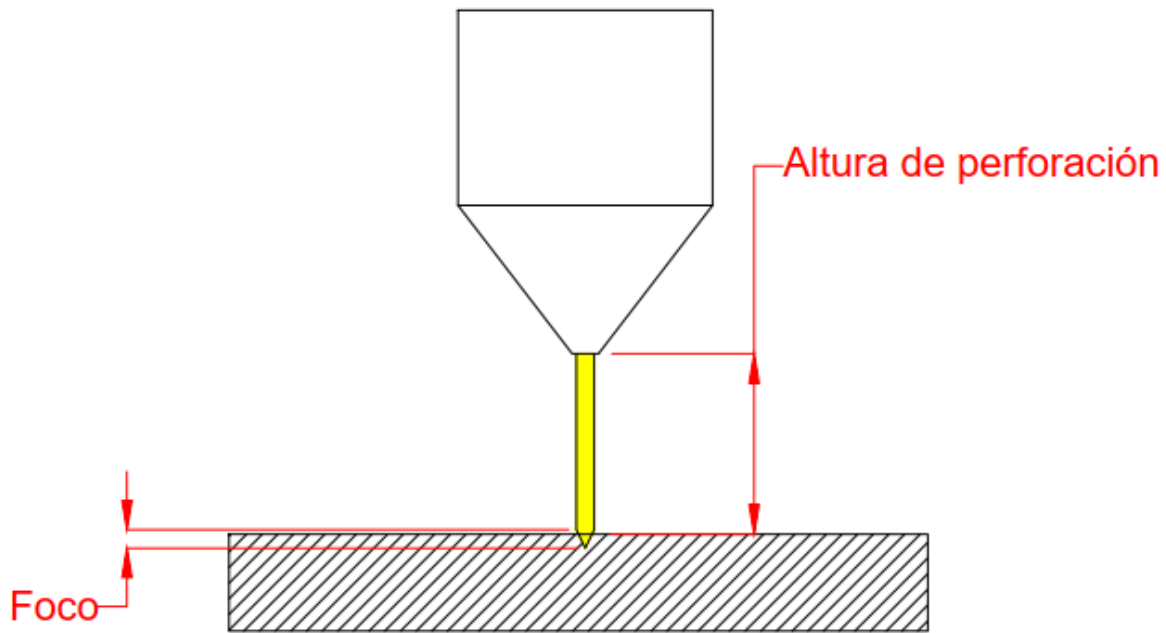


Figura 115. Elementos de las etapas de perforación (elaboración propia).

La altura de perforación y el foco son los elementos más importantes al momento de configurar los layers para perforaciones.

- La altura de perforación no debe ser menor a 10mm, de lo contrario la escoria caliente podría rebotar y alcanzar con facilidad al lente protector, reduciendo considerablemente su vida útil.
- El foco debe ser negativo, con la finalidad de poder perforar, por etapas, el espesor del material.

ETAPAS DE PERFORACIÓN

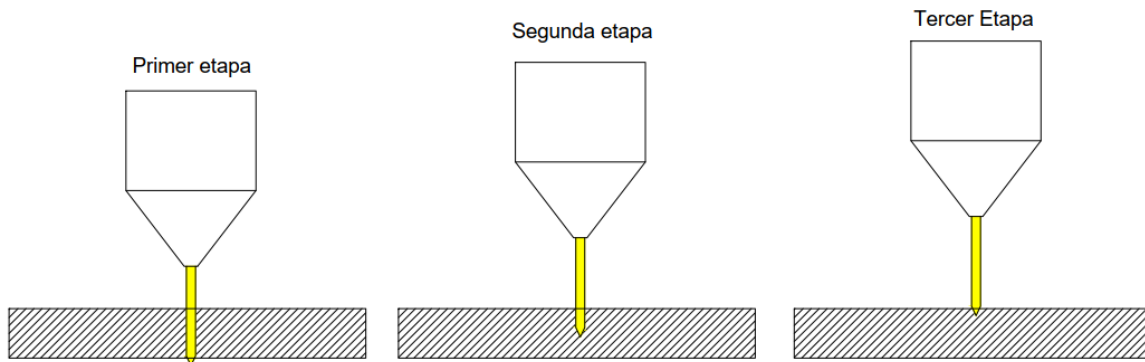


Figura 116. Orden en el que se ejecutan las etapas de perforación, es claro que conforme avanza la etapa, el foco se hace cada vez más negativo (elaboración propia).

En la tercera etapa, la altura de perforación es la mayor del resto de las etapas y su foco puede ser 0 o -1, -2mm, pero no menos. Regularmente esta altura es de 15mm.

- En la segunda etapa, la altura disminuye un poco (de 1 a 3mm) y el foco llega a -5mm (dependiendo del grosor del material, haga pruebas para ello). Por lo general, la altura es de 12 a 14mm.
- En la primera etapa, la altura disminuye máximo a 10mm o 13mm, el foco podría llegar a -8mm (dependiendo del grosor del material, haga pruebas para ello).

A continuación, se le muestran problemas y soluciones para la perforación:

Problema	Posible razón	Solución
“Bolas” al inicio de la perforación. Figura 117. Mala perforación en la tercera etapa (propiedad de COMETAL).	• El porcentaje de ciclo de trabajo es demasiado alto, así como la frecuencia. • La potencia de perforación es demasiado alta. • Demasiada presión. • La posición del foco es incorrecta.	• Reduzca la potencia un 10% cada vez. • Reduzca el ciclo de trabajo 1% - 2% cada vez. • Reduzca la presión del aire. • Cambie el foco cada 0.1bar, siempre debe ser negativo. Haga menos negativo su foco o déjelo a 0mm (sobre la superficie). • Compruebe el modo de perforación (debe ser estándar).
La perforación se ve de esta manera durante el proceso. Figura 118. Mala perforación en la segunda etapa (propiedad de COMETAL).	• El ciclo de trabajo es demasiado bajo. • Baja potencia. • La posición del foco es incorrecta. • Baja presión del gas.	• Compruebe el centrado del rayo (vea el apartado 5.1.2). • Aumente la potencia, 5%-10% cada vez. Reduzca la frecuencia. • Aumente la presión del aire, 0.1-0.2bar cada vez. • Aumente el tiempo de perforación a un máximo de 1000ms (dependiendo del espesor del material, haga pruebas).
La perforación se ve de esta manera al final del proceso. Existe un “chorreado” de escoria antes de comenzar el proceso de corte. Figura 119. Mala perforación en la primera etapa (propiedad de COMETAL).	• Tiempo de perforación insuficiente. • Baja potencia de perforación	• Aumente el tiempo de perforación, 0.5 segundos cada vez. Dependerá del espesor del material, puede que llegue a usar 1500ms. • Aumente la potencia, 5% cada vez. • Aumente el ciclo de trabajo, 1% - 2% cada vez. • Baje la frecuencia.

Tabla 3. Recomendaciones para mejorar la calidad de las perforaciones (elaboración propia).

Una buena perforación debe verse fina, así como se muestra a continuación:



Figura 120. Perforación correcta (propiedad de COMETAL).

4.8.3 Parámetros globales

Son parámetros mecánicos, es decir, que controlan el movimiento de la máquina, como por ejemplo la velocidad de desplazamiento, el tiempo de retraso del punto de enfriamiento, etc.

Configuración de parámetros de la capa

Parámetro global ■ Capa1

Parámetros de movimiento

Velocidad de movimiento: 200 mm/s Precisión de mov.: 2000 mm/s² Frec. de mov.: 6 Hz

Velocidad de cuadro: 150 mm/s Precisión de corte: 2000 mm/s² Frec. de trabajo: 4 Hz

Precisión de la curva: 0.05 mm Precisión de desplazamiento: 2000 mm/s² Frec. De desplazamiento: 3 Hz

Precisión de la esquina: 0.10 mm

Configuración del desplazamiento X,Y: ☒ Unir ☐ Separar

Parámetro del láser

Frec. PWM: 5000 Hz

Def. de la curva: 100 %

Def. de presión: 4 BAR

Retardo de gas: 200 ms

Retardo de gas inicial: 400 ms

Modificar retardo de gas: 500 ms

Refrigeración del punto de retardo: 1000 ms

Reanudar después de parar: 2 mm

Parámetro de seguimiento

Altura de seguimiento máx.: 8 mm

☒ Corte de salto de rana ☐ Desactivar seguimiento

☐ Habilitar seguimiento en funcionamiento en seco ☐ Seguir con atención

☐ Optimización de la trayectoria en distancia corta

☐ Posicionamiento único, coordenada Z: 10 mm

Desenganchar cuando la velocidad de movimiento sea inferior a 10 mm

Retardo corte de salto de rana hacia arriba: 0 ms

Retardo corte de salto de rana hacia abajo: 0 ms

Unidad

Unidad de retardo: ms

Unidad de velocidad: mm/s

Unidad de aceleración: mm/s²

Unidad de presión: BAR

Avanzado

☐ Todas las alarmas se deben reiniciar de forma m:

☒ Agrupar perforación previa

☒ Punto de fresado utilizar microjunta ☒ Micro escaneo de longitud ilimitada

☐ Habilitar protección de máquina ☐ 启用精密飞切

Fresado de punto único sobre dis.: 0.05 mm

OK(O)

Figura 121. Parámetros globales (elaboración propia).

Los parámetros de movimiento le servirán para acelerar sus procesos de medición y de montaje y desmontaje de material.



PRECACIÓN. POR FAVOR NO SE POSICIONE CERCA DE LA TRAYECTORIA DE LOS MOTORES DE LA MÁQUINA Y EN NINGÚN MOMENTO MUEVA LA MÁQUINA TENIENDO A OTRA PERSONA CERCA DE ESA TRAYECTORIA.

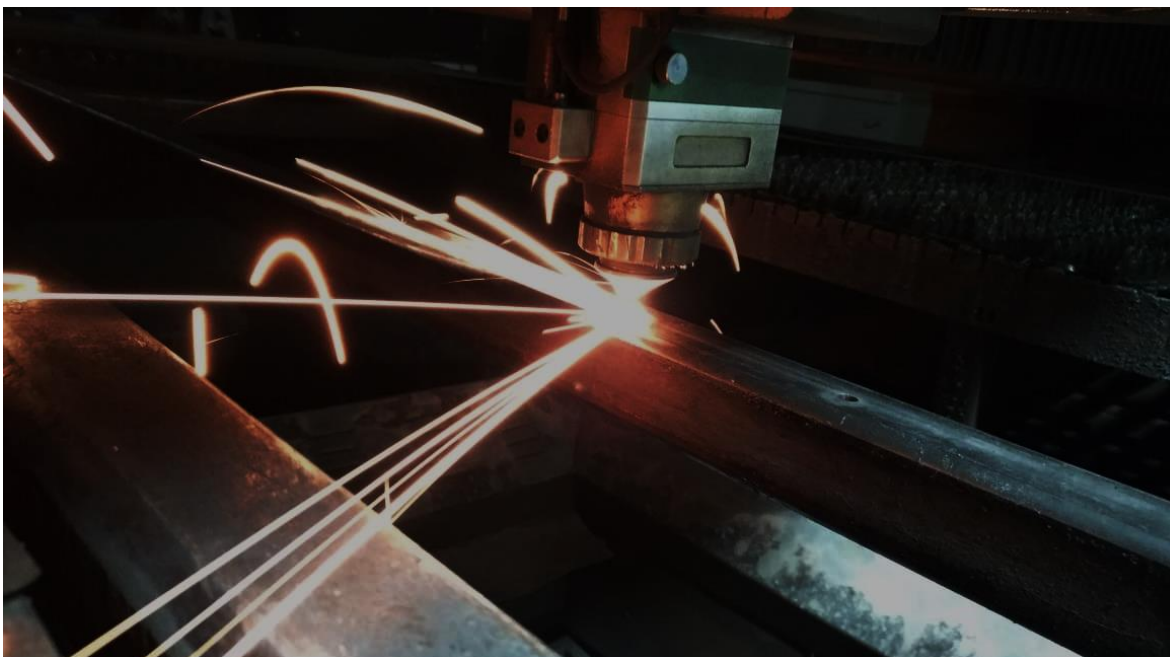
Parámetros de movimiento	
Velocidad de movimiento:	200 mm/s
Velocidad de cuadro:	150 mm/s
Precisión de la curva:	0.05 mm
Precisión de la esquina:	0.10 mm

Figura 122. Parámetros de movimiento (elaboración propia).

Con los parámetros del láser podrá modificar la frecuencia global y el tiempo en el punto de enfriamiento a nivel global, es decir, no importar el layer de corte que use, el tiempo de duración del punto de enfriamiento será el mismo a menos que lo modifique.

Parámetro del láser	
Frec. PWM:	5000 Hz
Def. de la curva:	100 %
Def. de presión:	4 BAR
Retardo de gas:	200 ms
Retardo de gas inicial:	400 ms
Modificar retardo de gas:	500 ms
Refrigeración del punto de retardo:	1000 ms
Reanudar después de parar:	2 mm

Figura 123. Parámetros del láser (elaboración propia).



5.0 Conocimiento y operación de la máquina láser

Con los capítulos anteriores de este manual ya puede iniciar la operación de la máquina de corte láser.

Casi en cualquier modelo de maquinaria de corte láser de fibra óptica puede meter a proceso 5 geometrías de materiales, que son placas (PL), soleras (FB), ángulos (CTLO), perfiles tubulares redondos y rectangulares (PTR).

5.1 Antes de la operación

Antes de comenzar cualquier operación, mande a origen su máquina dando clic en ORG dentro de su panel de control. También puede dar clic en corrección de origen, que es una tecla que le aparece cada que prende la máquina.

Mantenga las siguientes casillas activadas:

☐ Tarea finalizada regresar a	Punto cero
☒ Solo selección	
☒ Protección de límite suave	
☐ Búsqueda de borde antes de operar	

Figura 124. Funciones previas a maquinado (elaboración propia).

La casilla de “**Solo selección**” tiene la función de mandar a corte únicamente lo que tiene seleccionado en su programa. Si no activa esta casilla, el láser cortará hasta los dibujos que no tiene seleccionados, dando como resultado pérdidas materiales o que su corte no entre en el área efectiva de corte de la máquina (no hará nada la máquina, pues el corte está fuera de sus dimensiones).

“**Protección contra límite suave**”: protege a los motores del puente al final de cada riel. Si no activa la casilla, la llegada de los motores en cada extremo sonará brusca, dañando así los mecanismos.

Si activa la casilla “**Tarea finalizada regresar a**”, sirve para mandar al cabezal de corte a un punto o coordenada que usted desee.

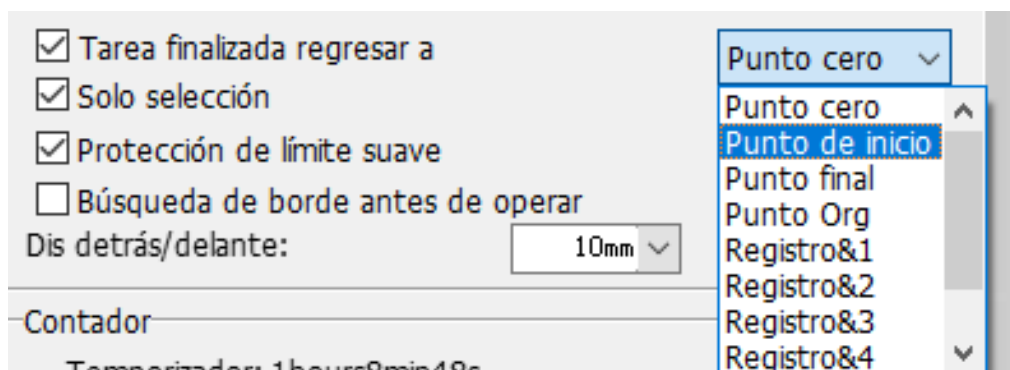
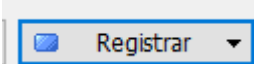


Figura 125. Registros (elaboración propia).

Se proporcionan los registros de la máquina, estos son espacios de memoria en el que podemos guardar coordenadas con la intención de recordarle a la máquina cierta ubicación si es que llegamos a perderla. Esto sucede comúnmente cuando el operador no tiene mucha práctica o aún no se acostumbra al control remoto de la máquina y pierde su cero pieza. Los registros que puede usar para guardar coordenadas son los que van del 1 al 6. **Punto final** es para dirigirse al punto final de corte. **Punto de inicio** es para dirigirse al cero pieza.

¿Cómo guardar un registro?

1. Mande el cabezal de corte a la ubicación que desea guardar.

2. De clic en  (le aparecerá también como “**Record**”), seleccione el registro donde desea guardar su nueva ubicación.

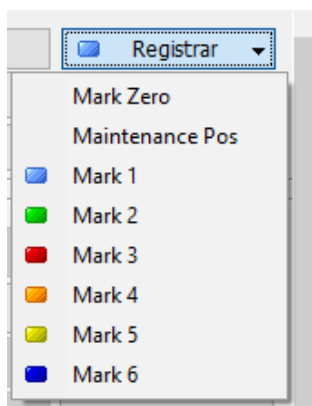
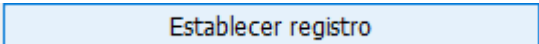
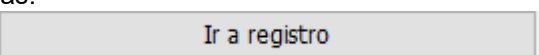


Figura 126. Guardar registros (elaboración propia).

3. De clic en .

Si desea ir al registro que haya guardado:

1. De la casilla “**Tarea finalizada regresar a**” seleccione el registro en el que guardó sus coordenadas.
2. De clic en .

Otras funciones que le servirán son:

Desplazar corte (Jog cut) ☒ Desplazar corte ... : usado para cortar en línea recta en 4 direcciones (arriba, abajo, derecha e izquierda); esta forma de corte sigue la dirección de los motores, por lo que la herramienta de detección de borde no tiene efecto sobre ésta.

De clic en ..., aparecerá una interfaz idéntica a la de layers de corte, cargue el respectivo layer del material a cortar. Active la casilla y dirija su cabezal hacia donde desea cortar con los botones



(previamente ya ubicó el cabezal en el punto de inicio ideal para su corte).

Nota: no active la casilla hasta que haya ubicado bien su cabezal en el punto inicial de corte, de lo contrario, se iniciará el corte si se mueve hacia algún lado y su material se perderá.

5.1.1 Equipo de protección personal



SIEMPRE LLEVE PUESTO SU EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL.

Para operar una máquina láser de fibra tenga el siguiente *EPP*:

 <i>Figura 127. Lentes de protección láser (MERCADO LIBRE, 2023).</i>	• Gafas protectoras de láser / Luz Pulsada Intensa IPL. • Longitud de onda de protección: 200-2000NM Transmisión de luz visible: 70%.
 <i>Figura 128. Respirador contra humo y polvo (MERCADO LIBRE, 2023)</i>	• Respirador con uno o dos filtros. Filtros contra polvo, humo y olores.
 <i>Figura 129. Botas de protección (Mercado libre, 2023)</i>	Botas de seguridad con casquillo metálico.

 Figura 130. Camisola (Mercado libre, 2023)	Camisola de mezclilla gruesa.
 Figura 131. Pantalón de mezclilla (Mercado libre, 2020)	Pantalón de mezclilla gruesa.
 Figura 132. Guantes (Mercado libre, 2023)	Guantes anticorte y de carnaza.
 Figura 133. Faja (Mercado libre, 2023)	Faja.

5.1.2 Preparación de la máquina y herramientas

1. Prenda la máquina.
2. Active el rayo láser con:

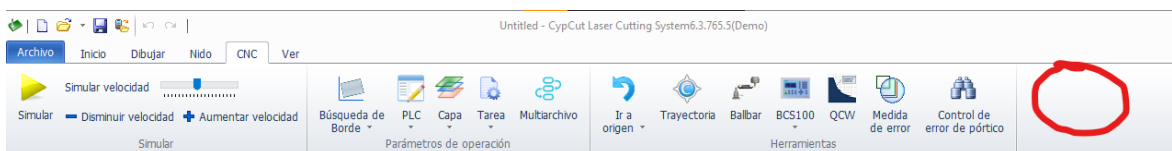


Figura 134. Activar láser (elaboración propia).

De clic en CNC, active la opción que dice “láser” y que se ubica en el lado derecho de la pestaña

CNC, luego de clic en



3. Verifique que la máquina tenga activa la función: Protección de límite suave o “Soft limit protection” en su panel de control, que sirve para protección de los motores con una llegada suave al final de cada eje.
4. Verifique la calidad del lente protector. Si el lente protector como se muestra en la ilustración de abajo, cámbielo por uno nuevo.

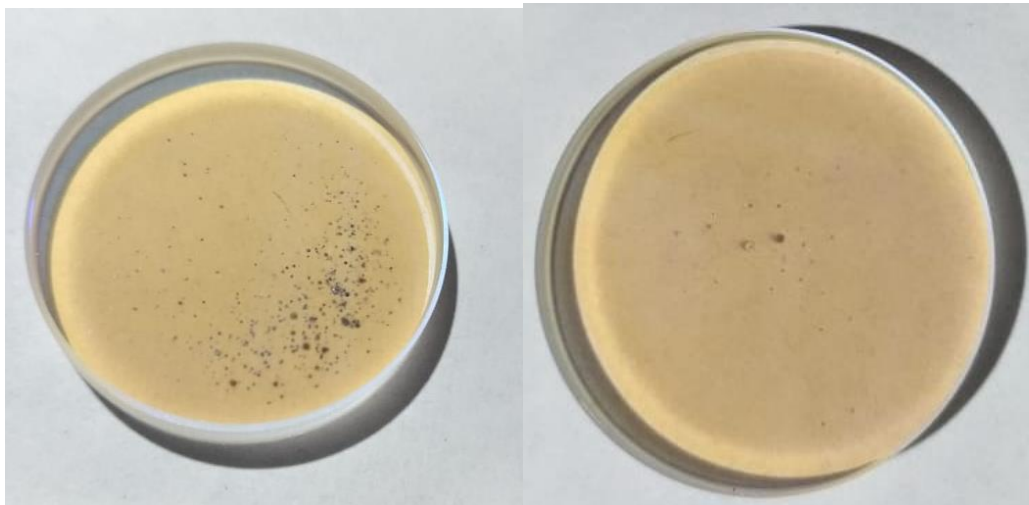


Figura 135. Lentes dañados (propiedad de COMETAL).

- Si el lente esta sucio (podrá identificar esto con el polvo que este sobre el lente, se puede quitar solo con el paño), solo límpielo con acetona industrial y un paño o cotonete. Añada un poco de acetona al lente y frote cuidadosamente el paño o cotonete contra éste. Si ve que el lente esta dañado y le quedan pocos lentes de repuesto, limpie lo mejor posible el lente en uso (o busque uno usado que este menos dañado que el actual) y equípelo a la máquina.
5. Centre el rayo láser. Necesitará de cinta adhesiva transparente, una boquilla (sea doble o sencilla) de la abertura más grande que tenga, llave Allen para mover el rayo.

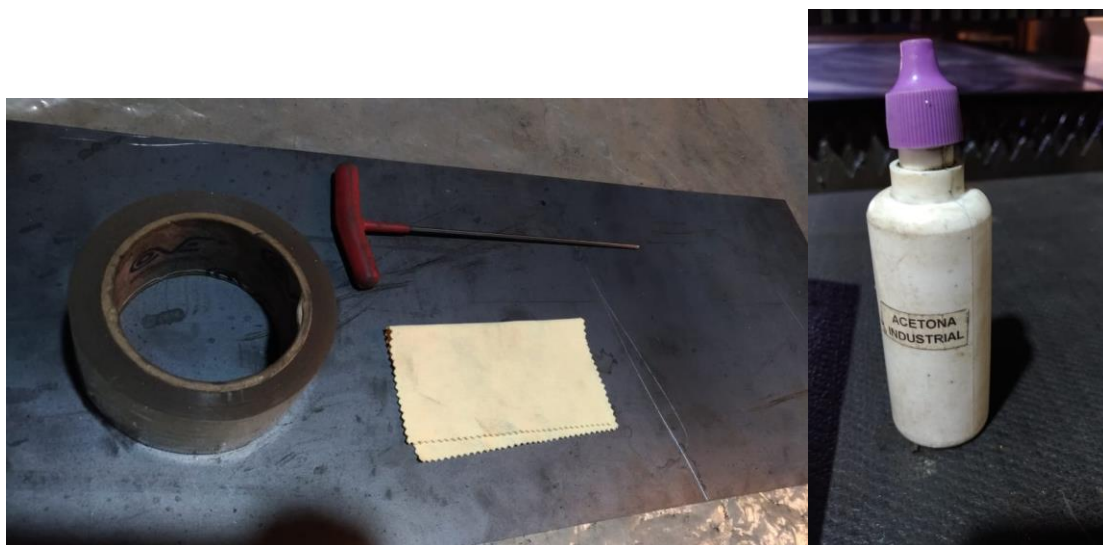


Figura 136. Materiales para centrar el rayo (propiedad de COMETAL).

Equipe a la máquina con la boquilla, luego pegue en su abertura un pedazo de cinta.



Figura 137. Cinta en la boquilla para el centrado del rayo (propiedad de COMETAL).

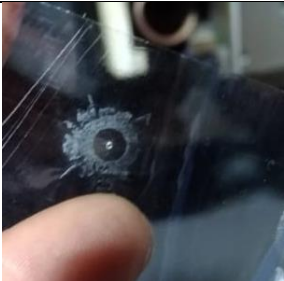


Con el control remoto, pulse el botón Laser

	PRECAUCIÓN. QUITÉ SUS MANOS DE LA BOQUILLA, NO ACERQUE NINGUNA EXTREMIDAD DE SU CUERPO. EVITE QUEMADURAS GRAVES. SI TIENE DUDAS, LEA DE NUEVO LAS INSTRUCCIONES O PIDA ASISTENCIA AL PERSONAL MÁS EXPERIMENTADO.
--	--

Retire la cinta adhesiva una vez presionado el botón Laser. Notará la perforación realizada. Compare con la siguiente tabla.

	Rayo descentrado hacia arriba.
	Rayo descentrado hacia abajo.

	Rayo descentrado a la izquierda.
	Rayo descentrado hacia la derecha.
	Rayo descentrado de forma exagerada.
	Rayo centrado correctamente.
 <i>Figura 138. Rayo centrado (propiedad de COMETAL).</i>	

Puede que el rayo no quede centrado debido a imperfecciones en el lente, quizá tenga una mancha relativamente grande por quemadura de escoria que le impide centrar su rayo. Los resultados de sus pruebas pueden ser como la siguiente comparación.

	
Descentrado del rayo debido a impurezas en el lente.	Rayo centrado correctamente y con un lente en buen estado.

Si este es el caso, cambie el lente.

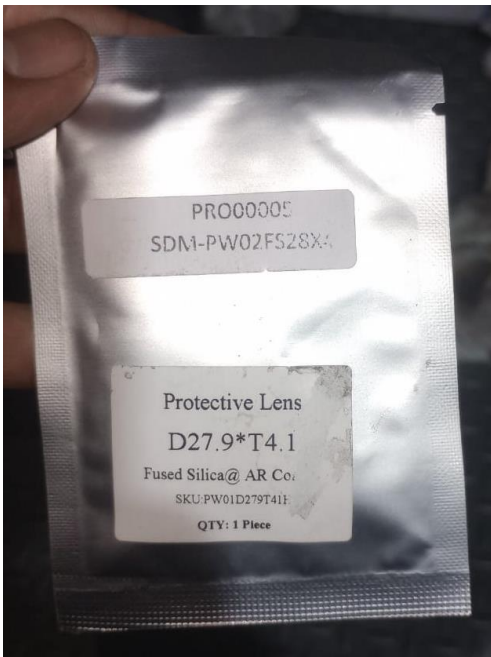


Figura 139. Lente protector nuevo (propiedad de COMETAL).

Estás manchas se deben al rebote de la escoria durante la perforación, si la perforación es corta y se procede a corte inmediatamente, lo único que se provocará es que el lente se dañe de manera paulatina.

Para **centrar su rayo**, mueva los tornillos ajustadores que se encuentran a un costado del cabezal.

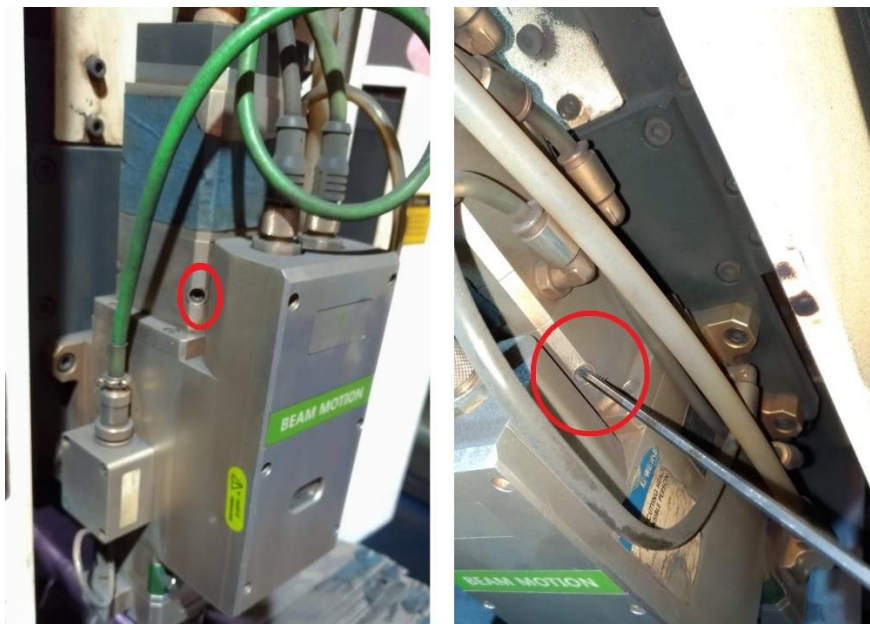


Figura 140. Tornillos ajustadores del rayo (propiedad de COMETAL).

La dirección en cómo se deben girar estos tornillos dependerá mucho de la marca y modelo del cabezal. Esta máquina usa un cabezal marca **Raytools**, cuya forma de ajuste de rayo es la siguiente.

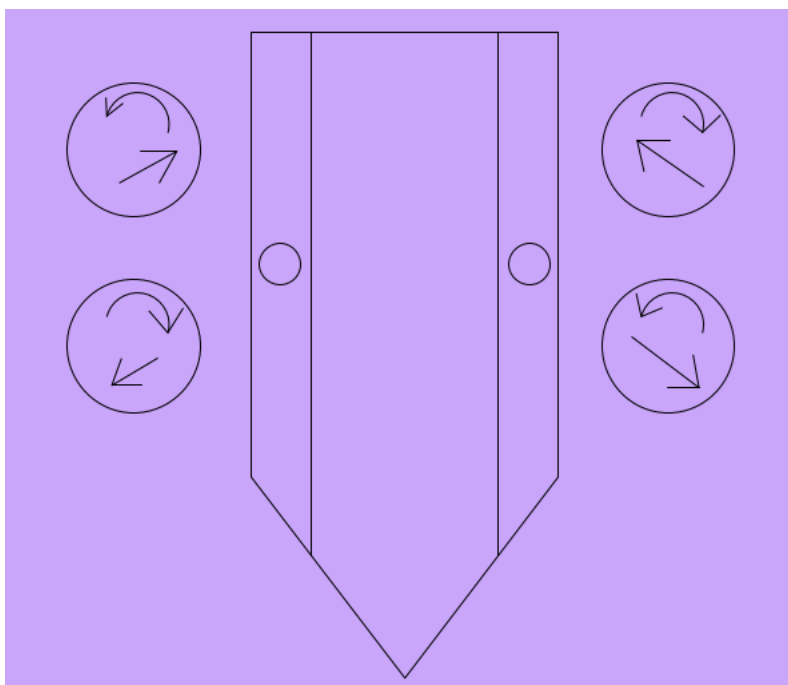


Figura 141. Corrección para el centrado del rayo en el cabezal (elaboración propia).

Gire a pocos grados con la llave Allen de 3mm (o la que mejor se acople) los tornillos de acuerdo con el estado del centrado del rayo, no los gire demasiado o descentrará a una forma exagerada el rayo.

5.1.3 Identificación del material

Siga los siguientes pasos para la correcta selección de su material:

1. Antes de la puesta en marcha del maquinado en el equipo, **identifique el diseño del trabajo a realizar**, es decir, prepare o solicite su dibujo en formato DXF o LXD.
2. **Realice o solicite el plano de la pieza a realizar.**
3. **Identifique el material:**
 - Perfil.
 - Tipo: acero al carbón (acero comercial), acero inoxidable, latón, aluminio, etc.
 - En el caso de placas: identifique el **código ASTM** en sistema inglés, también el grado (límite de fluencia mínimo) y el espesor requerido. Por lo regular viene anotado en la misma placa, compare siempre con el plano.
 - En el caso del PTR: verifique que las medidas del largo y del perfil (ancho, alto y grosor).
 - Solera: Verifique largo, ancho y grosor.
 - Perfil tubular redondo: verifique diámetro, largo y grosor.

5.1.4 Nестeo (optimización del material)

Si lo que va a cortar es placa, haga el nестeo correspondiente a la pieza a procesar. Se le recomienda que lo haga usted mismo y no con la herramienta de “Nido” o “Nest” del programa Cypcut Laser en el caso de que requiera solo cierta cantidad de piezas en un área determinada.

Mida el largo y ancho de su material.

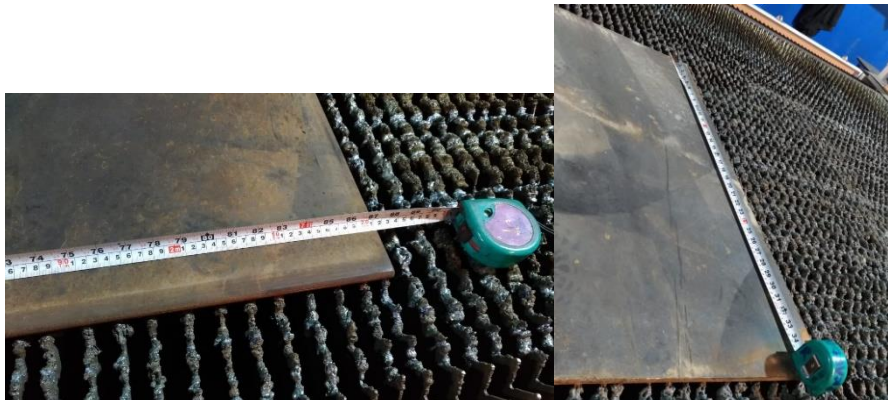


Figura 142. Medición de ancho y largo de placa (propiedad de COMETAL).

Se le recomienda restar 5mm a la medida del ancho y del largo de su material al momento de capturar su área de trabajo, con la intención de evitar dejar muy justo su material.

Verifique si cabe en el área efectiva de trabajo de la máquina. En el caso del modelo LF3015CN, las medidas del ancho y largo de la cama son de 1500mm y 3000mm respectivamente.

Suponga que su área de trabajo es de 1500mm por 2000mm, dibuje un rectángulo, escale a las medidas ya mencionadas y, en una esquina del rectángulo (cual sea de las 4), meta su primera pieza.

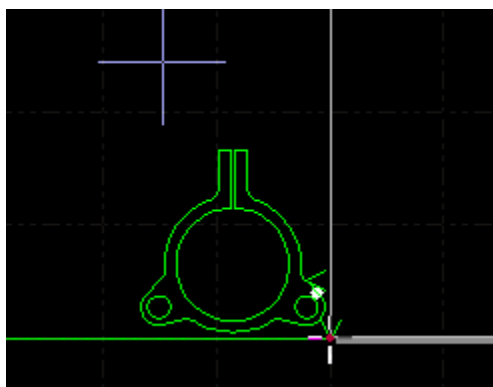


Figura 143. Pasos para nestado, primera pieza (elaboración propia).

Con la función de conjunto, meta todas las piezas que desee o que le soliciten, para este caso suponga que le pidieron cortar todas las piezas que salgan en el material. Deberá dejar un espacio entre piezas, el cual va a depender del grosor del material. A continuación, se le muestra una tabla de la distancia entre piezas que puede dejar de acuerdo con el grosor del material, esto se justifica de forma empírica y experimental.

Calibre No.	Espesor (mm)	Espacio entre piezas recomendado	Observaciones
9/16"	14.28	10mm a 12mm entre filas y columnas.	No deje menos de 10mm, pues sus piezas se calentarán mucho y se presentará el vibrado o un corte fuera de dimensiones.
1/2"	12.7	10mm entre filas y columnas.	No deje menos de 8mm, pues sus piezas se calentarán mucho y se presentará el vibrado o un corte fuera de dimensiones.
7/16"	11.11		
3/8"	9.53	8mm entre filas y columnas, 5mm como mínimo.	No deje menos de 5mm, pues sus piezas se calentarán mucho y se presentará el vibrado o un corte fuera de dimensiones.
5/16"	7.94		
1/4"	6.35	De 5mm a 6mm.	Dejar menos de 5mm puede provocar vibrado o un corte fuera de dimensiones.
3	6.07		
4	5.69		
5	5.31		
6	4.94		
3/16"	4.76	De 5mm a 4mm.	Dejar menos de 4mm puede provocar vibrado o un corte fuera de dimensiones.
7	4.55		
8	4.18		
9	3.8		
10	3.42		
1/8"	3.18	De 4mm a 3mm.	Dejar menos de 3mm puede provocar un corte fuera de dimensiones.
11	3.04		
12	2.66		
13	2.28		
14	1.9		
15	1.71		
1/16"	1.59	3mm a 0mm (corte común).	Estos cortes ya son con aire comprimido o con nitrógeno, por lo
16	1.52		

17	1.37	2mm a 0mm (corte común).	que solo debe cuidar que no se levanten las piezas y se presente un corte fuera de dimensiones.
18	1.21		
19	1.06		Estos cortes ya son con aire comprimido o con nitrógeno, por lo que solo debe cuidar que no se levanten las piezas y se presente un corte fuera de dimensiones.
20	0.91		
21	0.84		
1/32"	0.79		
22	0.76		

Tabla 4. Distancia entre piezas en diferentes espesores (elaboración propia).

Una vez haya identificado el grosor del material y la distancia entre piezas de la tabla anterior, edite su dibujo con las herramientas ya mencionadas en la parte 4 del manual. Tome en cuenta las siguientes recomendaciones al momento de editar un dibujo:

Corte de barrenos:

- **Acero al carbón:** la línea guía debe ser recta y con un punto de refrigeración al concluirla. Dependiendo del grosor, de una distancia de línea guía considerable para que el rayo láser tenga tiempo de recorrer la distancia del corte guía y llegar al punto de refrigeración.
- **Acero inoxidable:** el corte guía debe ser curvo y sin puntos de refrigeración.
- **Aluminio:** el corte guía debe ser curvo y sin puntos de refrigeración.

Esquinas:

- **Acero al carbón:** debe de agregar un punto de refrigeración (90° a aristas de 170°). Si ve que las esquinas se deshacen al momento del corte, agregue más tiempo en los puntos de refrigeración.
- **Acero inoxidable:** no requieren de puntos de refrigeración.
- **Aluminio:** no requieren de puntos de refrigeración.

Corte guía (líneas guía):

- **Acero al carbón:** longitud de acuerdo con el espesor del material, no coloque un punto de refrigeración después de un corte guía. Colóquelas en una esquina y donde no intervenga en otros cortes.
- **Acero inoxidable:** colóquelo donde no intervenga en otros cortes.
- **Aluminio:** colóquelo donde no intervenga en otros cortes.

Perforaciones: aplica para todo material y es independiente del gas auxiliar.

- Espesores de 9/16" a calibre 16, requieren de etapas de perforación, pero, de calibre 17 en adelante, no lo requieren.

Compensación:

- **Corte con oxígeno:** dependerá de la boquilla que tenga y del espesor del material. Haga una prueba de corte con un barreno, sin compensar, por ejemplo (ubíquelo donde no se desperdicie o pierda material para sacar las piezas), mídalo, luego haga lo siguiente:

$$\text{Compensación} = \frac{\text{lo que se requiere} - \text{lo que se tiene en corte}}{2}$$

Eso es lo que usará para compensar.

- **Corte con aire:** no es necesario compensar en calibres delgados, a excepción de calibres más gruesos como calibre 10.

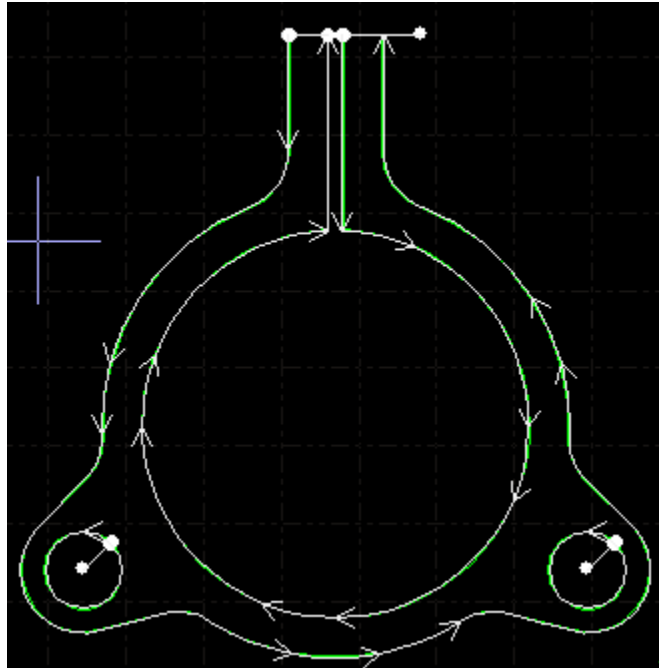


Figura 144. Dibujo editado (elaboración propia).

Una vez haya acabado de realizar su nestado, haga la función de “Frame” para verificar si van a caber todas sus piezas. Puede que presente el problema del alineamiento de placa, probablemente no pueda hacer a mano debido al gran peso del material, por lo tanto, realice la función de búsqueda de 6 bordes para que las piezas a procesar queden alineadas en el material.

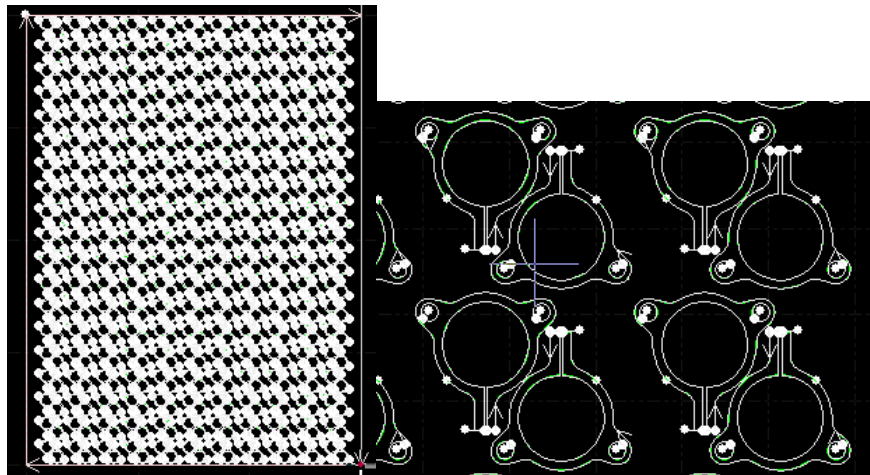


Figura 145. Nestado (elaboración propia).

Nota: debe acomodar las piezas de tal modo que ocupen el menor espacio posible sin arriesgar la calidad de corte.

5.1.5 Alinear material

Puede alinear su material de forma manual.

Pase el láser (punto rojo) a lo largo del material (a lo ancho y a lo largo) y vea si su láser va recto.

También lo puede hacer con la herramienta de búsqueda de borde.

Verifique que ningún peine de la cama este levantado, esto puede afectar en la estabilidad de la placa y en la calidad del corte.



Figura 146. Peine levantado (propiedad de COMETAL).

Haya hecho cualquiera de las dos maneras de alinear la placa, lo siguiente será ubicar su cero pieza en donde desee y le resulte más conveniente, de “FRAME” en su control remoto para verificar que sus piezas entre bien, luego de “PLAY”.

Puede ubicar su láser bien en alguna esquina de su placa y hacer “FRAME” con su conjunto de piezas y el recuadro que las contiene, con la intención de centrar mejor sus piezas en el material. Para hacer esto haga lo siguiente:

1. Agrupe su conjunto de piezas.
2. Selecciones su nuevo grupo y el contorno virtual del material (recuadro con las medidas de la placa).
3. Vaya a Inicio<Transformar<Alinear<Alinear centro.
4. Desagrupe el conjunto de piezas.

Tenga mucho cuidado con esta forma de alinear, ya que el programa cambiará las entradas externas a internas y viceversa, ¿por qué? Porque el software reconocer a todas las piezas que están dentro del recuadro como figuras internas, y al contorno lo verá como el dibujo exterior, por lo que cambiará todo. Para ello solo corrija las entradas seleccionando todo y dándole clic en las herramientas de entradas internas y externas para cambiar automáticamente todo.

Si todo ya está de acuerdo con lo que requiere, de PLAY en su control.

5.1.6 La regla general del corte

El corte de cuál sea la figura geométrica que vaya a procesar debe tener medidas superiores al espesor del material. Vea la siguiente ilustración.

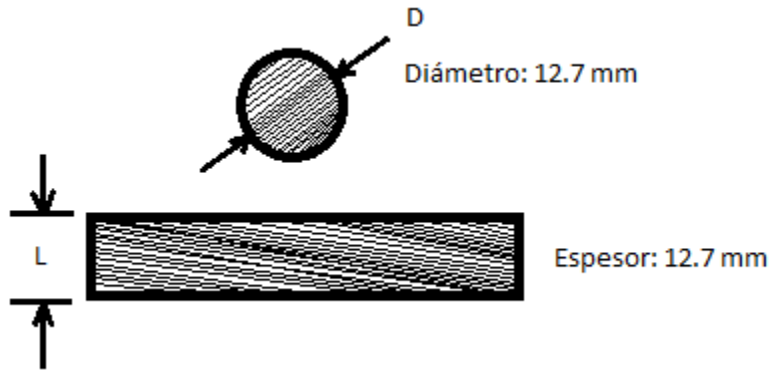


Figura 147. Regla general del corte (elaboración propia).

Por lo tanto:

$$\text{Diámetro} \geq \text{Espesor}$$

Donde $\geq$ quiere decir que es mayor o igual que.

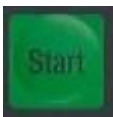
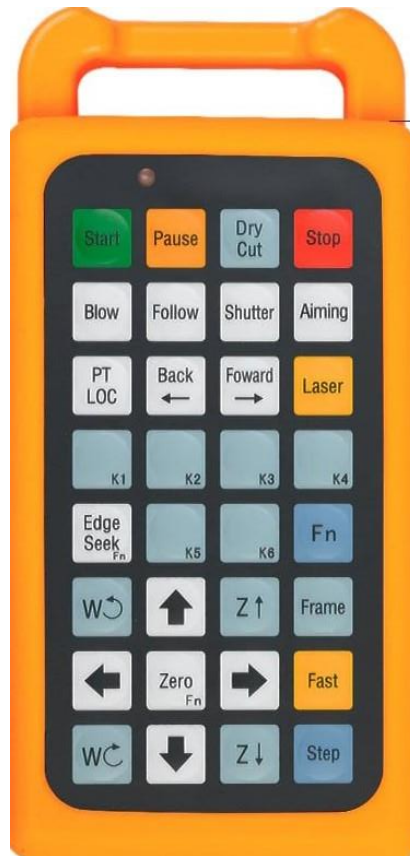
Puede cortar medidas inferiores al espesor del material, sin embargo, no se le asegura tener un resultado satisfactorio; esto sucede más en el corte de barrenos.

5.2 Durante la operación

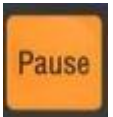
5.2.1 Funciones del control remoto.



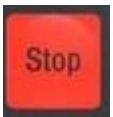
Figura 148. Control remoto y receptor de señal. (AliExpress, s.f.)



da inicio al proceso de corte.



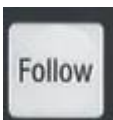
pausa el proceso de corte, reanuda el proceso en la última posición si usted usa



pone fin a todo el proceso.



el cabezal sopla el gas que usted seleccione en el panel de control.



hace que el cabezal baje hasta tocar la superficie del material, por favor, use esto teniendo material, evite atorar el cabezal con un peine.



es el obturador (el mismo que en su panel de control), con este desactiva y activa el rayo láser.



es la función de apuntar (el mismo que en su panel de control), apunta el rayo láser con los lentes.



funcionan solo cuando da **Pause** al proceso, **Back** es para ir hacia atrás



en algún punto del proceso de corte; **Forward** es para ir hacia adelante en algún punto del proceso de corte, sin embargo, puede adelantarse a algún punto en el que aún no se haya cortado nada.



activa una ráfaga láser, pero sin gas auxiliar.



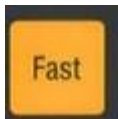
manda al cabezal de corte a su cero pieza o punto de inicio de corte.



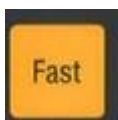
mueven su cabezal de corte hacia la orientación de las flechas en el control.



mueven hacia abajo y hacia arriba en el eje Z al cabezal de corte (verá bajar y subir la boquilla).



acelera el movimiento hacia arriba o hacia abajo del cabezal.



acelera el movimiento del cabezal y puente, dependiendo de la orientación de la flecha.



da pasos hacia la dirección de las flechas.



da pasos hacia arriba o hacia abajo en el eje Z.

Para configurar la distancia de los pasos en el panel de control, vaya a Paso o Step y escriba a cuánto desea que vaya su cabezal de corte por cada paso que dé.

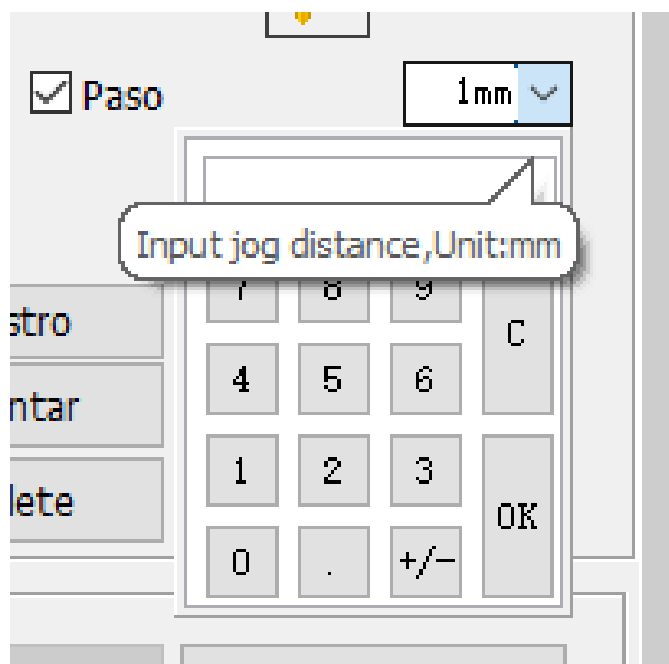
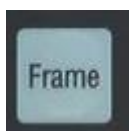


Figura 149. Distancia de paso (elaboración propia).



hace el recorrido alrededor del área que ocupará todo el corte.



se ejecuta la simulación mecánica del recorrido real y exacto de corte. Es como cortar, pero sin el rayo ni el gas.

5.2.2 Cuidados durante la operación

A continuación, verá un listado de lo que debe cuidar durante el maquinado:

- Verifique que las piezas no se levanten, debido a que ésta puede interferir en el camino del cabezal y mover su placa. Si se levantan mucho, agregue micro juntas.



Figura 150. Pieza con potencial a chocar con el cabezal o dañarlo, y mover toda la placa (propiedad de COMETAL).

- Observe que las chispas (escoria) caigan en forma de abanico y que sean abundantes, en caso de ser pocas debe corregir sus parámetros de corte como la velocidad o la presión (vea el capítulo 6).



Figura 151. Chispas en forma de abanico (propiedad de COMETAL).

Vigile que las esquinas de las piezas o cualquier arista de estas no salga con vibrado. Si las esquinas salen vibradas o incompletas, agregue más tiempo a sus puntos de enfriamiento.



Figura 152. Vibrado (propiedad de COMETAL).

Si el vibrado es en los lados, verifique que el centrado de su rayo sea correcto y que su lente este en buen estado, o en su defecto, ajuste sus parámetros de corte (vea el capítulo 6).



Figura 153. Orientación del vibrado (elaboración propia)

- Si sus piezas tienen micro junta, no intente removerlas o moverá su placa. Si le solicitan sacar primera pieza, a la ésta no le ponga micro junta.
- Vigile que el espacio entre piezas no se pandee, ya que provocará que el rayo agarre material de más y existan piezas fuera de dimensiones (ocurre más con soleras largas). De ser el caso, haga corte común o extienda el espacio entre piezas (vea la Tabla 3).
- Si ve que su Dewar está congelado, procure no echarle agua ya que se generará hielo solido en vez de la nieve que tenía al inicio. Para esto solo retire la nieve con la mano, agregue agua solo al indicador de nivel para poderlo apreciar mejor e identificar si tiene tanque lleno o vacío. También vigile el nivel de presión, si abre la válvula reguladora de presión, no olvide cerrarla antes de llegar a la máxima presión de que soporta la válvula de alivio.



Figura 154. Tanque con nieve (propiedad de COMETAL).

5.3 Después de la operación.

- Mueva el puente de la máquina a un punto donde no interfiera para retirar las piezas producidas.

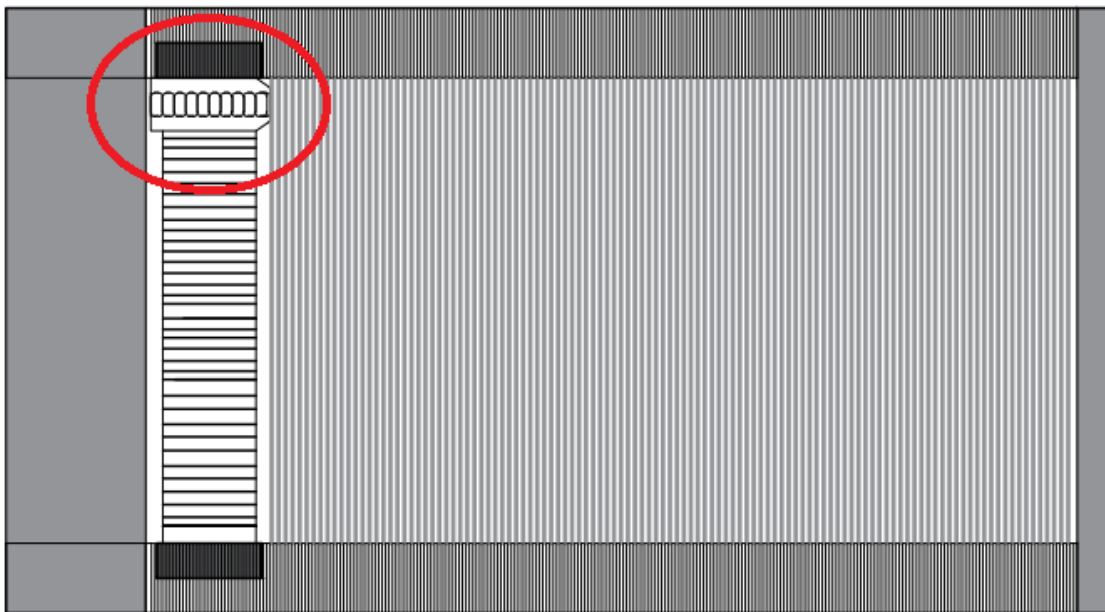


Figura 155. Ubicación del cabezal para evitar choques con éste (elaboración propia).

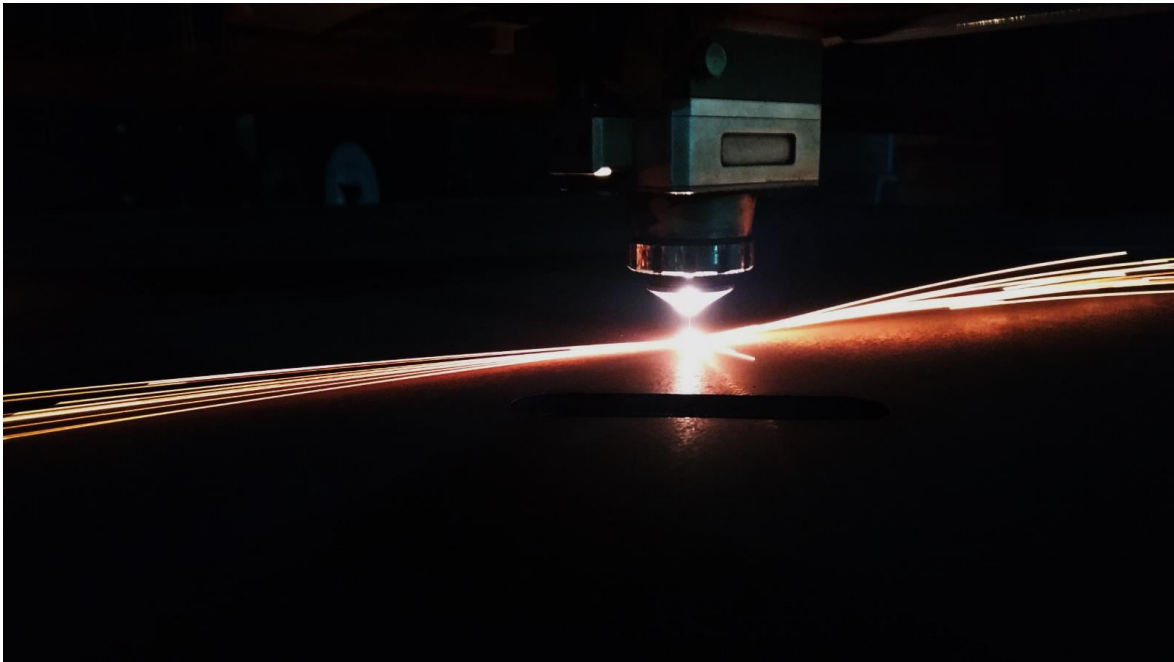
- Retire su material con cuidado, auxiliándose de un montacargas y sin dañar la máquina.
- En caso de cortar PTR, solo baje manualmente su tubo y límpielo de la escoria y residuos de corte.

- Retire sus piezas en caso de no tener micro junta, y en caso de tener micro junta, separe sus piezas del esqueleto de la placa.



Figura 156. Piezas para retirar de la cama del láser (propiedad de COMETAL).

No deje peines levantados o residuos de corte en la cama del láser.



6.0 Conocimiento y manejo de parámetros en los layers de corte

Los layers de corte son lo más importante al momento de cortar su material, podrá mover bien la maquinaria, pero, si su técnica de corte no es la correcta, no servirá de mucho que opere la máquina.

A menudo se preguntará “¿Por qué siempre hay escoria pegajosa en el corte?”, “La superficie de corte de la placa es siempre rugosa”, “¿Cómo determinar la posición del foco?”. Aunque no lo crea, la mala posición del foco es, en la mayoría de los casos, el causante de un mal acabado en el corte láser. Antes de comenzar a resolver problemas de enfoque, debemos comprender exactamente lo que es el foco.

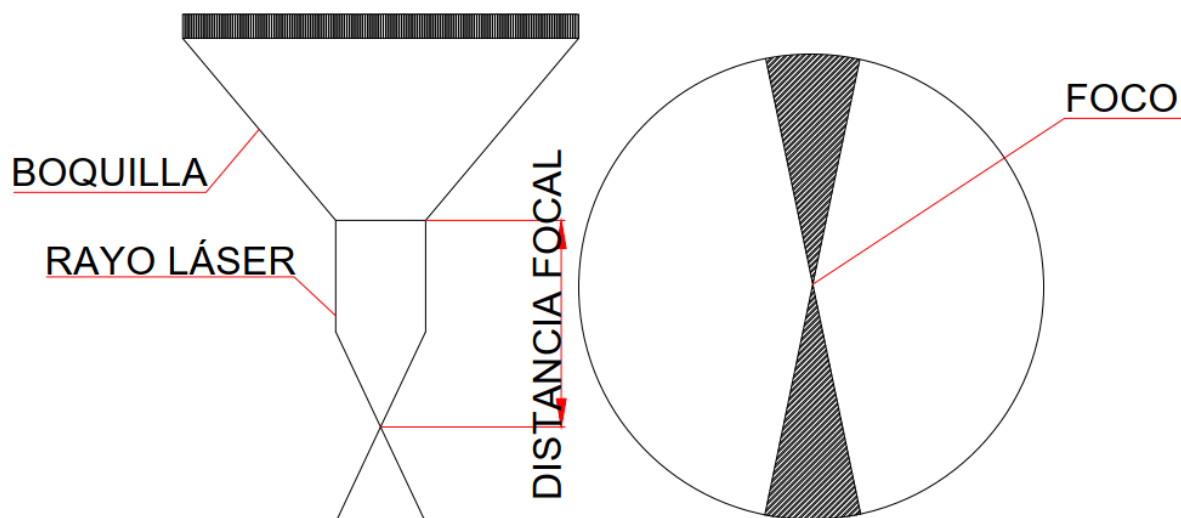


Figura 157. Foco (elaboración propia).

Lo que se mostró en la imagen anterior es una representación gráfica del foco en el rayo láser expulsado en una máquina de corte de fibra. El foco, es el punto donde se concentra la máxima cantidad de energía, con lo que el rayo láser puede cortar el material a procesar.

Si cambiamos la distancia focal (distancia entre el foco y la superficie del material) tendremos diferentes resultados. Piense que esto es una analogía a cómo un niño juega con una lupa ante la luz del sol para quemar hojas. Si concentra la luz, acercando la lupa en un punto, verá que la hoja se quemará rápidamente y prenderá en llamas, sin embargo, si aleja la lupa verá que el punto se ensanchará y la hoja tardará más tiempo en quemarse.

Entonces, para trabajar con materiales gruesos (como la ilustración de abajo) resulta necesario crear un enfoque con el canal más ancho, esto es para soportar un volumen mayor de material fundido que debe ser expulsado durante el proceso de corte.



Figura 158. Material de 3/8" (propiedad de COMETAL).

Sucede todo lo contrario para los materiales más delgados, un punto de enfoque más pequeño sobre la superficie del material es mucho más efectivo que uno más grande, esto se debe a que hay menos material involucrado y, por lo tanto, no se requiere de un canal más amplio, observe la ilustración de abajo.



Figura 159. Material de 3/16" de espesor (propiedad de COMETAL).

Otro factor muy importante que se debe considerar es el uso del gas auxiliar, como el oxígeno, nitrógeno o aire comprimido. Cada gas tiene propiedades específicas.

En el corte por láser, los gases soportan dos reacciones en específico: exotérmicas o endotérmicas. La forma en cómo se debe enfocar el rayo depende del tipo de reacción y del gas usado.

6.1 Corte con oxígeno (corte exotérmico)

En el corte por láser, una reacción exotérmica se crea mediante el uso de un gas con propiedades acelerantes como el oxígeno. Durante este proceso de corte, la intensa energía del rayo láser vaporiza (literalmente hierve) el material conforme el oxígeno reacciona de manera violenta con el material fundido ya en estado líquido. En el corte con oxígeno, la conversión del material a un vapor térmico es casi completa.

Para poder llevar a cabo el proceso de corte por láser de reacción exotérmica, se requiere que la posición de enfoque sea positiva, es decir, que estén por encima de la superficie de trabajo (para materiales gruesos) o justo en la superficie de trabajo para materiales más delgados (esto también aplica para realizar grabado láser) aunque para materiales delgados también se puede usar un foco bajo, no necesariamente tiene que estar justo sobre la superficie de trabajo; un ejemplo puede ser tener un foco de 2mm para un material de acero comercial de calibre 10 (3.4mm).

El grabado tiene un foco de cero (justo sobre la superficie) pero a una baja potencia de rayo láser. El foco 0 también puede cortar lámina delgada, esto usando oxígeno, sin embargo, es más recomendable usar aire o nitrógeno para sus cortes en materiales delgados.

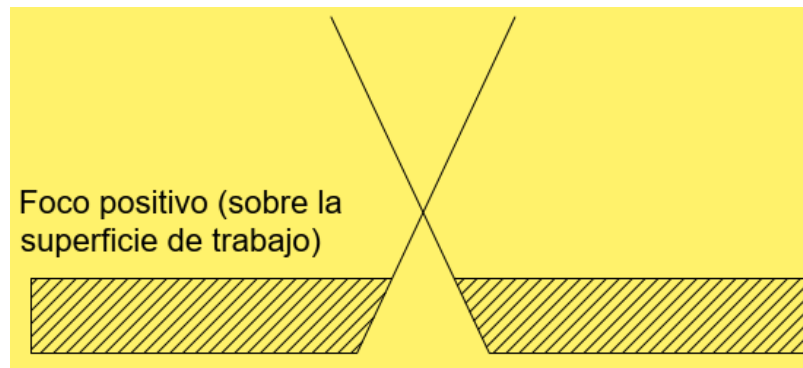


Figura 160. Foco positivo (elaboración propia).

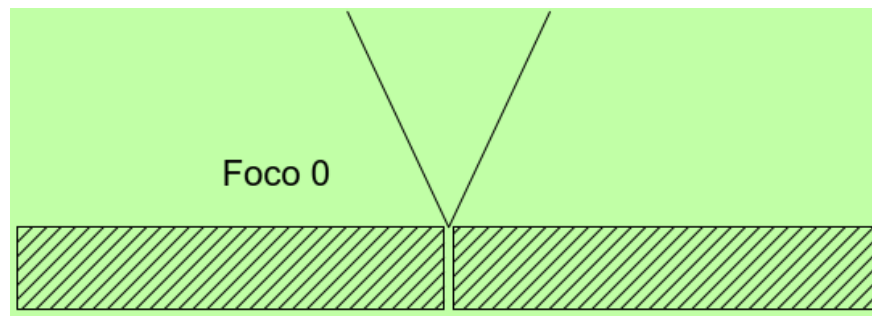


Figura 161. Foco superficial (elaboración propia).

El corte por láser con oxígeno se debe aplicar para acero comercial de baja a media-alta aleación únicamente.

A continuación, se muestra cómo funciona el rayo láser, el cual es responsable de encender y estabilizar un proceso de combustión dentro del corte, y el gas auxiliar expulsa el material fundido de la zona de corte y protege el sistema óptico del cabezal de corte.

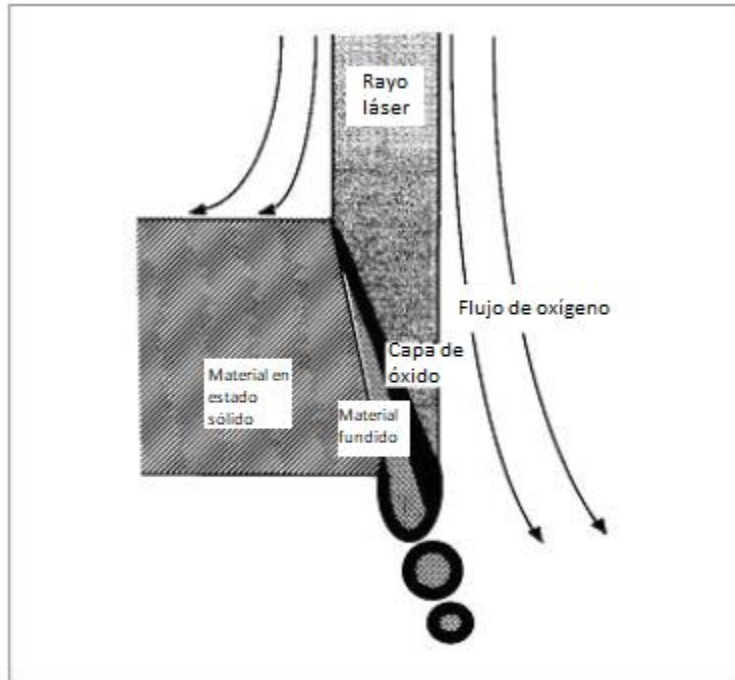


Figura 162. Corte oxidante. (Wandera, 2006)

Entonces, ¿cómo sucede exactamente el corte láser con oxígeno? Se presenta de la siguiente manera: el foco, al estar por encima de la superficie, el ancho inferior de la pieza es mayor que el superior, esto ayuda a eliminar la escoria que se genera durante el corte y permite que el oxígeno llegue a la parte inferior de la pieza de trabajo para poder llevar a cabo la oxidación completa.

Dependiendo del espesor del material, existirá un cierto rango focal (positivo) que conducirá a un punto más grande en la superficie, esto dará como resultado un mejor precalentamiento y suplemento de calor alrededor del corte, dando como resultado una superficie de corte de acero al carbono más suave y brillante.



Figura 163. Capa de óxido que se forma después del corte láser, esta capa genera un brillo grisáceo en la orilla de la pieza (propiedad de COMETAL).

Es por esto, que el corte con oxígeno es una reacción exotérmica, es decir, que desprende mucha energía en forma de luz y mucho calor. Se requiere de una posición focal positiva para poder tener

la cantidad de energía suficiente como para poder derretir satisfactoriamente el material de gran espesor.

Ahora se mostrarán casos de mala calidad en el acabado de corte y el cómo solucionarlo. Vea los siguientes ejemplos de un corte limpio en placa de acero comercial de espesor 1/2”.



Figura 164. Acabado limpio de placa 1/2" (MATE. PRECISION TECHNOLOGIES.)



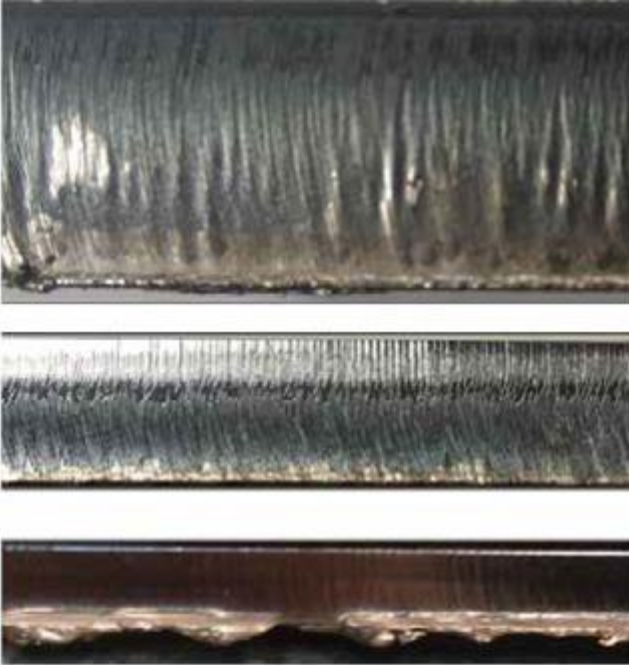
Figura 165. Acabado limpio de placa 1/4" (MATE. PRECISION TECHNOLOGIES.)

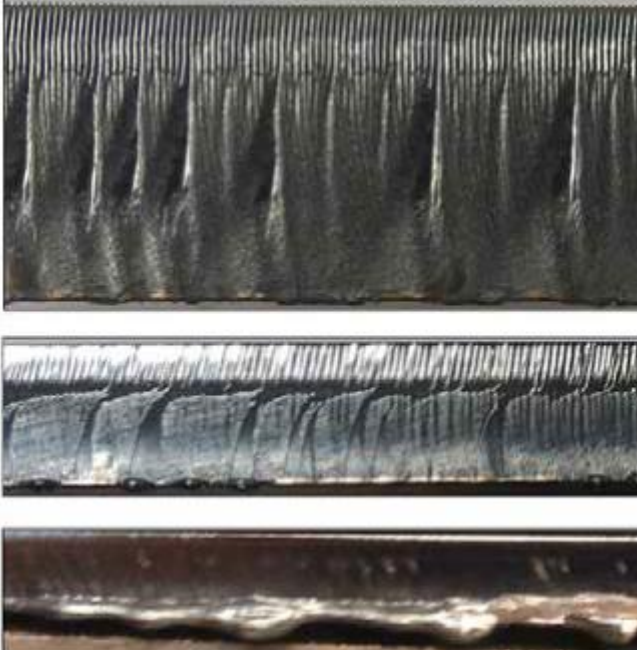


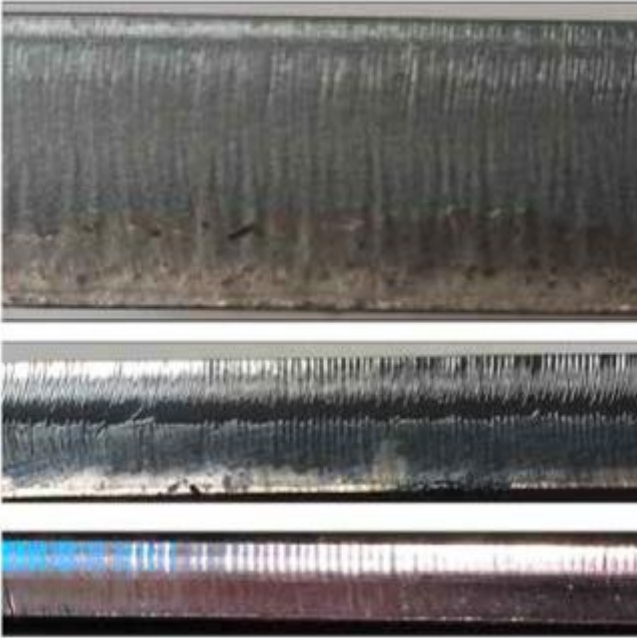
Figura 166. Acabado limpio de lámina calibre 10 (propiedad de COMETAL).

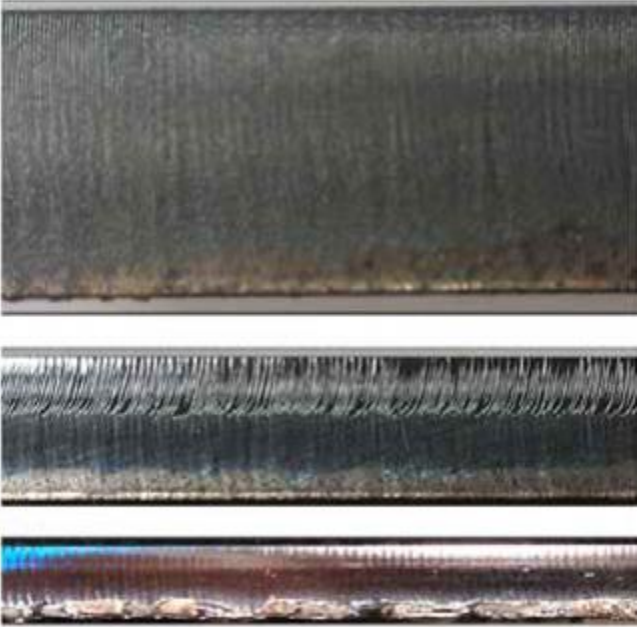
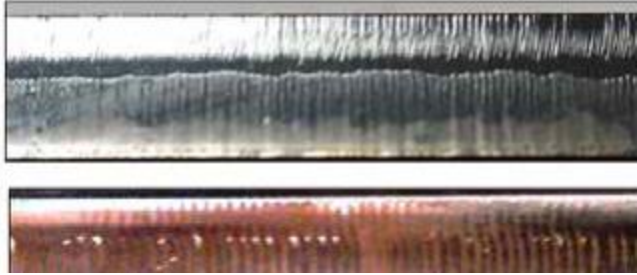
PROBLEMA		ILUSTRACIÓN GRÁFICA	SOLUCIÓN
FOCO	Foco demasiado alto.		Para el acero comercial o acero al carbón, el foco debe ser positivo. Los valores típicos que se usan para la posición focal dependerán de la marca del cabezal de corte, pero, para esta máquina, dichos valores están entre 2 y 4.5mm. Para poder solucionar esto, mueva la posición focal a $\pm 0.5mm$. Si el foco está muy alto, vaya bajándolo en la cantidad antes mencionada; si el foco está muy bajo, súbalo.
	Abertura ancha en el corte.		

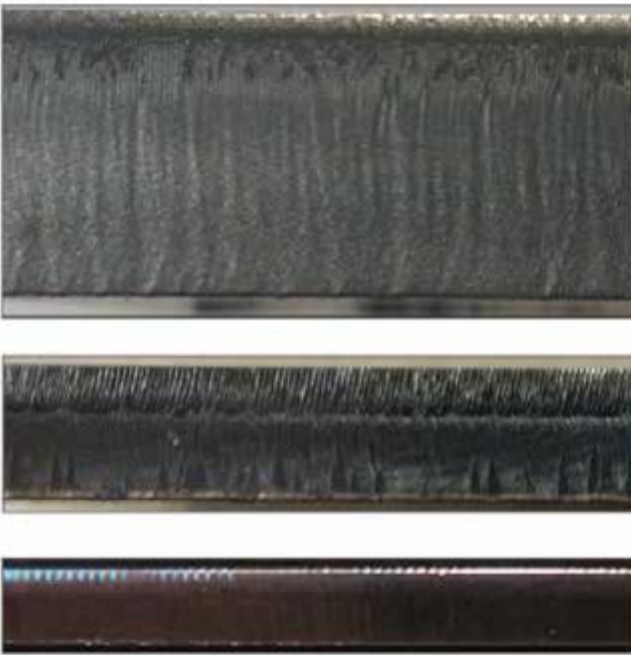
Figura 167. Foco demasiado alto y abertura ancha de corte (MATE. PRECISION TECHNOLOGIES.)

	Foco demasiado bajo. Abertura estrecha en el corte.	 <i>Figura 168. Foco demasiado bajo y apertura estrecha en el corte (MATE. PRECISION TECHNOLOGIES.)</i>	
VELOCIDAD	Si la velocidad de corte es lenta, la apertura de corte se ensancha.	 <i>Figura 169. Velocidad de corte lenta (MATE. PRECISION TECHNOLOGIES.)</i>	A mayor espesor, menor velocidad de corte; a menor espesor, mayor velocidad de corte. Las líneas de corte deben ser verticales a las caras del material, no debe haber rebaba y la chispa residual debe ir hacia abajo perpendicular a las caras del material y en forma de abanico. Los efectos de una velocidad alta en el corte son los siguientes: • El rayo no atravesará el material, por lo que se generarán chispazos sobre la superficie. • La calidad de corte será aceptable en algunas partes, pero en otras partes quedará mucha rebaba, en especial cuando hay un cambio de dirección. • Las chipas debajo de la parte inferior del material, éstas irán en contra de la dirección del

	Si la velocidad de corte es demasiado alta, la abertura de corte será estrecha.	 Figura 170. Velocidad de corte alta, abertura estrecha de corte (MATE. PRECISION TECHNOLOGIES.)	movimiento. Esto será más evidente si la velocidad resulta ser muy excesiva. Los signos de la velocidad baja son: • Calentamiento excesivo, esto lo verá cuando el material se derrita y se observarán burbujas en la parte inferior. • La ranura de corte se ensancha. • Por el exceso de gas, se generará un ángulo en ambas caras de corte, y habrán líneas diagonales que se marcarán en el mismo sentido de corte.
ALTURA DE LA BOQUILLA	La altura de la boquilla es demasiado alta, por lo que la abertura de corte se vuelve demasiado ancha.	 Figura 171. Velocidad de corte alta, abertura estrecha de corte (MATE. PRECISION TECHNOLOGIES.)	Dependerá de la marca del cabezal. Para esta máquina los valores estarán entre 0.5mm y 1.5mm, por lo general, este valor casi siempre se mantiene en 0.5mm. El valor es proporcional al espesor del material, y se recomienda ajustar en un incremento de $\pm 0.1mm$.

	La altura de la boquilla es demasiado baja, por lo que la abertura de corte se vuelve demasiado estrecha.	 Figura 172. Altura baja de la boquilla (MATE. PRECISION TECHNOLOGIES.)	
PRESIÓN DE GAS	Si la presión es demasiado alta, el corte se ensancha.	 Figura 173. Presión demasiado alta (MATE. PRECISION TECHNOLOGIES.)	La presión de gas va desde 0.3 a 0.4 BAR para espesores delgas y para espesores gruesos, este valor va de 0.5 a 0.6 BAR. A mayor espesor, mayor el orificio de la boquilla pero la presión tiene que disminuir para evitar sobrecalentamiento en el material. Realice cambios de ± 0.1 BAR.

TAMAÑO Y TIPO DE LA BOQUILLA	Si la presión del gas es muy baja, la abertura de corte será estrecha.	 <i>Figura 174. Presión de gas demasiado baja (MATE. PRECISION TECHNOLOGIES.)</i>	
	Si la boquilla es muy grande, la abertura del corte es muy ancha.	 <i>Figura 175. Tamaño grande en la boquilla (MATE. PRECISION TECHNOLOGIES.)</i>	
	Si la boquilla es demasiado pequeña, la abertura de corte será muy ancha.	 <i>Figura 176. Uso de boquilla pequeña (MATE. PRECISION TECHNOLOGIES.)</i>	A mayor espesor, se usará una boquilla más gruesa. A menor espesor, menor será el diámetro del orificio de la boquilla. En el corte con oxígeno se deben usar boquillas del tipo doble.

	El tipo de boquilla no es el correcto, así como el tamaño de la abertura de ésta.	 Figura 177. Tamaño de la boquilla incorrecto (MATE. PRECISION TECHNOLOGIES.).	
CENTRADO DEL RAYO	El rayo esta descentrado	 Figura 178. Mal centrado del rayo, cara 1 (MATE. PRECISION TECHNOLOGIES.)	• Centre el rayo, vea el apartado 5.2.2. • El rayo estará descentrado si la boquilla esta demasiado caliente, independientemente de que esté cerca del proceso térmico. Un sobrecalentamiento de la boquilla no es normal.

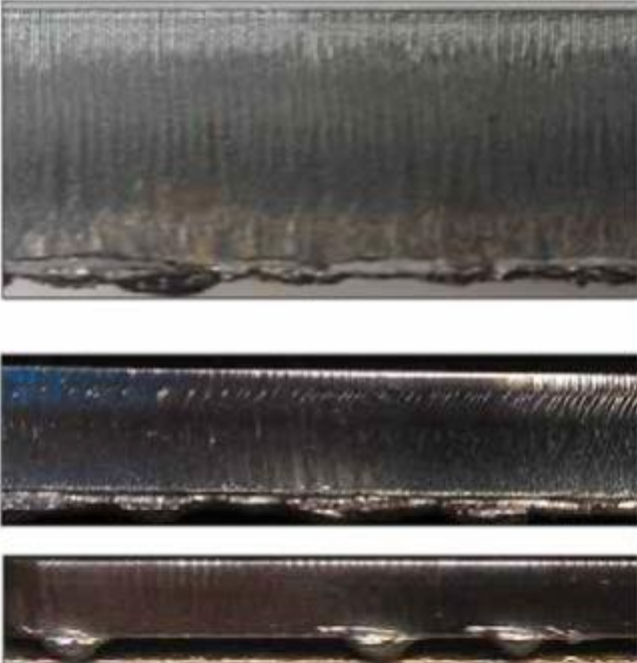
	El rayo esta descentrado	 <i>Figura 179. Rayo descentrado, cara 3 (MATE. PRECISION TECHNOLOGIES.)</i>	
--	---------------------------------	---	--

Tabla 5. Problemas en la calidad de corte (elaboración propia).

6.2 Corte con aire o nitrógeno (corte endotérmico)

Durante el proceso de corte por láser de gases inertes (también llamado corte por fusión láser o corte endotérmico), el haz láser es la única fuente de calor y el chorro de gas inerte de alta presión proporciona la fuerza mecánica para la eyección de fusión.

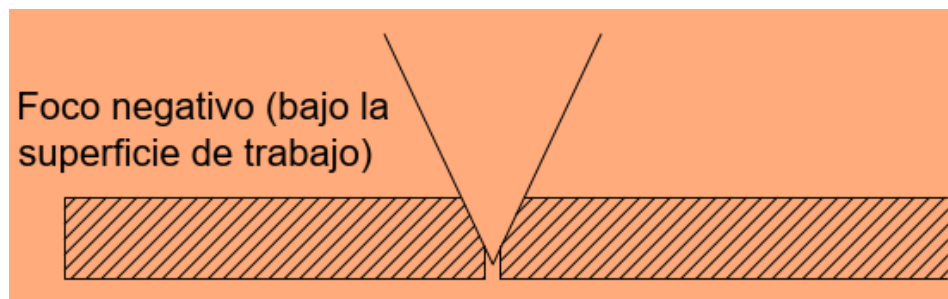


Figura 180. Foco negativo (elaboración propia).

En el corte con aire, el ancho superior es mayor que ancho inferior. El foco está dentro del material, debido a eso negativo, además, al ser un proceso endotérmico (que requiere de calor para poder efectuarse), el láser es la única fuente de energía y el gas solo remueve el material derretido, por lo que, la fuente de energía que proporciona calor al sistema para poder efectuar el proceso es el rayo láser. Es usado para cortar acero inoxidable y metales no ferrosos como el aluminio, cobre, latón y también para acero al carbón, pero, el material debe ser de un espesor delgado.

El foco debe estar en la posición adecuada, no muy cerca de la superficie del material ni tampoco muy por debajo.

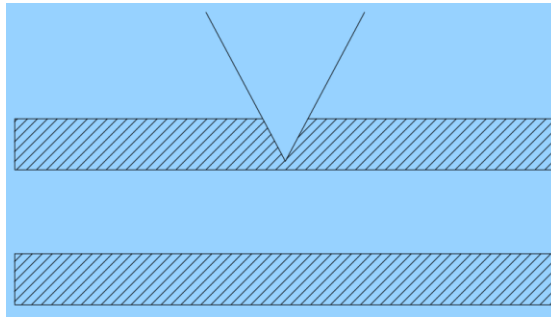


Figura 181. Posición correcta del foco para el corte con aire, el acabado no presenta rebaba (elaboración propia).

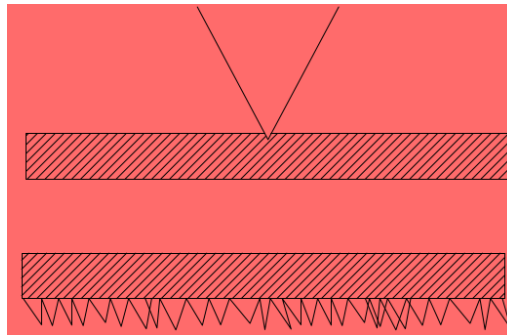


Figura 182. Foco muy cerca de la superficie, hay que hacerlo más negativo. Se presenta rebaba con filo (elaboración propia).

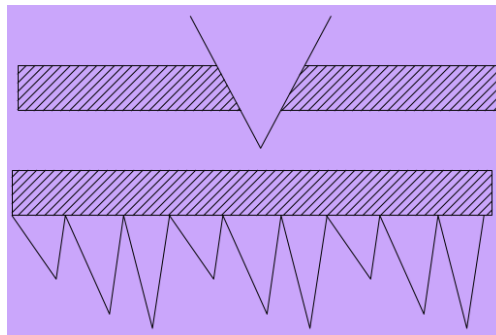


Figura 183. Foco demasiado negativo, se presenta rebaba aún más grande que en el foco cerca de la superficie. La rebaba tiene filo y es muy difícil de remover (elaboración propia).

Los ajustes de parámetros en esta técnica de corte son muy parecidos al corte con oxígeno, solo cambia el foco. Sin embargo, a los tres parámetros a los que debe prestar más de su atención para este tipo de corte son la velocidad, la potencia y el foco.

Defecto	Razón	Solución
---------	-------	----------

 Figura 184. No corta bien de un lado (Shane, 2023)	- Alta velocidad. - El foco es muy bajo. - La potencia es muy baja.	- Reducir la velocidad - Incrementar la potencia.
 Figura 185. Rayo descentrado (Shane, 2023)	- Rayo descentrado. - Boquilla dañada.	- Verifique el estado de la boquilla. - Centre el rayo.
 Figura 186. Foco bajo (Shane, 2023)	Foco demasiado bajo.	Eleve el foco de -0.1mm a -0.2mm cada vez, es decir, aléjelo de la superficie.
 Figura 187. Baja presión (Shane, 2023)	Baja presión del gas.	Aumentar la presión del gas desde la fuente de este.

Tabla 6. Defectos en el corte con aire (elaboración propia).

Defecto	Razón	Solución
---------	-------	----------

 Figura 188. Foco demasiado alto (Shane, 2023)	El foco es demasiado alto.	Baje el enfoque, cada vez más bajo en - 0.1 a -0.2mm, es decir, acérquelo a la superficie.
 Figura 189. Alta velocidad (Shane, 2023)	Velocidad de corte demasiado alta.	Baje la velocidad.
 Figura 190. Impureza en el gas o gas incorrecto (Shane, 2023)	El gas tiene impureza o se usó el gas incorrecto (oxígeno).	• Purgue el compresor • Compruebe las tuberías del gas. • Cambie de tipo de gas en caso de estar usando oxígeno.

Tabla 7. Defectos en el corte por aire (elaboración propia).



7.0 Técnicas de montaje y desmontaje de material en la máquina

Se pueden cortar placas, láminas, ángulos y PTR en la máquina láser. A continuación, se muestran algunas técnicas de montaje y desmontaje del material para poder llevar a cabo un buen corte.

Si lo que va a cortar es PTR o ángulo, retire primero los peines de la cama de la máquina, después, coloque los dispositivos para poder sostener el material; luego, alinee el material.



Figura 191. Dispositivos de corte para PTR y ángulos (propiedad de COMETAL).



Figura 192. PTR montado en los dispositivos (propiedad de COMETAL).

Si lo que desea es montar placa o lámina, use un montacargas.



Figura 193. Montacargas marca TOYOTA (propiedad de COMETAL).



PRECAUCIÓN. SI NO TIENE LA HABILIDAD NECESARIA PARA MONTAR MATERIAL EN UN MONTACARGAS, POR FAVOR, ABSTÉNGASE A SUFRIR UN ACCIDENTE O DAÑAR LA MAQUINARIA, PIDA AYUDA AL PERSONAL YA CAPACITADO Y MEJOR EXPERIMENTADO.

1. Encienda el montacargas. Gire las llaves en sentido horario.



Figura 194. Encendido del montacargas (propiedad de COMETAL).

2. Retire el freno de pie (encerrado en color rojo), hágalo jalando el seguro (encerrado en color azul).



Figura 195. Freno de mano (propiedad de COMETAL).

3. Identifique los pedales. El **clutch** es el peda encerrado en color naranja, sirve como freno, usado normalmente para cargas pesadas. El **freno** es el pedal encerrado en color verde. El **acelerador** es el pedal encerrado en color rojo.

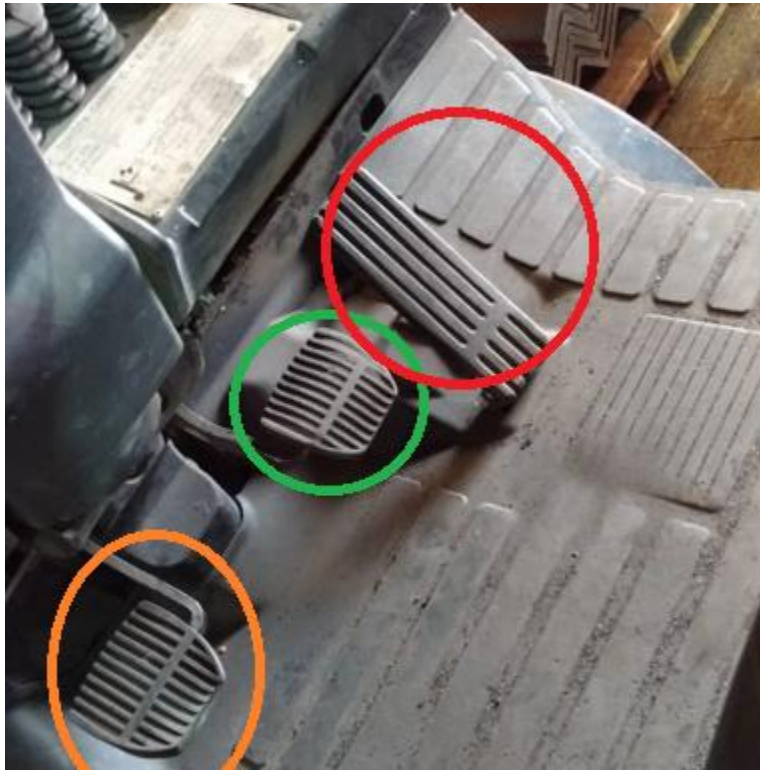


Figura 196. Pedales del montacargas (propiedad de COMETAL).

4. Identifique las palancas de la torre. La palanca en color rojo mueve hacia arriba y hacia abajo la torre. La palanca de color amarillo mueve hacia adelante y hacia atrás la torre. La palanca de color morado mueve a los lados las uñas.



Figura 197. Palancas del montacargas (propiedad de COMETAL).

5. Identifique la palanca automática de avance. La flecha morada indica el movimiento hacia adelante. Si mantiene la palanca en medio, como la línea amarilla, el montacargas estará sin velocidad (neutral). La flecha roja indica reversa.



Figura 198. Palanca de avance automático (propiedad de COMETAL).



Figura 199. Volante del montacargas (propiedad de COMETAL).

Guíe su camino con el volante, por favor **nunca suelte el pedal del freno**. Tenga cuidado a su alrededor.

Nada más que la práctica lo hará mejor con el uso de esta herramienta.

Para poder levantar placas (que es con lo que regularmente va a trabajar), coloqué sus uñas al grado de que vayan en "forma de pala".



Figura 200. Levantamiento de placa (propiedad de COMETAL).

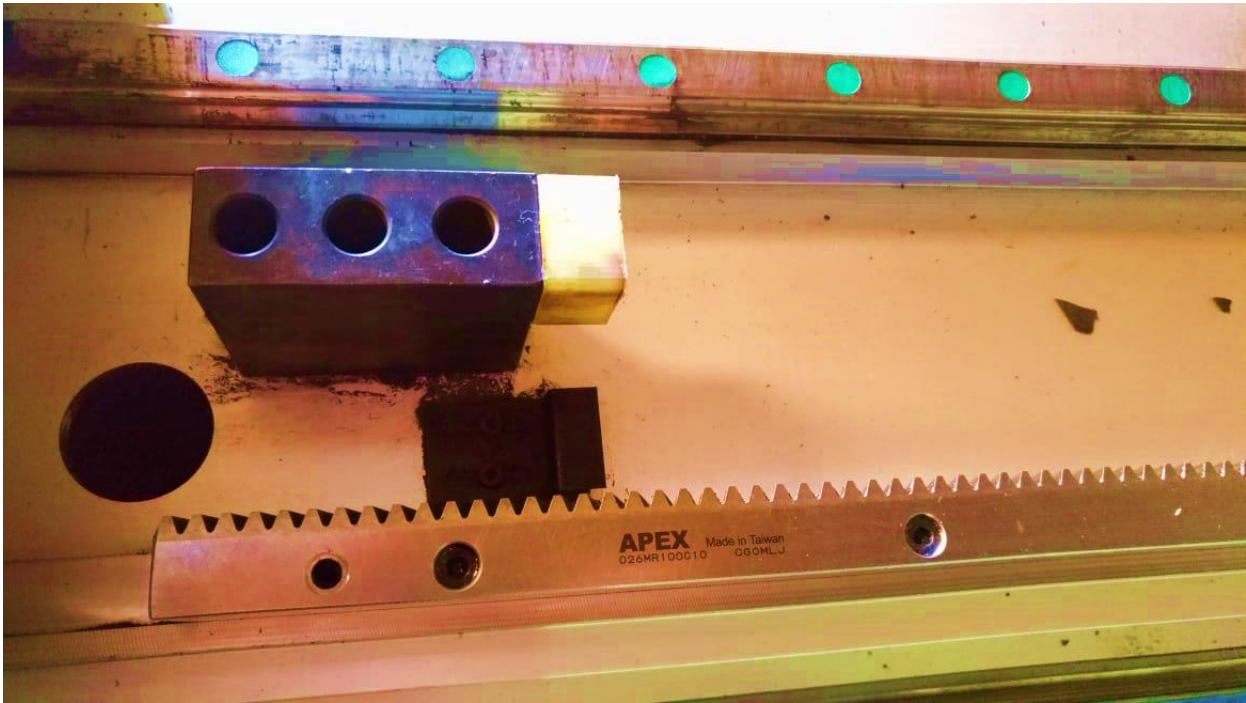
Acérquese poco a poco hasta llegar al tope de las uñas. Incline su torre hacia usted (asegurar la carga) levante las uñas y avance.



Figura 201. Placa en montacargas (propiedad de COMETAL).

Cada vez que apague el montacargas:

- Ponga el montacargas en Neutro.
- Baje su torre y uñas.
- Ponga el freno de pie.



8.0 Programa de mantenimiento para la máquina

Propuesta de programa de mantenimiento de la máquina.

CHECK LIST ANTES DE OPERAR (OPERACIÓN DIARIA)

Acción	Periodo	Nombre del operador	Fecha	Realizó (SÍ O NO)
Purgar compresor	2 veces por turno			
Verificación del lente	1 vez antes de turno.			
Centrado del rayo.	1 vez antes de turno.			
Verificación de estado del cableado de transformadores.	1 vez antes de turno.			
Verificar niveles de oxígeno	1 vez antes de turno.			

CHECK LIST DESPUÉS DE OPERAR (OPERACIÓN DIARIA)

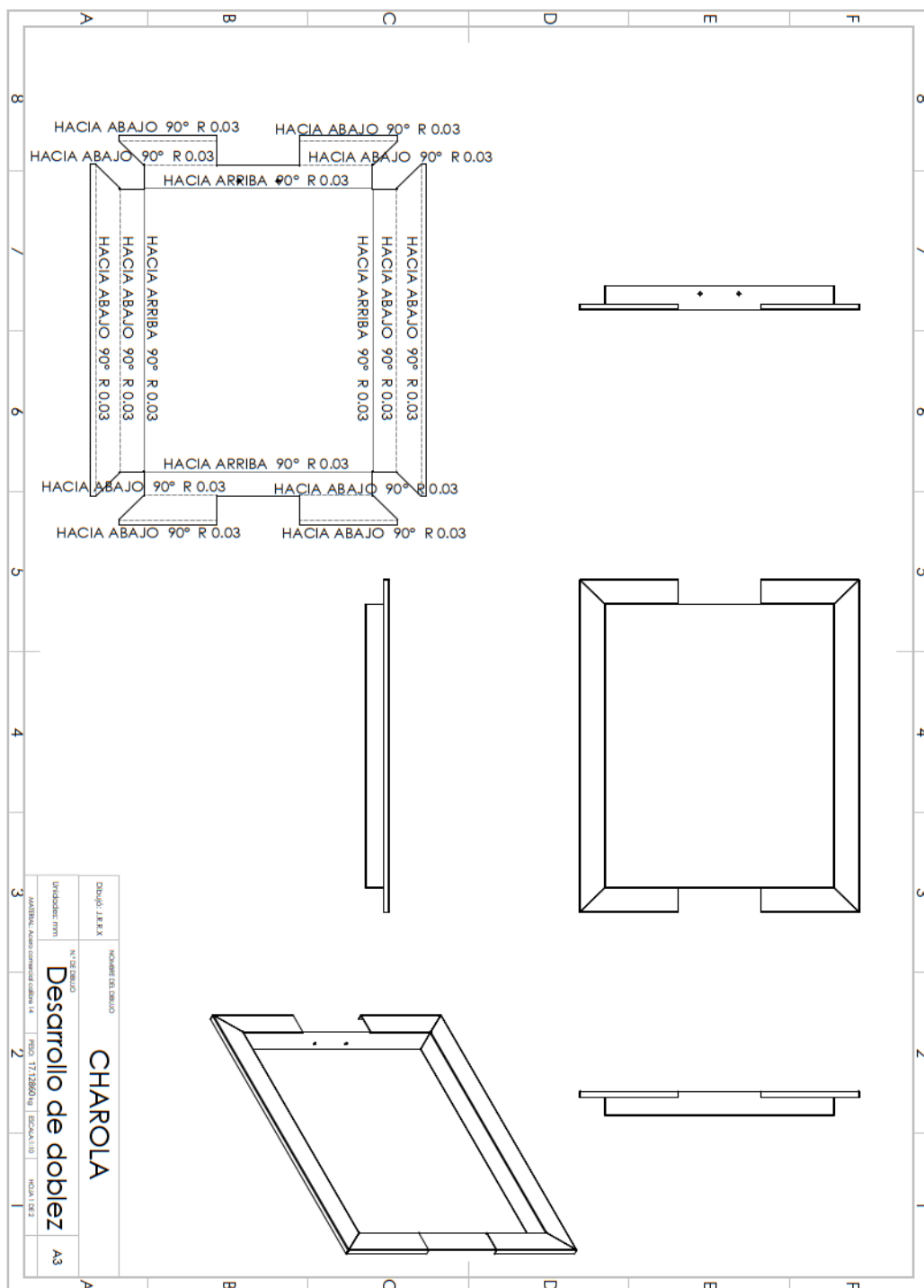
Acción	Periodo	Nombre del operador	Fecha	Realizó (SÍ O NO)
Limpieza superficial de la máquina.	1 vez			
Verificar niveles de oxígeno	1 vez			

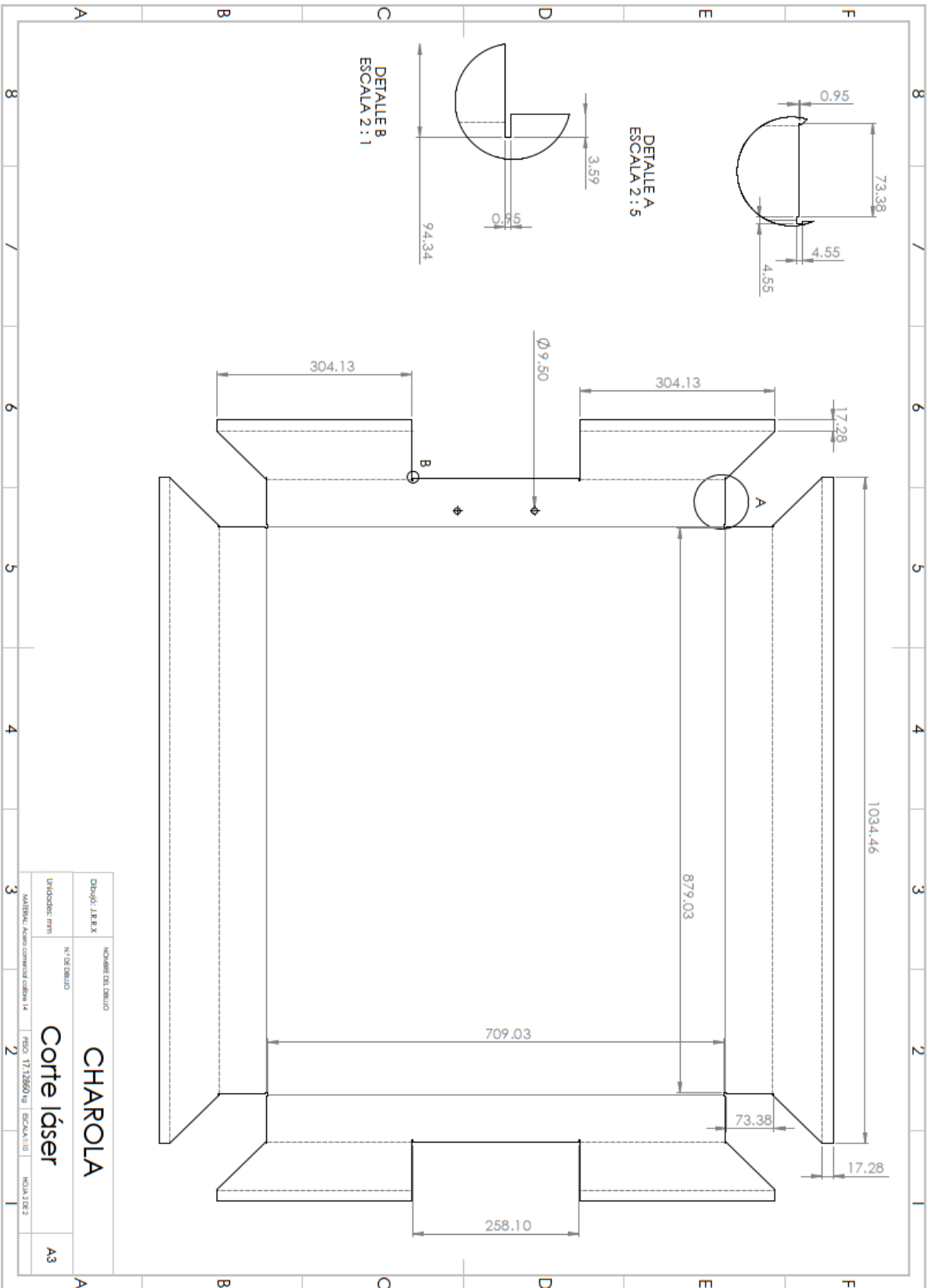
MANTENIMIENTO GENERAL

Acción	Objetivo	Periodo	Fecha	Nombre de quien realizó
--------	----------	---------	-------	-------------------------

Compruebe si la temperatura del chiller es normal (temperatura fijada $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$)	Hay que asegurar que el agua de refrigeración suministrada a la máquina está a una temperatura normal	DIARIO		
Comprobar si el nivel del agua, la temperatura y presión de esta son los adecuados.	Asegurar el buen estado del equipo para prevenir fugas de agua.			
Limpieza general de la máquina.	Buen estado superficial e interno de la máquina.			
Limpieza de rieles. Quite los protectores de los rieles, limpie con desengrasante y sopletee con aire. Hágalo en cada uno de los ejes.	Procurar el buen estado del engranaje de la máquina.	SEMANAL		
Limpieza de chiller. Sopletee el chiller y limpie los filtros.	Evitar sobrecalentamientos del chiller.			
Limpieza de cabezal. Sopletee el cabezal internamente, y limpie con un trapo medio húmedo de desengrasante, no eche líquidos directamente al cabezal.	Evitar daños futuros al circuito de óptica.			
Limpieza de charolas. Quite toda la escoria resultante del proceso de corte.	Estética de la máquina y comodidad del operador.			
Limpieza de peines y cama del láser.	Calidad en los cortes.			
Cambio de agua en el chiller.	Procurar el buen funcionamiento del chiller	QUINCENAL		
Verificar niveles de aceite de rieles.	Procurar el buen funcionamiento y estado de la máquina.	MENSUAL		

9.0 Piezas de desgaste (charolas y peines) y periodos de reemplazo





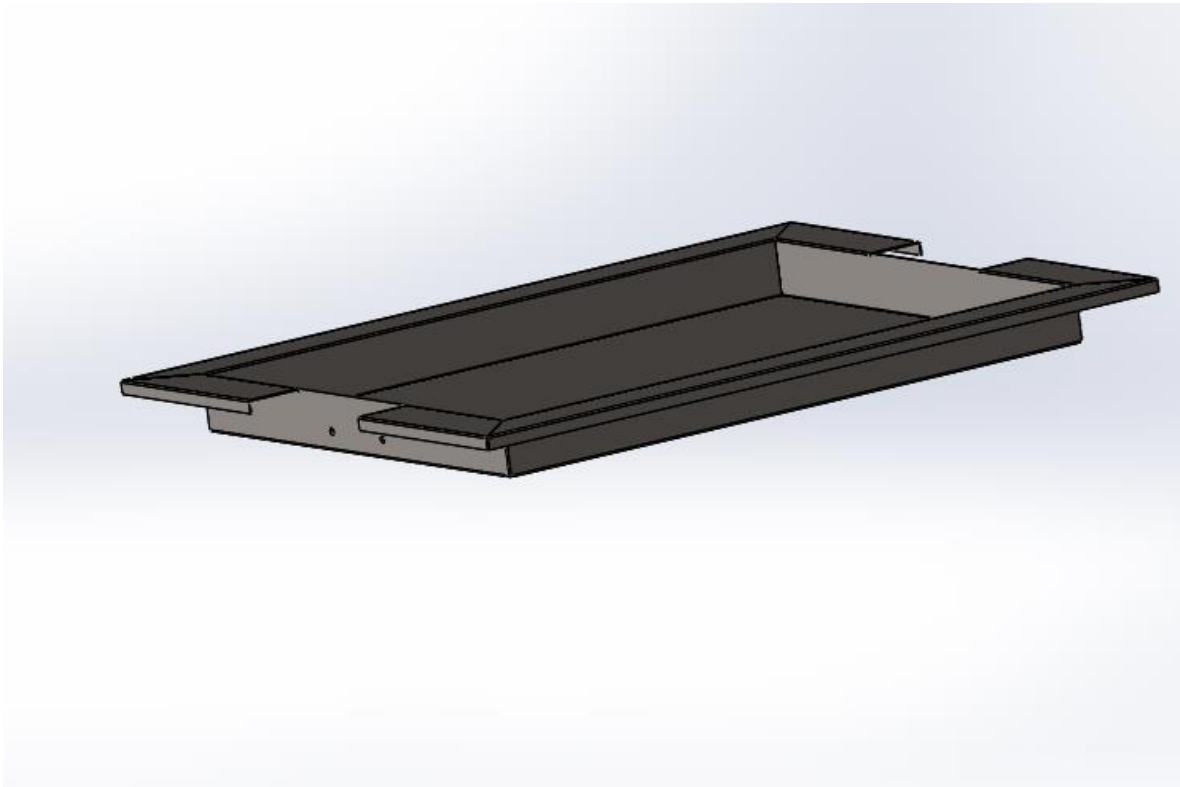
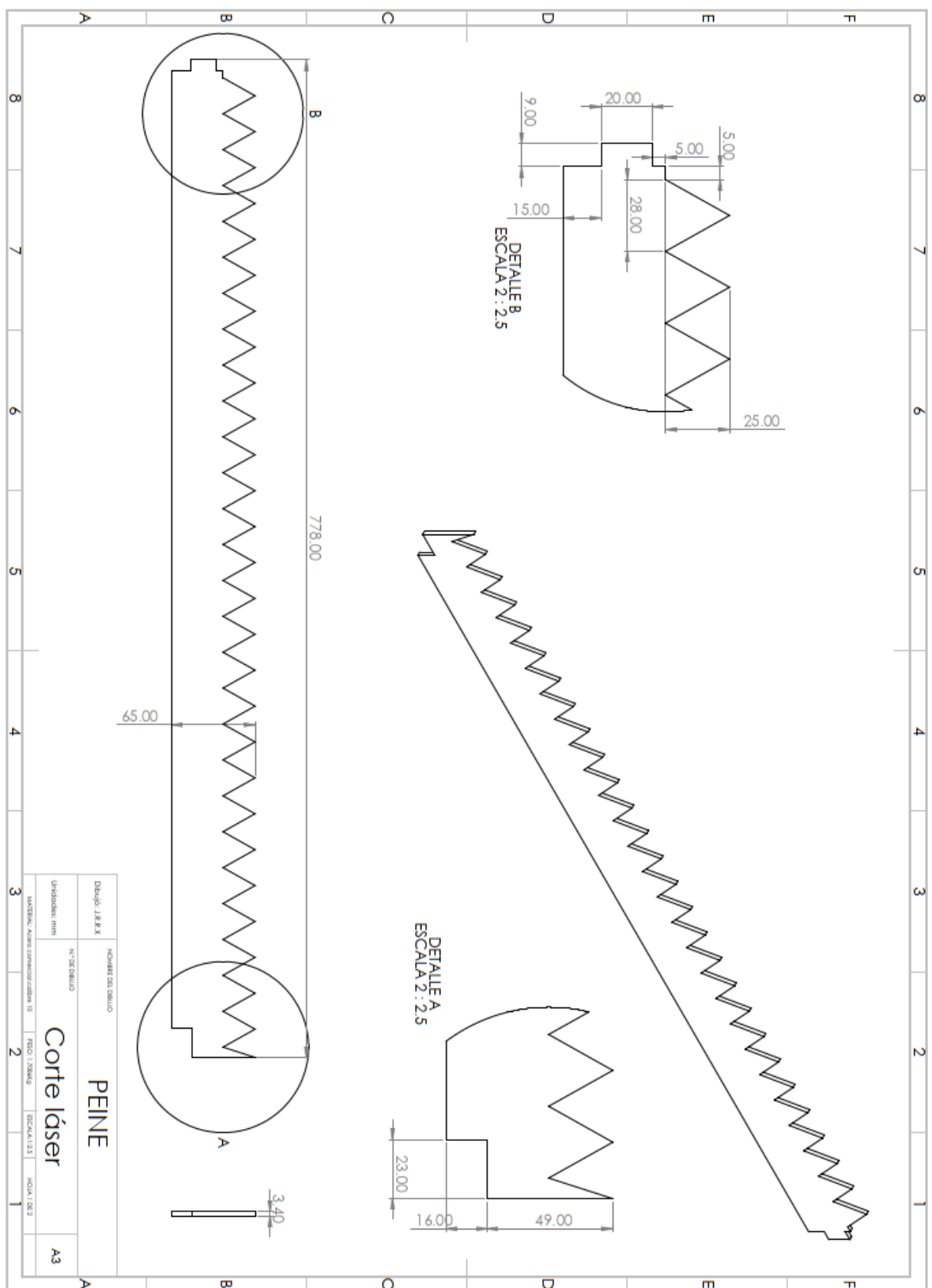


Figura 202. Charola (elaboración propia).



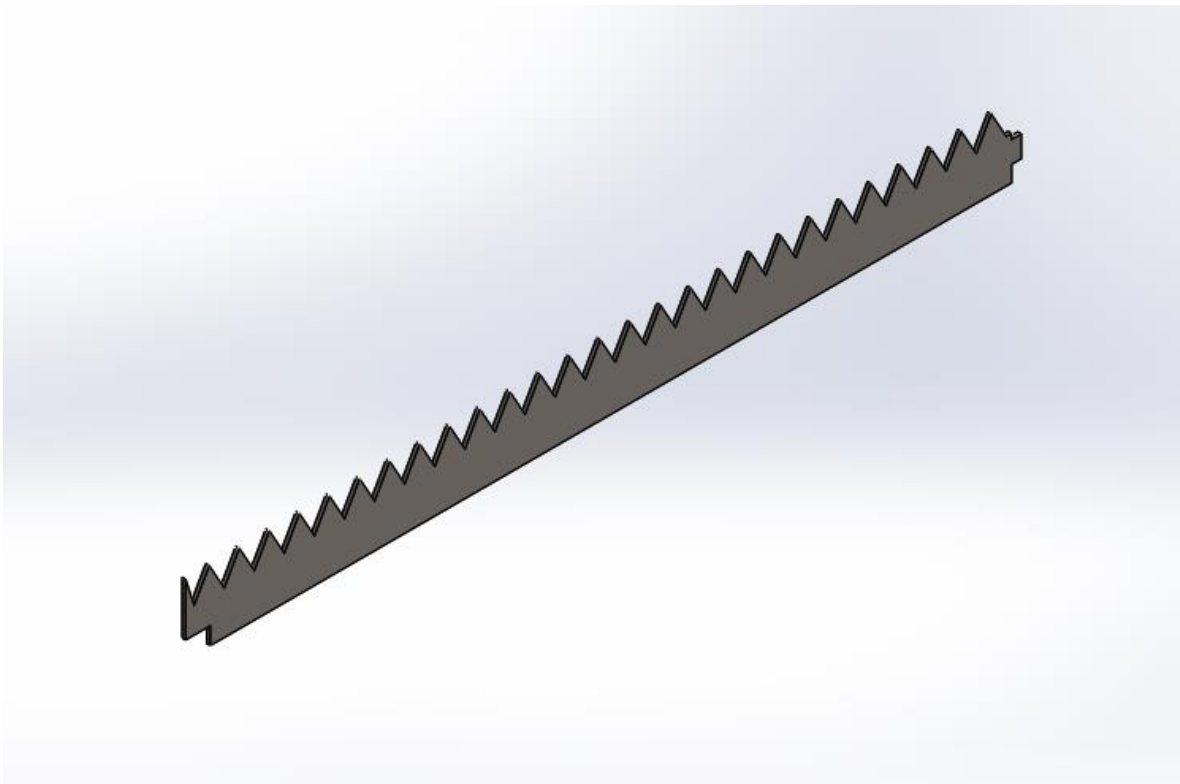


Figura 203. Peine (elaboración propia).

Pieza de desgaste		Periodo de reemplazo	
Charolas		Reemplazo cada año	
Peines		Reemplazo cada medio año	

Glosario

Cero de la máquina: también llamado “HOME” de la máquina, es la coordenada que viene de fábrica y que no se puede cambiar. En la máquina de corte láser de la que se habló en el manual, el cero máquina está ubicado en la esquina inferior derecha.

Cero de la pieza: es la coordenada que el operador puede cambiar, básicamente donde usted da “PLAY”, ahí se hará un nuevo “CERO” o “CERO PIEZA”.

Código ASTM: La reglamentación ASTM es la más popular internacionalmente para designar y regular la calidad de aceros de construcción y estructurales que comercialmente se ofrecen como productos terminados tales como: Barras de construcción corrugadas y lisas, perfiles estructurales, perfiles comerciales, placas y láminas. En principio, la norma ASTM garantiza las propiedades mecánicas mínimas y la soldabilidad de los aceros, puesto que el uso de estos va orientado a la industria de la construcción y estructuras que requieran diversos materiales metálicos (para ser remachados, soldados o empernados). (ACEROS CREA, s.f.)

Los estándares emitidos por la “American Society for Testing and Materials”, son designaciones sistemáticas fijas para cada tipo de acero con sus respectivas especificaciones y requerimientos para ser utilizados por los fabricantes y usuarios de los aceros. (ACEROS CREA, s.f.)

Condensación: proceso físico que consiste en el paso de una sustancia en forma gaseosa a forma líquida.

Dopar: contaminar a propósito un medio químico.

Endotérmica: Una reacción endotérmica es aquella que para efectuarse necesita calor. A temperatura ambiente, algunas reacciones endotérmicas toman el calor suficiente del medio en que se encuentran, para producir una disminución de temperatura observable. (UNAM, 2017)

Espectro visible: Se denomina espectro a la distribución de las ondas electromagnéticas. Solo una pequeña parte en el rango entre 380 y 780 nanómetros (nm) es visible para el ser humano; este rango es lo que denominamos luz. En lenguaje coloquial, hablamos de «luz visible». La distribución espectral de una fuente de luz determina tanto su temperatura de color como su reproducción cromática. Según el tipo de producción de la luz, se podrán diferenciar los espectros de acuerdo con unos tipos básicos: el espectro continuo (luz diurna, proyector térmico y LEDs blancos), el espectro de rayas (lámparas de descarga de baja presión), así como el espectro de bandas (lámparas de descarga de alta presión). (ERCO, s.f.)

EPP: Equipo de Protección Personal

Exotérmica: Una reacción exotérmica es aquella que al efectuarse libera (genera o produce) calor. (UNAM, 2017)

Gas inerte: Un gas inerte es un gas que no tiene reacciones químicas con su entorno en condiciones normales de presión y temperatura, como el nitrógeno.

Grados de libertad: son el número de movimiento independientes que puede realizar un robot o articulación mecánica.

Hz: Hercio en español (Hz) viene de la palabra Hertz, llamado así por el físico alemán, Heinrich Rudolf Hertz. Es la unidad de medida de frecuencia en el Sistema Internacional de Unidades y mide el número de veces que se repite un evento durante un segundo. 1Hz es un ciclo por segundo. (UNIVERSIDAD COMPUTENSE DE MADRID, s.f.)

Partículas: porciones microscópicas de material, cual sea.

Proceso centrífugo: proceso mecánico de separación de sólidos insolubles y líquidos, en otras palabras, es un método de filtración.

Proceso frigorífico: método de enfriamiento con un gas refrigerante.

Punto de rocío: La temperatura de punto de rocío es aquella temperatura a la cual el vapor de agua presente en una mezcla de gases se condensa (o solidifica) cuando la mezcla se enfría a presión constante. (Enrique Martines L., 2008)

Rango infrarrojo: El término "infrarrojo" se refiere a una amplia gama de frecuencias, comenzando en el extremo superior de dichas frecuencias utilizadas para la comunicación, y extendiéndose hasta el extremo de bajas frecuencias (rojo) del espectro visible. El rango de longitud de onda va desde aproximadamente 1 milímetro, hasta los 750 nm. (Hyperphysics, s.f.)

Rango ultravioleta: Se entiende por radiación ultravioleta la radiación cuya longitud de onda es menor que la de la luz visible pero mayor que la de los rayos x, es decir, varía entre los 400 y 100 nm. (Hyperphysics, s.f.)

Servomotor: Un servomotor es un actuador rotativo o motor que permite un control preciso en términos de posición angular, aceleración y velocidad, capacidades que un motor normal no tiene. En definitiva, utiliza un motor normal y lo combina con un sensor para la retroalimentación de posición. (Aula21, 2020)

Válvula solenoide: válvula de control de flujo, a base de funcionamiento electromecánico. Se activa y desactiva con un pulso eléctrico.

BAR: Unidad de presión.

PSI: unidad de presión del sistema inglés (Libras por Pulgada Cuadrada).

Bibliografía del manual

- ACEROS CREA. (s.f.). *LA NORMA ASTM*. Recuperado el 6 de junio de 2023, de ¿Qué es la Norma ASTM?: <https://vigaipr.com/blog/norma-astm/>
- AeroDiODE. (s.f.). *Tutorial: Fiber Laser Basics*. Recuperado el 25 de mayo de 2023, de <https://www.aerodiode.com/fiber-laser-basics/>
- AliExpress. (s.f.). *Caja de Control de mano inalámbrica, máquina de corte láser CNC, Cypcut FSCUT1000 2000 3000*. Recuperado el 25 de mayo de 2023, de Caja de Control de mano inalámbrica, máquina de corte láser CNC, Cypcut FSCUT1000 2000 3000: <https://es.aliexpress.com/item/1005002686943753.html>
- Aula21. (2020). *Qué es un Servomotor y para qué sirve*. Recuperado el 5 de mayo de 2023, de <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-servomotor/#:~:text=Un%20servomotor%20es%20un%20actuador,para%20la%20retroalimentaci%C3%B3n%20de%20posici%C3%B3n.>
- BOC. (s.f.). Conceptos básicos del láser. LÍNEA LASER®Técnico. Recuperado el 1 de marzo de 2023
- Chart Inc. (1944). *Liquid cylinder. Operating manual*. . Minnesota.
- Enrique Martines L., L. L. (Octubre de 2008). Cálculo de la Temperatura de Punto de Rocío a Diferentes Valores de Presión. *SIMPOSIO DE METROLOGÍA*, 5.
- ERCO. (s.f.). *Espectro visible: definición y explicación*. Recuperado el 6 de Junio de 2023, de Espectro visible: definición y explicación: <https://www.erco.com/es/planificacion-de-iluminacion/conocimientos-luminotecnicos/fotometria/espectro-visible-7528/>
- G WEIKE Laser. (s.f.). *LF3015CN FIBER LASER CUTTING MACHINE*. G WEIKE.
- HOLY laser Technology blog. (26 de marzo de 2020). *APLICACIONES de MAQUINAS LASER & IMPRESION3D; INNOVACION; APLICACION INDUSTRIAL de tecnología LASER. BLOG DIVULGATIVO. Impresión/ grabación/ corte. MATERIALES: cristal, metales, plásticos, madera, cuero otros*. Recuperado el 1 de junio de 2023, de GUIA PARA INICIAR su Propio Negocio de Grabado y/o Corte LASER (Parte 1): <https://hoiylasertechnology.com/2020/03/26/como-funciona-un-generador-laser-fibra/>
- Hyperphysics. (s.f.). Obtenido de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/ems3.html>
- MATE. PRECISION TECHNOLOGIES. (s.f.). LASER CUT QUALITY GUIDE. LASER TECHNOLOGIES. En MATE, *LASER CUT QUALITY GUIDE*.
- Mercado libre. (30 de enero de 2023). *Bota Hombre Industrial Tactica Trabajo Seguridad Vaquera P01*. Recuperado el 31 de mayo de 2023, de https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-1605810656-bota-hombre-industrial-tactica-trabajo-seguridad-vaquera-p01-_JM#is_advertising=true&position=2&search_layout=grid&type=pad&tracking_id=40fdacf8-a618-4ea6-b701-bceaa3642ded&is_advertising=true&ad_domain=
- Mercado libre. (15 de febrero de 2023). *Camisola Para Soldar*. Recuperado el 31 de mayo de 2023, de https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-904306007-camisola-para-soldar-_JM#position=4&search_layout=grid&type=item&tracking_id=28b41cbd-2c39-4d84-b20f-42e56a1b4fbf
- Mercado libre. (8 de marzo de 2023). *Faja Para Cargar Lumbar Con Tirantes Jyrsa*. Recuperado el 31 de mayo de 2023, de <https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-702047048-faja-para->

cargar-lumbar-con-tirantes-jyrsa-
_JM#position=2&search_layout=stack&type=item&tracking_id=fcc3fe9d-a305-40eb-be4b-8fb5b6dfc682

MERCADO LIBRE. (30 de enero de 2023). *GAFAS DE PROTECCIÓN LÁSER*. Recuperado el 31 de mayo de 2023, de https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-1461989124-lentes-proteccion-ipl-rf-laser-amplio-espectro-spa-regalo-_JM#position=4&search_layout=grid&type=item&tracking_id=fc9af13b-72bd-4246-a3bc-ca4a2c7eaa28

Mercado libre. (4 de abril de 2023). *Guantes De Carnaza, Cortos, Pretul 23262*. Recuperado el 31 de mayo de 2023, de https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-869626668-guantes-de-carnaza-cortos-pretul-23262-_JM#position=1&search_layout=stack&type=item&tracking_id=02c56eda-c5dc-4ef5-988a-a5cefc5a509b

MERCADO LIBRE. (15 de enero de 2023). *Máscara De Gas De Seguridad, Máscara De Polvo*. Recuperado el 31 de mayo de 2023, de https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-827995963-mascara-de-gas-de-seguridad-mascara-de-polvo-_JM#is_advertising=true&position=1&search_layout=grid&type=pad&tracking_id=605d82ff-98dc-46ae-906a-58a78c417266&is_advertising=true&ad_domain=VQCATCORE_LST&ad_

Mercado libre. (14 de junio de 2020). *Pantalón De Mezclilla Caballero Uso Rudo Marca Gran Londres*. Recuperado el 31 de mayo de 2023, de https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-948939651-pantalon-de-mezclilla-caballero-uso-rudo-marca-gran-londres-_JM#is_advertising=true&position=2&search_layout=grid&type=pad&tracking_id=ffed5394-3c3d-4a66-bf90-0134fc296605&is_advertising=true&ad_domain=VQ

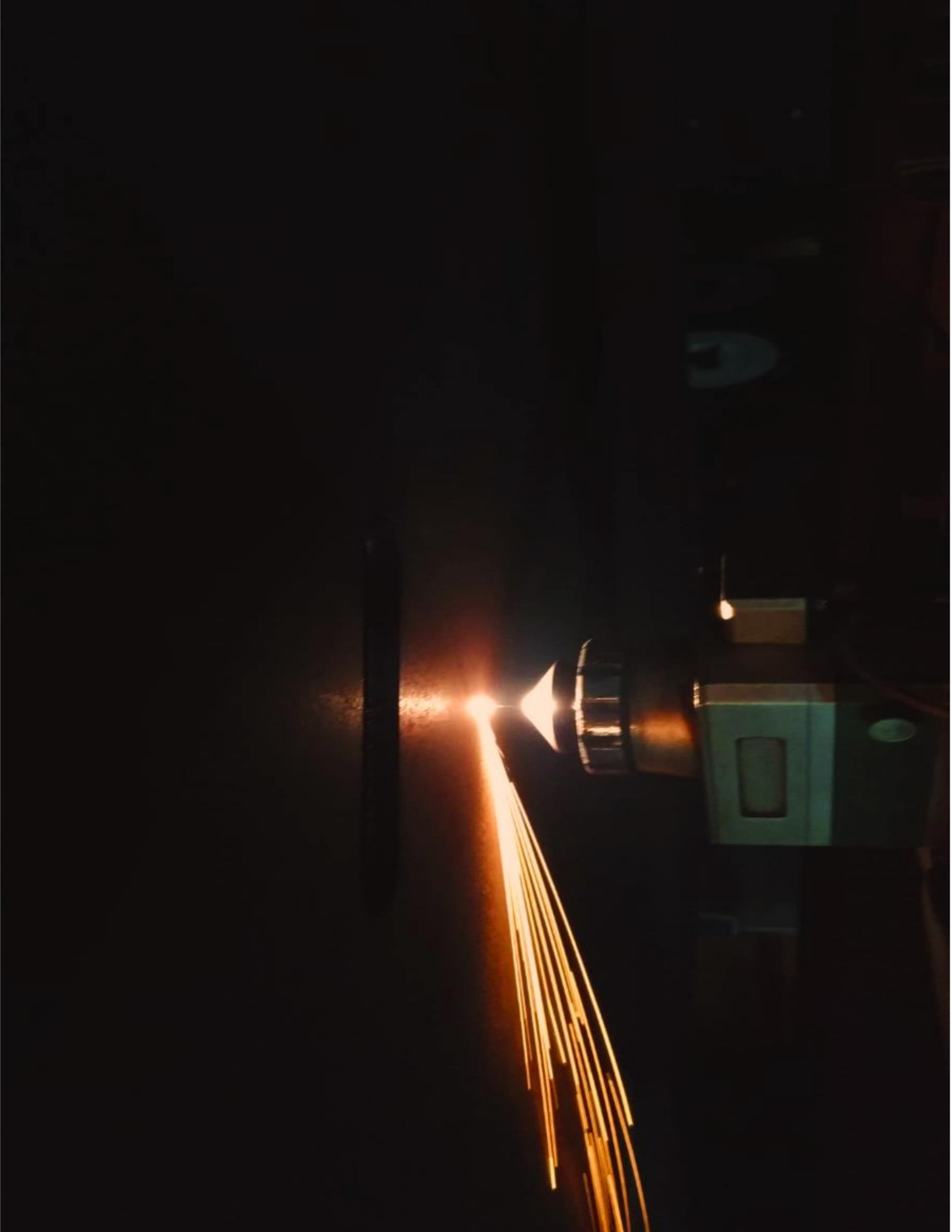
S&A. (s.f.). *CWFL-1000/1500/2000/3000 Industrial Chiller User Manual*. Recuperado el 8 de febrero de 2023

Shane. (3 de Junio de 2023). *MachineMfg.com*. (MachineMfg.com) Recuperado el 4 de Junio de 2023, de [Laser Cutting Quality Control Tips | Proven Solutions: https://www.machinemfg.com/laser-cutting-quality-control/](https://www.machinemfg.com/laser-cutting-quality-control/)

UNAM. (2017). *Química 1*. Recuperado el 6 de junio de 2023, de Reacción exotérmica y endotérmica: <https://e1.portalacademico.cch.unam.mx/alumno/quimica1/unidad1/reaccionesQuimicas/reaccionexotermicaendotermica#:~:text=Una%20reacci%C3%B3n%20endot%C3%A9rmica%20es%20aquella,siente%20%E2%80%9Cfr%C3%ADa%20al%20tacto%E2%80%9D>.

UNIVERSIDAD COMPUTENSE DE MADRID. (s.f.). *Hercio (Hz)*. Recuperado el 6 de junio de 2023, de <https://www.ucm.es/innovasonora/hercio>

Wandera, C. (2006). *LASER CUTTING OF AUSTENITIC STAINLESS STEEL WITH A HIGH QUALITY LASER BEAM*. Skinnarilankatu , Lappeenranta University of Technology, Finland: Lappeenranta University of Technology.



9. Conclusiones

Conclusiones del Proyecto

El proyecto se aplicó en 2 operadores, que actualmente ya tienen el puesto fijo, mencionan que el manual les fue de gran ayuda, solo tuvieron que estudiar y preguntar sus dudas a operadores ya experimentados.

La empresa aún no lleva a cabo el proceso de evaluación a operadores para mejorar la calidad en su proceso.

La capacitación del personal dará la pauta para un desarrollo a largo plazo de la empresa, mejorando la forma de trabajo del personal y la calidad del proceso. El manual se aplicará aún más a futuro, dependiendo de las indicaciones de los ejecutivos en la empresa.

Recomendaciones

Con el interés que la empresa le ha puesto al desarrollo de este proyecto, se recomienda dar autorización a más personal para poder entrar en este proceso. Que se le dé la respectiva seriedad sin importar la “carga” de trabajo que los ejecutivos tienen.

Implementar normas de seguridad para los operadores, así como dar el suficiente presupuesto para poder proporcionarle el equipo de protección personal al personal, y no solo para este proceso sino también para el resto de los procesos.

Experiencia profesional adquirida

Durante el tiempo de residencias profesionales en COMETAL, aprendí a trabajar bajo presión, pues además de formar parte del área de producción, estuve en el área de ingeniería realizando cotizaciones y dibujos de los proyectos realizados. Noté que falta mucha seguridad en la empresa, así como mejoras en el área de calidad y en el trato hacia el personal.

Operé y programé los equipos CNC de corte láser, aprendiendo lo suficiente como para capacitar a personal para ser operador, dándome cuenta de la importancia que tiene este manual para mejorar el proceso y tiempo de aprendizaje.

El operador nunca descansa, es un trabajo muy pesado, debe tener todo el equipo de protección personal pues en muchas ocasiones la empresa no brinda de este equipo al operador. Hago énfasis en el uso de respiradores, es muy peligroso trabajar entre el polvo metálico que resulta del proceso de corte láser.

Como experiencia profesional adquirida no solo cuento con mi tiempo de estadías profesionales, sino también con un medio año más, posterior a éste, siendo un total de 1 año de experiencia como operador y programados CNC de corte láser. Mejoré calidad de cortes, mejorando el posicionamiento de proveedores de calidad hacia los principales clientes de COMETAL. Como miembro del cuerpo de ingeniería me di cuenta de que el trato hacia el cliente es muy importante para poder llegar a la calidad de un producto, además de afrontar la responsabilidad que como ingeniero se afronta ante este trabajo.

10. Competencias desarrolladas.

Competencias desarrolladas y/o aplicadas.

Trabajo en equipo: como operador y capacitador, la organización del tiempo para enseñar y sacar la producción es primordial, siendo el manejo del estrés un elemento muy importante.

Responsabilidad: capacitar de forma presencial y con el manual es muy difícil, ya que el operador novato podría fallar en la producción, por lo que el operador más experimentado recibe toda la responsabilidad del material y tiempo perdido.

Productividad: Aprovechar todo el tiempo disponible en la empresa para extraer información y poder integrarla en el manual, fue algo con lo que se lidio diariamente, debido a que también se debe cumplir con las responsabilidades en los departamentos de producción e ingeniería.

Planificación y organización: la distribución del tiempo fue algo muy importante durante el desarrollo de este proyecto, se debía cumplir con el trabajo y con el manejo de la información y tiempo necesarios para realizar el proyecto.

Fuentes de información

AeroDiODE. (s.f.). *Tutorial: Fiber Laser Basics*. Recuperado el 25 de mayo de 2023, de <https://www.aerodiode.com/fiber-laser-basics/>

BOC. (s.f.). Conceptos básicos del láser. LÍNEA LASER®Técnico. Recuperado el 1 de marzo de 2023

HOLY laser Technology blog. (26 de marzo de 2020). *APLICACIONES de MAQUINAS LASER & IMPRESION3D; INNOVACION; APLICACION INDUSTRIAL de tecnología LASER. BLOG DIVULGATIVO. Impresión/ grabación/ corte. MATERIALES: cristal, metales, plásticos, madera, cuero otros*. Recuperado el 1 de junio de 2023, de GUIA PARA INICIAR su Propio Negocio de Grabado y/o Corte LASER (Parte 1): <https://hoiylasertechnology.com/2020/03/26/como-funciona-un-generator-laser-fibra/>

Wandera, C. (2006). *LASER CUTTING OF AUSTENITIC STAINLESS STEEL WITH A HIGH QUALITY LASER BEAM*. Skinnarilankatu , Lappeenranta University of Technology, Finland: Lappeenranta University of Technology.