



*Ministerio de Educación,  
Cultura, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional La Plata*

# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

**Facultad Regional La Plata**



**2018**

**PRÁCTICA SUPERVISADA**

**Ingeniería de montaje – Proyecto Stirling**

**Alumno responsable:** Gallardo, Maximiliano.

**Fecha de presentación:** 19-12-2018

**Docente tutor:** Ing. José Muriel



## ÍNDICE

1.	OBJETIVOS .....	4
2.	ALCANCE .....	4
3.	DATOS DE FABRICACIÓN .....	4
4.	LISTA DE PIEZAS Y MATERIALES.....	5
5.	INTRODUCCIÓN .....	6
6.	FABRICACIÓN.....	8
	FABRICACIÓN DEL BLOCK.....	8
	FABRICACIÓN TAPA SUPERIOR .....	9
	FABRICACIÓN TAPA BASE .....	11
	FABRICACIÓN DE ARANDELA DE SUJECIÓN.....	13
	FABRICACIÓN SEPARADORES.....	15
	FABRICACIÓN DE CAMISA EXTERIOR .....	16
	FABRICACIÓN DEL CAÑO DE ESCAPE .....	18
	FABRICACIÓN DEL CONO COLECTOR SALIDA DE AGUA.....	20
	FABRICACIÓN CONO SOPORTE DEL QUEMADOR.....	21
	AGUJERO EN EL PISTÓN GUÍA.....	23
	FABRICACIÓN ANCLAJE .....	23
	FABRICACIÓN DE LA PROTUBERANCIA .....	24
	FABRICACIÓN BUJE DE TEFLÓN .....	25
	FABRICACIÓN CILINDRO DE TRABAJO .....	26
	FABRICACIÓN DEL PISTÓN DE TRABAJO .....	27
	FABRICACIÓN INTERCAMBIADOR DE CALOR.....	28
	FABRICACIÓN REGENERADOR .....	29
	FABRICACIÓN PORTA RETÉN.....	29
7.	METROLOGÍA.....	31
8.	ENSAMBLE TOTAL DEL MOTOR STIRLING .....	35
	ENSAMBLE DEL BLOCK.....	37
	ENSAMBLE CONJUNTO INFERIOR .....	38
	ENSAMBLE CONUNTO SUPERIOR .....	38



ENSAMBLE DEL REGENERADOR.....	39
9. LECCIONES APRENDIDAS .....	40
10. CONCLUSIÓN .....	40
11. BIBLIOGRAFÍA .....	41
12. ANEXO.....	42
ANEXO 1: .....	42
PROGRAMA SOPORTE DE SUJECCIÓN DE TAPAS.....	42
PROGRAMA CANAL COLECTOR DE GASES .....	45
PROGRAMA TAPA SUPERIOR .....	48
ANEXO 2: .....	52
PROGRAMA TAPA BASE .....	52
PROGRAMA CONTORNO DE TAPAS .....	60
ANEXO 3: .....	61
PROGRAMA 1 TORNO CNC: .....	61
ANEXO 4: .....	64
PROGRAMA CNC: .....	64
PROGRAMA 2 CNC: .....	65



## **1. Objetivos**

- Fabricar las piezas necesarias para la construcción del prototipo
- Comprender el funcionamiento de las herramientas de fabricación.
- Comprender el funcionamiento de la máquina térmica
- Mejorar el manejo de herramientas de fabricación tales como CNC, torno paralelo y herramientas básicas de taller
- Conocer distintas estrategias de fabricación y seleccionar la más conveniente
- Mejorar la lectura de planos

## **2. Alcance**

En base a los datos brindados por el informe de ingeniería de detalle (lista de piezas y materiales), en el presente trabajo se detallarán los mismos con sus respectivos procesos de fabricación.

También se hará una descripción detallada de la estrategia de fabricación adoptada y se anexarán los programas utilizados en el CNC.

Luego se hará un estudio de metrología de cada pieza para verificar el cumplimiento según la normativa vigente.

Por último se hará una descripción detallada del ensamble y se mencionarán las lecciones aprendidas.

## **3. Datos de fabricación**

En base a la información obtenida del informe de la ingeniería de detalle, se hizo un análisis del listado de piezas y materiales necesarios para la fabricación del prototipo de máquina térmica Stirling.



Con esta información se confeccionó un detalle del procedimiento de fabricación de cada pieza, en el cual se indicó la mejor estrategia de fabricación, las máquinas necesarias y luego se verificaron las medidas, haciendo un estudio de metrología con herramientas tales como, micrómetros, calibres y comparadores.

A continuación se detallará un listado de piezas y materiales necesarios para la fabricación del prototipo.

#### **4. Lista de piezas y materiales**

- Block (Aluminio 2005-T3, Camplo)
- Cigüeñal (Honda Econo Power C90)
- Bielas 2 unidades (Honda Econo Power C90)
- Niple 2 unidades,  $\frac{1}{4}$  BSPT M – 1/2 caño (Bronce)
- Rodamientos 2 unidades, NTN 6304 LU
- Porta reten 2 unidades (Aluminio 2005-T3, Camplo)
- Tornillos porta reten 12 unidades, RM 4x1x25 (con arandelas y tuercas)
- Reten 1 unidades DBH 9858 17- 36-6.6
- Reten 1 unidades DBH 9859 19- 36-6.6
- Tornillos block 7 unidades, Allen cabeza cilíndrica RM 6x1x55
- Camisas inferiores 2 unidades (Honda Dax ST70)
- Camisa de teflón 2 unidades (teflón)
- Pistones inferiores 2 unidades (Honda Dax ST70)
- Separador de pistones 2 unidades (Aluminio 2005-T3, Camplo)
- Tornillo sujeción de pistón 2 unidades, Allen cabeza fresada RM5x1x8
- Tornillo sujeción de pistón 2 unidades, Allen cabeza fresada RM6x1x8
- Pistón superior 2 unidades (Aluminio 2005-T3, Camplo)
- Tapa inferior 2 unidades (Aluminio 2005-T3, Camplo)
- Arandela de sujeción 2 unidades (Acero al carbono)
- O´rings 4 unidades (Goma)



- Camisa superior 2 unidades (Camisa de Toyota Hilux)
- Camisa exterior (Inoxidable 304L)
- Intercambiador 2 unidades (Aluminio 2005-T3, Camplo)
- Protuberancia (Acero al carbono)
- Tornillo sujeción protuberancia RM 4x1x8
- Tapa superior 2 unidades (Aluminio 2005-T3, Camplo)
- Cupla inoxidable ¼ BSPT Hembra (Inoxidable)
- Separadores inferiores y superiores (Aluminio 2005-T3, Camplo)
- Cono colector salida de agua (Aluminio 2005-T3, Camplo)
- Cono soporte del quemador (Aluminio 2005-T3, Camplo)
- Escape ( Acero al carbono)
- Racord ¼ “ BSPT M-5 1/6 manguera (Bronce)
- Regenerador (Cobre)
- Tornillos arandela 8 unidades, Allen cabeza cilíndrica RM 6x1x100
- Tornillos tapas 8 unidades, Allen cabeza cilíndrica RM 6x1x100
- Tornillos conos 6 unidades, Allen cabeza cilíndrica RM4x1x8
- Volante de inercia (Honda Econo Power C90)
- Arandelas remache 8 unidades, RM 6x1
- Arandelas corcho 32 unidades (corcho)

## **5. Introducción**

A modo introductorio y con ánimos de mejorar la comprensión del lector diremos que el motor Stirling es una máquina térmica que transforma energía en trabajo útil. Funciona de manera reversible, es decir, que entregándole trabajo produce energía térmica o viceversa.

El motor Stirling es un motor de gran utilidad en zonas rurales que no cuenten con energía eléctrica, ya que sólo se necesitarían combustibles convencionales para el



funcionamiento del motor. Con esto se lograría mejorar la productividad de sus actividades y mejorar la calidad de vida en dichas zonas, sin dañar al medio ambiente.

Tomando como punto de partida los documentos generados en la ingeniería de detalle se procede a desarrollar la ingeniería de montaje con el fin de materializar el trabajo desarrollado en las etapas anteriores, así como también, incentivar al alumnado a seguir investigando sobre este motor.

En el proceso de fabricación del prototipo se deben tener los suficientes recaudos para no tener inconvenientes que generen defectos en las piezas, o romper las herramientas de trabajo.

Algunas piezas como el block motor, arandelas soportes, intercambiador, tapa superior y demás, se fabricaron con el centro de mecanizado CNC, cuya tecnología permite una mejor terminación y tolerancias más reducidas (5 micrones).

Se utilizaron herramientas tales como el torno paralelo y herramientas básicas de taller para la construcción de las demás piezas, como los cilindros, separadores, separador de pistones, etc.

Las roscas se hicieron en el CNC y de forma manual. Los agujeros menos comprometedores se realizaron en taladro de banco y los agujeros posicionadores en el control numérico.

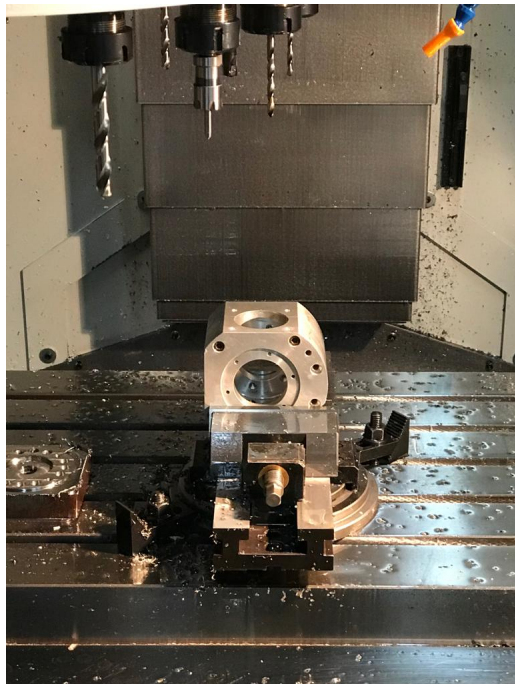
A continuación se detallará el procedimiento de fabricación de todas las piezas del prototipo.



## 6. FABRICACIÓN

### FABRICACIÓN DEL BLOCK

El block está compuesto por dos piezas, las cuales están unidas mediante 6 tornillos de sujeción cabeza Allen. Ambas piezas fueron fabricadas en el torno años anteriores.



Para la realización de los agujeros, se montó el block en la morsa del CNC y luego con una herramienta centradora se niveló el plano superior y se centró el agujero del cilindro guía. Una vez centrado y nivelado se procedió con la operación de agujereado. Para ello se hicieron 3 pasos:

- Se paso una mecha de centro.
- Se paso una mecha de 5,5 mm.
- Se paso un macho laminador cono 1

Por último se termino a mano, pasando un macho de 6x1 cono 2





## **FABRICACIÓN TAPA SUPERIOR**

Como materia prima se usó una plancha de Aluminio 2005-T3, Camplo de 480x135x20[mm]. Esta fue cortada en 4 partes de 120x135x20[mm.] con sierra automática.

Los pasos del proceso de fabricación son los siguientes:

- Se pusieron las placas en la morsa del CNC y se hizo un plano en dos laterales para que quede a escuadra
- Se niveló con la pieza y se hizo un plano de 0,5mm.
- Se hizo el agujero central de 50mm de diámetro con pasadas de 2mm.
- Luego se hizo el canal de alojamiento del O 'ring
- Por último se hicieron los 4 agujeros de 6x20mm.

A continuación se puede observar la pieza luego de concluidos los pasos anteriores:





Para terminar con la fabricación de las tapas superiores, se necesitó de una pieza soporte, la cual se usó para fijar la pieza al control numérico.

A continuación se puede observar la pieza soporte:



La pieza de sujeción se fijó al CNC con un tornillo de cabeza Allen alojado en el centro de la pieza. Lo primero que se hizo fue un plano para nivelar la cara superior de la pieza, luego se hizo un agujero pasante de 15 mm de diámetro y una profundidad de 20 mm por donde pasó el tornillo Allen, y para alojar la cabeza del tornillo se hizo un agujero de 20 mm de diámetro y 10 mm de profundidad, como se ve en la figura.

La tapa se fijó a la pieza de sujeción por medio de 4 tornillos Allen 4x1x55 alojados en 4 agujeros de 6x20mm.

Una vez fijada la pieza se procedió a hacer el canal colector de gases y el contorneado externo. El detalle del programa de fabricación está desarrollado en el anexo 1.



A continuación se puede observar la tapa superior terminada:



### **FABRICACIÓN TAPA BASE**

La materia prima seleccionada para la fabricación de esta pieza es Aluminio 2005-T3, Camplo cuyas dimensiones son 120x135x20mm. Para el proceso de fabricación se siguió la misma secuencia de pasos que en la tapa superior, a diferencia que, en el momento de fijar la pieza al montaje se procedió de la siguiente manera:

- Se desbastó el agujero central y se lo llevó a 95mm de diámetro y 12mm de profundidad
- Agujeros de 6mm separados 90° entre si
- Agujeros de 8mm separados 45° entre si
- Tabique de 52mm de diámetro y 2mm de profundidad
- Contorneado exterior

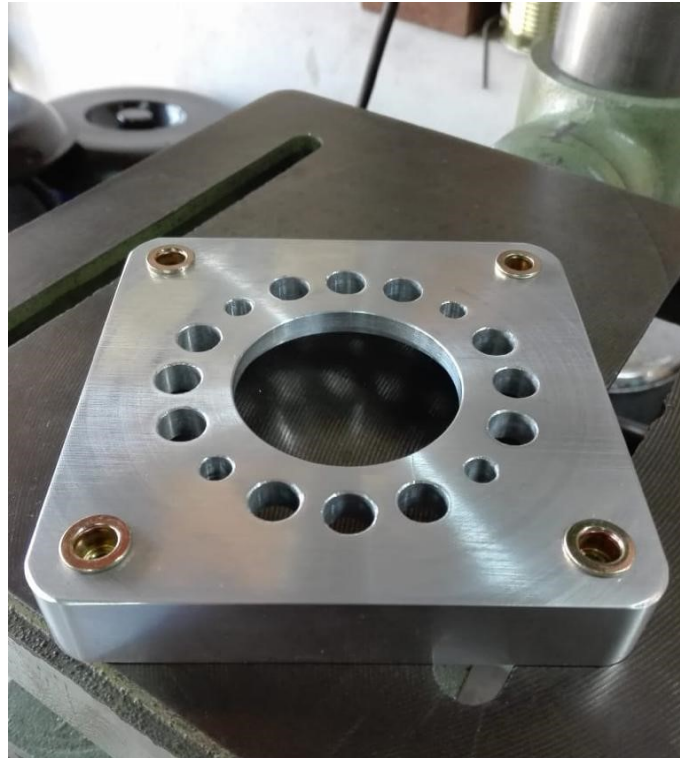
Por último en un taladro de banco se hizo un agujero de 6,5mm en el cual se colocó una tuerca remache, la cual se clavó en la morsa.





A continuación se puede observar imágenes de la tapa base terminada:





El detalle del programa de fabricación está especificado en el anexo 2:

### **FABRICACIÓN DE ARANDELA DE SUJECIÓN**

Como materia prima se utilizó una plancha de acero al carbono de 250x250x3mm.

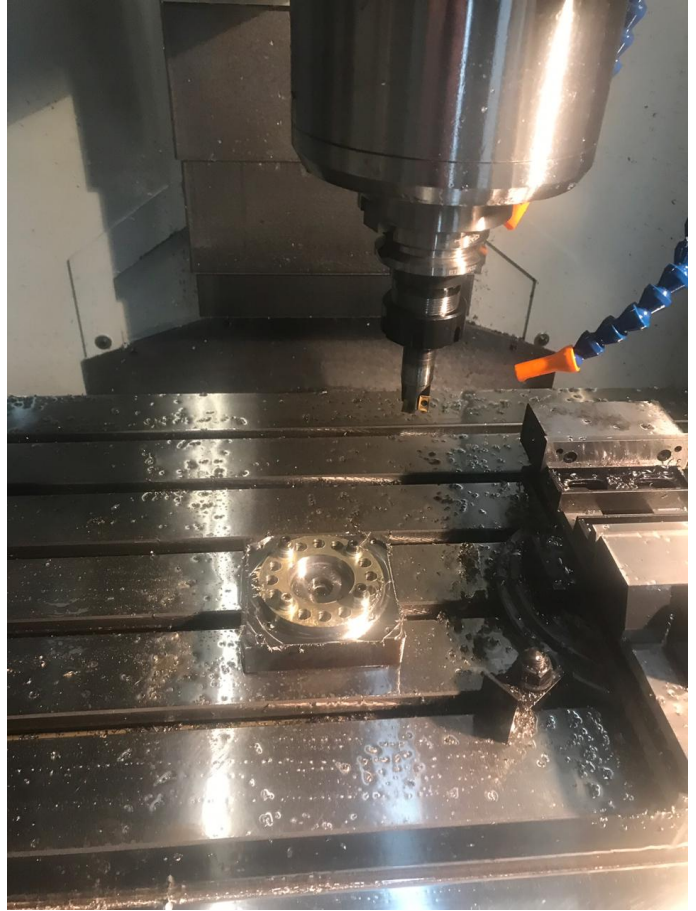
Los pasos que se realizaron en la fabricación son los siguientes:

- Lo primero que se hizo fue cortar, con amoladora de banco de sujeción magnética, la plancha de acero al carbono en dos piezas de 100x100x3 mm.
- Se apretaron las dos planchas en la morsa y se hicieron los 4 agujeros de 6mm
- Se colocó la pieza en el montaje
- Se hizo el agujero central
- Luego se hicieron los agujeros separados 45°
- Por último se hizo el contorno





A continuación se puede observar la secuencia de fabricación en las siguientes imágenes:







## **FABRICACIÓN SEPARADORES**

Como materia prima se usaron barras de Aluminio 2005-T3, Camplo de  $\frac{3}{4}$  Pulgada.

Se fabricaron bujes de 65 y 75 mm de largo.

El proceso de fabricación constó de los siguientes pasos:

- Se cortó con sierra en 8 medidas de 80mm y 8 de 70mm de largo
- Se desbastó en el torno
- Se pasó una mecha de centro en el torno
- Seguido a ello se pasó una mecha de 5mm
- Luego una mecha de 6,75mm
- Por último se hizo un desbaste de 2mm para el alojamiento de las arandelas.

A continuación se puede observar los pasos del proceso de fabricación en las siguientes imágenes:





## FABRICACIÓN DE CAMISA EXTERIOR

Como materia prima se usó un caño de acero inoxidable 304L de diámetro exterior 114,3 mm y diámetro interior 108,1.

El proceso de fabricación se realizó en el torno de la siguiente manera:

- Se frenteó la cara superior para generar una superficie totalmente plana
- Se desbastó en el interior hasta la medida deseada
- Se fabricó una pieza para colocar en el interior, y que aporte rigidez a la pieza, para que al tornearse la superficie exterior no se abolle.
- Luego de colocada la pieza en el interior de la camisa, se desbastó el exterior
- Por último se cortó a una medida de 85mm de largo





Luego se repitió el proceso para la otra camisa.

la camisa del cilindro caliente se le hizo un agujero con la sección del caño de escape, para ello se debió:

- Dibujar el contorno requerido
- Se hicieron varios agujeros de 5 mm de diámetro en el perímetro de la sección
- Luego, con mucha delicadeza se cortó el material sobrante
- Con una lima gruesa se corrigieron las crestas y valles generados en los pasos anteriores
- Por último se terminó con una lima más fina, para un mejor acabado

Concluida la etapa antes mencionada, se soldó el caño de escape a la camisa del cilindro caliente con soldadora oxiacetilénica y aporte de electrodos de semi-plata. Antes de soldar se precalentó la pieza para no generar deformaciones en la soldadura.

A la camisa del cilindro frío se le hizo un agujero de sección circular, para poder soldarle una cupla de inoxidable.

El procedimiento para hacer el agujero se realizó con el mismo criterio que en la camisa del cilindro caliente. La cupla de inoxidable fue soldada a la camisa con soldadora oxiacetilénica y aporte de electrodos de semi-plata. Al igual que en caso anterior se debió precalentar la pieza para evitar deformaciones a la hora de soldar.



A continuación se puede observar el proceso de fabricación de las piezas antes mencionadas:



## **FABRICACIÓN DEL CAÑO DE ESCAPE**

Como materia prima se utilizó un caño de Acero al carbono de diámetro exterior 35mm y un espesor de pared de 2mm.

La fabricación de esta pieza se realizó según los siguientes pasos:

- Lo primero que se hizo fue modificar la sección del caño, adoptando una forma de "boca de pescado", esto se hizo con la morsa y dos barras macizas de acero, generando una fuerza de adentro hacia afuera, venciendo la resistencia del material, y generando una deformación del mismo hasta adoptar la forma requerida.
- Por último se terminó con lima a mano.





A continuación se puede observar imágenes del proceso de fabricación:





## **FABRICACIÓN DEL CONO COLECTOR SALIDA DE AGUA**

Como materia prima se usó un cilindro macizo de Aluminio 2005-T3, Camplo de 85mm de diámetro y 82 mm de longitud.

La fabricación se hizo en el torno paralelo de la siguiente forma:

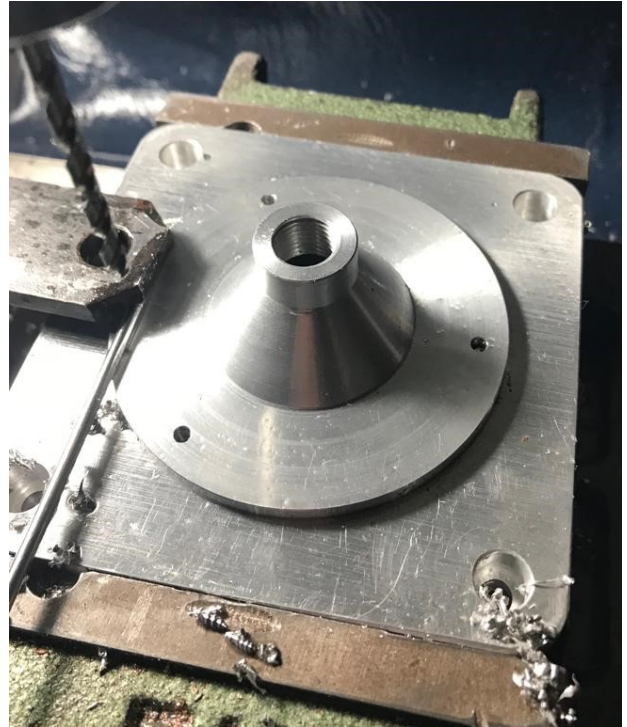
- Lo primero que se hizo fue un desbaste general
- Luego se hizo un frentado para generar una cara totalmente plana
- Se desbastó hasta 25 mm en el medio de la pieza
- Se dividió la pieza en dos partes iguales con una sierra de mano y morsa
- Se colocó la pieza en el torno y se hizo base
- Luego se torneó el cono interior
- Seguido a ello se hizo un agujero con mecha de centro, luego mecha de 5mm y por ultimo de 6,75
- Se torneó la aleta
- Luego se hizo el cono exterior
- Por último se hizo un frentado final

Concluida la fabricación en el torno, se pasó a la fresa CNC para realizarle 3 agujeros para la sujeción a las tapas superiores.





A continuación se puede observar la realización de los agujeros en la fresa automática CNC:



## **FABRICACIÓN COMO SOPORTE DEL QUEMADOR**

Como materia prima se utilizó un cilindro de Aluminio 2005-T3, Camplo. El proceso de fabricación es el mismo que el cono de agua, a diferencia que el agujero central se hizo de un diámetro de 12mm para alojar el elemento que aporta calor al cilindro caliente (mechero bunsen).



Ministerio de Educación,  
Cultura, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional La Plata

A continuación se pueden observar imágenes del proceso de fabricación de los conos:







## **AGUJERO EN EL PISTON GUÍA**

El agujero en el pistón guía se hizo en el torno paralelo, para ello, se colocó el pistón en el torno y con una mecha de centro se hizo el agujero, luego se paso una mecha de 6,5mm.

A continuación se puede observar una imagen de lo antes mencionado:



## **FABRICACIÓN ANCLAJE**

Como materia prima se usó un cilindro macizo de 30mm de diámetro y 40 mm de largo, de Aluminio 2005-T3, Camplo.

La fabricación se hizo en el torno paralelo de la siguiente manera:

- Lo primero que se hizo fue un frentado
- Luego se hizo un desbaste hasta la medida de la aleta



- Se hizo el cono
- Luego se hizo un desbaste de cono a cono a una medida de 25mm
- Para hacer el agujero, primero se pasó una mecha de centro, luego se pasó una mecha de 5mm y por último una mecha de 5,5mm
- Por último para hacer la rosca, se pasó un macho de 6mm a mano en la morsa

A continuación se puede observar los anclajes terminados:



## **FABRICACIÓN DE LA PROTUBERANCIA**

Como materia prima se utilizó un cilindro macizo de Acero al carbono de 85mm de diámetro y 40mm de alto.

La fabricación se hizo en el torno CNC, y luego se terminó de forma manual. Lo primero que se hizo fue colocar el cilindro de acero en el plato del torno y hacer un frentado para tener la cara superior a nivel. Luego se le hicieron 2 agujeros roscados para fijar el





cilindro a un soporte, ya que la herramienta de desbaste hacía contacto con las mordazas del torno. Seguido a lo anterior se hizo el agujero central necesario para la sujeción al intercambiador. Luego se puso el soporte en el torno, se cargó el programa y se mecanizó.

Finalizado el programa se sujetó la pieza a una tabla de madera, de la misma forma que al soporte, y se hizo la rosca del agujero central pasando 3 machos seriados.



## **FABRICACIÓN BUJE DE TEFLÓN**

Como materia prima se utilizaron 2 cilindros de teflón de 55mm de diámetro y 15mm de longitud.

La fabricación se hizo en el torno paralelo de la siguiente forma:

- Lo primero que se hizo fue un desbaste el interior
- Luego se colocó una pieza en el interior como sujeción
- Seguido a lo anterior se desbastó el exterior de la pieza
- Por último se cortó a la medida necesaria



A continuación se pueden observar imágenes del buje de teflón:



## **FABRICACIÓN CILINDRO DE TRABAJO**

Como materia prima se utilizó una camisa de cilindro de una camioneta Toyota Hilux. A esta camisa se le hicieron modificaciones para las solicitaciones del prototipo Stirling.

La fabricación se hizo en el torno paralelo de la siguiente manera:

- Lo primero que se hizo fue introducir un cilindro macizo en el interior de la camisa con el fin de aportar rigidez a la pieza
- Luego se dividió la camisa en 2 partes iguales
- Por último se desbastó el interior y se lo llevó a una medida de 95,1mm



## **FABRICACIÓN DEL PISTÓN DE TRABAJO**

Como materia prima se usaron dos pistones de cuatriciclo de la marca Can-Am. Los pistones fueron modificados a fin de satisfacer las necesidades del prototipo.

La fabricación se hizo en el torno paralelo de la siguiente manera:

- Como primer paso se rellenaron los agujeros de la cabeza del pistón, los cuales no son necesarios ya que nuestro prototipo no tiene válvulas
- Luego se hizo un frentado para dejar la superficie superior del pistón totalmente plana
- El paso siguiente fue cortar la pollera de los pistones
- Luego se hizo un desbaste hasta un diámetro de 95mm
- Se hizo un desbaste de los canales de alojamiento de los aros, para generar un sello laberíntico
- Por último se hizo un agujero cónico en el centro del pistón para el alojamiento del tornillo de unión entre el anclaje y dicho pistón

A continuación se pueden observar imágenes del pistón de trabajo:







## **FABRICACIÓN INTERCAMBIADOR DE CALOR**

Como materia prima se usó un cilindro macizo de Aluminio 2005-T3, Camplo de 100mm de diámetro y 45mm de largo.

La fabricación se realizó en el centro de mecanizado CNC por alumnos de la facultad en años anteriores.

En el corriente año se hizo una modificación a la pieza, la cual consta de un desbaste en la cara solidaria al cilindro de trabajo, para que dichos elementos se posicionen correctamente, es decir, que el intercambiador ingrese en el cilindro de trabajo. Este desbaste se hizo de 2mm de diámetro y una profundidad de 3mm.

A continuación se pueden observar imágenes del intercambiador de calor:





## **FABRICACIÓN REGENERADOR**

Como materia prima se utilizó un caño de cobre de  $\frac{1}{2}$  "y como elemento intercambiador de calor se utilizó viruta de acero.

Lo que se hizo fue introducir  $2.5 \text{ cm}^3$  de viruta de acero como elemento intercambiador de calor en el caño de cobre.

## **FABRICACIÓN PORTA RETEN**

Como materia prima se usó Aluminio 2005-T3, Camplo de 102mm de diámetro y un largo de 20mm.

La fabricación se realizó en el torno CNC y en la fresa CNC de la siguiente manera:

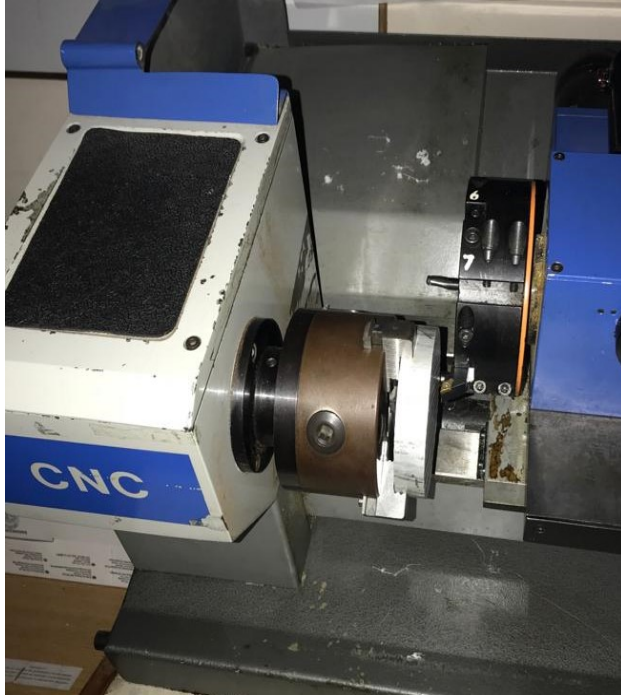
- Lo primero que se hizo fue colocar la pieza en el torno CNC. Como la pieza es de gran diámetro y poco espesor, se necesitó suplementar con arandelas de 3mm de espesor el plato del torno, ya que de otra manera la herramienta siguiente del usillo haría contacto con las mordazas del plato y provocaría la rotura de la misma.
- Luego se hizo un agujero central de 14mm para que la herramienta de desbaste pueda funcionar sin ningún inconveniente.
- Una vez realizado el agujero interior se cargó el primer programa al torno para realizar el alojamiento del reten y la parte interior de la pieza
- Concluido este programa, se procedió a cargar el siguiente programa y así realizar el exterior de la pieza.
- Luego pasamos a la fresa CNC, en la cual se hicieron los agujeros y el contorno de la pieza.

Los programas de fabricación se encuentran detallados en el anexo 3.





A continuación se pueden observar imágenes de la construcción del porta reten:





## 7. METROLOGÍA

Luego de haber terminado de fabricar se procedió a verificar las magnitudes de las piezas construidas. Para ello se armó una tabla con el fin de indicar todas las piezas con sus respectivos valores de diseño y compararlos con los medidos. Luego se calculó el punto muerto superior e inferior del pistón guía y de trabajo, y se los comparó con los de diseño.

A continuación se puede observar una tabla con los valores de diseño y medición:

Pieza	Altura		Error (resp/mod)	
	Modelo	Medición	Absoluto	Relativo
Carter	54,12 mm	54,25 mm	0,13 mm	0,24%
Arandela aislante	2,40 mm	2,55 mm	0,15 mm	6,25%
Separador inferior	67,40 mm	67,46 mm	0,06 mm	0,09%
Placa base (tapa inferior)	20,00 mm	19,90 mm	-0,10 mm	-0,50%
Separador Superior	77,10 mm	77,02 mm	-0,08 mm	-0,10%
Aro de presión	3,00 mm	3,00 mm	0,00 mm	0,00%
Cilindro pistón trabajo	65,00 mm	64,41 mm	-0,59 mm	-0,91%
Intercambiador	27,10 mm	27,94 mm	0,84 mm	3,10%
Reborde intercambiador	3,00 mm	3,00 mm	0,00 mm	0,00%
O 'ring camisa exterior	1,50 mm	1,50 mm	0,00 mm	0,00%
Alojamiento o 'ring camisa ext.	2,50 mm	2,50 mm	0,00 mm	0,00%
Camisa exterior	79,10 mm	79,24 mm	0,14 mm	0,18%
Pistón de trabajo	8 mm	8.1 mm	0,1 mm	1,25%
Tapa colectora	20,00 mm	19,85 mm	-0,15 mm	-0,75%



Pieza	Avance a 45°		Error	
	Modelo	Medición	Absoluto	Relativo
Manivela	25,02 mm	25,00 mm	-0,02 mm	-0,10%
Carrera	50,04 mm	49,99 mm	-0,05 mm	-0,10%
Biela	91,35 mm	91,24 mm	-0,11 mm	-0,13%
Pistón guía	17,90 mm	17,93 mm	0,03 mm	0,14%
Anclaje pistón guía-trabajo	59,05 mm	58,41 mm	-0,64 mm	-1,08%
Pistón trabajo	3,00 mm	3,10 mm	0,10 mm	3,33%

PMS guía	134,27 mm	134,40 mm	0,13 mm	0,10%
PMS trabajo	196,32 mm	195,67 mm	-0,66 mm	-0,33%
PMI guía	84,23 mm	84,83 mm	0,60 mm	0,71%
PMI trabajo	146,28 mm	145,68 mm	-0,61 mm	-0,41%

De lo anterior se concluye que el error promedio es de  $\pm 0.5$ mm, un valor aceptado según los objetivos aspirados.

A continuación se verificará si las piezas fabricadas cumplen con la normativa especificada en los planos (ISO 286):

Pieza	Diámetro interior		Error (resp/mod)		Tolerancia	
	Modelo	Medición	Absoluto	Relativo	Permitida	Verifica
Diámetro interior	105	104,8	-0,20 mm	-0,19%	-0,2	si
Diámetro exterior	109	108,95	-0,05 mm	-0,05%	-0,2	si
Altura	79	79,26	0,26 mm	0,33%	$\pm 0,5$	si

Pieza	Diámetro interior		Error (resp/mod)		Tolerancia	
	Modelo	Medición	Absoluto	Relativo	Permitida	Verifica
Diámetro interior	83	83,01	0,01 mm	0,01%	$\pm 0,5$	si
Diámetro exterior	93	92,95	-0,05 mm	-0,05%	-0,054	si
Altura	11,6	11,47	-0,13 mm	-1,12%	$\pm 0,5$	si
Altura sin pollera	3,3	3,27	-0,03 mm	-0,91%	$\pm 0,5$	si
Ranura alojamiento de aros	1,3	1,4	0,10 mm	7,69%	$\pm 0,2$	si





	Medida		Error (resp/mod)		Tolerancia	
	Modelo	Medición	Absoluto	Relativo	Permitida	Verifica
Pieza cilindro trabajo	93	93,05	0,05 mm	0,05%	0,054	si
Diámetro interior	93	93,05	0,05 mm	0,05%	0,054	si
Diámetro exterior	95	94,95	-0,05 mm	-0,05%	-0,087	si
Altura	65	64,9	-0,10 mm	-0,15%	±0,5	si

	Medida		Error (resp/mod)		Tolerancia	
	Modelo	Medición	Absoluto	Relativo	Permitida	Verifica
Pieza cono soporte quemador	57	57,24	0,24 mm	0,42%	±0,5	si
Diámetro interno	57	57,24	0,24 mm	0,42%	±0,5	si
Diámetro exterior inferior	65	64,9	-0,10 mm	-0,15%	-0,19	si
Diámetro de los agujeros	72	72,05	0,05 mm	0,07%	±0,1	si

	Diámetro interior		Error (resp/mod)		Tolerancia	
	Modelo	Medición	Absoluto	Relativo	Permitida	Verifica
Pieza placa base	51	51,05	0,05 mm	0,10%	0,19	si
Diámetro interior	51	51,05	0,05 mm	0,10%	0,19	si
Diámetro exterior arandela suj.	95	95,05	0,05 mm	0,05%	0,054	si
Altura	20	19,9	-0,10 mm	-0,50%	±0,5	si
Diámetro de los agujeros	75	75,05	0,05 mm	0,07%	±0,1	si
Distancia entre agujeros	91	91,05	0,05 mm	0,05%	±0,1	si
Diámetro int. Camisa ext.	105	104,95	-0,05 mm	-0,05%	-0,5	si
Diámetro ext. Camisa ext.	109	109,05	0,05 mm	0,05%	0,5	si
Diámetro tabique guía	55	55,05	0,05 mm	0,09%	0,19	si
Profundidad alojamiento del O 'ring	1,5	1,45	-0,05 mm	-3,33%	-0,25	si
Profundidad alojamiento tabique guía	3	3,05	0,05 mm	1,67%	0,2	si
Distancia centro agujero al borde de la pieza	12	12,05	0,05 mm	0,42%	±0,1	si



	Diámetro interior		Error (resp/mod)		Tolerancia	
	Modelo	Medición	Absoluto	Relativo	Permitida	Verifica
Pieza separador superior						
Altura	79,5	79,56	0,06 mm	0,08%	±0,2	si
Diámetro interno	6,5	6,55	0,05 mm	0,77%	±0,2	si
Diámetro externo	15,88	15,8	-0,08 mm	-0,50%	±0,2	si

	Diámetro interior		Error (resp/mod)		Tolerancia	
	Modelo	Medición	Absoluto	Relativo	Permitida	Verifica
Pieza arandela de sujeción						
Altura	3	2,9	-0,10 mm	-3,33%	±0,5	si
Diámetro exterior	93	93,05	0,05 mm	0,05%	-0,087	si
Diámetro centro de los agujeros	75	75,05	0,05 mm	0,07%	±0,1	si

	Diámetro interior		Error (resp/mod)		Tolerancia	
	Modelo	Medición	Absoluto	Relativo	Permitida	Verifica
Pieza cono colector salida de agua						
Diámetro interior	57	57,1	0,10 mm	0,18%	±0,5	si
Diámetro superior	65	64,96	-0,04 mm	-0,06%	-0,19	si
Diámetro de los agujeros	72	72,05	0,05 mm	0,07%	±0,1	si

	Medida		Error (resp/mod)		Tolerancia	
	Modelo	Medición	Absoluto	Relativo	Permitida	Verifica
Pieza Tapa superior						
Diámetro int. camisa exterior	105	104,9	-0,10 mm	-0,10%	-0,3	si
Diámetro ext. camisa exterior	109	109,05	0,05 mm	0,05%	0,3	si
Diámetro interno	65	65,1	0,10 mm	0,15%	0,19	si
Diámetro de los agujeros cono	72	72,05	0,05 mm	0,07%	±0,1	si



	Diámetro interior		Error (resp/mod)		Tolerancia	
	Modelo	Medición	Absoluto	Relativo	Permitida	Verifica
Pieza separador inferior						
Altura	73,5	73,45	-0,05 mm	-0,07%	±0,2	si
Diámetro interior	6,5	6,55	0,05 mm	0,77%	±0,2	si
Diámetro exterior	15,88	15,8	-0,08 mm	-0,50%	±0,2	si

	Medida		Error (resp/mod)		Tolerancia	
	Modelo	Medición	Absoluto	Relativo	Permitida	Verifica
Pieza cilindro trabajo						
Diámetro interno	93	93,04	0,04 mm	0,04%	0,054	si
Diámetro exterior inferior	95	94,95	-0,05 mm	-0,05%	-0,087	si
Altura	65	65,05	0,05 mm	0,08%	0,5	si

	Diámetro interior		Error (resp/mod)		Tolerancia	
	Modelo	Medición	Absoluto	Relativo	Permitida	Verifica
Pieza cuna reten						
Diámetro interior	36	36,005	0,005 mm	0,01%	0,039	si
Diámetro exterior	76	75,5	-0,50 mm	-0,66%	-0,55	si
Diámetro de los agujeros	64	64,05	0,05 mm	0,08%	±0,1	si
Profundidad alojamiento retén	7	7,05	0,05 mm	0,71%	±0,2	si

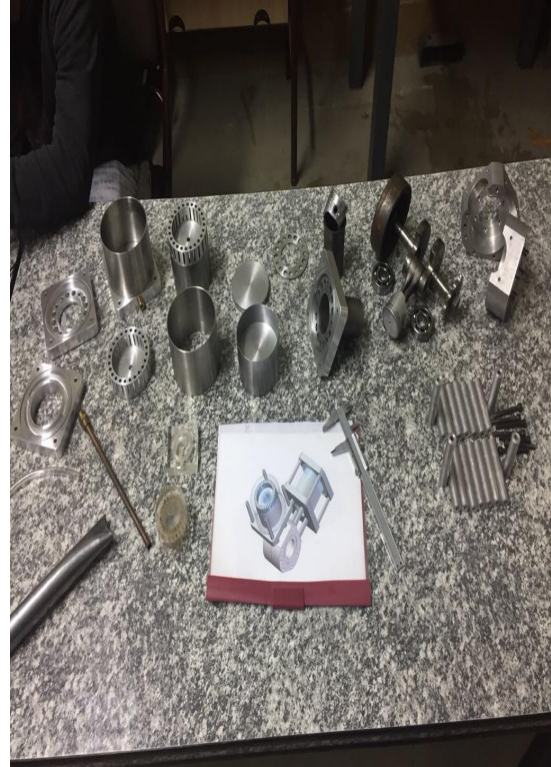
La totalidad de las piezas fabricadas, verificaron el estudio de metrología.

## 8. ENSAMBLE TOTAL DEL MOTOR STIRLING

Con todas las piezas terminadas el siguiente paso fue comenzar el armado. Para ello a cada uno de los fragmentos que componen el prototipo, se los limpia con nafta para evitar un remanente de viruta cuya presencia influya en el correcto funcionamiento de la maquina. Luego se procedió a una bruñida de los cilindros guía con una herramienta de tela, la cual quitó el oxido de la misma. Luego se utilizó pasta G de molikote en dichas camisas como elemento de lubricación. También se utilizó el lubricante en los pistones de trabajo.



A continuación se detallará el procedimiento de ensamble, el cual será dividido en 4 etapas.



## **ENSAMBLE DEL CIGÜEÑAL**

Luego de limpiar las piezas, se procedió a ensamblar el cigüeñal con sus partes (bielas, manivela y pistones).

Primero se instalaron las bielas en el cigüeñal, luego se puso el cigüeñal en el banco entre puntas “micro” y con un comparador se midió la alineación del cigüeñal. Se observó una desalineación de 140 micrones, la cual fue corregida y llevada a 40 micrones.

Luego se deberán fijar los anclajes a los pistones guía con sus respectivos tornillos Allen cabeza fresada.



Concluida esta tarea se instalaron los pistones en la cabeza de las bielas con un perno deslizante.

A continuación se puede observar una imagen del cigüeñal ensamblado:



## **ENSAMBLE DEL BLOCK**

En esta etapa de ensamble lo primero que se realizó fue el calentamiento del block para que el alojamiento del rodamiento dilate, y éste, ingrese de manera deslizante. Luego al enfriarse el block, éste se contrae y genera un anclaje perfecto.

Concluido esto se procedió al armado del porta reten de ambos lados. Consecuentemente se instaló el cigüeñal en el block, uniendo ambas partes, primero por separado y luego juntándolos y arrimándolos con los tornillos Allen.

Luego se procederá con la incorporación de las camisas guía. Para ello, lo primero que se hizo fue poner los aros rasca aceite en los pistones guía, los cuales son los que





tienen la función de impedir la circulación de aceite al conjunto superior. Una vez incorporados los aros, se colocaron los pistones guía en los cilindros guía. Para ello se pasaron los cilindros por la tapa base (inferior). Estos tienen un tabique, el cual es el elemento de fijación. Al finalizar este paso, se colocó el buje de teflón en el cilindro guía, se lo acomodó en su posición de trabajo y se ajustaron los tornillos del block.

## **ENSAMBLE CONJUNTO INFERIOR**

El siguiente paso fue el armado del conjunto inferior, en el cual se incorporaron los bujes inferiores con sus respectivas arandelas de corcho, las cuales son las encargadas de evitar el corto circuito térmico (aislante térmico).

Luego se incorporaron las arandelas de sujeción, encargadas de fijar los cilindros de trabajo apretando el tabique del mismo a la tapa base o inferior. Siguiendo a ello se pusieron los tornillos Allen torneados. Estos tornillos fueron modificados ya que la cabeza de los mismos hacía contacto con el pistón de trabajo. Para que ello no ocurra se debió desbastar la cabeza de los tornillos en el torno paralelo. Finalizado este paso se incorporó el pistón de trabajo en la camisa superior (camisa de trabajo), y luego se fijó el mismo al anclaje de pistones con su respectivo tornillo (teniendo en cuenta que al mismo tiempo se debió introducir la camisa de trabajo en su alojamiento de la tapa base, en la cual previamente incorporamos el O 'ring o guarnición).

## **ENSAMBLE CONUNTO SUPERIOR**

Para terminar el ensamble del prototipo se procedió a la incorporación de las camisas exteriores. Para ello primero se puso el O 'ring o guarnición y luego se incorporó la camisa. Seguido a esto se armó, en el intercambiador del cilindro caliente, la protuberancia, la cual se fijó a éste con un tornillo Allen cabeza fresada (en el cilindro frío no hay protuberancia). Una vez armado el intercambiador, se lo colocó en su posición de trabajo (solidario a la camisa de trabajo).



Concluido este paso se presentó la tapa superior y se arrimaron los tornillos. Antes de ajustar los tornillos verificamos que todos los las piezas estén en su posición correcta, luego, se procedió a ajustar los tornillos de la tapa superior.

Por último se colocaron los conos de agua y fuego en sus respectivos lugares, se arrimaron sus respectivos tornillos y se dio el ajuste necesario.

Al cono de agua se le incorporó el racord, el cual es el elemento de conexión con la fuente de alimentación de agua de refrigeración.



## **ENSAMBLE DEL REGENERADOR**

Por último, para terminar con el ensamble del motor, se realizó la conexión del regenerador. Lo que se hizo fue roscar los conectores de  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{2}$  a las tapas superiores y luego introducir el regenerador.



## **9. LECCIONES APRENDIDAS**

A medida que se avanzó con la fabricación de las piezas fueron surgiendo necesidades, las cuales no se habían considerado, como la fabricación de piezas de sujeción tanto para el torno como para el CNC. Esto fue un adicional de tiempo en la fabricación y un faltante de materiales. Por suerte rápidamente se consiguieron los materiales faltantes y se continuó con el proceso de fabricación.

Con lo sucedido, se debe destacar que es de suma importancia considerar de que manera vamos a sujetar la pieza en las distintas máquinas necesarias para su fabricación.

A la hora de seleccionar las dimensiones de la materia prima, se debió tener un sobrante de material como margen de error.

Otra consideración es el elemento lubricante de armado de las camisas, que en este caso, se utilizó pasta G de Molikote, la cual brinda una disminución del roce entre los pistones y sus respectivas camisas. Esto se debe a la estructura atómica esferoidal del di sulfuro de molibdeno.

A medida que se avanzó con el trabajo se fue estudiando el funcionamiento del prototipo y la importancia de cada pieza.

## **10. CONCLUSIÓN**

En base al presente trabajo, como conclusión, se afirma que la fabricación de las piezas se llevó a cabo de manera exitosa y se pudo ensamblar correctamente el prototipo. Lo próximo a realizar será una medición de los parámetros de funcionamiento del prototipo, tales como, temperatura de trabajo, presión, régimen de giro, par motor y potencia, y compararlos con los calculados en la ingeniería básica.





## **11. BIBLIOGRAFÍA**

Organ, J Allan, (2014), *Stirling Cycle Engines*, Reino Unido, John Wiley & Sons, Ltd.

Peña, Beatríz, *Versión Doméstica Del Motor Stirling*, I.E.S Cardenal López, Mendoza, Argentina.

Agüero, V Raúl, (2016), *Diseño y Construcción De Un Motor Stirling Para La Generación De Energía Eléctrica*, Universidad Nacional De Ingeniería Facultad De Ingeniería Mecánica, Lima, Perú.

Focke, R Jost, *El Motor De Multicombustibles Stirling*.



## **12.Anexo**

### **Anexo 1:**

#### **PROGRAMA SOPORTE DE SUJECIÓN DE TAPAS**

N0 ;SUJECION PARA TAPAS - 2018

N1 ;ACERO

N2 ;CERO PIEZA EN EL CENTRO

N5 T20 D20

N6 M6

N7 F600 S3000 M3

N8 M0

N9 G0 G90 G43 X0 Y0 Z50

N10 ;P1=COTA X MINIMA P2=COTA X MAXIMA

N11 ;P3=COTA Y MINIMA P4=COTA Y MAXIMA

N12 ;P5=COTA Z SUPERIOR P6=COTA Z INFERIOR

N13 ;P7=PASO DE MECANIZADO PROFUNDIDAD EN Z

N14 ;P8=PASO DE MECANIZADO EN EL PLANO XY

N15 ;P9=DISTANCIA DESDE P5 A PLANO DE PARTIDA EN Z

N16 ;P10=DISTANCIA DE SEGURIDAD EN X

N17 ;P10 DEBE SER MAYOR QUE RADIO DE HERRAMIENTA

N18 ;DEFINICION DE PARAMETROS

N19 (P1=-65, P2=65, P3=-65, P4=65, P5=0, P6=-0.5, P7=0.3, P8=15, P9=10, P10=15)



*Ministerio de Educación,  
Cultura, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional La Plata*

N20 (CALL 11)

N21 G0 G90 X0 Y0 Z150

N23 ;(OP1 - PUNTEADO)

N24 ;(T.9 MECHA DE CENTROS)

N28 T9 D9

N29 M6 ;M06 CAMBIA LA HERRAMIENTA

N30 F50 S900 M3

N31 M0

N32 G0 G90 G43 X0 Y0 Z30

N33 G81 G99 X45.5 Y45.5 Z2 I-7.5 K200

N34 ;X45.5 Y45.5

N35 X45.5 Y-45.5

N36 X-45.5 Y-45.5

N37 X-45.5 Y45.5

N39 G80 G90 G0 X0 Y0 Z150

N40 ;(OP 2 AGUJ D6.5)

N41 ;(T.5 MECHA D5.25)

N42 T5 D5

N43 M6

N44 F50 S1000 M3

N45 M0

N46 G0 G90 G43 X0 Y0 Z30



*Ministerio de Educación,  
Cultura, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional La Plata*

N47 G69 G99 X45.5 Y45.5 Z2 I-25 B0.5 C0.05 D2 H0.1 J20

N48 ;X45.5 Y45.5

N49 X45.5 Y-45.5

N50 X-45.5 Y-45.5

N51 X-45.5 Y45.5

N52 G80 G90 G0 X0 Y0 Z150

N82 ;CONTORNO MONTAJE

N85 T20 D20

N86 M6

N87 F900 S3000 M3

N88 M0

N89 G0 G90 G43 X80 Y0 Z50

N90 Z10

N91 Z2

N92 G1 Z0

N93 G1 G91 Z-0.25

N94 G1 G90 G42 X55 Y0

N95 G1 X55 Y45

N96 G3 X45 Y55 R10

N97 G1 X-45

N98 G3 X-55 Y45 R10

N99 G1 Y-45





*Ministerio de Educación,  
Cultura, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional La Plata*

N100 G3 X-45 Y-55 R10

N101 G1 X45

N102 G3 X55 Y-45 R10

N103 G1 X55 Y0

N104 G1 G40 X80 Y0

N105 (RPT N93, N104)N11

N100 G0 Z100

N999 M30

## **PROGRAMA CANAL COLECTOR DE GASES**

%STIRLING-HELICE,MX--,

NO ;HERRAMIENTA DE PUNTA ESFERICA

N1 ;D8 LONGITUD DESDE LA PUNTA

N2 ;VERSION 8/9/18

N10 T8 D8

N11 M6

N12 F900 S3000 M3

N13 M0

N20 G0 G90 G43 X0 Y0 Z50

N140 ;DEFINICION DE PARAMETROS

N141 ;DATOS - VER EL ESQUEMA

N142 (P1=41.45) ; (RADIO DEL CENTRO DEL CANAL



N143 (P2=-2.5) ; (ZINICIAL FONDO CANAL

N144 (P3=-16) ; ( ; ZFINAL FONDO CANAL

N145 (P4=0) ; ( ; Z TOP DEL MATERIAL

N146 (P5=8.74) ; (ANGULO INICIAL)

N147 (P6=0.25) ; ( ; PROFUNDIDAD DE PASADA EN Z

N200 (CALL 12)

N210 G0 X0 Y0 Z50

N220 M30

N4100 (SUB 12)

N4101 (P18=P3-P2, P15=P4)

N4102 G0 G90 RP1 QP5 Z2

N4103 G1 G90 ZP4 F50

N4105 (P15=P15-P6)

N4106 G1 G05 G90 ZP15 F50

N4111 (P8=180-P5) ; P8 ES ANGULO COMPRENDIDO

N4112 (P11=cos(P5))

N4113 (P12=sin(P5)) ; CALCULO DE XY INICIAL

N4114 (P11=P11\*P1, P12=P12\*P1) ; CALCULO DE XY INICIAL

N4115 (P21=P11\*-1, P22=P12\*-1, P20=P1\*-1)

N4116 G3 XP20 Y0 IP21 JP22 F900

N4117 G3 XP11 Y-P12 IP1 J0

N4118 ; MEDIO - VUELTA



*Ministerio de Educación,  
Cultura, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional La Plata*

N4119 (P15=P15-P6)

N4120 G1 G90 ZP15 F50

N4121 G2 XP20 Y0 IP21 JP12 F900

N4122 G2 XP11 YP12 IP1 J0

N4123 (P15=P15-P6)

N4124 (IF (P15 GE P2) GOTO N4106)

N4126 ;G31

N4130 G92 Z0 ;(HELICE

N4131 (P8=180-P5) ;P8 ES ANGULO COMPRENDIDO

N4132 (P14=0)

N4133 (P13=P14-P6)

N4135 G1 G90 ZP14 F50 ;INICIO LOOP

N4140 (P7=P13)

N4141 (P9=P7/P8, P9=P9\*360) ;P9 ES K PASO DE HELICE

N4142 (P11=COS(P5))

N4143 (P12=SIN(P5)) ;CALCULO DE XY INICIAL

N4144 (P11=P11\*P1, P12=P12\*P1) ;CALCULO DE XY INICIAL

N4145 (P21=P11\*-1, P22=P12\*-1, P20=P1\*-1, P9=P9\*-1)

N4146 G3 XP20 Y0 IP21 JP22 ZP13 KP9 F900

N4147 G3 XP11 Y-P12 IP1 J0 ZP14 KP9

N5000 ;(MEDIO - VUELTA

N5135 (P13=P13-P6)



*Ministerio de Educación,  
Cultura, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional La Plata*

N5140 (P7=P13)

N5141 (P9=P7/P8, P9=P9\*360) ;P9 ES K PASO DE HELICE

N5142 (P11=COSEN(P5))

N5143 (P12=SIN(P5)) ;CALCULO DE XY INICIAL

N5144 (P11=P11\*P1, P12=P12\*P1) ;CALCULO DE XY INICIAL

N5145 (P21=P11\*-1, P22=P12\*-1, P20=P1\*-1, P9=P9\*-1)

N5146 G2 XP20 Y0 IP21 JP12 ZP13 KP9 F900

N5147 G2 XP11 YP12 IP1 J0 ZP14 KP9

N6000 (P13=P13-P6)

N6001 (IF (P13 GE P18) GOTO N4135)

N6002 ;G29 N4135

N6003 ;G32

N6004 G1 G90 Z0

N6005 G92 ZP2 ;(RECUPERA Z0)

N6050 G0 G90 Z2

N6320 (RET)

## **PROGRAMA TAPA SUPERIOR**

%STIRLING-TAPA-01,MX--,

N0 ;TAPA CON CAMARA - 2018

N1 ;ALUMINIO

N2 ;CERO PIEZA EN EL CENTRO





N5 T20 D20

N6 M6

N7 F900 S3000 M3

N8 M0

N9 G0 G90 G43 X0 Y0 Z50

N10 ;P1=COTA X MINIMA P2=COTA X MAXIMA

N11 ;P3=COTA Y MINIMA P4=COTA Y MAXIMA

N12 ;P5=COTA Z SUPERIOR P6=COTA Z INFERIOR

N13 ;P7=PASO DE MECANIZADO PROFUNDIDAD EN Z

N14 ;P8=PASO DE MECANIZADO EN EL PLANO XY

N15 ;P9=DISTANCIA DESDE P5 A PLANO DE PARTIDA EN Z

N16 ;P10=DISTANCIA DE SEGURIDAD EN X

N17 ;P10 DEBE SER MAYOR QUE RADIO DE HERRAMIENTA

N18 ;DEFINICION DE PARAMETROS

N19 (P1=-65, P2=65, P3=-65, P4=65, P5=0.5, P6=0, P7=0.3, P8=15, P9=10, P10=15)

N20 (CALL 11)

N21 G0 G90 X0 Y0 Z150

N23 ;(OP1 - PUNTEADO)

N24 ;(T.9 MECHA DE CENTROS)

N28 T9 D9

N29 M6 ;M06 CAMBIA LA HERRAMIENTA

N30 F50 S900 M3



*Ministerio de Educación,  
Cultura, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional La Plata*

N31 M0

N32 G0 G90 G43 X0 Y0 Z30

N33 G81 G99 X0 Y0 Z2 I-5 K200

N34 X45.5 Y45.5

N35 X45.5 Y-45.5

N36 X-45.5 Y-45.5

N37 X-45.5 Y45.5

N39 G80 G90 G0 X0 Y0 Z150

N40 ;(OP 2 AGUJ D6.5)

N41 ;(T.6 MECHA D6.5)

N42 T6 D6

N43 M6

N44 F50 S1000 M3

N45 M0

N46 G0 G90 G43 X0 Y0 Z30

N47 G69 G99 X0 Y0 Z2 I-25 B0.5 C0.05 D2 H0.1 J20

N48 X45.5 Y45.5

N49 X45.5 Y-45.5

N50 X-45.5 Y-45.5

N51 X-45.5 Y45.5

N52 G80 G90 G0 X0 Y0 Z150

N53 ;(OP 3 AGUJ D6)



*Ministerio de Educación,  
Cultura, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional La Plata*

N54 ;(T.10 MECHA D10)

N55 T17 D17

N56 M6

N57 F250 S1200 M3

N58 M0

N59 G0 G90 G43 X0 Y0 Z30

N60 G69 G99 X0 Y0 Z2 I-35 B0.5 C0.05 D2 H0.1 J20

N61 G80 G90 G0 X0 Y0 Z150

N62 ;(OP 4 CANAL ORING

N63 ;(T.4 FRESA D2 Z4)

N64 T4 D4

N65 M6

N66 F400 S6000 M3

N67 M0

N68 G0 G90 G43 X0 Y0 Z30

N69 G0 G90 X53.5 Y0 Z2

N70 G1 Z0

N71 G3 I-53.5 J0 Z-2.5 K0.25

N72 G3 I-53.5 J0

N73 G1 Z2

N74 G90 G0 X-80 Y80 Z150

N82 ;VACIADO CENTRAL D65



*Ministerio de Educación,  
Cultura, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional La Plata*

N85 T20 D20

N86 M6

N87 F900 S3000 M3

N88 M0

N89 G0 G90 G43 X0 Y0 Z50

N90 Z10

N91 Z2

N92 G1 Z0

N93 G1 G91 X14 Y0 Z-1

N94 G3 I-14 J0

N95 G1 G90 X22.5 Y0

N96 G3 I-22.5 J0

N97 G1 G90 X0 Y0

N98 (RPT N93, N97)N20

N100 G0 Z100

N999 M30

## **Anexo 2:**

### **PROGRAMA TAPA BASE**

%STIRLING-TAPA-02,MX--,

N0 ;TAPA INFERIOR - 2018

N1 ;ALUMINIO





N2 ;CERO PIEZA EN EL CENTRO

N5 T20 D20

N6 M6

N7 F900 S3000 M3

N8 M0

N9 G0 G90 G43 X0 Y0 Z50

N10 ;P1=COTA X MINIMA P2=COTA X MAXIMA

N11 ;P3=COTA Y MINIMA P4=COTA Y MAXIMA

N12 ;P5=COTA Z SUPERIOR P6=COTA Z INFERIOR

N13 ;P7=PASO DE MECANIZADO PROFUNDIDAD EN Z

N14 ;P8=PASO DE MECANIZADO EN EL PLANO XY

N15 ;P9=DISTANCIA DESDE P5 A PLANO DE PARTIDA EN Z

N16 ;P10=DISTANCIA DE SEGURIDAD EN X

N17 ;P10 DEBE SER MAYOR QUE RADIO DE HERRAMIENTA

N18 ;DEFINICION DE PARAMETROS

N19 (P1=-65, P2=65, P3=-65, P4=65, P5=0.5, P6=0, P7=0.3, P8=15, P9=10, P10=15)

N20 (CALL 11)

N21 G0 G90 X0 Y0 Z150

N23 ;(OP1 - PUNTEADO)

N24 ;(T.9 MECHA DE CENTROS)

N28 T9 D9

N29 M6 ;M06 CAMBIA LA HERRAMIENTA



*Ministerio de Educación,  
Cultura, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional La Plata*

N30 F50 S900 M3

N31 M0

N32 G0 G90 G43 X0 Y0 Z30

N33 G81 G99 X0 Y0 Z2 I-5 K200

N34 X45.5 Y45.5

N35 X45.5 Y-45.5

N36 X-45.5 Y-45.5

N37 X-45.5 Y45.5

N39 G80 G90 G0 X0 Y0 Z150

N40 ;(OP 2 AGUJ D6.5)

N41 ;(T.6 MECHA D6.5)

N42 T6 D6

N43 M6

N44 F50 S1000 M3

N45 M0

N46 G0 G90 G43 X0 Y0 Z30

N47 G69 G99 X0 Y0 Z2 I-25 B0.5 C0.05 D2 H0.1 J20

N48 X45.5 Y45.5

N49 X45.5 Y-45.5

N50 X-45.5 Y-45.5

N51 X-45.5 Y45.5

N52 G80 G90 G0 X0 Y0 Z150



*Ministerio de Educación,  
Cultura, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional La Plata*

N53 ;(OP 3 AGUJ D6)

N54 ;(T.17 MECHA D10)

N55 T17 D17

N56 M6

N57 F80 S800 M3

N58 M0

N59 G0 G90 G43 X0 Y0 Z30

N60 G69 G99 X0 Y0 Z2 I-35 B0.5 C0.05 D2 H0.1 J20

N61 G80 G90 G0 X0 Y0 Z150

N62 ;(OP 4 CANAL ORING

N63 ;(T.4 FRESA D2 Z4)

N64 T4 D4

N65 M6

N66 F400 S6000 M3

N67 M0

N68 G0 G90 G43 X0 Y0 Z30

N69 G0 G90 X53.5 Y0 Z2

N70 G1 Z0

N71 G3 I-53.5 J0 Z-2.5 K0.25

N72 G3 I-53.5 J0

N73 G1 Z2

N74 G90 G0 X-80 Y80 Z150



N82 ;VACIADO CENTRAL DESBASTE D50 PASANTE

N85 T20 D20

N86 M6

N87 F900 S3000 M3

N88 M0

N89 G0 G90 G43 X0 Y0 Z50

N90 Z10

N91 Z2

N92 G1 Z0

N93 G1 G91 X14 Y0 Z-1

N94 G3 I-14 J0

N95 G1 G90 X15 Y0

N96 G3 I-15 J0

N97 G1 G90 X0 Y0

N98 (RPT N93, N97)N21

N100 G1 Z0

N101 G1 X14 Y0 ;DESBASTE D95 PASANTE

N102 G1 G91 Z-1

N105 G1 G90 X26.2

N194 G3 I-26.2 J0

N195 G1 G90 X37.4 Y0

N196 G3 I-37.4 J0





*Ministerio de Educación,  
Cultura, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional La Plata*

N197 G1 G90 X0 Y0

N198 (RPT N102, N197)N11

N200 G1 G90 Z-12

N202 G1 G91 Z-1

N205 G1 G90 X17.5

N294 G3 I-17.5 J0

N297 G1 G90 X0 Y0

N298 (RPT N202, N297)N2

N299 G0 Z150

N324 ;(T.9 MECHA DE CENTROS)

N328 T9 D9

N329 M6 ;M06 CAMBIA LA HERRAMIENTA

N330 F50 S900 M3

N331 M0

N332 G0 G90 G43 X0 Y0 Z30

N333 G69 G99 X37.55 Y0 Z-10 I-17 B0.5 C0.05 D2 H0.1 J20

N334 R37.55 Q22.5

N335 Q45

N336 Q67.5

N337 Q90

N338 Q112.5

N339 Q135



*Ministerio de Educación,  
Cultura, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional La Plata*

N340 Q157.5

N341 Q180

N342 Q202.5

N343 Q225

N344 Q247.5

N345 Q270

N346 Q292.5

N347 Q315

N348 Q337.5

N349 G80 G90 G0 X0 Y0 Z150

N350 ;(OP 2 AGUJ D6.5)

N351 ;(T.6 MECHA D6.5)

N352 T6 D6

N353 M6

N354 F50 S1000 M3

N355 M0

N356 G0 G90 G43 X0 Y0 Z30

N357 G69 G99 X26.163 Y26.163 Z-10 I-25 B0.5 C0.05 D2 H0.1 J20

N358 X-26.163 Y26.163

N359 X-26.163 Y-26.163

N350 X26.163 Y-26.163

N352 G80 G90 G0 X0 Y0 Z150



*Ministerio de Educación,  
Cultura, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional La Plata*

N353 ;(OP 3 AGUJ D10)

N354 ;(T.10 MECHA D10)

N355 T17 D17

N356 M6

N357 F80 S800 M3

N358 M0

N359 G0 G90 G43 X0 Y0 Z30

N360 G69 G99 X37.55 Y0 Z-10 I-27 B0.5 C0.05 D2 H0.1 J20

N361 R37.55 Q22.5

N362 Q67.5

N363 Q90

N364 Q112.5

N365 Q157.5

N366 Q180

N367 Q202.5

N368 Q247.5

N369 Q270

N370 Q292.5

N371 Q337.5

N380 G80 G90 G0 X0 Y0 Z150

N998 G0 Z100

N999 M30



## **PROGRAMA CONTORNO DE TAPAS**

%STIRLING-CONTORNO,MX--,

N0 ;CONTORNO TAPAS - 2018

N1 ;ALUMINIO

N2 ;CERO PIEZA EN EL CENTRO

N5 T20 D20

N6 M6

N7 F1800 S6000 M3

N8 M0

N89 G0 G90 G43 X90 Y0 Z50

N90 Z10

N91 Z2

N92 G1 Z0

N93 G1 G91 Z-0.5

N94 G1 G90 G42 X57.5 Y0

N95 G1 X57.5 Y47.5

N96 G3 X47.5 Y57.5 R10

N97 G1 X-47.5

N98 G3 X-57.5 Y47.5 R10

N99 G1 Y-47.5

N100 G3 X-47.5 Y-57.5 R10

N101 G1 X47.5





*Ministerio de Educación,  
Cultura, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional La Plata*

N102 G3 X57.5 Y-47.5 R10

N103 G1 X57.5 Y0

N104 G1 G40 X90 Y0

N105 (RPT N93, N104)N44

N100 G0 Z100

N999 M30

### **Anexo 3:**

#### **Programa 1 Torno CNC:**

%STIRLING-INTERIOR PORTA RETEN,MX-,

N0 ;INTERIOR PORTA RETEN - 2018

N1 ;ALUMINIO

N2 ;CERO PIEZA EN EL CENTRO

N10 G95 G96 F0.08 S400 T1.1 M3 M41

N20 G0 G90 X14 Z20

N30 G0 Z2

N35 G1 Z0

N40 G1 Z0

N40 G1 X104

N50 Z1

N60 G0 X14 Z1

N80 G68 P0=K37 P1=K0 P5=K0.5 P7=K0.1 P8=K0.02 P9=K0.05 P13=K1000 P14=K1020

N90 G0 Z20



*Ministerio de Educación,  
Cultura, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional La Plata*

N100 X50

N110 M30

N1000 G1 X36 Z-0.5

N1001 G1 X36 Z-7

N1005 G1 X21 Z-7

N1010 G1 X20 Z-7.5

N1015 G1 X20 Z-22

N1020 G1 X15 Z-22

**PROGRAMA 2 TORNO CNC:**

%STIRLING-EXTERIOR PORTA RETEN,MX-,

N0 ;EXTERIOR PORTA RETEN - 2018

N1 ;ALUMINIO

N2 ;CERO PIEZA EN EL CENTRO

N10 G95 G96 F.08 S200 T0.10 M3 M41

N20 G0 G90 X104 Z20

N30 G0 Z12

N40 G1 Z6

N50 G1 X18

N60 G0 Z12

N70 G0 X104 Z6

N80 G68 P0=K18 P1=K0 P5=K0.5 P7=K0.1 P8=K0.05 P9=K0.05 P13=K1000 P14=K1020

N90 G0 Z20



*Ministerio de Educación,  
Cultura, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional La Plata*

N100 X104

N110 M30

N1000 G1 X45 Z0

N1001 G1 X46 Z-0.5

N1002 G1 X46 Z-5

N1020 G1 X102 Z-5

**PROGRAMA 3 FRESA CNC:**

%STIRLING-CONTORNO PORTA RETEN,MX-,

N0 ;CONTORNO PORTA RETEN - 2018

N1 ;ALUMINIO

N2 ;CERO PIEZA EN EL CENTRO

N10 F200 S1800 T0.0 M3

N20 G0 G90 G44 X0 Y0 Z50

N30 X47.85 Y0 Z15

N40 G1 Z1

N50 G3 I-47.85 J0 Z-10 K1

N60 G3 I-47.85 J0

N70 G1 X60

N80 G0 Z50

N90 M30



**ANEXO 4:**

**PROGRAMA CNC:**

%RANURA CARTER,MX--,

N10 ;RANURA EN EL CARTER PARA LUBRICACION

N20 T2 D2

N30 M6

N40 F600 S3000 M3

N50 M0

N60 G0 G90 G43 X0Y0 Z50

N70 X0 Y0 Z10

N80 G0 Z2

N90 G1Z0

N100 G1 G91 Y-20 Z-1

N105 G1G90 Y20

N110 G90 X-9

N120 Y-20

N130 X9

N140 Y20

N150 X0

N160 Y21

N161 X-10

N162 Y-21

N163 X10

N164 Y21

N165 X0

N170 Y0

N180 (RPT N100, N170)N14

N190 G1 G90 Z2

N200 G0 Z100

N201 M30



**PROGRAMA 2 CNC:**

%4AGUJEROS,MX--,

N0 ;AGUJEROS EN EL CARTER PARA SUJECION DE PLACA BASE - 2018

N1 ;ACERO

N2 ;CERO PIEZA EN EL CENTRO

N23 ;(OP1 - PUNTEADO)

N24 ;(T.9 MECHA DE CENTROS)

N41 ;(T.5 MECHA D5.25)

N42 T13 D13

N43 M6

N44 F50 S900 M3

N45 M0

N46 G0 G90 G43 X0 Y0 Z50

N47 G69 G99 X18 Y35.5 Z2 I-20 B0.5 C0.05 D2 H0.1 J20

N135 Y-35.5

N136 X-18

N137 Y35.5

N152 G80 G90 G0 X0 Y0 Z150

N100 G0 Z150

N999 M30