

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO CONCURRENTENTE DE UN EQUIPO DE DESGASIFICACIÓN PARA FUNDICIONES DE ALUMINIO

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por los Brs.

Arcila B., Marcos R.

Tocuyo R., Ramón E.

Para optar al Título
de Ingeniero Mecánico.

Caracas, 2013

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO CONCURRENTENTE DE UN EQUIPO DE DESGASIFICACIÓN PARA FUNDICIONES DE ALUMINIO

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Víctor Othman Falcón.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

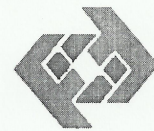
Por los Brs.

Arcila B. Marcos R.,

Tocuyo R. Ramón E.

Para optar al Título
de Ingeniero Mecánico.

Caracas, 2013



Facultad de Ingeniería
INGENIERIA MECÁNICA
Universidad Central de Venezuela
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA

Caracas, 14 noviembre de 2013

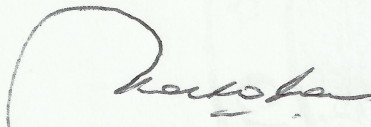
ACTA

Los abajo firmantes, miembros del jurado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el (los) bachiller (es):

Arcila Marcos y Tocuyo Ramón

Titulado: “ *Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio* ”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudio conducente al Título de Ingeniero Mecánico.


Prof. *María de los A. Rodríguez*
Jurado




Prof. *Faustino Carpentiero*
Jurado


Prof. *Víctor O. Falcón*
Tutor

“50 años de la creación de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, de la Escuela de Ingeniería Mecánica y del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales”

DEDICATORIAS

Este trabajo especial de grado está dedicado a mis padres Mercedes y Rafael Arcila por brindarme su apoyo incondicional en todo momento a mis hermanos y a esa persona especial que ilumina mi camino cuando siento que oscurece, con mucho amor a mi novia la ingeniera Yirvida García.

Marcos Arcila.

Primeramente a DIOS, por bendecirme en todo momento y brindarme bienestar, tanto en lo físico como en lo espiritual.

Especialmente a mi Madre Lisbeth Reyes, por su amor y apoyo incondicional en todos los aspectos de mi vida, y por ser el mayor motivo de inspiración para poder alcanzar todas mis metas.

A mi Padre Ramón Tocuyo, por darme todo el apoyo necesario para enfrentar los obstáculos y salir adelante en todo momento.

A mis hermanos Marcos y Yeddaliz, por estar siempre presentes y atentos para que dé lo mejor de mí y poder ser una mejor persona.

A la memoria de mi hermana Yury, que desde el cielo me cuida, me protege y me guía en todo momento.

Ramón Tocuyo.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a Dios por darme salud, paciencia y estabilidad en la vida además de ser la energía que intercede para yo poder seguir adelante.

A mis padres Mercedes y Rafael por su apoyo por su interés en que saliera adelante, a mis hermanos por ser parte de mi formación de vida.

A mi novia Yirvida García por tenderme su mano en todo momento empujándome para seguir adelante y proporcionándome de herramientas necesarias para conseguir este objetivo.

A todos mis primos que se mantuvieron pendiente de mi desempeño durante la elaboración de este proyecto.

Al profesor y tutor de nuestro trabajo especial de grado, ingeniero Othman Falcón, por proveernos de esta oportunidad además de sus enseñanzas, consejos y recomendaciones.

Al personal de Corporea Producciones, en especial al personal del taller mecánico del IMME entre ellos al señor José Peraza por su infinita paciencia y ayuda, a los ingeniero Gustavo Gonzales, Mario, José Choque y Siboney Hernández por su apoyo y colaboración, igualmente agradecer al señor Hernán y al señor Iván. Al personal del taller de la escuela de mecánica por prestarnos apoyo en ciertos momentos.

Agradecer al señor Mario Fabiano de Varimotor C.A. por prestarnos su ayuda en el proceso de fabricación del sistema de control y potencia, permitiéndonos participar en el proceso y dándonos algunos tips de lo que será el mundo laboral que nos espera.

De verdad gracias a dios y todos.

Marcos Arcila.

AGRADECIMIENTOS II

En primer lugar a la Universidad Central de Venezuela, nuestra casa por este tiempo y donde cursamos nuestros estudios de pregrado.

A nuestro tutor académico el Prof. Ing. Víctor Othman Falcón por brindarnos la oportunidad de realizar este trabajo, el cual es una base primordial para nuestra formación profesional como ingeniero. Por su ayuda, dedicación y paciencia al atendernos cada vez que lo necesitábamos.

A Corporea Producciones C.A., por la colaboración, asesoría, orientación, asistencia técnica, científica y financiera. En especial a Ing. Gonzales, Ing. Choque, Tec. Peraza, Hernan y demás trabajadores de su taller mecánico.

Al sr. Mario Fabiano de Varimotor C.A. por su apoyo y horas de trabajo en nuestro proyecto.

A mis Padres y hermanos por darnos ese apoyo incondicional para la realización de este trabajo en todo momento.

A mi familia por ser un pilar de apoyo para la realización de este proyecto.

A mis amigos que de alguna u otra manera nos brindaron su apoyo y colaboración.

Gracias a todos.

Ramón Tocuyo

Arcila B. Marcos R., Tocuyo R. Ramón E.

DISEÑO CONCURRENTE DE UN EQUIPO DE DESGASIFICACIÓN PARA FUNDICIONES DE ALUMINIO

**Tutor Académico: Prof. Othman Falcón. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad
de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica. Año 2013, n° pág. 132.**

**Palabras Claves: Diseño, Construcción, Aluminio, Fundición,
Desgasificación.**

RESUMEN

En el presente Trabajo Especial de Grado se diseñó y se construyó un equipo de desgasificación de aluminio. Se aplicaron las fases del diseño conceptual; partiendo desde el planteamiento del problema, hasta la matriz de decisión, donde se obtuvo el diseño idóneo que cumple con las condiciones requeridas para la solución del problema. Posteriormente, se realizaron los cálculos correspondientes con la finalidad de dimensionar los elementos que conforman el equipo y garantizar un funcionamiento óptimo y seguro del mismo. Una vez concluida las fases del diseño se elaboraron los planos correspondientes para cada uno de los componentes del equipo; a continuación se construyó y se sometió a una serie de pruebas a través de las cuales se verificó su funcionamiento. Finalmente, se elaboró un manual de operación y mantenimiento necesario para conservarlo en buen estado.

ÍNDICES.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

INDICE

Resumen.	vii
Índice de figuras.	xii
Índice de tablas.	xv
Abreviaturas y símbolos.	xvi
INTRODUCCIÓN.	1
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	
1.1. Descripción del problema.	3
1.2. Objetivos y alcances.	4
1.2.1. Objetivo general.	4
1.2.2. Objetivos específicos.	4
1.2.3. Alcances.	5
Capítulo II. MARCO TEÓRICO.	
2.1. Diseño concurrente.	6
2.1.1. Perspectivas del diseño concurrente.	8
2.1.2. Objetivos del diseño concurrente.	8
2.2. El aluminio.	9
2.2.1. Propiedades físicas del aluminio.	9
2.2.2. Propiedades mecánicas del aluminio.	10
2.2.3. Principales ventajas del aluminio.	11
2.2.4. Principales aplicaciones del aluminio.	12
2.3. Aleaciones de aluminio.	13
2.3.1. Clasificación de las aleaciones de aluminio	14
2.4. Fundición de aluminio.	16
2.4.1. Moldeo.	17
2.4.2. Fusión.	20
2.4.2.1. Hornos.	20
2.4.3. Efectos de la temperatura.	22
2.4.3.1. Oxidación.	22
2.4.3.2. Absorción de gases.	23

ÍNDICES.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.	
2.4.4. Colado.	23
2.4.5. Solidificación.	24
2.4.5.1. Macroestructura.	25
2.4.5.2. Microestructura.	26
2.4.5.3. Defectos.	26
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.	
3.1. Definición del problema.	28
3.2. Clasificación del problema.	29
3.3. Estado del Arte.	29
3.3.1. Fundentes desgasificadores.	30
3.3.2. Desgasificación por cámara de vacío.	30
3.3.3. Desgasificación por inyección de gases.	31
3.4. Conocimiento del problema.	31
3.5. Técnicas de creatividad.	33
3.5.1. Mapa mental.	33
3.5.2. Tormenta de ideas.	35
3.5.2.1. Perfeccionamiento de ideas	36
3.6. Criterios de selección.	40
3.6.1. Criterios de alta importancia.	40
3.6.2. Criterios de media importancia.	41
3.6.3. Criterios de baja importancia.	41
3.7. Matriz de decisión.	42
3.7.1. Decisión.	43
CAPÍTULO IV. DISEÑO DE DETALLES.	
4.1. Diseño del rotor.	45
4.2. Cálculo de la potencia del motor.	48
4.3. Sistema de control.	51
4.3.1. Circuito de potencia.	51
4.3.2. Circuito de control.	52
4.4. Diseño del sistema de transmisión.	54

ÍNDICES.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.	
4.5. Diseño de la plataforma.	55
4.5.1. Sistema de desplazamiento de la plataforma	55
4.5.2. Árbol de potencia.	58
4.5.3. Placas soportes de chumaceras.	58
4.5.4. Placas laterales.	59
4.5.5. Implemento de acople y sujeción del rotor-árbol.	60
4.5.6. Junta rotativa.	61
4.6. Diseño de la estructura.	65
4.7. Planos del equipo de desgasificación de aluminio.	67
CAPÍTULO V. FABRICACIÓN Y ENSAMBLAJE.	
5.1. Estructura.	68
5.2. Plataforma.	69
5.2.1. Primer subensamblaje.	69
5.2.2. Segundo subensamblaje.	70
5.2.3. Tercer subensamblaje.	71
5.2.4. Cuarto subensamblaje.	72
5.2.5. Quinto subensamblaje.	73
5.3. Sistema de desplazamiento.	79
5.4. Costos.	80
5.5. Montaje general.	82
5.6. Tablas de componentes del equipo.	88
CAPÍTULO VI. PUESTA A PUNTO Y VERIFICACIÓN.	
6.1. Manual de operación y mantenimiento.	89
6.1.1. Mantenimiento preventivo.	92
6.1.2. Precauciones y recomendaciones.	93
6.2. Velocidad de giro del rotor.	93
6.3. Preparación de los ensayos.	95
6.2.1. Primer ensayo.	96
6.3.2. Segundo ensayo.	97
6.3.3. Ensayo comparativo.	98

ÍNDICES.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.	
6.4. Resultados y análisis de resultados.	99
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	103
Glosario de Términos.	104
Bibliografía.	105
Apéndices.	
Apéndice A. Planos del equipo de desgasificación de aluminio.	111
Apéndice B. Tablas de componentes.	112
Apéndice C. Hoja de proceso: Ejes de los rodillos.	113
Apéndice D. Hoja de proceso: Parte externa de los rodillos.	114
Apéndice E. Hoja de proceso: Árbol de potencia.	115
Apéndice F. Hoja de proceso: Corona de transmisión.	116
Apéndice G. Hoja de proceso: Parte móvil junta rotativa.	117
Apéndice H. Hoja de proceso: Parte fija junta rotativa.	118
Apéndice I. Hoja de proceso: Acople.	120
Apéndice J. Calculo del árbol de potencia hueco.	122
Anexos.	
Anexo 1. Catálogo del horno inducción.	123
Anexo 2. Características del rotor de grafito.	124
Anexo 3. Características del motor eléctrico.	125
Anexo 4. Circuito del sistema de control.	126
Anexo 5. Tabla de rodamientos.	127
Anexo 6. Rodamiento de bola.	128
Anexo 7. Chaveta y prisioneros.	129
Anexo 8. Chumaceras.	130
Anexo 9. O-rings.	131
Anexo 10. Tubos estructurales.	132

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Concepto del diseño concurrente.	7
Figura 2.2. Proceso de fundición.	16
Figura 2.3. Ilustración esquemática de la fundición a la cera perdida.	19
Figura 2.4. Clasificación de los hornos según el suministro de energía.	20
Figura 2.5. Horno basculante.	21
Figura 2.6. Efecto de la temperatura en la oxidación del aluminio líquido.	22
Figura 2.7. Efecto de la temperatura en la solubilidad del hidrogeno en el aluminio fundido.	23
Figura 2.8. Curva de solidificación.	24
Figura 2.9. Macroestructura de lingote.	25
Figura 3.1. Difusión del hidrogeno en argón.	32
Figura 3.2. Eficiencia de la desgasificación.	32
Figura 3.3. Mapa mental: Desgasificación de fundición de aluminio.	34
Figura 3.4. Curva típica de producción de ideas en una sesión.	35
Figura 3.5. Propuesta 1.	37
Figura 3.6. Propuesta 2.	37
Figura 3.7. Propuesta 3.	38
Figura 3.8. Propuesta 4.	38
Figura 3.9. Propuesta 5.	39
Figura 3.10. Propuesta 6.	39
Figura 3.11. Propuesta 7.	40
Figura 4.1. Rotor estándar para inyección de gases.	46
Figura 4.2. Ángulos de paletas del rotor de grafito.	47
Figura 4.3. Diseño del rotor de grafito.	47
Figura 4.4. Grafico N_p frente a N_{re} para turbinas de seis palas.	49
Figura 4.5. Componentes circuito de potencia.	52
Figura 4.6. Componentes del circuito de control.	53
Figura 4.7. Sistema piñón, corona y cadena.	54

ÍNDICES.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.	
Figura 4.8. Eje interno del rodillo de desplazamiento.	56
Figura 4.9. Rodillo de desplazamiento.	56
Figura 4.10. Disposición de rodillos.	57
Figura 4.11. Vista explosionada de los rodillos de desplazamiento.	57
Figura 4.12. Placa soportes de chumacera.	58
Figura 4.13. Placas laterales.	59
Figura 4.14. Implemento de sujeción y abrazadera.	60
Figura 4.15. Junta rotativa y sus componentes.	61
Figura 4.16. Pieza móvil o giratoria de la junta rotativa.	62
Figura 4.17. Dimensiones de Rodamiento 61800-RS.	63
Figura 4.18. Ensamblaje parte móvil de la junta rotativa.	64
Figura 4.19. Pieza estática de la junta rotativa.	64
Figura 4.20. Plataforma del equipo de desgasificación.	65
Figura 4.21. Dimensiones horno de inducción.	65
Figura 4.22. Modelo de grúa para extracción de motores.	66
Figura 4.23. Zona de apoyo de la estructura.	66
Figura 4.24. Estructura.	67
Figura 5.1. Estructura.	68
Figura 5.2. Prensa hidráulica.	69
Figura 5.3. Rodillos fabricados.	70
Figura 5.4. Ensamblaje placa chumacera inferior.	71
Figura 5.5. Ensamblaje placa chumacera superior.	71
Figura 5.6. Placa lateral izquierda.	72
Figura 5.7. Montaje del motor placa lateral izquierda.	73
Figura 5.8. Placa lateral derecha.	73
Figura 5.9. Chaveta y chavetero en el árbol de potencia.	74
Figura 5.10. Montaje de la corona.	75
Figura 5.11. Parte móvil junta rotativa.	76
Figura 5.12. Parte fija junta rotativa.	76
Figura 5.13. Acople.	77

ÍNDICES.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

Figura 5.14. Rotores de grafito.	78
Figura 5.15. Ensamblaje total de la plataforma.	79
Figura 5.16. Sistema de desplazamiento.	80
Figura 5.17. Paso 1 del ensamblaje.	82
Figura 5.18. Paso 2 del ensamblaje.	83
Figura 5.19. Paso 3 del ensamblaje.	83
Figura 5.20. Paso 4 del ensamblaje.	84
Figura 5.21. Paso 5 del ensamblaje.	84
Figura 5.22. Paso 6 del ensamblaje.	85
Figura 5.23. Paso 7 del ensamblaje.	85
Figura 5.24. Paso 8 del ensamblaje.	85
Figura 5.25. Paso 9 del ensamblaje.	86
Figura 5.26. Paso 10 de ensamblaje.	86
Figura 5.27. Paso 11 del ensamblaje.	87
Figura 5.28. Paso 12 del ensamblaje.	87
Figura 5.29. Ensamblaje total.	88
Figura 6.1. Colocación del equipo.	91
Figura 6.2. Botones del tablero de control.	91
Figura 6.3. Relación Hz variador –Rpm rotor.	94
Figura 6.4. Molde cilíndrico.	95
Figura 6.5. Muestra del primer ensayo.	97
Figura 6.6. Muestra del segundo ensayo.	98
Figura 6.7. Muestra del ensayo comparativo.	99

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Características del aluminio puro Al99.99 a 20°C.	11
Tabla 2.2. Principales aplicaciones del aluminio.	12
Tabla 2.3. Clasificación de las aleaciones de aluminio fundido.	15
Tabla 2.4. Resumen de procesos de moldeo, ventajas y limitaciones.	17
Tabla 3.1. Criterios para la evaluación de las propuestas.	42
Tabla 3.2. Escala numérica de evaluación.	42
Tabla 3.3. Matriz de Decisión.	44
Tabla 5.1. Tabla de costos.	81
Tabla 6.1. Datos de velocidades de rotación.	94
Tabla 6.2. Tabla comparativa de los resultados.	101

ABREVIATURAS Y SIMBOLOS

<i>AISI</i>	American Iron and Steel Institute.
<i>ASTM</i>	American Society of Testing Materials.
<i>NEMA</i>	National Electric Manufacturers Association.
<i>CAD</i>	Computer Aided Design.
<i>CNC</i>	Control Numérico Computarizado.
μ	Viscosidad dinámica.
<i>Dr</i>	Diámetro del rodete del mezclador.
<i>m</i>	Coefficiente de corrección del <i>Np</i> .
<i>n</i>	Velocidad de giro.
<i>Nfr</i>	Número de Froude.
<i>Np</i>	Número de Potencia.
<i>Npc</i>	Número de potencia corregido.
<i>Nre</i>	Número de Reynolds.
<i>Dt</i>	Diámetro del tanque de mezclado.
<i>g</i>	Gravedad.
<i>P</i>	Potencia.
ρ	Densidad del líquido.

INTRODUCCIÓN

El aluminio y sus aleaciones son para la industria de la fabricación uno de los recursos metálicos más importantes, esto debido a que éste posee una elevada resistencia en relación a su peso, alta conformabilidad y maquinabilidad, amplio rango de propiedades mecánicas, alta resistencia a la corrosión en distintos ambientes, alta conductividad térmica y eléctrica, no es tóxico y es antimagnético. Para la fabricación de piezas empleando aluminio y sus aleaciones existen variedades de procesos tales como el mecanizado, la extrusión, el doblado y la fundición. El proceso más utilizado es la fundición, ya que se puede obtener gran diversidad de formas que a su vez cumplen con los requerimientos mecánicos necesarios.

La fundición de piezas de aluminio es un proceso que consiste fundamentalmente en introducir aluminio en estado líquido en un recipiente con la forma adecuada, llamado molde; y una vez solidificado, obtener la pieza deseada. A pesar de que este proceso es relativamente sencillo y que tiene notables ventajas técnico-económicas sobre otros procesos, los pequeños y medianos fundidores de piezas de aluminio no cuentan con el desarrollo tecnológico que les proporcione piezas de buena calidad a diferencia de las grandes industrias. Uno de los principales problemas que se encuentran estos fundidores en el proceso, es la facilidad que tiene el aluminio en estado líquido en oxidarse y en absorber gases. En este último caso, la absorción de gases aumenta en función de la temperatura propiciando la formación de porosidad, lo cual compromete las propiedades mecánicas de la pieza final. Es por esto que la eliminación de gases cobra gran importancia.

Por consiguiente la finalidad del trabajo es desarrollar el diseño y la fabricación un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio que sea eficiente y a su vez que sea económicamente factible. La desgasificación es un

proceso que se realiza previo a la colada con la intención de disminuir la cantidad de hidrógeno presente en la fundición y a su vez mejorar las propiedades mecánicas de la pieza que se esté fabricando.

Antes de comenzar el proceso de diseño, fue necesario conocer la forma actual de concebirlo, definiendo el diseño concurrente como tal. La metodología de diseño aplicada durante el desarrollo del equipo de desgasificación, contempla las siguientes etapas: definición del problema, división de las funciones de los equipos en subsistemas, generación de ideas, evaluación y selección de las propuestas y por último el diseño de detalle.

Luego de definir el diseño final del equipo de desgasificación por inyección de gas a través de un rotor giratorio para el esparcimiento uniforme de burbujas, se discutieron los resultados obtenidos y se justifican las selecciones realizadas. Seguidamente, se hará una descripción de los procedimientos seguidos para fabricar, construir y ensamblar todas las piezas; El orden en que serán descritos los procedimientos están en secuencia con la realidad de cómo se elaboraron todas las piezas teniendo en cuenta que algunas de estas se fabricaron de manera simultánea.

Finalmente, se realizaron las pruebas y los ensayos correspondientes para verificar la eficiencia del equipo con su respectivo manual de operación y mantenimiento. Se exponen las conclusiones y recomendaciones derivadas de los diseños, además de las referencias bibliográficas utilizadas en el desarrollo de los mismos, que servirán al lector como fuente de información para ampliar el tema y el conocimiento en cuanto al diseño de equipos, los procesos de desgasificación y otros aspectos relacionados con el presente trabajo.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

La fundición de piezas de aluminio es un proceso que es capaz de producir piezas de formas complejas de buena calidad, con excelentes propiedades mecánicas y representa mayor ventajas económicas sobre otros materiales. Los pequeños y medianos fundidores de piezas de aluminio se les presentan el inconveniente de no poder competir con las grandes industrias ya que no cuentan con el desarrollo tecnológico para fabricar piezas de buena calidad.

El principal problema que se presenta en el proceso de fundición es la tendencia que tiene el aluminio líquido en oxidarse y en absorber gases. En este último caso, la absorción de gases aumenta en función de la temperatura los cuales pueden quedar atrapados durante la solidificación de la pieza proporcionando la formación de porosidad, la cual compromete la calidad del producto.

Actualmente no hay referencia acerca de un equipo desgasificación para fundiciones de aluminio hecho en Venezuela para el uso de pequeños y medianos fundidores de aluminio, por ello se realizará un trabajo exhaustivo para el diseño y fabricación de un equipo que combata la presencia de gases en el aluminio fundido y a su vez que sea económicamente factible.

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

1.2. OBJETIVOS Y ALCANCES.

1.2.1. Objetivo General.

Diseñar concurrentemente y construir un equipo desgasificador de fundición de aluminio para ser utilizado en pequeñas o medianas empresas fundidoras de aluminio.

1.2.2. Objetivos Específicos.

- Determinar y analizar todas las variables que influyen en el proceso de fundición de aluminio hasta su solidificación.
- Aplicar las fases del diseño conceptual para obtener la mejor solución.
- Realizar prototipos preliminares del equipo desgasificador mediante modelado en programas CAD.
- Diseñar el equipo desgasificador de fundición de aluminio.
- Elaborar los planos correspondientes.
- Estimar costos de fabricación.
- Construir el equipo desgasificador de fundición de aluminio.
- Realizar las pruebas y los ensayos correspondientes para verificar la eficiencia del equipo.
- Realizar un manual de operación y mantenimiento.

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

1.2.3. Alcances.

- Se diseñará el equipo desgasificador para una capacidad de material fundido referida a un crisol de 5kg.
- Se construirá el equipo, enfocándose en los planos y especificaciones según el diseño.
- Se limitará el estudio a la aleación de aluminio A356.0

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se abarcan los tópicos básicos requeridos para la comprensión del presente trabajo. Antes de comenzar el proceso de diseño, es necesario conocer la forma actual de concebirlo, definiendo el diseño concurrente como tal, sus perspectivas y sus objetivos.

Luego de esto tenemos que conocer las características del aluminio, sus aleaciones y las etapas del proceso de fundición hasta la solidificación.

2.1. DISEÑO CONCURRENTE.

El diseño concurrente se conoce a principios de la década de los ochenta en el Japón, llegando a los Estados Unidos de América en esa misma década. El primer hecho significativo data de 1982, cuando la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de la Defensa (DARPA: *Defense Advanced Research Projects Agency*) empezó un estudio destinado a mejorar la concurrencia en los procesos de diseño. En 1986, el Instituto para Análisis de la Defensa (IDA: *Institute for Defense Analyses*) planteó en su informe R-338 el término de diseño concurrente, para explicar el método sistemático de diseño de procesos y productos, que incluía otros procesos y servicios de apoyo.

La definición planteada por el instituto para análisis de la defensa IDA (1986), en su informe R-338 se describe el diseño concurrente como:

“Aproximación Sistemática al diseño de productos, realizado de forma integrada y concurrente con los procesos relacionados, incluyendo los correspondientes a la fabricación y apoyo. Esta aproximación intenta implicar a todos los suministradores externos y que se extiende desde el preconcepto,

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

considerando todas las actividades del ciclo de vida del producto, desde la concepción hasta su retirada, considerando los aspectos de calidad, costos, programación, etc., y aquellos relacionados con la voz del cliente”.

Esta definición aporta una descripción del diseño concurrente más aceptada actualmente. En resumen, Riba (2002) lo define como: “la nueva perspectiva del diseño que toma en cuenta en consideración de forma simultanea los requerimientos funcionales y los de fabricación...” (p.14).

La idea planteada evoluciona rápidamente y obtiene una concurrencia de información no sólo de fabricación hacia diseño, sino de todos los demás elementos implicados tal como se muestran algunos en la Figura 2.1.



Figura 2.1. Concepto del diseño concurrente.

Hoy en día se ha ido aplicando progresivamente esta perspectiva del diseño a otros aspectos de los productos y de los servicios para asegurar que den respuestas a las necesidades de los usuarios, que faciliten el mantenimiento y que minimicen el impacto ambiental. Este tipo de práctica puede dar excelentes resultados en pequeñas y medianas empresas al igual que en grandes industrias.

2.1.1. Perspectivas del diseño concurrente.

De forma global e integrada, la nueva forma de concebir el diseño concurrente reúne los siguientes puntos de vistas:

- Desde el punto de vista del producto: se toman en consideración tanto el diseño, la fabricación, los materiales, los costos, como los requerimientos de su función, su calidad, su seguridad, su comercialización y otros recursos asociados.
- Desde el punto de vista de los recursos humanos: colaboran profesionales de diversas áreas, que actúan de forma colectiva en tareas de asesoramientos y de decisión, ya sean en el área de diseño, manufactura, distribución, mercadeo, ventas, etc. Así pertenezcan o no la empresa.
- Por último, desde el punto de vista de los recursos materiales: concurren nuevas herramientas basadas en tecnologías de información, base de datos, internet y otros recursos como, la modelización 3d, las herramientas de simulación y cálculos, la construcción de prototipos físicos o virtuales, etc.

2.1.2. Objetivos del diseño concurrente.

Estos objetivos se basan en una serie de principios, los cuales son empleados desde un enfoque sistematizado y están relacionados con la introducción de cambios culturales, organizacionales, y tecnológicos en las compañías. Esto se hace a través de una serie de metodologías, técnicas y tecnologías de información.

Los objetivos globales que se persiguen con la implementación del diseño concurrente son:

- Reducir el tiempo de desarrollo del producto.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

- Reducir los costos de diseño y fabricación de los productos.
- Mejor utilización de los recursos.
- Crear productos de alta calidad.
- Productos funcionales y estéticamente agradables.
- Elevar la producción del producto.

2.2. EL ALUMINIO.

El aluminio es un metal no ferroso, y es el más abundante de los metales, constituyendo cerca del 8% de la corteza terrestre. La alúmina, que es extraída de la bauxita y mezclada con la criolita es la fuente del aluminio, realizar este proceso de producción era tan costoso en el siglo XIX que llegó a considerarse un material exótico y tanpreciado como la plata o el oro. Este proceso se fue desarrollando a grandes escalas a lo largo del tiempo, y gracias a sus propiedades han permitido que sea uno de los metales más utilizados y más económicos en el mercado, llegando a convertirse en el metal no férreo más producido en la actualidad.

El aluminio es un metal útil para todas las industrias. El cual les brinda a ingenieros, arquitectos, constructores, decoradores, etc. la posibilidad de desarrollar una gran variedad de productos y diseños, teniendo la mejor relación beneficio-costos que cualquier otro metal común.

2.2.1. Propiedades físicas del aluminio.

- Color: blanco, con una alta reflectividad de la luz y calor.
- Densidad: es relativamente ligero, ya que su densidad es de aproximadamente 2700 kg/m^3 , la cual es casi un tercio de los 7850 kg/m^3 del acero.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

- **Conductividad Eléctrica:** Aparte del cobre, el aluminio es el único metal común que posee una alta conductividad como para ser usado como conductor eléctrico. Su conductividad puede llegar a representar el 63,8% de la del cobre, sin embargo con igual masa, el aluminio dobla la capacidad conductiva del cobre.
- **Conductividad Térmica:** El aluminio tiene una alta conductividad térmica, que sólo es superada por el cobre, siendo además cuatro veces más grande que la conductibilidad del acero.
- **Reflectividad:** El aluminio es muy reflectivo en la luz y con la radiación solar, más que ningún otro metal corriente. La reflectividad varía de acuerdo al grado de energía o las condiciones superficiales del metal.
- **Resistencia a la Corrosión:** Se debe a la formación espontánea de una película muy delgada de óxido de aluminio que es insoluble en agua, la cual la protege del medio ambiente y la corrosión.
- **Toxicidad:** El aluminio y sus derivados no son tóxicos. En efecto, una prueba de ello es que está presente en los utensilios de cocina.
- **Apariencia:** El aluminio es uno de los metales blancos que posee un brillo natural de apariencia atractiva, sin embargo adicionalmente se le puede dar diversos tipos de acabado, de textura y de color.

2.2.2. Propiedades mecánicas del aluminio.

- **Resistencia a la Ruptura:** El aluminio posee una resistencia a la ruptura sobre los 90 Mpa, y este valor puede aproximarse al doble cuando es trabajado en frío.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

- Resistencia a la Tensión: El aluminio puede llegar a tener una resistencia a la tensión de aproximadamente 300 Mpa, un 70% de la resistencia que posee el acero.
- Resistencia a la Flexión: es posible diseñar en aluminio con igual resistencia que el acero, pero con una masa equivalente al 50% de éste. Esto es aplicable a largas estructuras donde es más importante la menor masa posible que su contenido.
- Dureza: La dureza del aluminio es la capacidad de resistencia a la penetración que éste posee. Dependiendo de la aleación y el tratamiento térmico que tenga, puede ser considerablemente ventajosa.

En la Tabla 2.1 se encuentran los valores de las características del aluminio puro.

Tabla 2.1. Características del aluminio puro Al99.99 a 20°C.

Características del Aluminio Puro	
Abundancia en la corteza terrestre	8,13%
Densidad	2,699 g/cm ³
Punto de fusión	660,2 °C
Punto de ebullición	2 057 °C
Calor específico a 0 grados	0,210 cal/°C
Calor latente de fusión	94,4 cal/g
Dilatación lineal por grado de temperatura	24x10 ⁻⁶
Resistividad eléctrica a 20 °C	2,63 ohm.cm
Conductividad eléctrica a 20 °C	63,8%
Módulo de elasticidad	6 700 kg/mm ²
Carga de ruptura	16 a 20 kg/mm ²
Viscosidad dinámica a 700 °C	0,0011 Pa.s

W. Hufnagel, 1992

2.2.3. Principales ventajas del aluminio.

- Es un material muy liviano y resistente, es el más ligero de los metales que se producen en gran escala y debidamente aleado puede ser tan fuerte como el acero.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

- Es resistente a la corrosión, gracias a su facilidad de formar una película delgada de óxido que lo protege eficazmente del ambiente.
- Tiene gran facilidad de trabajo, gracias a sus propiedades puede ser trabajado por todos los métodos metalmecánicos conocidos de manera fácil y rápida.
- Económicamente, es una de las alternativas más baratas en cuanto a fabricación, mantenimiento, calidad, duración, etc. en comparación con otros materiales.
- Es de apariencia agradable, ya que se puede obtener una gran variedad de acabados, texturas y colores visualmente estéticos.

2.2.4. Principales aplicaciones del aluminio.

Algunas de las principales aplicaciones del aluminio se muestran en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Principales aplicaciones del aluminio.

Aplicaciones del aluminio	
Industria	Aplicación
Transporte Terrestre	Carrocerías, motores, radiadores, bicicletas, vehículos refrigerados, bastidores, tabloneros para pisos, motos, cisternas, contenedores, remolques, estructuras de embarcaciones, etc.
Construcción	Ventanas, puertas, enrejados, fachadas, estructuras, techados, placas, mamparas, cámaras frigoríficas, pisos, barandas, rejas, señalización, carteles, accesorios, estructuras, soportes de techo, etc.
Metal Mecánica	Partes y piezas para maquinarias, andamios, rejas, estructuras soldadas y reforzadas.
Varios	Remaches, tornillos, utensilios de cocina, disipadores de calor, escaleras, antenas, tuberías para conducción de líquidos y gases, artefactos de iluminación, etc.

Corporación Furukawa, 2008

2.3. ALEACIONES DE ALUMINIO.

El aluminio puro es relativamente blando, por ello se han desarrollado diversas combinaciones con diversos metales, obteniéndose así, una infinidad de aleaciones para una gran variedad de aplicaciones; incluso con características superiores al acero.

Según Debandi (1982) “El material destinado a la construcción de una pieza debe reunir un conjunto de virtudes que respondan no solo a las exigencias que el servicio le impondrá a la pieza, sino también a las condiciones del proceso de su elaboración.” (p. 1).

Cuando se refiere al servicio que se le impondrá a una pieza, se refiere a las propiedades físicas y mecánicas que debería tener el material según sea su funcionamiento. Mientras que a su vez, se refiere al comportamiento del material durante su proceso de elaboración. Particularmente en lo que a fundición se refiere se tiene en cuenta algunos aspectos como la temperatura de fusión, la fluidez, la solidificación y su maquinabilidad.

La gran variedad de aleaciones comerciales de aluminio para fundición vienen como la respuesta a las diversas exigencias en las dos áreas antes mencionadas, tratando de responder en cada caso a las condiciones prioritarias según su funcionamiento.

Las aleaciones comerciales de aluminio ya tienen su composición definida, de manera cualitativa y general se puede sintetizar los efectos principales que generan estos aleantes como se muestra a continuación:

- Efecto del silicio (Si): es el aleante principal de mayor uso en la elaboración de piezas fundidas ya que este mejora la colabilidad, disminuye el coeficiente de dilatación, aumenta la resistencia al desgaste, tiene una

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

razonable resistencia a la corrosión. Son fácilmente soldables y presentan buenas condiciones para fabricar piezas que deben encerrar fluidos.

- Efecto del Cobre (Cu): a medida que este se añade, la resistencia mecánica aumenta progresivamente aunque puede tornarse muy frágil. También mejora la facilidad de mecanizado, pero disminuye la resistencia a la corrosión.
- Efectos del Magnesio (Mg): ayuda a tener buenas propiedades mecánicas, resistencia a la corrosión y facilidad de mecanizado, aunque no posee buena colabilidad y su principal problema reside en su fácil oxidación en el estado líquido.
- Efectos del Zinc (Zn): este pese a que mejora las propiedades mecánicas a temperatura ambiente, ocasiona desventajas al comportamiento en caliente ya que no otorga buena colabilidad y puede ocasionar corrosión. Presentan buen aspecto superficial, admiten el pulido y son anodizables, por ende son aptas para piezas decorativas.

Los efectos de estos y otros aleantes se superponen para determinar las propiedades de las aleaciones. La combinación de uno o más aleantes sumados al aluminio van conformando sus propiedades características dependiendo de las aplicaciones.

2.3.1. Clasificación de las aleaciones de aluminio.

Las aleaciones de aluminio se dividen en dos grupos de gran importancia dependiendo de su método de manufactura, ya sea para forja y para fundición. Las aleaciones para forja son las que se conforman mediante deformación plástica; estas tienen composiciones y microestructuras significativamente distintas de las aleaciones creadas para fundición.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

El presente trabajo se enfocó en las aleaciones de aluminio para la fundición. En la Tabla 2.3 se muestra el sistema de clasificación para aleaciones de aluminio para fundición y sus características, según la norma COVENIN 1002-78.

Tabla 2.3. Clasificación de las aleaciones de aluminio fundido.

Sistema de clasificación para las aleaciones de aluminio fundido		
Designación	Tipo de aleación	Observaciones
1XX.X	Aluminio 99.00%	<ul style="list-style-type: none"> • Alta resistencia a la corrosión. • No tóxico. • Excelente acabado y maleabilidad. • Alta conductividad eléctrica y térmica. • Excelente reflectividad.
2XX.X	Aleado con cobre (Cu)	<ul style="list-style-type: none"> • Alta resistencia mecánica y a la corrosión. • Buena maquinabilidad. • Baja características de fundición.
3XX.X	Aleado con Silicio (Si), Cobre (Cu) y/o Magnesio (Mg)	<ul style="list-style-type: none"> • Buena resistencia mecánica y colabilidad. • Fácilmente soldable. • Maquinabilidad. • Resistencia a la corrosión.
4XX.X	Aleado con Silicio (Si)	<ul style="list-style-type: none"> • No muy buena maquinabilidad. • Resistencia al calor y a la corrosión. • Fácilmente soldable. • Buena colabilidad.
5XX.X	Aleado con Magnesio (Mg)	<ul style="list-style-type: none"> • Buena resistencia mecánica. • Alta resistencia a la corrosión, especialmente al agua de mar. • Buena resistencia mecánica y soldabilidad. • Mala colabilidad.
7XX.X	Aleado con Zinc (Zn)	<ul style="list-style-type: none"> • Alta resistencia mecánica • Buena maquinabilidad • Mala colabilidad • Mala corrosión • Buen aspecto, pulibles
8XX.X	Aleado con Estaño (Sn)	<ul style="list-style-type: none"> • Buena ductilidad y colabilidad • Media resistencia mecánica • Resistente a la corrosión

COVENIN, 1978

La norma establece esta designación mediante un conjunto de 4 dígitos, en el cual el primer dígito indica el elemento de aleación que se encuentra en mayor porción después del aluminio. Como por ejemplo, el caso del aluminio no aleado, serie 1XX.X, el segundo y tercer dígito indican el contenido de

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

aluminio. El digito a la derecha del punto es utilizado para designar la forma en que se presenta, ya sean piezas o lingotes.

2.4. FUNDICIÓN DE ALUMINIO.

La fabricación de piezas por fundición de aluminio es un proceso que consiste fundamentalmente en introducir aluminio líquido en un recipiente con la forma adecuada, llamado molde; para que después de la solidificación, obtener la pieza deseada. Este proceso es capaz de producir productos de formas complejas en una sola pieza, y debido a sus ventajas técnico-económicas sobre otros materiales, produce grandes ganancias.

El proceso de fundición es, de manera general, tal como se muestra en la Figura 2.2.

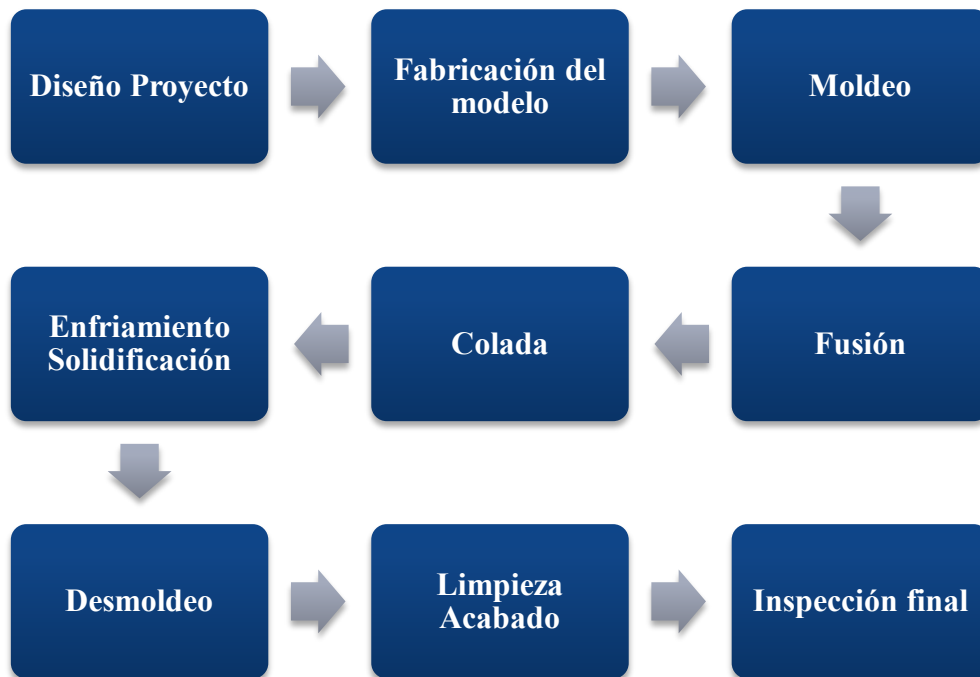


Figura 2.2. Proceso de fundición. Joniaux, 87

2.4.1. Moldeo

Hay diversas técnicas usadas en el desarrollo del proceso de fundición de aluminio. La clasificación de estas técnicas está relacionada con el material de los moldes y el proceso de moldeo, tal como se muestra a continuación:

- **Moldes desechables:** fabricados de arena, yeso, cerámica, y materiales similares. Estos materiales son refractarios los cuales son capaces de resistir las altas temperaturas del aluminio fundido. Una vez solidificada la pieza, el molde es destruido para retirar el producto final.
- **Moldes permanentes:** hechos de metales que se conservan a altas temperaturas. Estos se utilizan de forma continua y están diseñados de forma tal, que la pieza final ya solidificada, pueda ser retirada con facilidad.
- **Moldes compuestos:** son fabricados de dos o más materiales distintos de acuerdo al metal a fundir, combinando sus ventajas para mejorar la resistencia del molde, controlar la velocidad de enfriamiento y optimizar el proceso.

En la Tabla 2.4 se resumen algunos de los procesos de moldeo con sus respectivas características, ventajas y limitaciones.

Tabla 2.4. Resumen de procesos de moldeo, ventajas y limitaciones.

Proceso	Ventajas	Limitaciones
Arena	No hay límite de tamaño, forma o peso, costo de herramental bajo.	Requiere mejorar acabado ya que es áspero y tiene amplias tolerancias.
Moldeo en cascara	Buena precisión dimensional y acabado superficial. Alta velocidad de producción.	Restricciones al tamaño de la pieza; se requieren modelos y equipos costosos.
Modelo consumible	Sin límite de tamaño; formas complejas.	Modelos con bajas resistencias; costosos para pequeñas cantidades.
Molde de yeso	Formas complicadas; precisión dimensional y buenos acabados; porosidad baja.	Limitado a materiales no ferrosos; tamaño y volumen de producción limitada; tiempo de fabricación del molde relativamente largo.
Molde cerámico	Formas complejas; tolerancia estrecha, buen acabado superficial.	Tamaño limitado

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

Fundición por revestimientos	Formas complejas; excelente precisión y acabado superficial	Tamaño limitado; modelos moldes costosos.
Molde permanente	Buena precisión y acabado superficial; baja porosidad alta producción	Elevado costo de molde; limitada forma y complejidad.
Troquel	Excelente precisión y acabado; elevada velocidad de producción	El costo de la matriz es elevado, tamaño limitado, largo tiempo de entrega
Centrifugo	Piezas cilíndricas de buena calidad; alta velocidad de producción	Equipo costoso; forma de la pieza limitada

(Kalpakjian y Schmid, 2002)

En el presente trabajo se utiliza el proceso de fundición por revestimiento, también llamado “cera perdida”. Este procedimiento sirve para obtener gran variedad de piezas de elevadas precisión, pequeño tamaño y formas muy complejas, imposibles de obtener por otros sistemas de moldeo nombrados anteriormente. El termino revestimiento proviene del hecho de que el modelo de cera es revestido con material refractario.

El procedimiento de este tipo de moldeo fue sugerido por Kalpakjian (2002), es el siguiente:

- Se construye la matriz del modelo que se desea producir.
- Se fabrica el modelo de cera inyectando cera fundida en la matriz.
- Los modelos de cera son montados en conjunto, en forma de árbol. Al menos que, por su gran tamaño, justifique un tratamiento individual.
- Éste se sumerge en un baño de material refractario, inicialmente de un baño cerámico. Una vez seco este recubrimiento inicial, el patrón se recubre varias veces de un arenado cuidadoso a fin de incrementar su espesor.
- Este racimo o árbol, ya revestido, se deja endurecer y secar al aire. Luego se calienta a alrededor de los 100°C en posición invertida para fundir la cera, la cual puede ser recuperada y reutilizada.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

- Seguidamente se cuece este molde en un horno a aproximadamente 1000°C, a fin de eliminar la humedad y quemar cualquier cera residual y principalmente para que la cascara cerámica adquiera la solidez y resistencia necesarias.
- Se hace el colado del aluminio fundido en el molde y se deja enfriar hasta solidificar.
- Una vez solidificado, se rompe el molde y se retira la pieza. Terminando con su separación, limpieza y desbarbados de las piezas finales.

Este procedimiento se muestra de forma esquemática en la Figura 2.3.

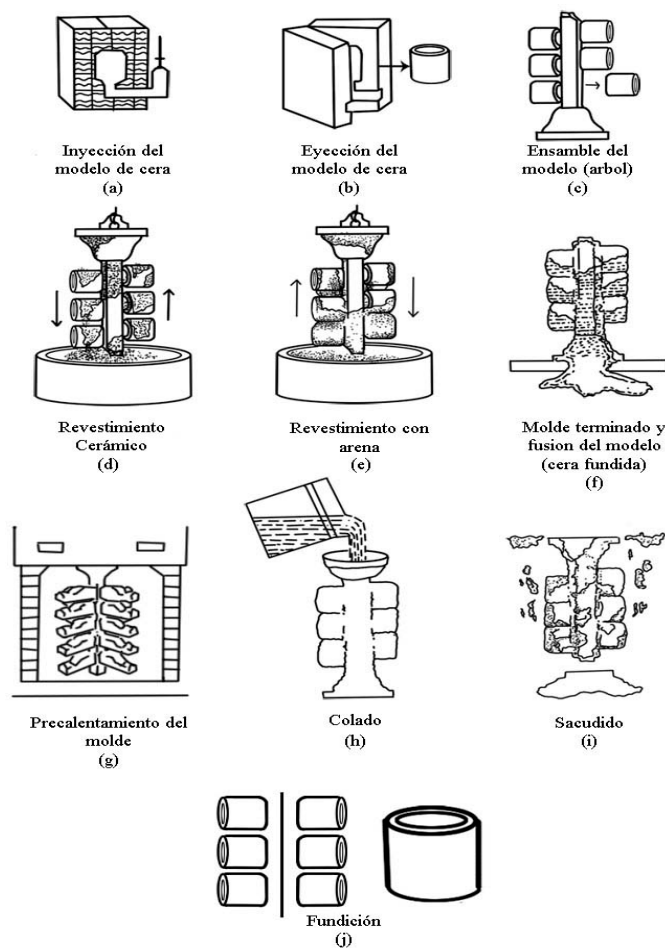


Figura 2.3. Ilustración esquemática de la fundición a la cera perdida. (Kalpakjian, 2002)

2.4.2. Fusión.

La fusión del aluminio es un proceso que se realiza mediante la adición de energía para calentar el aluminio a la temperatura necesaria de fusión. La energía calorífica requerida es la suma del calor para elevar la temperatura hasta el punto de fusión, el calor de fusión para convertir el aluminio de sólido a líquido, y el calor para elevar el metal fundido a la temperatura de la colada.

2.4.2.1. Hornos.

El calentamiento y la fusión se pueden realizar en hornos de diferentes características; los cuales pueden ser muchos en cuanto a tipos y diseños. De acuerdo al tipo de suministro de energía se clasifican tal como se muestra en la Figura 2.4.

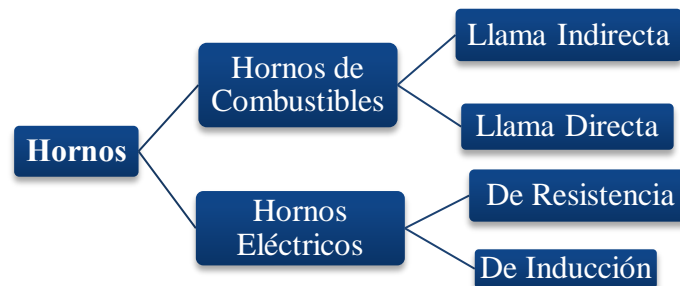


Figura 2.4. Clasificación de los hornos según el suministro de energía.

Los tipos de hornos que se emplean con mayor frecuencia en los talleres de fundición son: (a) cubilotes, (b) hornos calentados a fuego directo, (c) hornos de crisol, (d) hornos de arco eléctrico y (e) hornos de inducción. La selección del tipo más apropiado del horno depende del tipo de aleación, de su temperatura de fusión, de su capacidad, de los costos de inversión, de su operación y de su mantenimiento, así como los aspectos relativos al impacto ambiental. (Groover, 1997).

En el presente trabajo se utiliza el horno de inducción combinado con el crisol. Los hornos de inducción usan corriente alterna a través de una bobina

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

que genera un campo magnético en el aluminio, el resultado de la corriente inducida causa un rápido calentamiento y la fusión del mismo. En este caso el aluminio no está en contacto directo con el tipo de energía suministrada, ya que se utiliza un recipiente llamado crisol, el cual está hecho de un material refractario apropiado para contener la carga de aluminio. Hay tres tipos de crisol que se usan en los talleres de fundición:

- Crisol móvil: el crisol se coloca dentro del horno. Cuando el metal se funde el crisol se saca del horno y se utiliza como cuchara de colada.
- Crisol fijo: estos tienen la energía de fusión integrada y el aluminio fundido se cucharea fuera del recipiente al molde.
- Crisol basculante: estos también tiene la energía de fusión integrada, pero el dispositivo entero se puede inclinar para el colado directo al molde.

En la Figura 2.5 se ilustra un horno de inducción con crisol móvil.

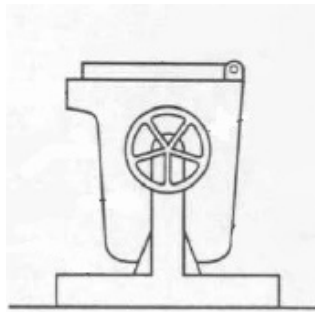


Figura 2.5. Horno basculante.

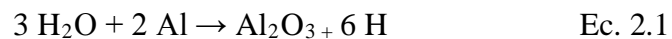
En estos hornos se consigue una fundición de alta calidad y pureza. También se usan más que todo en metales no ferrosos como el bronce, el latón, el zinc y el aluminio, ya que su capacidad es limitada.

2.4.3. Efectos de la temperatura.

Hay que tomar en cuenta los efectos que produce las altas temperaturas de fusión una vez que el aluminio está en estado líquido. Los principales efectos son:

2.4.3.1. Oxidación.

El óxido que se produce sobre la superficie de las piezas de aluminio es alúmina anhidra (Al_2O_3). En estado líquido la formación de óxidos se debe, por lo general, a la reacción del vapor de agua con el metal. La Ecuación 2.1 representa la siguiente ecuación química de este proceso:



Esta capa dura de óxido que se forma en la superficie del aluminio fundido se le da el nombre de escoria. La tendencia a la formación de escoria crecerá rápidamente al aumentar la temperatura tal como se muestra en la Figura 2.6.

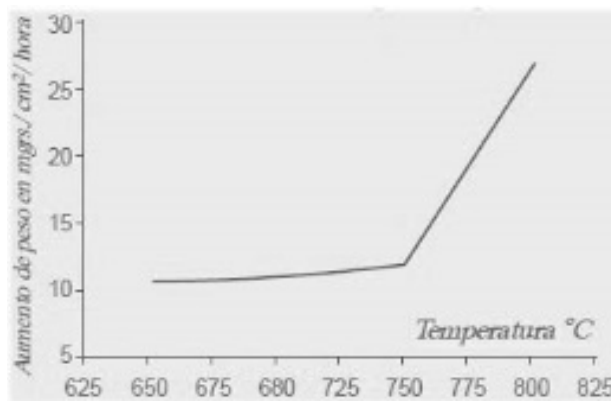


Figura 2.6. Efecto de la temperatura en la oxidación del aluminio líquido.

La presencia de óxido en las fundiciones de aluminio disminuye las propiedades mecánicas, dificultan el maquinado, además tienden a disminuir la fluidez y causar por lo tanto serios problemas metalúrgicos.

2.4.3.2. Absorción de gases.

Cuando un metal se encuentra en estado líquido tiene la capacidad de disolver gases fácilmente. Esta disolución se realiza a escala atómica, y la cantidad de gas disuelto se denomina solubilidad. Esta cantidad depende del aumento de la temperatura.

En el caso del aluminio, el gas que tiene mayor capacidad de disolverse es el hidrogeno, tal como se presentó en la Ecuación 2.1; la curva de solubilidad del hidrogeno en función de la temperatura se muestra en la Figura 2.7.

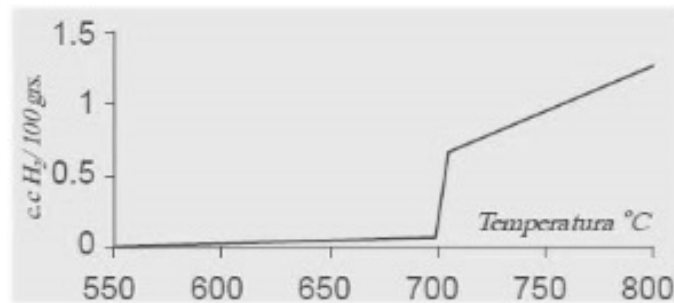


Figura 2.7. Efecto de la temperatura en la solubilidad del hidrogeno en el aluminio fundido.

Como en ella se observa, la cantidad de gas disuelto aumenta marcadamente a medida que aumenta la temperatura. En estas condiciones, cuando el metal es colado en el molde y su temperatura desciende, la solubilidad del hidrogeno disminuye y este será segregado en forma de pequeñas burbujas, las cuales si no pueden ascender y salir, quedan atrapadas en la pieza originando porosidad.

2.4.4. Colado.

Es el vertido del aluminio líquido hacia la cavidad del molde a través de la copa o bebedero y varios canales de alimentación. Este colado por gravedad ayuda a una alimentación bien distribuida, sin embargo, debe ser efectuado de manera continua y desde la menor altura posible para evitar turbulencias, que

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

también traen la formación de escoria y absorción de gases. Para esto hay que tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Tratar de llenar por completo la cavidad del molde con la mínima temperatura de colado requerida y una velocidad de vertido lo más baja posible.
- Minimizar la turbulencia y arrastre de gases del molde durante el llenado del molde.
- Propender una solidificación homogénea, proporcionando al molde un precalentamiento a la temperatura requerida, tratando de disminuir los futuros problemas de contracción.

2.4.5. Solidificación.

La solidificación es el proceso en el cual el aluminio pasa del estado líquido al estado sólido. En el caso de la elaboración de piezas fundidas es el proceso de mayor importancia. La curva de enfriamiento continua de un metal puro se representa en la Figura 2.8.

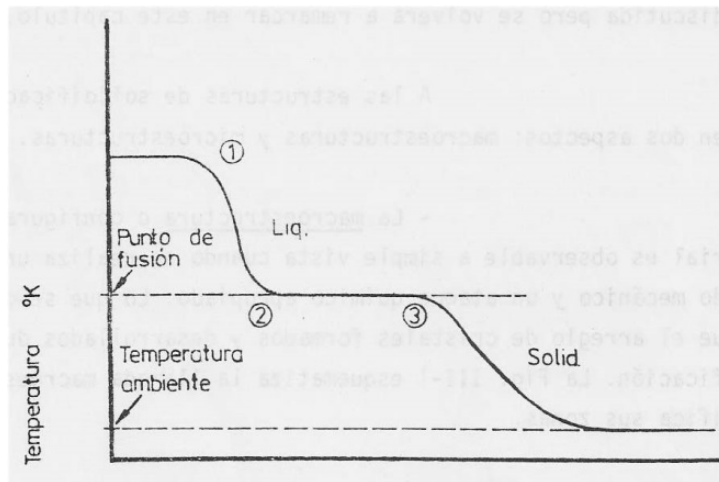


Figura 2.8. Curva de solidificación: En el punto (1) comienza el enfriamiento del metal. En (2) comienza la transformación isotérmica de solidificación. En (3) termina la solidificación y el sólido continuo el enfriamiento.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

La solidificación comienza en el punto 2 y termina por completo en el punto 3; como puede observarse, la solidificación de un metal puro es una transformación isotérmica. El intervalo de tiempo comprendido entre dichos puntos se llama intervalo de solidificación.

En la solidificación no solo se define la forma y el tamaño de la pieza, sino que también se determinan las propiedades generales de su comportamiento, las cuales solo podrán ser modificadas en alguna medida, mediante tratamientos térmicos posteriores. Estas propiedades dependen de la configuración interna total que asume el material solidificado, la cual se denomina estructura de solidificación.

A las estructuras de solidificación conviene analizarlas en dos aspectos: macroestructuras y microestructuras.

2.4.5.1. La macroestructura.

Esta es observable a simple vista cuando se realiza un corte de la pieza, un pulido mecánico y un ataque químico apropiado. Lo que se distingue es el arreglo de cristales formados y desarrollados durante el proceso de solidificación. La Figura 2.9 esquematiza la llamada macroestructura de lingote y clasifica sus zonas.

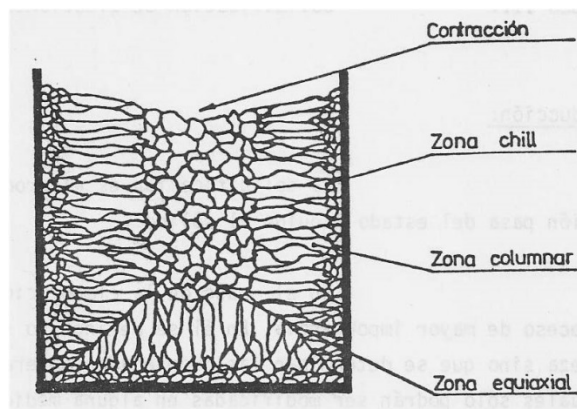


Figura 2.9. Macroestructura de lingote. Zonas del crecimiento cristalino durante la solidificación.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

La zona chill es una capa delgada de pequeños granos formada por el líquido que se enfrió más rápido al entrar en contacto con el molde. A partir de aquí se inicia un crecimiento de los granos hacia el interior del líquido generando los cristales de la zona columnar. En el líquido que va quedando atrapado se desarrollan a su vez núcleos cristalinos que buscan su propio desarrollo, originando la zona equiaxial.

Para un material dado, el desarrollo relativo de cada zona y el tamaño de los granos, depende principalmente de la velocidad de enfriamiento, la cual está determinada por el molde. Si la velocidad de enfriamiento es grande, la zona columnar es predominante; si el enfriamiento es lento se ensancha la zona equiaxial, lo cual es ideal si posee granos pequeños. Si el tamaño de grano es grande las propiedades, en general, disminuyen.

2.4.5.2. La microestructura.

Esta describe, a su vez, la configuración interna de cada grano del material. Ella es observable también mediante corte, pulido y ataque químico adecuado, pero con ayuda del microscopio.

Las características que presenta la microestructura de un material dependen también del proceso de enfriamiento, por su naturaleza está determinada por la composición química. Para analizar los elementos que definen a la microestructura de una pieza es necesario comprender la constitución de fases que pueda tener un material de acuerdo a las especies químicas que lo forman y sus respectivas proporciones, las cuales están descritas por los llamados diagramas de equilibrio o fases de cada aleación.

2.4.5.3. Defectos.

- Porosidad: los poros y microporos que suelen estar presentes en una pieza fundida se vinculan a causas diversas tales como los gases disueltos en el

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

líquido, gases que se desprenden de los moldes y poros grandes ocasionados por aire atrapado al llenarse el molde.

- Contracción: debido a que el volumen específico del Al en estado líquido es mayor al correspondiente al sólido, la contracción que se produce es aproximadamente de 6 %, lo cual hay que tomarse en consideración.
- Agrietamiento en caliente: considerando que la resistencia mecánica de los materiales disminuye con la temperatura, una pieza metálica que acaba de concluir su solidificación es mecánicamente débil. Esto significa que un esfuerzo relativamente bajo puede producir fisuras o fracturas.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se describe la metodología de diseño aplicada en el presente trabajo, la cual consiste en seguir una serie de pasos y llegar así a una solución satisfactoria. En dichos pasos, el diseñador se basa en los conocimientos adquiridos anteriormente, usando todas las herramientas posibles a su disposición tales como el tiempo, la tecnología, los recursos humanos y monetarios, entre otros. Todo esto se contempla en las siguientes etapas: definición del problema, generación de ideas, evaluación y selección de las propuestas. El producto final debe ser funcional, práctico, manejable, seguro, eficiente, y de fácil construcción.

3.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

La definición del problema se logra mediante una serie de pasos previos que abarcan el análisis de la necesidad, la recopilación de datos y la delimitación de las condiciones a satisfacer. Tal como se expuso en el planteamiento del problema en el Capítulo I, a pesar de que la fundición de aluminio y sus aleaciones en términos generales es bastante sencilla. Se debe tomar en cuenta que este proceso tiene una peculiaridad en lo que respecta a la etapa de fusión.

Sabemos que el aluminio es prácticamente inoxidable a temperatura ambiente. Pero una vez que está fundido, hay que recordar que este metal se oxida y absorbe gases velozmente a aumentar la temperatura. La incorporación de humedad, a partir de los productos de la reacción del aluminio fundido con los gases del horno y del ambiente, genera este doble efecto. Por un lado, el oxígeno produce la formación de escoria y por otro lado el hidrogeno se convierte en contaminación gaseosa, generando pequeñas burbujas atrapadas

CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

durante la solidificación de las piezas. En efecto la presencia de hidrógeno, ya sea retenido en la estructura del metal o en forma de porosidad, compromete las propiedades mecánicas de cualquier pieza de aluminio y con ello, una deficiencia en su comportamiento y en su calidad.

3.2. CLASIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

Los principales problemas que se les presentan a los medianos y pequeños fundidores locales es la presencia de impurezas y porosidades en las piezas fundidas, lo que no les permiten alcanzar la calidad adecuada para poder competir con piezas hechas por grandes industrias, limitándose a fabricar piezas de escasos requerimientos mecánicos.

Muchos son los problemas que han influido para retrasar el desarrollo de esta actividad, principalmente el escaso nivel tecnológico en el área de producción de piezas fundidas, ya que las grandes industrias locales tienen tecnología importada y no permiten el acceso a ella.

Actualmente no hay referencia acerca de un equipo de desgasificación de fundición de aluminio producido en Venezuela para uso de medianos y pequeños fundidores de aluminio.

3.3. ESTADO DEL ARTE.

En los últimos tiempos, se han realizado muchas investigaciones para conseguir una manera o un método para eliminar gases, específicamente el hidrógeno por sus, antes planteadas, consecuencias. La dificultad para encontrar la solución ha radicado en determinar qué tan eficientes puede ser cada uno de estos métodos, no solo dependiendo de cuanta cantidad de gases disueltos son capaces de eliminar, sino de múltiples factores como los factores económicos, los factores ambientales, los factores de producción, los factores de seguridad, entre otros.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

El proceso de desgasificación del metal consiste en eliminar el hidrogeno en el seno del líquido, y debe realizarse momentos antes de la colada. Entre las técnicas de desgasificación del aluminio más usadas, tenemos:

3.3.1. Fundentes desgasificadores.

Esta técnica consiste en introducir sustancias ávidas de hidrogeno en el seno de la fundición de aluminio, las cuales reaccionan formando compuestos livianos que arrastran el hidrogeno hacia la superficie del aluminio fundido y finalmente llevados al ambiente. Comercialmente son producidos en forma de pastillas que se introducen en el crisol o en forma de polvos que deben removerse en el líquido, en su mayoría estos son compuestos clorados, que utilizan la liberación del Cl gaseoso, el cual tiene gran afinidad con el H.

Es necesario tener en cuenta que durante la desgasificación del metal se desprenden productos clorados altamente tóxicos; por ello se hace necesario disponer campanas de ventilación sobre los hornos y que los operarios tomen precauciones para no inhalar los gases desprendidos. (Debandi, 1982)

Además, el cloro es un halógeno, y se considera que su presencia en la atmósfera altera las capas superiores causando impacto ambiental. En consecuencia, se ha ido anunciando que el uso del cloro y del hexacloroetano en los procesos de fundición de metales no féreos debía reducirse progresivamente, hasta tratar de alcanzar su eliminación completa.

3.3.2. Desgasificación por cámara de vacío.

Este método consiste en someter el aluminio líquido a un sistema de cámara de vacío conformado por la cámara como tal, la bomba de vacío, el sistema de válvulas, el sistema de cierre hermético y un sistema de fijación si es necesario.

Con este sistema se disminuye la presión sobre el metal líquido y por el diferencial de presión creado, el hidrogeno tiende a salir del aluminio fundido y finalmente llevados al ambiente. La desventaja es que este solo remueve el gas contenido en las adyacencias de la superficie del metal fundido; siendo procesos muy lentos y con una considerable heterogeneidad térmica y química. Por esta razón este método es utilizado en muy pequeñas porciones y raramente utilizado a grandes escalas de producción o para gran cantidad de aluminio. Tampoco se utiliza por razones económicas relacionada con el costo y el tamaño de los equipos necesarios.

3.3.3. Desgasificación por inyección de gases.

Esta técnica consiste en inyectar gases inertes en el seno del metal líquido, cuyas burbujas representan áreas de baja presión con respecto al hidrogeno disuelto en el metal y estimulan a este, a emigrar juntos hacia la superficie y salir del aluminio líquido. Generalmente se usa nitrógeno o argón, o una mezcla de ambos gases.

Hay otro efecto muy importante durante el tratamiento con esta técnica de desgasificado. Las burbujas que ascienden realizan una acción de barrido o limpieza de óxidos y de inclusiones dispersas en el metal fundido. Esto es importante, ya que la presencia de estas impurezas resta fluidez al metal, perjudicando el colado y por otro lado afecta desfavorablemente las propiedades mecánicas de la pieza al solidificarse.

3.4. CONOCIMIENTO DEL PROBLEMA.

Como vimos anteriormente el proceso conveniente a utilizar es la inyección de gases, que básicamente desgasifica el aluminio fundido por el efecto físico de borbotear gases inertes de arrastre (argón o nitrógeno o una mezcla de ellos) en el seno del líquido. La difusión del hidrógeno a las burbujas del gas de arrastre, es debido a las diferencias de presión parcial del hidrógeno

CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

entre el gas de arrastre y el aluminio líquido, tal como se muestra en la Figura 3.1.

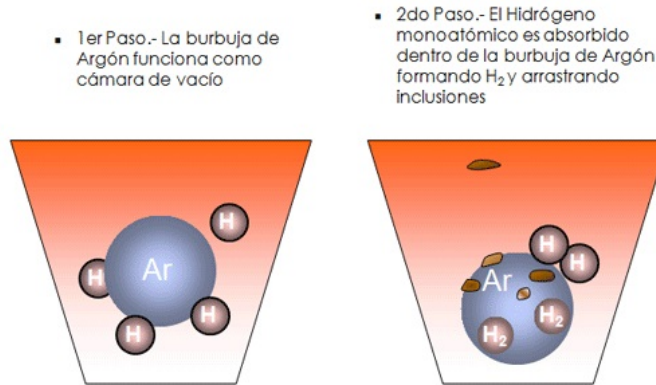


Figura 3.1. Difusión del hidrogeno en argón.

Con el borboteo de un gas inerte se logra desgasificar y, simultáneamente, obtener un aluminio más limpio.

Los parámetros más importantes de la desgasificación del aluminio que determina el grado de la eficiencia de esta técnica, es el suministro de un número suficiente de burbujas y el tamaño de la burbuja inyectada. La Figura 3.2, muestra el efecto del tamaño de la burbuja en la eficiencia del desgasificado.

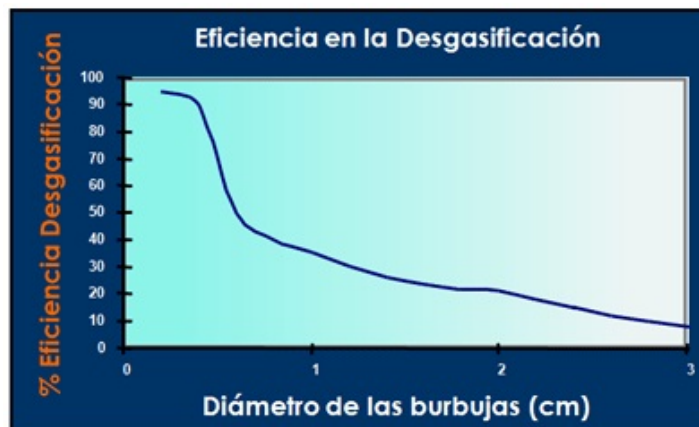


Figura 3.2. Eficiencia de la desgasificación.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

Los tipos de desgasificantes principalmente usados son los siguientes:

- Nitrógeno: Gas incoloro, no corrosivo y no flamable, es inerte excepto cuando es calentado a muy altas temperaturas. Como es un gas no corrosivo, no se requieren materiales especiales para su almacenamiento y control. El Nitrógeno ha sido usado como desgasificante con buenos resultados, su costo es inferior al del Argón, pero los tiempos de desgasificación son más prolongados y consecuentemente se reducen los niveles de producción.
- Argón: Gas monoatómico, incoloro, inodoro, no corrosivo y no flamable. El Argón no reacciona con ningún elemento ni compuesto, no requiere tanques de almacenamiento ni equipos de control de flujo especiales. Su eficiencia como desgasificante es muy alta y su emisión de contaminantes es nula; la remoción de Hidrógeno es mayor y los tiempos de desgasificación son menores que con Nitrógeno, pero es más alto su costo.

3.5. TÉCNICAS DE CREATIVIDAD.

Las técnicas de creatividad se utilizan para generar soluciones en forma de conceptos o configuraciones como se muestra a continuación.

3.5.1. Mapa mental.

"Un Mapa Mental es una manera de generar, registrar, organizar y asociar ideas tal y como las procesa el cerebro..." (Sambrano y Steiner, 1999). Un mapa mental es una representación gráfica de un tema, idea o concepto, de tal manera que la idea principal quede al centro del diagrama y las ideas secundarias fluyan desde el centro como las ramas de un árbol. Este sirve para gestionar el flujo de información que tenemos para facilitar la organización del pensamiento en un esquema sencillo, permitiendo obtener una visión clara y global del problema que queremos solucionar. En este caso en particular el mapa mental se representa en la Figura 3.3.

CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.



Figura 3.3. Mapa mental: Desgasificación de fundición de aluminio.

3.5.2. Tormenta de ideas.

Una vez determinada la visión global de nuestro problema se procede a la generación de ideas, para lo cual uno de los métodos más efectivos es la tormenta de ideas o “brainstorming”.

Según Milani (1997) la tormenta de ideas “... consiste en reunir un grupo multidisciplinario (4 a 12 personas) para trabajar sobre un problema.”

Según esta definición este grupo de personas de diversas áreas de especialidad se reúne para tratar de dar posibles soluciones al problema planteado. En cada reunión debe haber un moderador que dirija la misma para establecer el orden de intervención y hacer respetar las normas del método, también debe haber un encargado de anotar las ideas que se van generando durante la sesión. Otra forma es que las mismas personas pueden elaborar los bocetos de sus ideas y exponerlas a los demás participantes.

Existen tres (3) fases durante la generación de ideas tal como se muestra en la Figura 3.4.

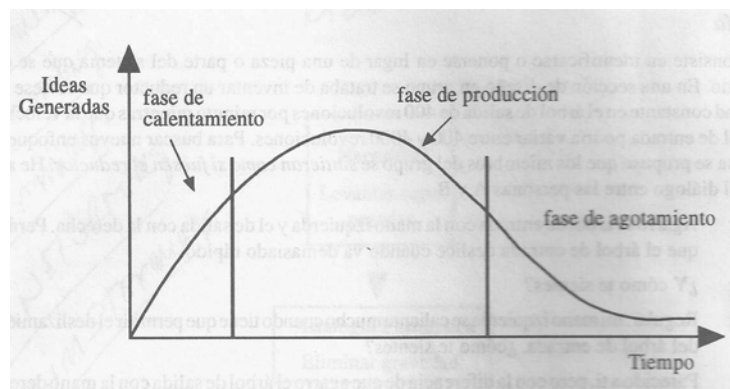


Figura 3.4. Curva típica de producción de ideas en una sesión.

La primera fase es de calentamiento, donde la producción de ideas es baja. En la segunda fase los participantes se animan a exponer nuevas ideas y se incrementa el número de propuestas. Luego, en la tercera y última fase, los

CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

generadores de ideas parecen quedarse sin nuevas propuestas y se enfocan más en cómo mejorar las ideas anteriores. Cuando se observa que transcurre mucho tiempo para que aparezca una nueva idea se suspende la sesión. La duración de las sesiones es variable y depende mucho de las personas involucradas y de la complejidad del problema, pero siempre oscila entre media hora y una hora.

Durante la sesión no es permitido ningún tipo de evaluación o prejuicio sobre las propuestas dadas. Se procura que los participantes expongan sus ideas de la forma más espontánea posible.

En el caso del presente trabajo, para generar las ideas preliminares, se reunió un grupo de estudiantes de la Escuela de Ingeniería Mecánica y se les explicó brevemente la necesidad de solventar el problema.

3.5.2.1. Perfeccionamiento de las ideas.

Durante este paso de la metodología, no existen limitaciones y todas las ideas son tomadas en cuenta, anotadas y analizadas. En esta etapa, se comienzan a evaluar todas las ideas propuestas en el proceso anterior, se caracterizan los criterios de descartes para lograr llegar a un número menor de ideas. Se estudian y analizan todos los bosquejos realizados para obtener respuestas reales y concretas al problema planteado.

Entre las ideas que se plantearon, tenemos las siguientes propuestas ganadoras:

- Propuesta 1. Tipo licuadora. Un sistema de inyección por debajo del crisol con un rotor que esparza el gas para la desgasificación de las fundiciones de aluminio. Esta propuesta se muestra en la Figura 3.5.

CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

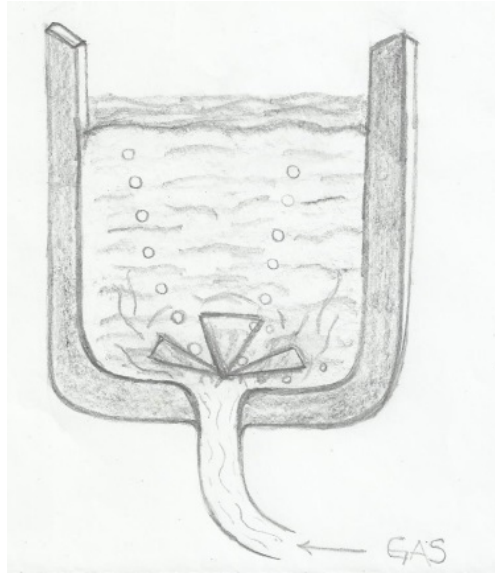


Figura 3.5. Propuesta 1.

- Propuesta 2. Sistema de inyección de gas por medio de varias lanzas sujetas por el operador para la desgasificación de fundiciones de aluminio. Esta propuesta se muestra en la Figura 3.6.

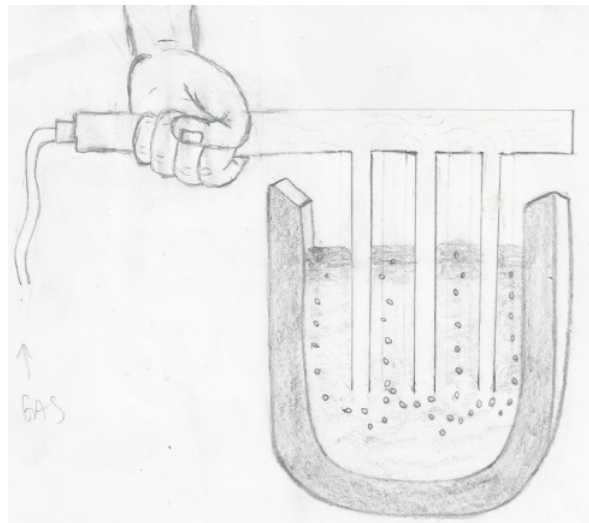


Figura 3.6. Propuesta 2.

- Propuesta 3. Sistema de inyección de gas manual mediante de un rotor que gire por la acción del operador a través de una palanca para la desgasificación de fundiciones de aluminio. Esta propuesta se muestra en la Figura 3.7.

CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

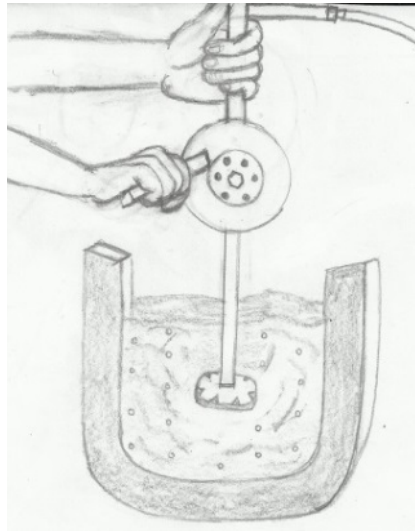


Figura 3.7. Propuesta 3.

- Propuesta 4. Sistema de inyección de gas usando un rotor acoplado directamente a un motor sujetado por el operador para la desgasificación de fundiciones de aluminio. Esta propuesta se muestra en la Figura 3.8.

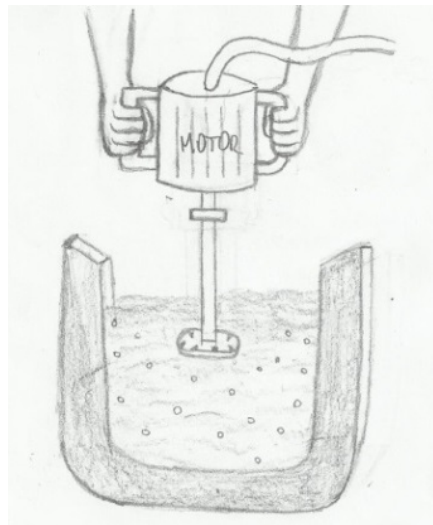


Figura 3.8. Propuesta 4.

- Propuesta 5. Equipo de inyección de gas móvil con un sistema integrado de motor y rotor que sea versátil para la desgasificación de las fundiciones de aluminio. Esta propuesta se muestra en la Figura 3.9.

CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

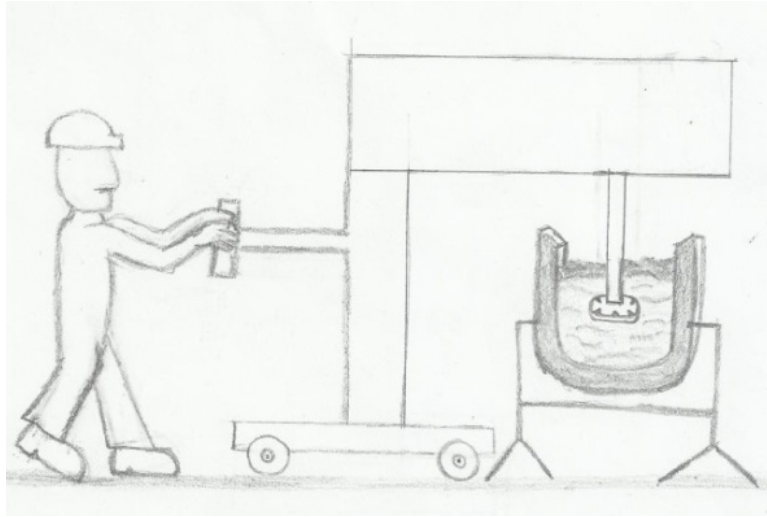


Figura 3.9. Propuesta 5.

- Propuesta 6. Equipo de inyección de gas fijo con un sistema integrado de motor y rotor el cual forme parte de una línea de producción continua para la desgasificación de fundiciones de aluminio. Esta propuesta se muestra en la Figura 3.10.

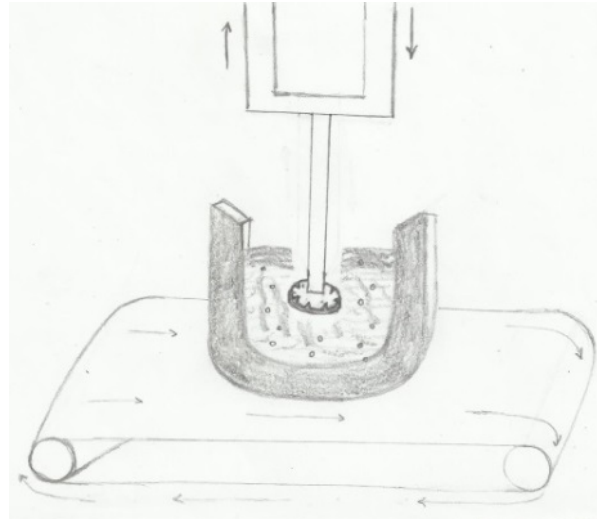


Figura 3.10. Propuesta 6.

- Propuesta 7. Equipo de inyección de gas con un sistema de vacío integrado directamente al crisol para la desgasificación de las fundiciones de aluminio. Esta propuesta se muestra en la Figura 3.11.



Figura 3.11. Propuesta 7.

3.6. CRITERIOS DE SELECCIÓN.

Luego de haberse realizado las sesiones de generación de ideas y haber obtenido las posibles soluciones al problema, es necesario evaluarlas para determinar cuál de ellas es la más adecuada para ser utilizada.

La evaluación se realiza en base a criterios de selección, que se establecen según los requerimientos del equipo, los criterios se agrupan según un orden de importancia para así asignarles un valor en porcentaje de acuerdo a su jerarquía.

Se colocaron en grupos según la importancia de cada parámetro en relación a las características de funcionamiento del equipo, determinando a cuáles criterios se le da prioridad en la evaluación.

3.6.1. Criterios de Alta importancia.

- **Funcionalidad:** Considera la eficacia con la que la propuesta se pueda desempeñar, la capacidad de cumplir de forma satisfactoria la función a la cual fue asignada.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

- Seguridad: Protección al usuario del equipo ante accidentes o peligros de operación. Considera tanto la seguridad del operador como la del equipo en sí, en términos de su estructura y de partes que lo componen. No olvidando la toxicidad y/o el impacto ambiental.
- Construcción: Todo buen diseño debe tomar en cuenta los procesos de fabricación, la factibilidad de su elaboración, la obtención de materiales, la mano de obra, etc., contemplando la posibilidad de construir la propuesta.

3.6.2. Criterios de Media importancia.

- Operatividad: Se deben diseñar el equipo para que los usuarios lo puedan utilizar de una forma fácil sin complicaciones, de este modo se sentirán más motivados a utilizarlos.
- Mantenimiento: El equipo debe facilitar su mantenimiento para que los usuarios no tengan que depender de algún soporte técnico especial. Además de esto, el ensamblaje y desensamblaje deben poder realizarse sin mayores complicaciones para facilitar el mantenimiento preventivo para una mayor vida útil.
- Costos: Valor aproximado de fabricación de la propuesta y compra de los materiales de las partes que lo integran incluyendo la mano de obra. Tomando en cuenta también el tiempo y los costos de producción.

3.6.3. Criterios de Baja importancia.

- Ergonomía: Adaptar el diseño a la capacidad y necesidades de los usuarios evitando esfuerzos y posiciones inadecuadas al operar el equipo.
- Tamaño: el tamaño debe ser adecuado para el espacio disponible y también debe ser proporcional a la cantidad de aluminio fundido.

CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

- Estética: La imagen final del diseño debe ser agradable a la vista de los usuarios. Este criterio evalúa si la propuesta es atractiva o no.

3.7. MATRIZ DE DECISIÓN.

Es la aplicación de los criterios de selección. Esta matriz consiste en comparar las soluciones propuestas y obtener de allí la solución óptima al problema, asignándole valores a cada uno de los criterios de diseño y evaluándola en cada propuesta.

El valor porcentual asignado a cada criterio, dependiendo de su nivel de importancia a la hora de seleccionar la propuesta óptima, se representa en la Tabla 3.1.:

Tabla 3.1. Criterios para la evaluación de las propuestas.

Importancia	Criterio	Valor (%)	Global (%)
Alta	Funcionalidad	20	50
	Seguridad	15	
	Construcción	15	
Media	Operatividad	11	30
	Mantenimiento	10	
	Costos	9	
Baja	Ergonomía	8	20
	Tamaño	7	
	Estética	5	

Para la evaluación de las propuestas en cada uno de los criterios, se utiliza la escala numérica mostrada en la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Escala numérica de evaluación

Deficiente	1
Regular	2
Aceptable	3
Bueno	4
Excelente	5

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

Los valores totales de cada propuesta se obtienen multiplicando el porcentaje de cada criterio con la evaluación numérica asignada a dicho criterio.

Luego al sumar cada uno de estos resultados se toma como propuesta ganadora aquella que posea un puntaje mayor. Tal como se muestra en la Tabla 3.3.

3.7.1. Decisión.

Una vez obtenida la propuesta ganadora, aquella con mayor puntaje en la matriz de decisión (propuesta 5), se propone diseñar y construir un equipo de desgasificación de fundiciones de aluminio móvil, mediante la inyección de gases insolubles como el argón o el nitrógeno a través de un cilindro conductor que en su extremo posee un rotor capaz de girar a velocidad gradual y con inversión de giro según sea la necesidad.

Ahora se procede a la preparación de los planos de todos los componentes con el fin de presentarlos y discutirlos con el personal capacitado y así establecer las características de diseño y construcción para obtener de esta forma un producto que satisfaga las condiciones requeridas para cumplir con la solución del problema.

CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

Tabla 3.3. Matriz de Decisión.

Desgasificador de Fundición de Aluminio															
Criterios	Valor (%)	Propuestas													
		1		2		3		4		5		6		7	
Funcionalidad	20	4	0,80	3	0,60	4	0,80	5	1,00	5	1,00	5	1,00	5	1,00
Seguridad	15	4	0,60	3	0,45	2	0,30	3	0,45	5	0,75	5	0,75	4	0,60
Construcción	15	2	0,30	4	0,60	4	0,60	4	0,60	3	0,45	2	0,30	2	0,30
Operatividad	11	4	0,44	4	0,44	3	0,33	4	0,44	4	0,44	5	0,55	4	0,44
Mantenimiento	10	2	0,20	4	0,40	4	0,40	4	0,40	4	0,40	3	0,30	3	0,30
Costos	9	2	0,18	4	0,36	4	0,36	4	0,36	3	0,27	2	0,18	2	0,18
Ergonomía	8	5	0,40	3	0,24	2	0,16	3	0,24	5	0,40	5	0,40	5	0,40
Tamaño	7	3	0,21	4	0,28	3	0,21	3	0,21	4	0,28	2	0,14	2	0,14
Estética	5	4	0,20	3	0,15	2	0,10	3	0,15	4	0,20	5	0,25	5	0,25
Σ	100	3,33		3,52		3,26		3,85		4,19		3,87		3,61	

CAPITULO IV

DISEÑO DE DETALLES

En este capítulo se describe el diseño del equipo móvil de desgasificación para fundiciones de aluminio por inyección de gas argón a través de un rotor giratorio para el esparcimiento uniforme de burbujas tal como se planteó en la propuesta 5.

4.1. DISEÑO DEL ROTOR.

Según McCabe, Smith y Harriot (1991), “La agitación de líquidos se refiere al movimiento inducido de un material en una forma específica, generalmente con un modelo circulatorio dentro de algún tipo de contenedor.” (p. 242).

Una de las finalidades de la agitación de líquidos es la dispersión de un gas en un líquido en forma de pequeñas burbujas. Esto se logra por medio de la inyección de gas a través de un rotor que gira a altas velocidades sobre un eje montado centralmente en el crisol.

Los rotores se dividen en dos clases: los que generan corrientes paralelas a su eje, y aquellos que generan corrientes en dirección tangencial o radial. Los primeros reciben el nombre de rotores de flujo axial y los segundos rotores de flujo radial.

Los tres principales tipos de rotores son de hélices, de palas y de turbinas. Para el proceso de inyección de gas generalmente se emplea el tipo turbina, el cual distribuye de forma uniforme el gas argón en el aluminio fundido, ya que es un rodete de flujo mixto dependiendo de su diseño.

En el mercado existe diversidad de diseños de rodetes buscando una mejor eficiencia para este proceso, por lo tanto queda definir el diámetro del

CAPITULO IV. DISEÑO DE DETALLES.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

rotor el cual varía entre el 30% y el 50% del diámetro del crisol. Las dimensiones y las características de horno de inducción se puede observar en el *Anexo 1*.

El material del rotor, es grafito, ya que es resistente, soporta altas temperaturas y no contamina al aluminio fundido durante el proceso; se puede observar estas y otras características en el *Anexo 2*. El diseño del rotor de grafito lo proporciona una empresa especializada en su fabricación, la cual asegura que hace un corte uniforme y diminuto de las burbujas de gas argón para una mejor distribución de las mismas tal como se muestra en la Figura 4.1.



Figura 4.1. Rotor estándar para inyección de gases en fundiciones de aluminio.

Estos rotores comerciales para tratamiento de fundición destinados a cantidades de 5 a 10 kg, tienen medidas estándar en el cabezal de 80mm de diámetro, con palas de 5mm de espesor. La gran mayoría de estos rotores comerciales están destinados a funcionar en un solo sentido de giro, por este motivo se procedió a realizar un diseño con la capacidad de funcionar óptimamente en ambos sentidos de giro. Para lograr un funcionamiento óptimo del rotor su diseño de cabezal se debe proporcionar burbujas del gas inerte en gran cantidad y con diámetros pequeños. También se debe evitar la formación de vórtice en el fluido a alta temperatura para que la escoria formada no ingrese de nuevo al núcleo del mismo, se tomó la decisión de hacer que el equipo tenga la capacidad de girar en dos sentidos además de diseñar las palas del cabezal de

CAPITULO IV. DISEÑO DE DETALLES.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

rotor con cierto ángulo, tal como se observa en la Figura 4.2, que permitirá un desplazamiento mucho mayor de las burbujas a través del aluminio fundido, desde su formación hasta la zona de escape al ambiente.

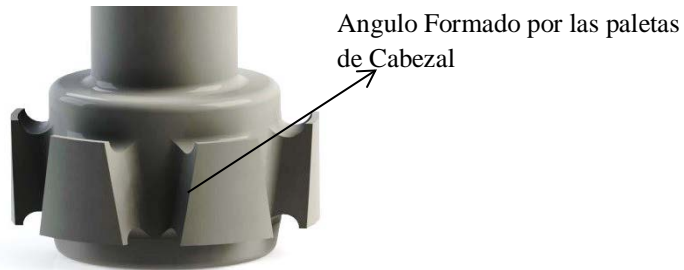


Figura 4.2. Ángulos de paletas del rotor de grafito.

Cabe destacar que este proceso también colabora con la extracción de escoria que pueda presentarse en el núcleo del material fundido, llevando estas partículas a la superficie por arrastre, para su fácil remoción. Otro de los aspectos que se tomaron en cuenta para este diseño, es la forma en que el rotor sería instalado al eje o árbol de potencia. Se tomó como medida para el eje o cuerpo del rotor 38,1mm con una perforación central de 10mm, por donde fluiría el gas Argón y en un extremo un cambio de diámetro de 38,1 mm a 20mm, de manera que esta parte del rotor calce dentro del eje de potencia con un ajuste de apriete que evite el escape del gas, aprovechando las características del grafito como material para sellos mecánicos. En la Figura 4.3 se ve el diseño total en grandes rasgos del rotor de grafito en su totalidad.

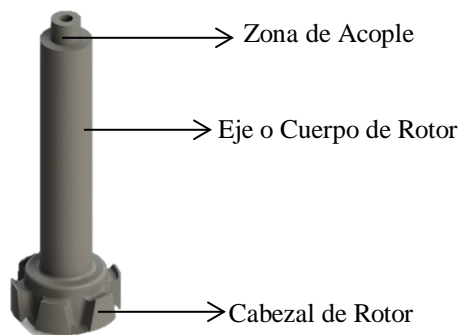


Figura 4.3. Diseño del rotor de grafito.

4.2. CALCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR.

Un importante factor en el diseño de este proceso es la potencia que se requiere para mover el rotor a una velocidad determinada. Para estimar esta potencia es preciso disponer de correlaciones empíricas de potencia en función de otras variables del sistema. La forma de tales correlaciones puede encontrarse por análisis dimensional propuestas, en función de las medidas importantes del tanque y del rodete, la disposición de las placas deflectoras, así como el número de palas del rodete. Las variables que intervienen en el análisis son las medidas importantes del tanque y del rodete, la viscosidad, la densidad del líquido, la velocidad de giro, etc. Lo ideal para este tipo de casos es una velocidad de giro que varía entre 400 rpm y 600 rpm según los fabricantes de este tipo de equipo.

El número de Reynolds (Nre) es calculado a partir del diámetro del cabezal del rotor previamente diseñado de 80mm (0.08 m) y de la velocidad periférica del rodete de 500 rpm (52.33 s^{-1}) por medio de la Ecuación 4.1.

$$Nre = \frac{Dr^2 \cdot n \cdot \rho}{\mu} \quad (\text{Ec. 4.1})$$

Dónde: Dr = diámetro del rotor [m]; n = Velocidad de giro [s^{-1}]; ρ = densidad del aluminio líquido [kg/m^3]; μ = Viscosidad dinámica [$\text{Kg}/\text{s} \cdot \text{m}$]

Tenemos:

$$Nre = \frac{(0.08 \text{ m})^2 \cdot (52.35 \text{ s}^{-1}) \cdot (2700 \text{ kg}/\text{m}^3)}{(0.0011 \text{ kg}/\text{m} \cdot \text{s})}$$

$$Nre = 822370$$

El número de potencia (Np) es análogo a un factor de fricción, el cual es proporcional a la relación entre la fuerza de rozamiento que actúa sobre una unidad de área del rodete y la fuerza inercial

CAPITULO IV. DISEÑO DE DETALLES.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

En la Figura 4.4., se representa curvas típicas con N_p vs. N_{re} para tanques equipados con turbinas de seis palas localizadas centralmente sobre el crisol. La curva D es la que se utilizó ya que es para un tanque sin placas deflectoras.

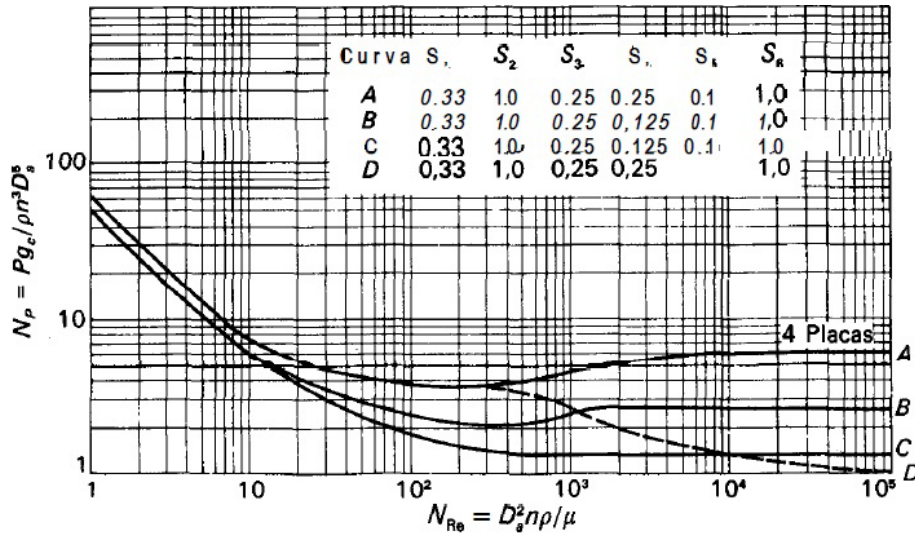


Figura 4.4. Numero de potencia N_p frente a N_{re} para turbinas de seis palas. Para la porción de trazos de la curva D, el valor de N_p que se obtiene de la figura hay que multiplicarlo por N_{fr}^m .

[16]

Se observa que para el valor de $N_{re} = 822370$, N_p tiende a 1.

En esta región de los números de Reynolds y de esta curva en particular hay que tomar en cuenta la influencia el número de Froude.

El número de Froude (N_{fr}) es una medida de la relación entre la fuerza inercial y la fuerza gravitacional por unidad de área que actúa sobre el fluido. Este se calcula con la Ecuación 4.2.

$$N_{fr} = \frac{n^2 \cdot D_r}{g} \tag{Ec. 4.2}$$

Dónde: n = Velocidad de giro [s^{-1}]; D_r = diámetro del rotor [m]; g = constante de gravedad [m/s^2]

CAPITULO IV. DISEÑO DE DETALLES.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

Tenemos:

$$Nfr = \frac{(52.33 \text{ s}^{-1})^2 \cdot (0.08 \text{ m})}{(9.8 \text{ m/s}^2)}$$

$$Nfr = 22.37$$

Luego tenemos que calcular el número de potencia corregido (Npc) por medio de la ecuación 4.3:

$$Npc = Np \cdot Nfr^m \quad \text{Ec. 4.3}$$

Dónde: Np = número de potencia leído del grafico; Nfr = número de Froude;

$$m = \frac{a - \log(Nre)}{b}$$

Donde su vez: $a = 1$ y $b = 40$ son constantes de la curva D de la figura 4.4., antes expuesta. Por lo tanto:

$$m = \frac{1 - \log(822370)}{40}$$

$$m = -0.123$$

El número de potencia corregido (Npc) se calcula mediante la Ecuación 4.4.

$$Npc = Np \cdot Nfr^m$$

$$Npc = (1) \cdot (22.37)^{-0.123} = 0.682$$

Finalmente el cálculo de la potencia (P) viene dado por la ecuación 4.4.

$$P = \frac{Npc \cdot n^3 \cdot Dr^5 \cdot \rho}{g} \quad \text{Ec. 4.4}$$

$$P = \frac{(0.682) \cdot (52.32 \text{ s}^{-1})^3 \cdot (0.08 \text{ m})^5 \cdot (2700 \text{ kg/m}^3)}{(9.8 \text{ m/s}^2)}$$

$$P = 88.33 \text{ Kgf} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} = 865.66 \text{ W} = 1.16 \text{ Hp}$$

Tomando en cuenta las variables como torque rozamiento mecánico se seleccionó un motor de 1.5 hp de 1800 rpm, que es lo que está disponible en el mercado. Las especificaciones del motor se encuentran en el *Anexo 3*.

4.3. SISTEMA DE CONTROL.

El sistema de control está estructurado en una caja metálica que cumple con la norma NEMA 4, cuyas dimensiones son 70x50x25 cm con puerta y bandeja de doble fondo, en la parte superior de esta caja se colocaron los equipos de control y señalización (switches y botones), y en el interior de la misma los equipos tales como variador de frecuencia, contactores, relés, entre otros. Su alimentación se hará por medio de una línea trifásica de 220 voltios, 60 Hz. Tanto el tablero como los equipos que este contiene deberán ser aterrados apropiadamente, según las normas locales.

Como en primera instancia se optó por hacer el equipo con operación manual, el equipo de control contará con el espacio suficiente para la instalación de los equipos de automatización necesarios para que a futuro la maquina pueda operar de forma automática, por ello se colocó una bornera trifásica para alimentar a 220 voltios, con la finalidad de que pueda ser el punto de alimentación para estos equipos.

4.3.1. Circuito de Potencia

Este circuito de potencia está compuesto por un interruptor termomagnético trifásico de 32 amperios el cual alimenta al variador de frecuencia, al circuito de control y en un futuro al sistema de automatización. El suministro de

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

energía al variador de frecuencia se hace a través de un seccionador porta fusible trifásico (que le da protección de corto circuito) y de un contactor magnético. El suministro de energía al circuito de control se efectúa por medio de un seccionador porta fusible de dos polos. Los componentes del circuito de potencia se pueden observar en la Figura 4.5.

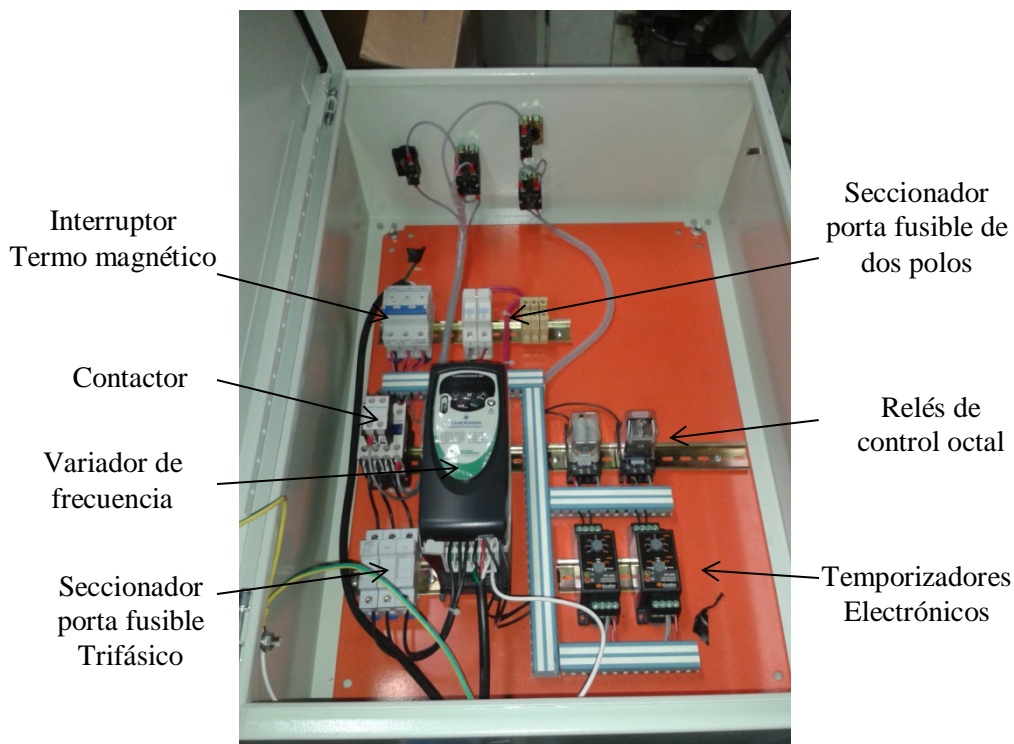


Figura 4.5. Componentes circuito de potencia.

4.3.2. Circuito de Control.

Este circuito está compuesto por un pulsador de parada de emergencia (PB1), rojo, tipo hongo, de actuación retenida. Un pulsador doble (PB2) que tiene un botón verde para la activación del contactor (C) el cual energiza al variador y un botón rojo para su desactivación, también posee una luz piloto la cual indica si el variador está en tensión (encendida) o no (apagada). Al activarse el contactor (C) éste cierra tanto sus contactos de potencia, como sus contactos auxiliares, uno de ellos sella el circuito de retención con lo cual se energiza el variador, el otro contacto auxiliar alimenta al circuito de control. El

CAPITULO IV. DISEÑO DE DETALLES.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

circuito de control está compuesto inicialmente por un selector (S1) de tres posiciones que permite seleccionar el sentido de giro del motor. De dicho selector salen dos circuitos ramales donde uno controla el sentido de giro horario y el otro que controla el sentido de giro anti horario. De acuerdo a la selección del sentido de giro requerido, el ramal correspondiente alimenta al circuito de giro horario o anti horario. Cada uno de estos ramales contiene un relé de control octal y un temporizador electrónico, cuyos contactos actúan sobre el circuito (DC) de control del variador. Estos contactos se mantienen cerrados durante el tiempo requerido para el giro, al concluir se detiene la marcha del motor.

El selector (S2) de dos posiciones activa la marcha y el paro del motor, pero no corta el suministro de energía al variador, para cortar el suministro de energía del variador se deberá pulsar el botón rojo de (PB3) con lo cual se apaga la luz piloto indicativa de dicha acción.

Los componentes del circuito de control se pueden observar en la Figura 4.6.

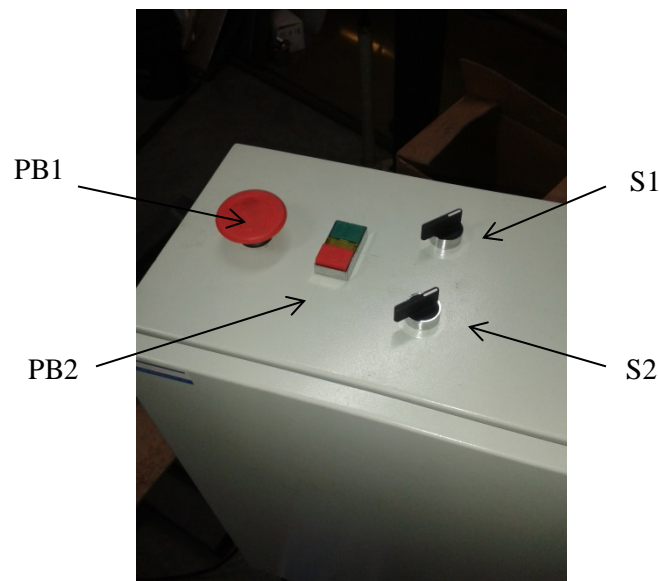


Figura 4.6. Componentes del circuito de control.

El circuito del sistema de control se puede observar en el *Anexo 4*.

4.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN.

Se utilizó un mecanismo de piñón-corona por medio de una transmisión por cadena. Se denomina corona a la rueda dentada de mayor tamaño, y por lo tanto de mayor número de dientes de cada etapa de reducción o de multiplicación de velocidad. En contraposición con un piñón de menor tamaño y números de dientes.

En este caso se busca formar un mecanismo reductor de velocidad, en el cual el eje motriz es el piñón que está situado en el eje del motor. Por otro lado la corona es la rueda de mayor tamaño, la cual es conducida por medio de una cadena.

Una cadena es un elemento de transmisión de potencia formado por una serie de eslabones unidos con pernos. Este diseño permite tener flexibilidad y transmitir grandes fuerzas de tensión.

Partiendo de la velocidad del motor 1800 rpm se busca una relación 3:1 para disminuir la velocidad a unas 600 rpm. Esto se logra por medio de una relación Piñón-Corona de 12 y 36 dientes respectivamente y ambas de paso 40 tal como la cadena. Este sistema se puede observar en la Figura 4.7.



Figura 4.7. Sistema piñón-corona por medio de una transmisión por cadena.

4.5. DISEÑO DE LA PLATAFORMA.

Como punto de partida para comenzar con el diseño de la plataforma se tomó en cuenta las dimensiones del motor seleccionado, además de las dimensiones del sistema de transmisión que conforman el piñón y la corona, previamente seleccionadas.

4.5.1. Sistema de Desplazamiento de la Plataforma.

Para el diseño del sistema de desplazamiento se tomó en consideración distintos métodos de movimiento lineal, tales como sistemas neumáticos, hidráulicos, actuador eléctrico, métodos mecánicos manual, siendo este último el método de desplazamiento seleccionado, por considerar la factibilidad de construcción su fácil operación y su bajo costo, por ello se optó por un sistema de movilidad basado en rodamientos o rodillos.

El diseño de los rodillos de desplazamiento se realizó mediante el uso de un programa de diseño asistido por computadora, de manera que usando distintos modelos y considerando dimensiones, rodamientos a utilizar, materiales, esfuerzos y forma final se determinó, el diseño final, cantidad de rodillos, ubicación y disposición que tendrían en la plataforma de manera que su funcionalidad sea optima e idónea.

Se tomaron en cuenta tres componentes principales en cada uno de estos rodillos. El primero de estos componentes es, el eje interno, el cual se optó hacer con acero 1020 ya que es un tipo de acero con resistencia suficiente para su uso en este caso y fácil de conseguir en el mercado. En la Figura 4.8., se puede observar el diseño final de este eje, el cual posee un diámetro central que permite en sus extremos fijar los rodamientos en posición. En sus extremos posee un roscado para tuercas M20 de paso 2.5 para su montaje.

CAPITULO IV. DISEÑO DE DETALLES.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.



Figura 4.8. Eje interno del rodillo de desplazamiento.

El segundo componente lo conforma la parte externa del rodillo el cual será fabricado con acero 1045 ya que se requiere una dureza suficiente para evitar ser rayado, debido a que estará en contacto directo con otro metal, su forma se debe a que la superficie de rodamiento por donde se desplazará será un perfil estructural cuadrado 100x100 mm, y que además en su parte interna deberá albergar al eje y los asientos para los rodamientos. En la Figura 4.9., se puede observar en detalle cómo está conformado este componente.



Figura 4.9. Parte externa y vista de sección del rodillo de desplazamiento.

Cabe destacar que para realizar el diseño se siguieron las normas de ajuste y tolerancia para rodamientos mostradas en el *Anexo 5*, el modo en que dicho rodillo se desplazaría y el número de rodillos que se usarían para el equipo. En la Figura 4.10., se observa la disposición que tendrán los rodillos sobre la columna de desplazamiento.

CAPITULO IV. DISEÑO DE DETALLES.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

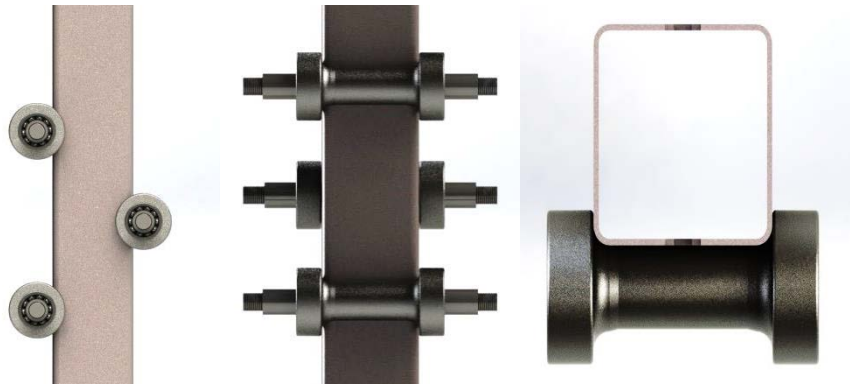


Figura 4.10. Disposición de rodillos respecto a la columna de desplazamiento.

El tercer componente está conformado por los rodamientos que en este caso por tratarse de cargas puramente radiales pequeñas y baja velocidad, serán rodamientos rígidos de bola 6204-2Z los cuales cumplen con las dimensiones y capacidad de carga requeridas para el caso, según el *Anexo 6* además de ser comunes en el mercado. Para asegurar a los rodamientos en su asiento se usaran separadores fabricados con acero 1020 y como punto final del diseño de estos rodillos se usaran tuercas hexagonales pesadas tipo M20 paso 2.5, para su sujeción. En la Figura 4.11., se observan estos componentes.

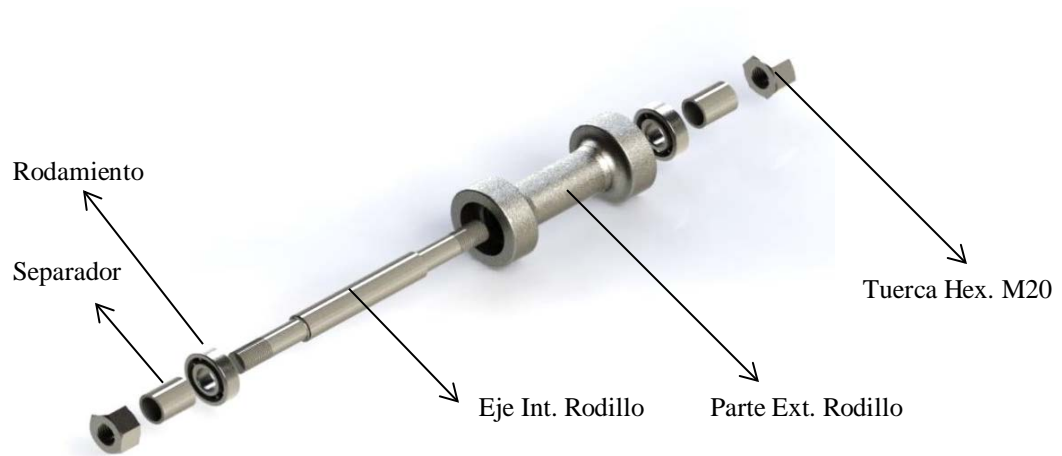


Figura 4.11. Vista explosionada de los rodillos de desplazamiento.

4.5.2. Árbol de potencia.

Una vez determinada la potencia requerida, el sistema de transmisión de la misma y el diámetro del eje del rotor de grafito, se comenzó con el diseño del árbol de potencia, que deberá contar en su interior con un paso destinado al flujo del gas inerte para la operación de desgasificación. Se determinó como punto de partida un diámetro externo para dicho eje, de 38,1 mm para hacer concordar con el eje del rotor, y con un espesor de pared suficiente para realizar con comodidad la instalación de la corona o rueda dentada, mediante una chaveta y 2 prisioneros (*Anexo 7*). Con el diámetro del eje establecido y una longitud del mismo de 500mm, ya que esta longitud resulta práctica para el objetivo final, se verifico si este eje podría soportar las cargas a las que se someterá (*Apéndice J*). Así mismo se determinó el uso de rodamientos tipo chumaceras FY108 UCF208 tal como se muestra en *Anexo 8*, una en el extremo superior del eje y otra un poco por debajo de la mitad del mismo con la intención de darle mayor estabilidad de rotación y evitar así vibraciones en el cabezal o rotor.

4.5.3. Placas Soportes de Chumacera.

El diseño de estas placas se realizó tomando en cuenta las dimensiones de las chumaceras seleccionadas y el modo en que estas estarán acopladas al conjunto. Una vez determinadas las dimensiones de las chumaceras según el eje de potencia se obtuvo el diseño final de las placas porta chumaceras con las perforaciones para los pernos de sujeción *Figura 4.12*. Para estos elementos se usara como material de fabricación láminas de hierro negro de 6mm de espesor.



Figura 4.12. Placa soportes de chumacera.

4.5.4. Placas Laterales.

El diseño de las placas laterales, se realizó tomando como punto de partida las dimensiones y el posicionamiento de los rodillos de desplazamiento, el motor, el sistema de transmisión y las chumaceras soporte del árbol de potencia.

Se seleccionó como material para la fabricación y al igual que las placas porta chumaceras, láminas de hierro negro de espesor 6 mm. Tomando en consideración factibilidad de fabricación método de ensamblaje entre otros aspectos se determinó el diseño final de cada una de las placas laterales. En la Figura 4.13., se observa un enfoque preliminar de las placas derecha e izquierda. Cabe destacar que una de estas placas servirá como soporte del motor por ello cuenta con perforaciones tipo correderas según las dimensiones de la base del motor ya seleccionado, cuya finalidad es dar tensión a la cadena de transmisión. Además en su extremo delantero ambas placas cuentan con unos cortes donde se asentarán las placas porta chumaceras; por su parte en el extremo posterior donde estará ubicado el rodillo trasero se realizó una perforación tipo corredera para el ajuste del sistema de desplazamiento conformado por los rodillos. Para la sujeción de las placas porta chumaceras se colocaran perfiles en L soldados con sus respectivas perforaciones de 8mm, en ambos extremos.

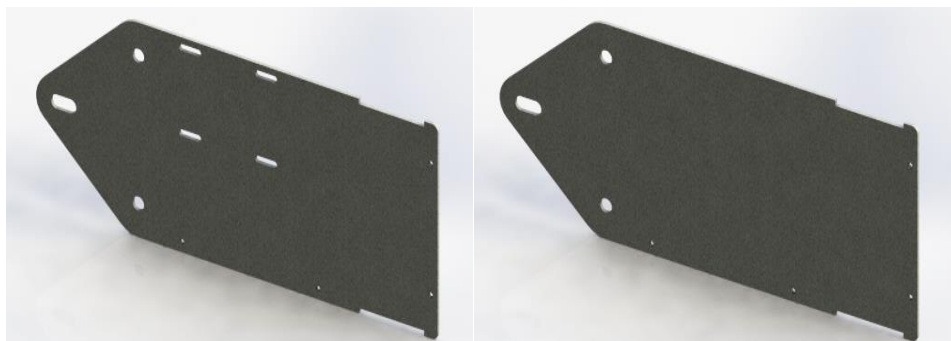


Figura 4.13. Placas laterales.

4.5.5. Implemento de Acople y Sujeción Rotor-Árbol de Potencia.

El diseño de esta pieza se basó en los implementos que poseen algunas maquinarias conocidas como collets (nombre inglés) o pinzas, las cuales tienen la capacidad de sostener un instrumento o broca con gran agarre. Tomando en consideración la fragilidad del rotor del grafito y las dimensiones del eje, se realizará el agarre empleando dos abrazaderas de alta capacidad sobre el implemento de sujeción, esto se muestra en la Figura 4.14.



Figura 4.14. Implemento de sujeción y abrazadera.

Es importante mencionar que este implemento se instalara en el extremo inferior del árbol de potencia por medio de dos prisioneros de 3/8 de pulgadas, y en su parte externa tendrá definido los espacios donde se ubicaran las abrazaderas. Para poder realizar el agarre por medio de la deflexión del material, se abrirán tres canales de 4mm cada uno y se dejara un espesor de material en esa zona suficiente para que no se necesite mucha fuerza por parte de las abrazaderas en realizar el agarre. Este implemento tendrá en la zona de agarre del grafito un maquinado de manera que no desgaste ni afecte al material ni su estructura.

4.5.6. Junta Rotativa.

Según la empresa especializada en la fabricación de estos dispositivos, DSTI (Dynamics Sealing Technologies Inc.):

“La junta rotativa, también conocido como, junta rotante, válvula rotatoria, acoplamiento rotatorio, es un mecanismo usado para pasar fluidos y/o gas mientras el dispositivo está rotando desde una conexión a otra. Las juntas rotativas están diseñadas para ser operativas en un amplio rango de temperaturas y presiones, en las más variadas condiciones y ambientes. Además, las juntas rotativas pueden disponer de distintos puertos para el paso de distintos fluidos a través del mismo equipo”. [15]

La funcionalidad de la junta rotativa consiste en la conexión a una entrada de fluido, asegurando mediante otro mecanismo el mantener la conexión en movimiento giratorio. Se utilizan en diversas aplicaciones, desde juntas rotativas miniatura para la industria de semiconductores, así como para la industria pesada en aplicaciones industriales diversas. Así mismo se integran otros materiales como son juntas tóricas y cojinetes. En la Figura 4.15 se puede observar el diseño básico de uno de estos dispositivos con sus componentes básicos.

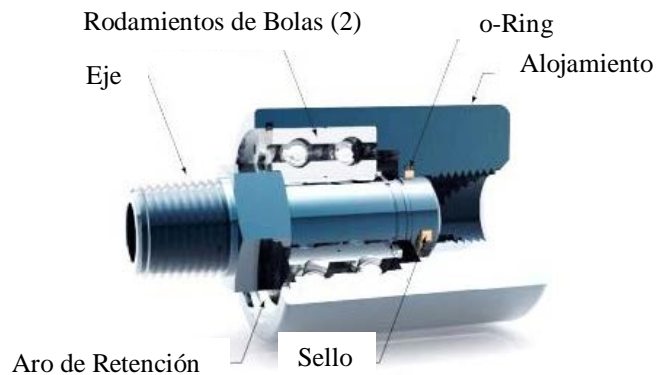


Figura 4.15. Junta rotativa y sus componentes.

CAPITULO IV. DISEÑO DE DETALLES.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

Para diseñar una junta rotativa, luego de conocer sus partes claves, se tomó como punto de partida un modelo sencillo, tomando en cuenta variables como presión a aplicar del flujo de gas, tipo de gas, cantidad de revoluciones y tiempo de funcionamiento por operación. Se estructuró el diseño dividiendo el dispositivo en cuatro componentes.

El primer componente, es la pieza que ira acoplada al árbol de potencia, en este caso la pieza móvil o giratoria, que soportara o servirá de asiento a los o-rings y al aro interno del rodamiento Figura 4.16.



Figura 4.16. Pieza móvil o giratoria de la junta rotativa.

El segundo componente, está formado por el rodamiento y los o-rings a instalar en el dispositivo. Se seleccionó un rodamiento 61800-2RS, figura 4.17, debido a las dimensiones que se manejaron para el dispositivo además de que su funcionamiento no requiere de altas cargas. El rodamiento en estos dispositivos tiene como función principal asegurar la concentricidad entre los elementos fijo y móvil, de manera que no se produzca un desgaste excesivo en los o-rings, además de proveer de algo más de sellado.

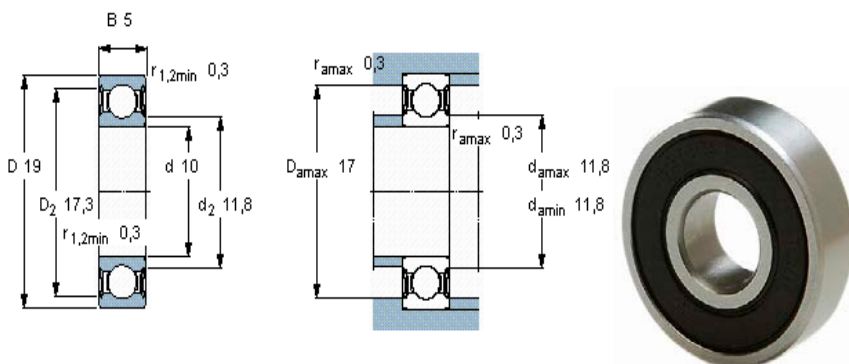


Figura 4.17. Dimensiones de Rodamiento 61800-RS en mm.

Según la empresa fabricante de o-rings Parker, “Un O-Ring es el elemento más accesible y eficaz para prevenir la fuga de fluidos bajo distintas condiciones de servicio”. [17]

El o-ring es una junta elástica de compresión, que para que trabaje hay que darle un aplastamiento, que en uso dinámico varía entre 8% al 20% de la sección y en uso estático varía entre 12% al 25%, en ambos usos nunca menor en valor absoluto a 0.25 mm. Las condiciones básicas para elegir un compuesto son: presión, temperatura y fluido a sellar. Otros factores a considerar son el alojamiento del sello (ranura) y el cambio repentino de temperatura y presión del fluido en la prestación del servicio, cuando esto sea previsible.

Con estos conocimientos y para un diámetro de 10mm (diámetro del dispositivo interno), se seleccionó un o-ring de la serie estándar 2-XXX, que cumple con norma AS 568 A, DIN 3771 Parte 1 e ISO 3601 Parte 1, de diámetros interior de 7,65mm y exterior de 11,21 mm., tal como se muestra en el *Anexo 9*. La terminación superficial del alojamiento debe ser de 32 μ pulg., para superficies estáticas y de 16 μ pulg., para superficies dinámicas.

En la Figura 4.18. Se puede observar como sería el montaje de estos componentes sobre el primero.



Figura 4.18. Ensamblaje parte móvil de la junta rotativa.

El tercer y último componente de la junta rotativa, se denominara alojamiento estático, este componente tendrá en su parte interna tres zonas claves. La primera zona la conforma el área de contacto de los o-ring, cuyo diámetro interno será de 10 mm. Con un acabado superficial que se acerque a los 0,41 μm . necesario para un funcionamiento óptimo de el sellado por o-ring. La segunda zona se destinó al asiento del rodamiento con ajuste holgado. Y la tercera zona será la parte externa donde estará el roscado de NPT 1/2" para el acople a la manguera de gas, además de una lámina soldada con perforaciones que servirá de agarre para mantener a la pieza estática y ajustada según los requerimientos. Esto se observa en la Figura 4.19.



Figura 4.19. Pieza estática de la junta rotativa.

En la Figura 4.20., se observa el montaje total de la plataforma.

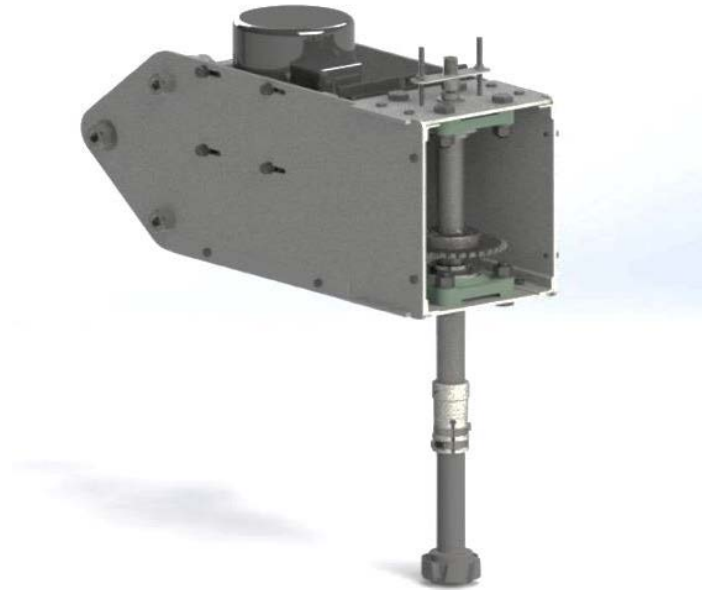


Figura 4.20. Plataforma del equipo de desgasificación.

4.6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA.

Una vez conocida la idea generalizada de la forma que tendría el equipo, la base se diseñó tomando en cuenta las dimensiones del horno de inducción Figura 4.21. Para construir dicha estructura se seleccionó un tubo estructural cuadrado 100x100mm de espesor 3mm, enfocándose en darle robustez y rigidez, sus características se muestran en el *Anexo 10*.

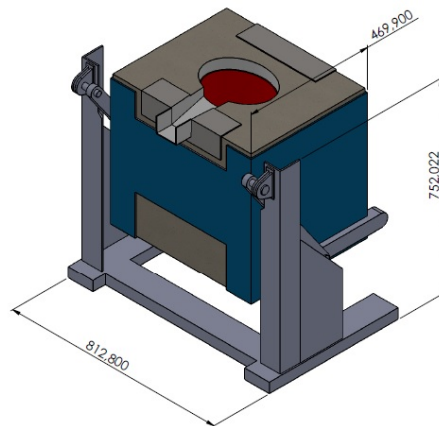


Figura 4.21. Dimensiones horno de inducción.

CAPITULO IV. DISEÑO DE DETALLES.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

Para el diseño de la estructura se tomó como modelo a seguir, las grúas para extracción de motores tal como se muestra en la Figura 4.22., ya que cumple con algunas de las características necesarias que se buscaban para el equipo.



Figura 4.22. Modelo de grúa para extracción de motores.

Se comenzó el diseño por la zona de apoyo o parte baja, en forma de C, de manera que el ancho permita posar, sobre la boca del crisol del horno al rotor de grafito. Se ubicó en cada uno de los extremos las 4 ruedas de 2'' giratorias de placa plana de hierro para la movilidad del equipo. La zona baja tendrá una estructura que servirá de apoyo a lo que se denominara columna. En la Figura 4.23., se presenta una vista de la base antes mencionada. Toda la estructura estará unida mediante soldadura por arco o soldadura de electrodo.

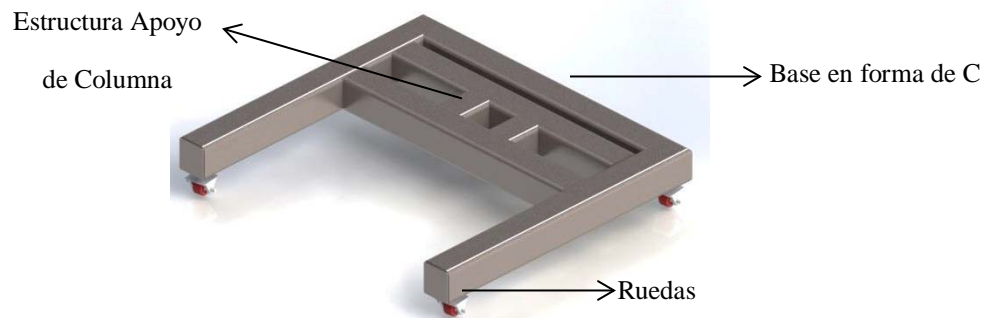


Figura 4.23. Zona de apoyo de la estructura.

Para el desplazamiento de la plataforma se tomó la decisión de usar un método manual mecánico como el winche como se nombró anteriormente, por

CAPITULO IV. DISEÑO DE DETALLES.

Diseño concurrente de un equipo de degasificación para fundiciones de aluminio.

este motivo la columna en su extremo superior tendrá instalada una polea y un paral horizontal frontal con otra polea, para direccionar la guaya del winche y reducir las cargas necesarias para el levantamiento de la plataforma. Cabe destacar que también se agrega una pequeña estructura posterior donde se instalará el winche mencionado y que además funciona como tope al descenso de la plataforma. En la Figura 4.24., se puede ver una idea general de la estructura.



Figura 4.24. Estructura.

4.7. PLANOS DEL EQUIPO DE DEGASIFICACIÓN DE ALUMINIO.

Ya obtenidas todas las dimensiones y componentes necesarios para la fabricación y ensamblaje del equipo, se procedió a realizar los planos de detalles correspondientes de cada pieza del equipo mostradas en el *Apéndice A*.

CAPITULO V

FABRICACION Y ENSAMBLAJE.

En este capítulo se hará una descripción de los procedimientos seguidos para fabricar, construir y ensamblar todas las piezas en base a los planos ya hechos. El orden en que serán descritos los procedimientos están en secuencia con la realidad de cómo se elaboraron todas las piezas teniendo en cuenta que algunas de estas se fabricaron de manera simultánea.

5.1. ESTRUCTURA.

Una vez desarrollado el diseño de los componentes, se comenzó la fabricación de la estructura para lo cual se realizó la compra de 12m de tubo estructural cuadrado de 100x100mm. Para realizar los cortes del tubo estructural de manera precisa, se usó una sierra circular, cabe destacar que para las uniones que forman 90° se hicieron cortes de 45° en dichos tubos. Estas y todas las uniones fueron soldados empleando soldadura al arco con electrodos de 1/8'' según la norma Covenin E41413. En principio se armó la estructura básica que se muestra en la Figura 5.1. Las dimensiones de la estructura se pueden ver en los planos del *Apéndice A*.



Figura 5.1. Estructura.

Al mismo tiempo que se fabricaba la estructura anterior, se procedió a la búsqueda del material, en este caso acero, para la fabricación de cada componente de los rodillos de desplazamiento, en distintas industrias.

5.2. PLATAFORMA

Se debe acotar, que para el ensamblaje de la maquina se establecieron varios subensamblajes, creando así un orden que permitiría mantener el control del proceso.

5.2.1. Primer Subensamblaje.

Como primer subensamblaje, se establecieron los rodillos de desplazamientos, los cuales son tres en total con similares características. Se fabricaron con barras de acero AISI 1020 para el eje y AISI 4140 para la parte externa; los detalles de su fabricación se encuentran en la hoja de procesos mostrada en el *Apéndice C y D*. Una vez fabricados cada componente se realizó el ensamblaje, en primer lugar de uno de los rodamientos, sobre el eje empleando una prensa hidráulica como se ve en la Figura 5.2.

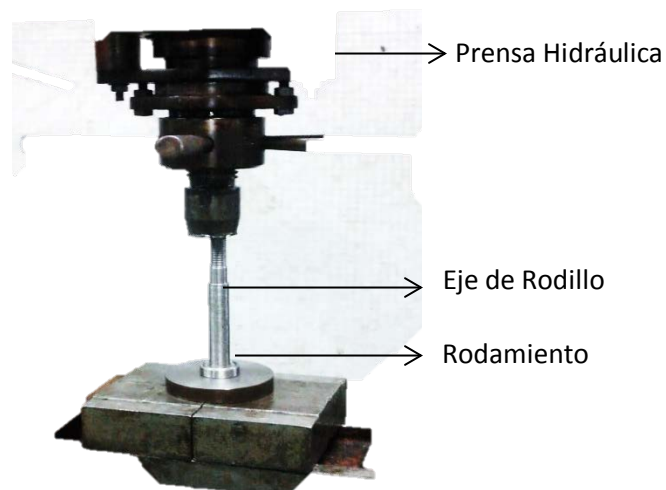


Figura 5.2. Prensa hidráulica.

Luego se introduce el eje con el rodamiento ya instalado, dentro de la parte externa de los rodillos, y a continuación se coloca el segundo rodamiento, al igual que el primero con ayuda de una prensa hidráulica. En la Figura 5.3 se puede ver el rodillo ya fabricado, mientras que en el *Apéndice A* se puede observar el plano con sus dimensiones.



Figura 5.3. Rodillos fabricados.

Una vez obtenido el diseño definitivo de las placas laterales y las placas porta chumaceras con sus medidas específicas y el material seleccionado (hierro negro 6mm), se contactó a una empresa que realiza cortes a láminas de 6mm con formas complejas, mediante el uso de una cortadora laser CNC. Para su fabricación se le facilitaron los planos de dichas láminas con sus respectivas características y dimensiones, estos planos se encuentran en el *Apéndice A*.

Mientras se fabricaban las placas se realizó la compra de las chumaceras y la tornillería necesaria para su instalación.

5.2.2. Segundo Subensamblaje.

Ya una vez recibidas las placas, en su totalidad se procedió a realizar el segundo subensamblaje, el cual lo representa la chumacera inferior y la placa soporte de chumacera inferior tal como se muestra en la Figura 5.4. Donde se observa el uso de arandelas de seguridad que evitan a los pernos aflojarse por

algunas vibraciones. Para mayores detalles ver la tabla de componentes del *Apéndice B*.



Figura 5.4. Ensamblaje placa chumacera inferior.

Se puede apreciar que a las placas se les realizaron cuatro perforaciones de 8mm en sus extremos para su acople con las placas laterales.

5.2.3. Tercer Subensamblaje.

Está conformado por el acople de la chumacera superior con su respectiva placa, además de dos varillas roscadas de 3/8", que servirán de soporte a la junta rotativa en su pieza fija. En la Figura 5.5 se puede ver a grandes rasgos los componentes de este subensamblaje.



Figura 5.5. Ensamblaje placa chumacera superior.

A la placa superior además de abrírsele los agujeros para su instalación se le hicieron dos perforaciones roscadas, para la colocación de dichas varillas, para esta acción se usaron machos para roscar para dicha medida y las distintas herramientas necesarias como taladro, porta macho y prensa. Las varillas roscadas fueron cortadas con una longitud de 100mm cada una con su respectiva tuerca.

5.2.4. Cuarto subensamblaje.

Este subensamblaje está compuesto por la placa lateral izquierda y derecha, que sirve de soporte al motor además de poseer perforaciones para los rodillos de desplazamiento y una zona de acople con las placas porta chumacera.

A esta láminas se le soldaron dos perfiles en L que servirán para acoplar los portas chumaceras a ella. Estos perfiles poseen perforaciones por donde se colocaran tornillos con tuercas de 8mm, por ende coinciden con los agujeros creados en las placas porta chumacera. En la Figura 5.6 se puede mostrar este detalle.

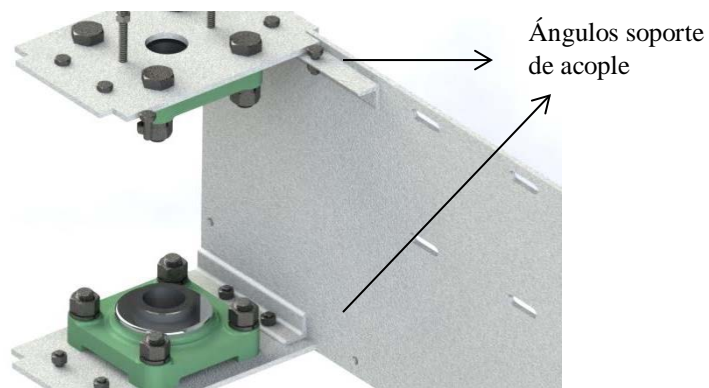


Figura 5.6. Placa lateral izquierda.

Como se mencionó anteriormente la placa lateral izquierda soportará al motor y además le permitirá tensar la cadena, por ello posee agujeros tipo corredera para esta acción. A la instalación del motor se le colocara también

arandelas de seguridad para evitar que se destense la cadena por aflojarse la conexión por vibración. En la Figura 5.7 se puede apreciar el montaje del motor.



Figura 5.7. Montaje del motor placa lateral izquierda.

Por otro lado, la placa lateral también cuenta con su respectivos soportes tipo “L” soldados y perforados para el acople de las respectivas chumaceras, tal como se muestra en la Figura 5.8.



Figura 5.8. Placa lateral derecha.

5.2.5. Quinto Subensamblaje.

Este es el componente último y crucial para el armado total de la plataforma, ya que está conformado por, el árbol de potencia, la corona de transmisión, el implemento de acople del rotor y la junta rotativa.

Para realizar este subensamblaje se adquirió en primer lugar un tubo mecánico de 40mm de diámetro externo y 25mm de diámetro interno, no normalizado por ello este diámetro interno es de 21mm en la realidad. Para hacer la revisión de los procedimientos aplicados para su terminación revisar hoja de proceso *Apéndice E*.

Luego de haber mecanizado a las dimensiones de diseño al árbol de potencia, se procedió a incorporar sobre el mismo un chavetero para el acople de la corona de transmisión, las dimensiones de chaveta y chavetero (5/16" para árbol de 1.5 pul.) *Apéndice F*, para realizar dicho chavetero se encomendó a un técnico especialista en máquinas herramientas, el cual uso una mortajadora para ejecutar esta operación ya que requiere de gran precisión para el ajuste necesario (tipo p9) de la chaveta sin juego alguno. En la Figura 5.9 se puede observar el detalle del chavetero y la chaveta ya colocada. En el *Apéndice A* está el plano mejor detallado con su dimensionamiento y ubicación.

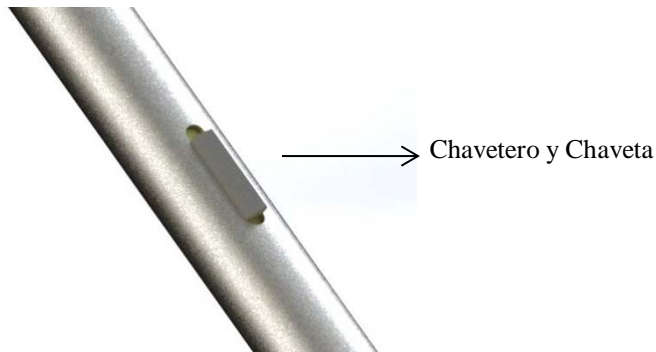


Figura 5.9. Chaveta y chavetero en el árbol de potencia.

Al árbol de potencia se le realizó un tercer maquinado o cilindrado interno en su extremo inferior, donde acopla con el rotor de grafito ya que este diámetro debe ser de 22mm con una longitud de 20mm (el tubo mecánico utilizado inicialmente tiene 21mm de diámetro interno) asegurando un acople lo más justo posible de manera que se eviten fugas en la operación.

Una vez hechas estas operaciones sobre el árbol, se le realizaron dos muescas circulares que se usaran como asientos a los prisioneros que mantendrán en su sitio al dispositivo de agarre árbol-rotor.

Seguidamente, una vez adquirida la corona de transmisión se procedió a maquinarla llevando su diámetro interno (donde acopla al árbol de potencia) a la medida de $38.1 \pm 0.1\text{mm}$ para posteriormente realizar el asiento para la chaveta, según las normas para esta acción, tal como se muestra en el Apéndice 18 y 19. Una vez terminado el chavetero se hicieron dos perforaciones de 6mm con su respectiva rosca (usando un macho para roscar) para la colocación de dos prisioneros, uno sobre la chaveta y el segundo a 90° del primero. Una vez terminadas las operaciones sobre la corona de transmisión se procedió a instalarla sobre el árbol de potencia con la ayuda de la prensa hidráulica. Una vez ubicada a la distancia que pedía el diseño se colocaron los respectivos prisioneros previamente adquiridos. En la Figura 5.10 se aprecia el montaje de la corona.

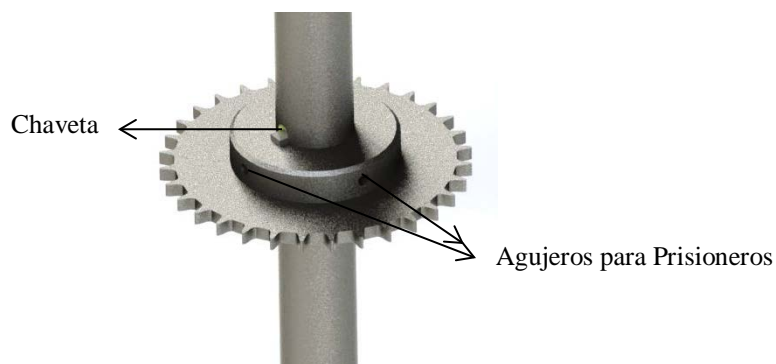


Figura 5.10. Montaje de la corona.

Dentro de este subensamblaje se puede hacer mención, ya que forma parte del mismo, a la junta rotativa. Para la fabricación de esta junta se compró una barra de acero AISI 1020 de diámetro $1 \frac{5}{8}''$ (41,27mm). Con una longitud de 200mm. Para la información detallada del proceso de producción revisar *Apéndice G*. Luego se realizó la compra de dos o-rings como los requeridos por el diseño y un rodamiento 61800-2RS también determinado por el diseño. En la

Figura 5.11 se puede observar el proceso de fabricación de una parte de este dispositivo, la parte móvil, y su presentación final.



Figura 5.11. Parte móvil junta rotativa.

Terminada la parte móvil se comenzó la fabricación de la parte externa o fija utilizándose el mismo material además de una lámina de acero rectangular de espesor 3mm y soldadura epóxica. La lámina en sus extremos tiene perforaciones de 8mm para el paso de las varillas roscadas que inmovilizaran a esta pieza, esto se muestra en la Figura 5.12. . Su hoja de proceso se encuentra en el *Apéndice H*.

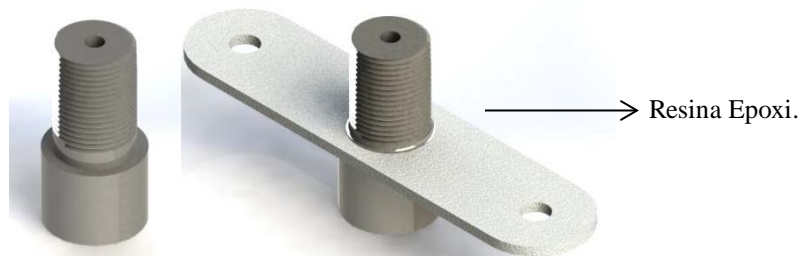


Figura 5.12. Parte fija junta rotativa.

Una vez fabricada en su totalidad la junta rotativa se usó soldadura epóxica para instalar y fijar la pieza móvil en el extremo superior del árbol de potencia.

Para finalizar el subensamblaje se realizó la fabricación del implemento de acople y sujeción del rotor de grafito. Para su fabricación se compró una barra perforada o tubo mecánico de 50 x 35mm. Ver el proceso de fabricación en *Apéndice I*. Cabe destacar que para realizar esta pieza se procedió con

cautela para poder conseguir el punto ideal donde las agarraderas flexionaran lo suficiente para que las abrazaderas pudieran cumplir con su función. En la Figura 5.13 se puede ver el aspecto de este componente.



Figura 5.13. Acople.

También se realizó las perforaciones de 8mm con sus respectivas roscas, para la colocación de los prisioneros que aseguran la pieza al árbol de potencia, en la zona superior del dispositivo.

Durante el proceso de fabricación de estos subensamblaje, se estaba realizando la investigación acerca de cómo realizar o producir el rotor de grafito, luego de una larga búsqueda de productores de grafitos en el país no se pudo conseguir quien elaborara este tipo de diseño complejo con las características previamente diseñadas, por ende se recurrió al mercado internacional siendo la empresa china Zibo Yinxuan Carbon Technology Co.,Ltd., la que accedió a la fabricación de solo tres ejemplares al mejor costo y con menor tiempo de entrega. Para acordar el diseño se enviaron planos detallados y se mantuvo una comunicación diaria para resolver todas las inquietudes que pudieron presentarse. En la Figura 5.14., se pueden observar los rotores recibidos.



Figura 5.14. Rotores de grafito.

Una vez recibidos los rotores de grafito se comenzó con el ensamblaje total de la plataforma. Para esto se debieron hacer, un soporte superior con un perfil “L” con un agujero de 20mm, para acoplar el gancho con la guaya del winche, una tapa frontal para la cual se usó una lámina de acero calibre 16 con cuatro perforaciones de 8mm a sus costados para resguardar el mecanismo y evitar incidentes y por ultimo una tapa inferior también de lámina de acero calibre 16 destinada a servir de pantalla de protección al motor, contra las altas temperaturas por lo que se tomó la decisión de que en su parte interior se agregara una lámina de fibra de cerámica aislante de 1/2” de espesor, capaz de soportar temperaturas de hasta 1200°C.

Para la fabricación de las tapas se usó una guillotina, para el corte y se recurrió a una empresa de fabricación de ductos, para el doblaje de los borde, posteriormente se realizaron perforaciones de 8mm para la colocación de tornillos de sujeción, esta acción requirió la perforación de agujeros roscados en las láminas laterales, con el uso de machos para roscar de 8mm. En la Figura 5.15 se puede apreciar el ensamblaje total de la plataforma sin los rodillos de desplazamiento.

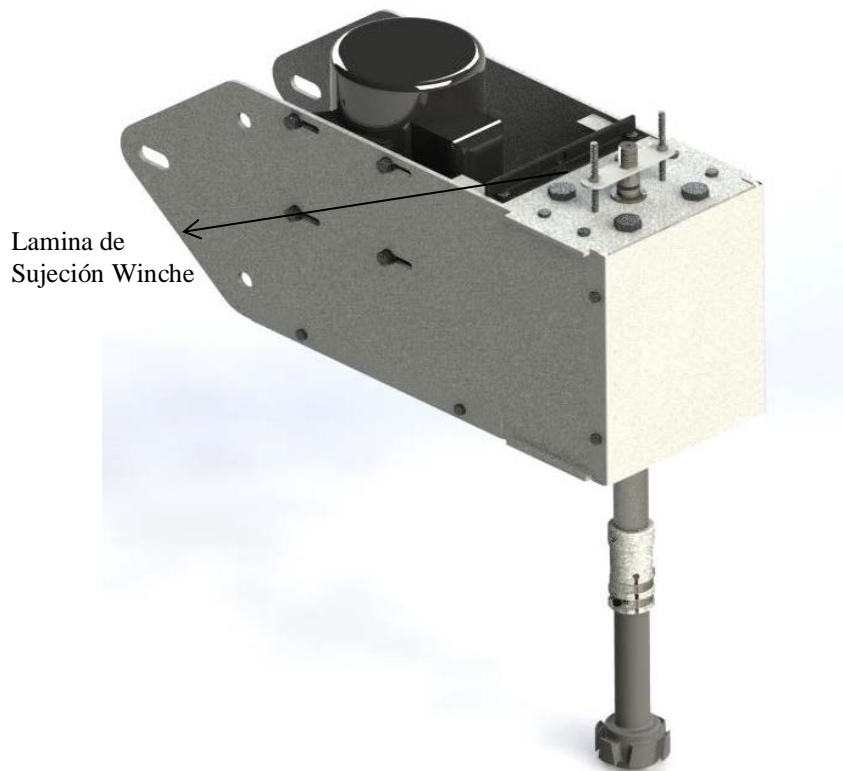


Figura 5.15. Ensamblaje total de la plataforma.

Se debe mencionar que para pintar la mayoría de los componentes de la plataforma se usó pintura de aluminio para altas temperaturas en spray.

5.3. SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO.

Durante la fabricación de componentes de la plataforma se trabajó también en la estructura. Para la colocación del winche y las poleas respectivamente. Para instalar el winche se hizo una pequeña estructura en la parte posterior de la base mediante soldadura por arco, de electrodos consumibles, y sus respectivas perforaciones de 10mm de diámetros para la colocación de los pernos con sus respectivas tuercas. Esta estructura le dio más rigidez a la columna de deslizamiento además de proveer un tope para la plataforma. Una vez instalado el winche, se colocó una polea de 4'' en la parte superior de la columna, para lo cual se realizó una perforación de 12mm

pasante, para el perno de la polea y además se fabricaron dos separadores empleando un tubo de 1/2'' de plomería, que permiten centrar dicha polea. Igualmente se creó una estructura en la parte superior frontal de la columna, colocada igualmente por soldadura al arco, con una polea igual a la usada anteriormente con sus respectivos separadores para disminuir la tensión en la guaya del winche y disminuir el esfuerzo necesario para el movimiento vertical de la plataforma. En la Figura 5.16 se puede ver la totalidad el sistema de desplazamiento.



Figura 5.16. Sistema de desplazamiento.

Una vez terminada de armar la estructura base se procedió a colocar un recubrimiento anticorrosivo color negro, para posteriormente pintarla con un color gris martillado.

5.4. COSTOS.

Los precios de las piezas disponibles en el mercado para el momento de la fabricación de cada pieza se muestran en la Tabla 5.1. En ella se muestra el costo por unidad de cada pieza como la cantidad, también se muestra su fecha de compra en orden cronológico.

CAPITULO V. FABRICACIÓN Y ENSAMBLAJE.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

Tabla 5.1. Tabla de costos.

Descripción	Costo	Cant.	Total	fecha de compra
Perfil Cuadrado Estructural 100x100x3 mm 12m	1900	1	1900	02/08/2012
Piñón 12 dientes paso 40	23	1	23	06/09/2012
Corona 36 dientes paso 40	110	1	110	06/09/2012
Rodamientos Rodillos 6204zzx2	38,5	6	231	11/09/2012
Chumaceras	270	2	540	11/09/2012
Cadena paso 40	100	1	100	11/09/2012
Exterior rodillos acero 1045	757	1	757	21/09/2012
Rodillos ejes acero 1020	134	1	134	21/09/2012
Laminas corte dobladas tapas	500	1	500	22/09/2012
Tornillos hex 8 mm	15	4	60	16/10/2012
Tuercas 3/4" Nc	14	6	84	16/10/2012
Tornillos hex 8 mm	30	8	240	16/10/2012
Tuercas hex MA	8	8	64	16/10/2012
Variador eléctrico	3920	1	3920	02/11/2012
Motor eléctrico	1792	1	1792	02/11/2012
Laminas corte laser	5040	1	5040	10/12/2012
Tablero de control	6500	1	6500	05/02/2013
Tubo mecánico árbol potencia	667	1	667	13/02/2013
Rodamiento Árbol wsk 7202bw	210	1	210	21/02/2013
Ruedas 2" giratorias placa plana de hierro	450	4	1800	08/04/2013
Winche manual 1600lb	2240	1	2240	12/04/2013
Tornillos hex 8 mm largos	9	8	72	26/04/2013
Tornillos hex 8 mm cortos	5	4	20	26/04/2013
Tuercas hex MA	2	12	24	26/04/2013
Arandelas P	0,5	16	8	26/04/2013
Tornillos hex 8 mm	6,75	4	27	26/04/2013
Tuerca hex MB	3	4	12	26/04/2013
Tornillos hex 8G8	65	2	130	03/05/2013
Polea acero 3 1/2"	327	2	654	03/07/2013
Tocho acero 1020 acople giratorio	174	1	174	03/07/2013
Rodamiento nsk 6800DD	267	1	267	03/07/2013
Placa fibra cerámica	291	1	291	04/09/2013
Tubo mecánico collets	200	1	200	18/09/2013
Envase tanque argón tipo 220	6720	1	6720	24/09/2013
Contenido de argón tipo 220	1232	1	1232	24/09/2013
Regulador flujometro argón	1456	1	1456	24/09/2013

CAPITULO V. FABRICACIÓN Y ENSAMBLAJE.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

Tuercas hex G2 3/8"	5	2	10	26/09/2013
Tornillos hex 8 mm	3,5	8	28	26/09/2013
Abrazaderas grandes	25	2	50	26/09/2013
Pega epoxica	82	1	82	26/09/2013
Codocachimbo	43	1	43	26/09/2013
Abrazaderas pequeñas	5	2	10	26/09/2013
Pintura fondo negro 1/4 gal.	75	1	75	30/09/2013
Pintura martillada gris 1/4 gal	180	1	180	02/10/2013
Litro de thinner	70	1	70	02/10/2013
Spray gris alta temperatura	210	3	630	02/10/2013
TOTAL			39377	
			Bs.	

Cabe destacar que el precio de los rotores de grafito fue de 192 US\$ adicionales.

5.5. MONTAJE GENERAL.

Ya con todos los componentes a disposición, se realizó un ordenamiento de piezas, con la misión de hacer más fluido el montaje general. A continuación se describen los pasos que se siguieron para el ensamblaje general con su representación gráfica.

Paso 1: se colocó en posición, la placa lateral derecha, sobre la estructura base y se integraron los tres rodillos de desplazamientos con su respectivas tuercas de sujeción a la placa, tal como se muestra en la Figura 5.17.

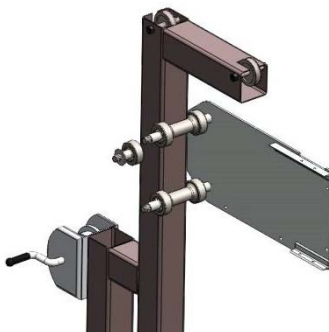


Figura 5.17. Paso 1 del ensamblaje.

Paso 2: a continuación se colocó y sujeto la placa lateral izquierda, con el motor previamente montado. La sujeción fue parcial, en el en el rodillo trasero, tal como se muestra en la Figura 5.18.

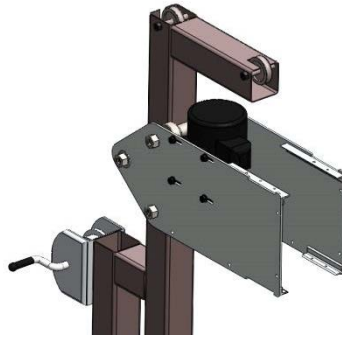


Figura 5.18. Paso 2 del ensamblaje.

Paso 3: en este paso se integraron los subensamblajes de la chumacera superior con el árbol de potencia para posteriormente colocarlos en su ubicación respectiva, tal como se muestra en la Figura 5.19.

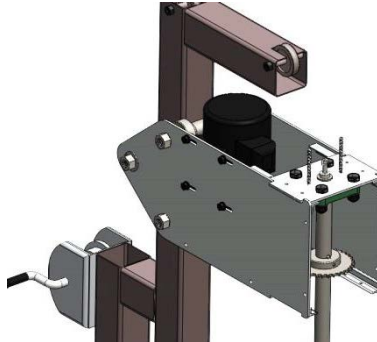


Figura 5.19. Paso 3 del ensamblaje.

Paso 4: Se colocó la cadena de transmisión en su sitio como se muestra en la figura 5.20.



Figura 5.20. Paso 4 del ensamblaje.

Paso 5: Luego de colocada la cadena se integró la chumacera inferior, se realizó el apriete de los prisioneros que sostienen al eje en ambas chumaceras, se colocaron y ajustaron los tornillos que acoplan las placas porta chumaceras a las placas laterales. Seguidamente se realizó el ajuste de la tensión de la cadena, para fijar al motor. Figura 5.21.

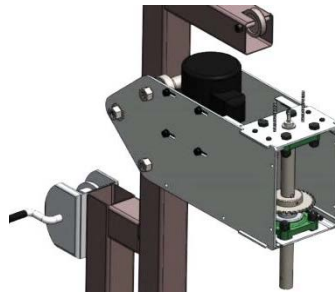


Figura 5.21. Paso 5 del ensamblaje.

Paso 6: Al tener en posición al árbol de potencia, que como se recordará, tiene soldado en su parte superior el dispositivo móvil de la junta rotativa, se procedió a ensamblar los componentes de dicho dispositivos en primer lugar el rodamiento y luego los o-rings los cuales se lubricaron con aceite, para posteriormente instalar la pieza estática de dicho dispositivo como se muestra en la Figura 5.22.

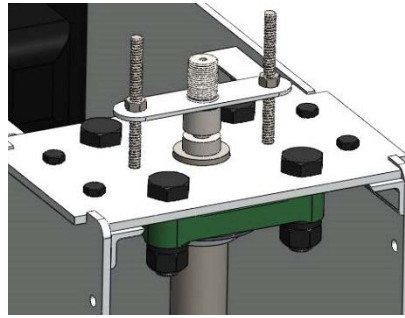


Figura 5.22. Paso 6 del ensamblaje.

Paso 7: Luego se instalaron las respectivas tapas frontal e inferior, esta última con su respectiva lamina de fibra cerámica, tal como se muestra en la Figura 5.23.

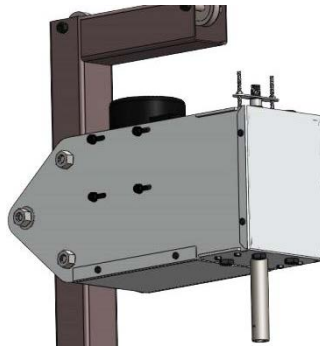


Figura 5.23. Paso 7 del ensamblaje.

Paso 8: este paso consistió, en ensamblar a la parte inferior del árbol de potencia el dispositivo de agarre de rotor. Para ello se aseguraron sus respectivos prisioneros al árbol y se colocaron previamente las dos abrazaderas. Esto se muestra en la Figura 5.24.



Figura 5.24. Paso 8 del ensamblaje.

Paso 9: luego de asegurado el dispositivo anterior, se instaló la lámina que servirá de enganche para el gancho del winche., como se muestra en la Figura 5.25.

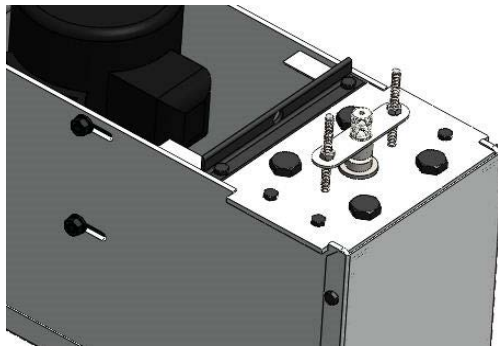


Figura 5.25. Paso 9 del ensamblaje.

Paso 10: a continuación se aseguró la guaya del winche a la plataforma, como se muestra en la Figura 5.26.

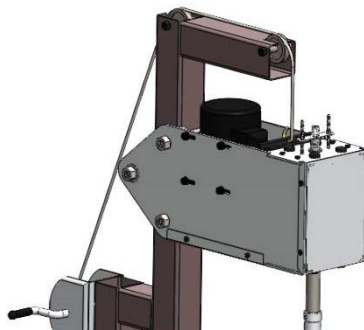


Figura 5.26. Paso 10 de ensamblaje.

Paso 11: una vez asegurada la plataforma se ajustó el rodillo trasero de manera que el deslizamiento se realizara de manera fluida. Se presentaron dificultades para el desplazamiento, ya que la pintura colocada creó un incremento en las dimensiones de la columna por lo que hubo que eliminar algunas franjas de esta pintura para darle libertad de desplazamiento a los rodillos. Esto se muestra en la Figura 5.27.

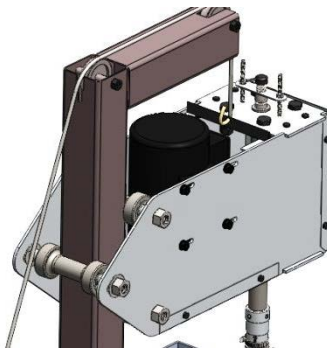


Figura 5.27. Paso 11 del ensamblaje.

Paso 12: a continuación se colocó en su sitio el rotor de grafito procediendo de manera cuidadosa ya que como es sabido, el grafito es un material delicado o frágil. Se introdujo con algo de presión dentro del árbol como era requerido y posteriormente se ajustó el agarre del dispositivo para tal fin cerrando paulatinamente cada una de las abrazaderas colocadas sin sobrepasar el ajuste necesario para inmovilizar el rotor, tal como se muestra en la Figura 5.28.

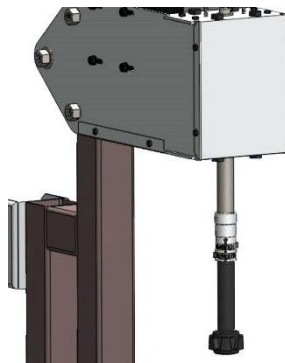


Figura 5.28. Paso 12 del ensamblaje.

En estos doce pasos se engloba todo el montaje de los componentes del equipo sin mencionar los accesorios externos como, la caja de controles, bombona de gas y su manguera y las ruedas para movilidad.

Para acoplar la bombona de gas argón se debe contar con una manguera especial para este propósito que además en su extremo tenga un acople hembra con rosca para NPT de 1/2''.

Ya que no se tenía a disposición una bombona de argón se recurrió al mercado nacional y se adquirieron la bombona tipo 220 con su respectiva válvula reguladora.

Es importante conocer que la conexión entre la bombona y la junta rotativa, debe realizarse antes de ensamblar la pieza fija de la junta al equipo, para poder roscar la unión más fácilmente y asegurar un ajuste totalmente hermético.

En la Figura 5.29. Está representado el ensamblaje total.



Figura 5.29. Ensamblaje total.

5.6. TABLA DE COMPONENTES DEL EQUIPO.

En el *Apéndice B*, se muestra detalladamente los componentes de cada subensamblaje en una vista explosionada.

CAPITULO VI

PUESTA A PUNTO Y VERIFICACIÓN.

Antes de realizar los ensayos para comprobar la funcionalidad de la maquina desgasificadora de aluminio fundido, se determinaron una de parámetros a tomar en cuenta para realizar los distintos procedimientos.

6.1. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Antes de comenzar a operar la maquina es importante leer este manual de operación y mantenimiento, minuciosamente. Si se siguen las instrucciones y recomendaciones de este manual, se puede asegurar un perfecto funcionamiento del equipo de desgasificación de fundición de aluminio. De igual manera si se hace un correcto mantenimiento se puede alargar la vida útil del equipo.

En primer lugar para poder operar el equipo se deben seguir las normas de seguridad existentes en el taller de fundición. Verificar la zona de movilidad donde se desplazara el equipo en caso de ser utilizado en varios sectores del taller determinando previamente el sitio específico de instalación y asegurando la estabilidad del mismo. Para poder operar es necesaria una conexión de 220V.

Una vez hechas las verificaciones anteriores, se procede a una revisión previa de funcionamiento, siguiendo los procedimientos descritos a continuación:

- Inspección visual del sistema de control, que comprende conexiones internas del tablero del control y conexión del motor.
- Revisar que el agarre entre el rotor de grafito y el árbol de potencia sea lo suficientemente firme sin libertad de movilidad entre ellos.

CAPITULO VI. PUESTA A PUNTO Y VERIFICACIÓN.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

- Asegurar que la movilidad de los componentes rotatorios y de desplazamiento lineal, se realice suavemente, verificando una buena lubricación de los rodamientos.
- Asegurar que las tapas de la plataforma estén bien sujetas.
- Conectar la alimentación a una línea de 220V.
- Encender el panel de control por medio de breaker principal. Lo que activara o encenderá al variador de frecuencia. Nota: Las variables de funcionamiento del variador están pre-programadas. Para realizar algún cambio de estas variables revisar el manual de operación del Variador de Frecuencia.
- Realizar un ciclo de activación y desactivación automática en ambos sentidos de giro, para verificar la programación de los timers que controlan el fin de cada ciclo.
- Como último procedimiento previo a operación se deben verificar las conexiones de gas, el buen funcionamiento de la válvula reguladora y el flujo del gas.

Una vez verificado el buen funcionamiento del equipo se puede realizar la operación de desgasificado, siguiendo los procedimientos descritos a continuación:

1. Verificar que la fundición de aluminio este sobre los 700°C y lista para tratamiento en el horno de inducción basculante.
2. Trasladar el equipo de desgasificación a la ubicación previamente establecida detrás del horno tal como se muestra en la Figura 6.1. Los componentes como bombona y tablero de control deben estar alejados por lo menos a 2m de la máquina.



Figura 6.1. Colocación del equipo.

3. Asegurar que el rotor este centrado con relación a la boca del crisol del horno y asegurar esta posición.
4. Conectar el equipo a la fuente de alimentación y realizar el encendido del panel de control “Luz del panel encendida”.
5. Una vez energizado el sistema se debe realizar la apertura de válvula del gas a la presión deseada por el operador.
6. A continuación se desplaza la plataforma en forma vertical hacia abajo aproximadamente unos 25cm de manera que el rotor entre en contacto con el aluminio fundido.
7. Asegurar que el posicionamiento de las perillas de comando estén en la ubicación correcta, ambas perillas superior e inferior giradas hacia la izquierda. Tal como se muestra en la Figura 6.2.

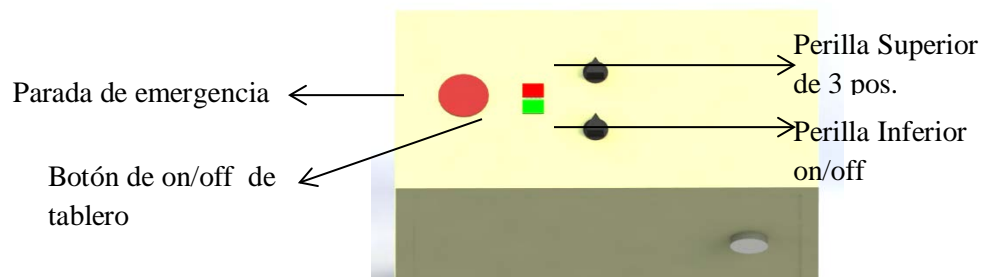


Figura 6.2. Botones del tablero de control.

8. Seguidamente se inicia el tratamiento activando el giro del motor en sentido horario. para ello solo se deberá girar la perilla Inferior hacia la

derecha, este proceso se mantendrá durante el tiempo estipulado por los operadores (tiempo recomendado 3min., controlado por el timer).

9. Una vez finalizado el primer procedimiento se debe activar inmediatamente el sentido de giro en sentido antihorario, acción para la cual se procede girando primero la perilla inferior a la izquierda luego la perilla superior a la derecha y por ultimo volver a girar la perilla inferior a la derecha. Este proceso se realizara durante el tiempo deseado por el operador (tiempo recomendado 2min).
10. Concluido el ciclo se apaga el equipo.
11. Se levanta la plataforma hasta el tope superior asegurando que el rotor este fuera completamente del horno.
12. Se cierra la válvula del gas.
13. Se realiza la colada inmediatamente.
14. Se retira el equipo de desgasificación.

6.1.1. Mantenimiento preventivo.

- Las áreas de la máquina que requieren mayor cuidado preventivo son, la junta rotativa, los rodamientos de chumacera y el rotor de grafito.
- Luego de cada ciclo de uso se debe hacer una inspección visual verificando que todos los componentes estén bien ajustados.
- Se recomienda girar el rotor manualmente verificando la resistencia para girar si existe mucha resistencia al giro engrasar las chumaceras.
- Otro componente que requiere de mayor cuidado es la junta rotativa ya que se puede presentar gran desgaste en los o-rings por lo que se deben aceitar periódicamente y de ser necesario cambiarlos.
- Revisar con frecuencia el ajuste de la cadena transmisora de potencia y si es posible engrasar un poco.

- El rotor de grafito tiene una vida útil de aproximadamente 35 a 45 días de uso continuo, debe ser remplazado una vez concluida su vida útil ya que puede generar un desgasificado deficiente.
- Los componentes electrónicos deben ser altamente protegidos ya que pueden tender a fallar en ambientes hostiles.
- Por último la vida útil del motor según el fabricante en condiciones ideales es de 20000 horas de uso continuo.

6.1.2. Precauciones y recomendaciones.

Durante el tratamiento es indispensable mantener total supervisión del mismo. Si nota algún desperfecto durante la operación no dude en presionar el botón de “Parada de Emergencia”. Tampoco operar el equipo sin las tapas frontal e inferior, ya que podría causar accidentes o desperfectos en el equipo.

Es recomendable establecer variables según la necesidad del tratamiento. Se debe controlar la formación de vórtice según la velocidad de giro ya que el equipo no cuenta con un deflector para evitar la formación de vórtice, sin embargo este se puede controlar con velocidades adecuadas y cambios de giro del rotor.

Durante el tratamiento los operadores deben mantener una distancia prudencial ya que se pueden generar salpicaduras de material fundido.

6.2. VELOCIDAD DE GIRO DEL ROTOR.

Para determinar la velocidad deseada de giro del rotor se procedió a realizar una tabla donde se especifica la relación directa entre el variador de frecuencia, la velocidad de salida del motor y en consecuencia la velocidad de giro del rotor. Esto se muestra en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1. Datos de velocidades de rotación.

Hz variador	Rpm Motor	Rpm Rotor
5	127	42,33
10	290	96,66
15	436	145,33
20	581	193,66
25	726	242
30	872	290,66
35	1017	339
40	1162	387,83
45	1308	436
50	1453	484,3
55	1598	532,66
60	1745	581,66

La figura 6.1., muestra la relación entre los Hz del motor y la velocidad de giro del rotor.

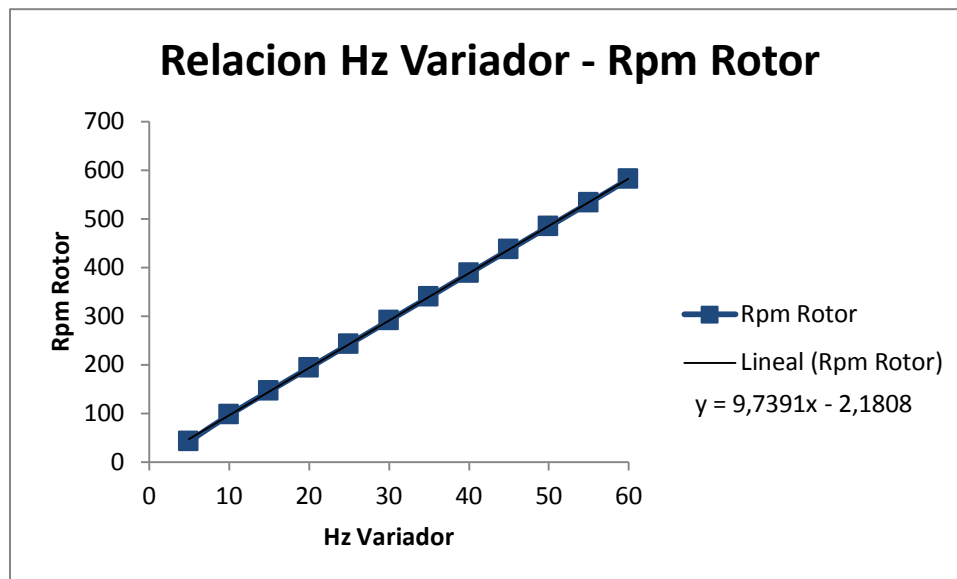


Figura 6.3. Relación Hz Variador – Rpm Rotor.

La ecuación del gráfico puede ser utilizada para seleccionar una velocidad requerida dependiendo de los Hertz introducidos en el variador de frecuencia, se recomienda leer el manual del variador.

6.3. PREPARACION PARA LOS ENSAYOS.

Para la realización de los distintos ensayos, se usó un crisol con una capacidad de 5 Kg. de fundición, que sustituyó al horno de inducción basculante, ya que no se tenía uno a disposición. Para ello se colocó una base donde se ubicaría el crisol con una altura suficiente que permitiera simular la altura del horno de inducción. También se realizó la revisión de las variables, velocidad de rotación, tiempo de tratamiento y presión del gas a inyectar.

Con todas las variables iniciales determinadas, se procedió a realizar una serie de simulacros con los movimientos que se harían en el proceso por parte de los operadores, de manera que se optimizara la operación y sus respectivos tiempos sin poner en riesgo la integridad física del personal.

Cabe destacar que para todos los ensayos se usó un molde cilíndrico de 4 pulgadas de diámetro y 2 pulgadas de alto, donde se realizaron las coladas, obteniéndose muestras con las dimensiones suficientes para su posterior análisis o inspección visual. Este molde se muestra en la Figura 6.2.



Figura 6.4. Molde Cilíndrico.

6.3.1. Primer ensayo.

Para este primer ensayo se tomaron como variables iniciales: una velocidad de giro de 581.66rpm que según la tabla 6.1 equivale a 60Hz en el variador, en sentido horario (en este ensayo se realizó el procedimiento solo en sentido de giro horario) y con un rango de flujo de gas argón de 5 lts/min cuya conversión es 10.6 SCFH (Standart Cubic Feet per Hour), escala del flujometro de la válvula.

Se precalentó el rotor de grafito hasta alrededor de 350°C utilizando oxiacetileno, el molde que se usaría para la colada se introdujo en el horno para ser precalentado igualmente. Una vez la fundición llegó a los 700°C se extrajo el crisol y se colocó en el sitio previamente marcado, una vez ubicado allí se desplazó la plataforma hasta que el rotor llegó a aproximadamente 50mm del fondo del crisol, durante la inmersión del rotor se notó un burbujeo excesivo que produjo salpicaduras, por lo que se debió disminuir el rango de flujo del gas argón hasta 5 SCFH aproximadamente, luego de lograr disminuir el exceso de burbujeo se activó la rotación del rotor cuya velocidad ascendió paulatinamente (de 0 a 581,66rpm en 10seg.) hasta unas 581,66rpm, una vez alcanzada esta velocidad se pudo observar una formación de vórtice, lo que no es conveniente para el tratamiento, por ello se detuvo la operación unos instantes para configurar el variador y reducir la velocidad de giro en un 50% hasta unas 290rpm aproximadamente, notando la disminución de vórtice pero no en su totalidad, por esta razón se tuvo que corregir nuevamente la velocidad y se redujo a 242rpm velocidad en la cual se eliminó la formación de vórtice. A pesar de la eliminación de vórtice aún se producía un burbujeo muy fuerte, el cual probablemente se debió a la ubicación del rotor, este procedimiento inicial duró unos siete minutos y medio, por lo que al realizar la colada el aluminio ya comenzaba a solidificar. Haciendo imposible obtener muestra de la desgasificación inicial con las características deseadas, sin embargo nos proporcionó datos e información suficiente para el siguiente procedimiento.

De igual manera a la muestra obtenida se le realizó una inspección visual, para lo cual se cortó una sección, se maquinó uno de sus lados y se lijo hasta obtener una superficie pulida. En la figura 6.3 se observa la muestra.



Figura 6.5. Muestra del primer ensayo.

6.3.2. Segundo ensayo.

Para realizar el segundo ensayo y teniendo una experiencia previa, se tomaron como valores de las variables como sigue: velocidad de rotación 250rpm (28,5 Hz), una curva de aceleración que va de 0 a 250 rpm en 15seg. y de 250 a 0 rpm en 10seg., rango de flujo de gas en 5 pie³/hr., distancia del rotor al fondo del crisol de 30mm y tiempo de operación de 1min.

Se procedió a precalentar al rotor hasta aproximadamente 480°C una vez el horno estuviera en 700°C, en primera instancia se intentó realizar el procedimiento sumergiendo el rotor en la fundición sin previamente abrir el flujo de gas argón, lo que ocasiono inconvenientes en la sumersión del rotor, por lo que se abortó este primer intento de tratamiento. Esto ocasiono que el rotor quedara totalmente recubierto con material de fundición, se obstruyó el

ducto por donde se realiza la inyección de gas. Para eliminar esta obstrucción se utilizó el calentamiento con oxiacetileno, y una pinza para sacar la obstrucción.

Para el segundo intento, una vez se tenían los parámetros ideales se procedió a sumergir al rotor dentro del material fundido, esta vez con la válvula de gas abierta para un flujo cercano a 5 pie³/hr., aproximadamente, una vez el rotor llegó a la distancia previamente acordada, se activó la rotación del mismo y se corrigió el flujo de gas a 10 pie³/hr. El tratamiento se mantuvo por espacio de un minuto, se detuvo el giro del rotor y posteriormente se extrajo del crisol. Se realizó la colada y se obtuvo una muestra bastante completa para su posterior análisis. Esta muestra se observa en la Figura 6.4.



Figura 6.6. Muestra del segundo ensayo.

6.3.3. Ensayo Comparativo.

Para realizar este ensayo, se realizó la prueba sin el equipo de desgasificación de aluminio para tomar como referencia la porosidad generada sin el mismo. Se fundió el aluminio a 700°C y se procedió inmediatamente a la colada en el molde. La muestra se observa en la Figura 6.5.



Figura 6.7. Muestra del ensayo comparativo.

6.4. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS.

Una vez realizados los ensayos correspondientes se procedió a la preparación de las probetas para la correspondiente inspección.

Para la preparación de las probetas se contó con una tronzadora para realizar los cortes y una lijadora de palma 110 mm con papel de lijas desde un grano grueso de 300 hasta un grano fino de 600 marca 3M, para la pulitura de la superficie lo que nos proporciona una mejora en la visualización de las porosidades.

Luego de preparadas las probetas se realizó un análisis tomando como punto de partida la probeta a la cual no se le hizo tratamiento desgasificantes alguno, para de esta manera tener la referencia de una mala fundición de aluminio y hacer la comparativa con las probetas con tratamiento.

La probeta sin tratamiento presenta una condición altamente porosa, esta porosidad está distribuida homogéneamente en toda la superficie analizada, se puede ver que los tamaños de estos poros son bastante similares o regulares en toda el área.

Analizando la probeta del segundo ensayo mostrada se puede apreciar una porosidad menos homogénea y cuya dispersión es mayor en la toda la superficie. Los poros presente en esta probeta no tienen un tamaño único, se puede ver que existen poros de mayores dimensiones, pero en menor cantidad

CAPITULO VI. PUESTA A PUNTO Y VERIFICACIÓN.

Diseño concurrente de un equipo de degasificación para fundiciones de aluminio.

que en la probeta sin tratamiento, así como poros casi imperceptibles a simple vista. Una observación adicional es que la mayor concentración de porosidad en esta probeta está en la parte central superior de la superficie analizada.

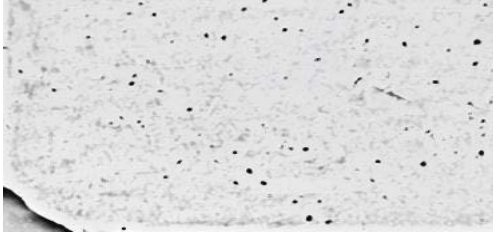
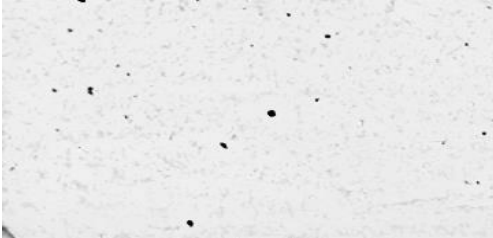

Por último se analizó la probeta del primer ensayo, cabe recordar que las dimensiones de esta probeta son menores a las probetas antes analizadas. Se puede observar una pieza bastante limpia con poca aparición de porosidades a simple vista, con una única formación de poros que se encuentra cercano a la parte central superior de esta superficie.

Para hacer un análisis cuantitativo de la aparición de porosidades en áreas iguales de las tres probetas, se tomaran superficies del mismo tamaño (20x40mm) y se contabilizaran los poros perceptibles visualmente, presentes en dichas áreas. En la Tabla 6.2., se presenta una comparación de los resultados.

CAPITULO VI. PUESTA A PUNTO Y VERIFICACIÓN.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

Tabla 6.2. Tabla comparativa de los resultados.

Probeta	Imagen	Cantidad de Poros (Aprox.)	% Porosidad con respecto al área
Ensayo 3 Sin Desgasificar.		80	100 %
Ensayo 2 Desgasificado 1min.		30	37.5 %
Ensayo 1 Desgasificado 7min.		10	12.5 %

CAPITULO VI. PUESTA A PUNTO Y VERIFICACIÓN.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

Al analizar la tabla se puede apreciar que para realizar una desgasificación de calidad es necesario realizar el tratamiento por un tiempo no menor a cinco minutos, para ello se debe contar con las condiciones ideales para las cuales la maquina ha sido diseñada (tratamiento sobre un horno de inducción). Cabe destacar que estos resultados están basados en tratamientos hechos en condiciones poco favorables para el fin.

También se puede apreciar que se logra disminuir la cantidad de formación de porosidad en un 60% con solo aplicar el tratamiento durante un minuto, mientras que para un tratamiento de siete minutos se elimina la formación de porosidad en un 78%.

Para un mejor conocimiento de la eficacia del equipo se deberán realizar una mayor cantidad de ensayos de manera que se obtenga una data más completa que permita perfeccionar el funcionamiento y a su vez los resultados definitivos.

CONCLUSIONES.

- Se aplicaron las fases del diseño conceptual propuestas, demostrándose que la utilización de sus postulados son capaces de producir una convergencia hacia una solución viable.
- Aplicando cálculos y teorías convenientes se realizó el diseño del equipo de desgasificación de aluminio.
- Con el uso de un modelado en programa CAD se pudo pre visualizar el prototipo.
- Se elaboraron los planos del equipo de desgasificación de aluminio con su respectiva tabla de componentes.
- Se eligieron todos los elementos y materiales para construir el equipo de acuerdo a sus atributos, sus costos y su disponibilidad en el mercado.
- Se construyó el equipo basándose en las especificaciones mostradas en los planos elaborados.
- Se verificó la operatividad del equipo al comportarse como se esperaba.
- Su funcionalidad fue comprobada en cada ensayo realizado.
- Se realizó un manual de operaciones y mantenimiento necesario para conservar el equipo en buen estado y a su vez buen funcionamiento.
- La fabricación nacional de este equipo representaría una solución de costos razonables para los pequeños y medianos fundidores para fabricar piezas de aluminio de buena calidad.

RECOMENDACIONES.

- El equipo debe ser utilizado en el horno de inducción para el cual fue diseñado.
- Realizar las pruebas fehacientes para mejorar su funcionabilidad dependiendo del horno donde se use.
- Se recomienda aplicar el manual de operaciones cada vez que se utilice el equipo desgasificador y el manual de mantenimiento una vez utilizado.
- Realizar los cálculos y redimensionamiento para hornos de mayor capacidad.
- Se recomienda automatizar el proceso con un sistema de control automático para facilitar su uso.
- Se recomienda colocarle un dispositivo de ascenso y descenso automático ya sea un actuador lineal neumático, hidráulico o eléctrico.
- Es recomendable la revisión de las chumaceras una vez expuestas a altas temperaturas y de ser necesario cambiar el tipo de grasa para altas temperaturas.
- Verificar las conexiones y el cableado en general con frecuencia.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

NEMA 4. Para uso interior o al aire libre, proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto incidental con el equipo, proporcionar un grado de protección contra suciedad, lluvia, aguanieve, nieve, vientos de polvo, salpicaduras de agua y chorros dirigidos de agua, además permanecerá ileso a pesar de la formación externa de hielo.

Interruptor Magnetotérmico. Es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica en un circuito: el magnético y el térmico. El dispositivo consta, por tanto, de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga.

Variador de Frecuencia. Sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad y puede invertir el sentido de giro del motor.

Seccionadores porta fusibles. Elementos de protección que están especialmente diseñados para montarse en cabecera de cuadros eléctricos para la protección e interrupción (según calibres) de los circuitos principales (incluido el paro de emergencia), tanto en circuitos de distribución eléctrica como circuitos de salidas motor. Garantizan simultáneamente el seccionamiento.

Contacto. Componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito

de mando, tan pronto se de tensión a la bobina, con la capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción.

Relé. Dispositivo electromecánico que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico.

Temporizadores Electrónicos. El principio básico de este tipo de temporización, es la carga o descarga de un condensador mediante una resistencia. Por lo general se emplean condensadores electrolíticos, siempre que su resistencia de aislamiento sea mayor que la resistencia de descarga: en caso contrario el condensador se descargaría a través de su insuficiente resistencia de aislamiento.

Árbol. Los árboles son elementos de máquinas que giran siempre con los elementos que soportan a los que hacen girar o giran con ellos. Estos elementos que soportan se fijan por medio de chavetas, ranuras estriadas o uniones forzadas, son elementos que transmiten potencia y están sometidos a esfuerzos de torsión.

Chaveta. Es una pieza de sección rectangular o cuadrada que se inserta entre dos elementos que deben ser solidarios entre sí para evitar que se produzcan deslizamientos de una pieza sobre la otra. El hueco que se mecaniza en las piezas acopladas para insertar las chavetas se llama chavetero. La chaveta tiene que estar muy bien ajustada y carecer de juego que pudiese desgastarla o romperla por cizallamiento.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

Corte con láser. Técnica empleada para cortar piezas de chapa caracterizada en que su fuente de energía es un láser que concentra luz en la superficie de trabajo. Para poder evacuar el material cortado es necesario el aporte de un gas a presión como por ejemplo oxígeno, nitrógeno o argón. Es especialmente adecuado para el corte previo y para el recorte de material sobrante pudiendo desarrollar contornos complicados en las piezas. El láser afecta térmicamente al metal pero si la graduación es la correcta no deja rebaba. Las piezas a trabajar se prefieren opacas y no pulidas porque reflejan menos. Los espesores más habituales varían entre los 0,5 y 6 mm para acero y aluminio.

Collets. es un dispositivo de sujeción específicamente, un subtipo de mandril que forma un cuello alrededor del objeto que se realizará y ejerce una gran fuerza de sujeción en el objeto cuando se aprieta, por lo general por medio de una cónica collar exterior. Puede ser utilizado para sostener una pieza de trabajo o una herramienta.

Junta Tórica. junta de forma toroidal, habitualmente de goma, cuya función es la de asegurar la estanqueidad de fluidos, por ejemplo en cilindros hidráulicos y cilindros neumáticos, como también en equipamiento de submarinismo acuático. Por lo general, se encuentra en equipos para impedir el intercambio de líquidos o gases en las uniones entre piezas desmontables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) (1978). Norma 1002-78: aluminio y sus aleaciones. Sistema de designación de aleaciones. Venezuela.
- Corporación Furukawa. (2008). Aluminios PFK. Catálogo de perfiles. Perú: autor.
- Debandi, C. (1982). *Fabricación de piezas fundidas con aleaciones de aluminio, aspectos básicos y avanzados*. Caracas, Venezuela.
- Groover, M. (1997). *Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas*". México: Pearson.
- Hufnagel, W. (1992). *Manual del aluminio Vol. II*. (2ª ed.). España: Reverté.
- Instituto para el Análisis de la Defensa (IDA siglas en ingles). (1986). *Informe R-338*. Estados Unidos: Autor.
- Riba, Carles. (2002). *Diseño concurrente*. Barcelona, España: UPC Universitat Politècnica de Catalunya.
- Kalpakjian, S. y Schmid, S. (2002). *Manufactura, ingeniería y tecnología* (4ª ed.). México: Pearson.
- McCabe, W.; Smith, J. y Harriot, P. (1991). *Operaciones unitarias en ingeniería química* (4ª ed.) España: McGraw-Hill.
- Milani, R. (1997). *Diseño para nuestra realidad*. Miranda, Venezuela: Equinoccio.

BIBLIOGRAFÍA.

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

Pereira, P.; Ruiz, M. (2010). Aplicación de técnicas del diseño conceptual para la creación de un espacio de enseñanza -aprendizaje que reúna conocimientos teóricos con experiencias técnicas. TEG, EIM - UCV.

Sambrano, J. y Steiner, A. (1999). *Los mapas mentales, agenda para el éxito*. Caracas, Venezuela: Alfadil.

Valor, A. (2011). Aluminio - Desgasificado eficiente sin cloro. *El periódico de ver: información para fundidores*. N° 1. P. 2.

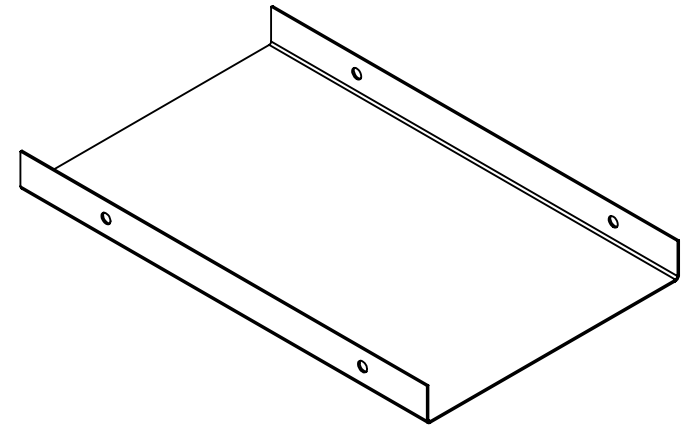
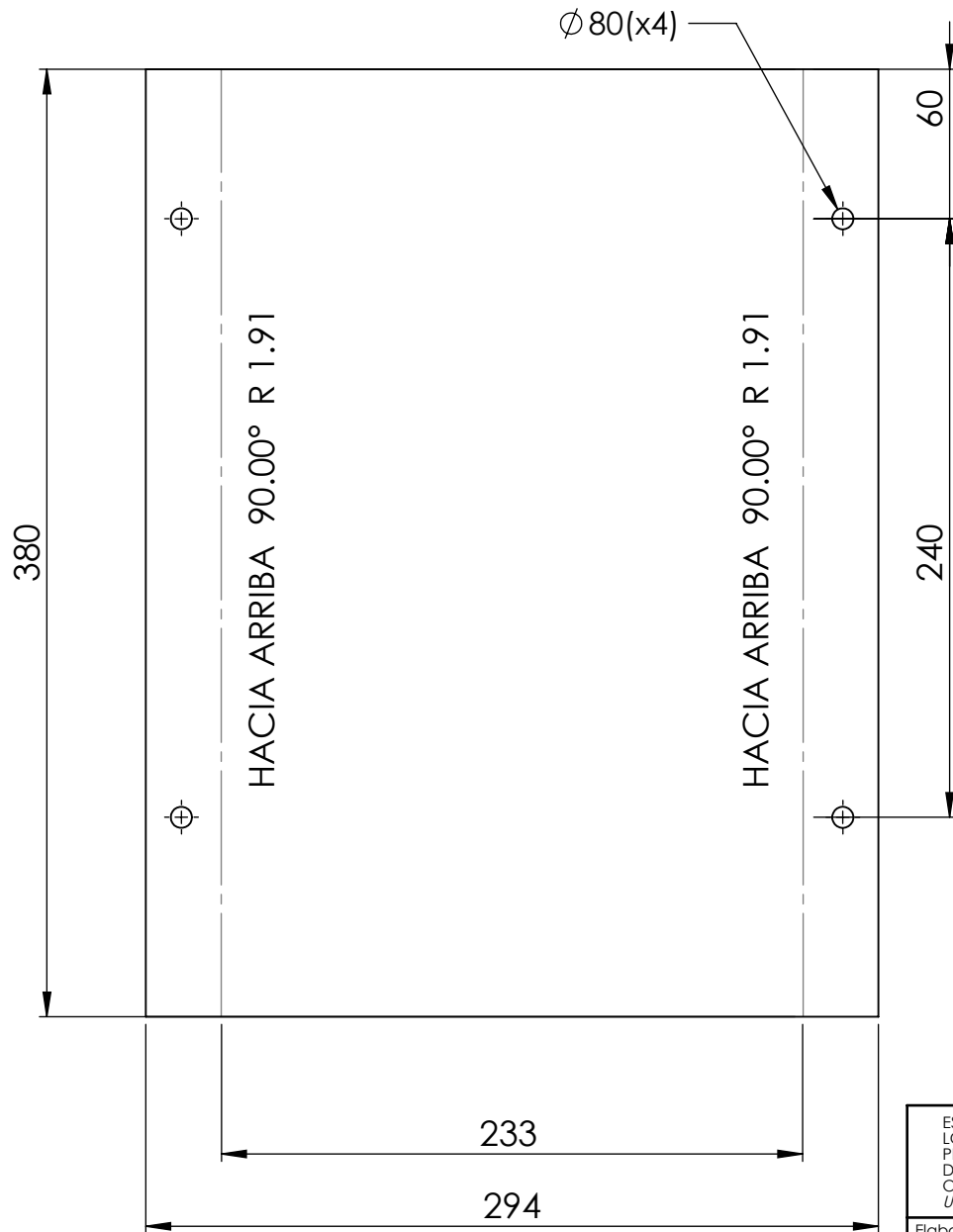
FUENTES ELECTRÓNICAS.

- Cryoinfra. (2010). Desgasificado de aluminio N2 – Ar. [Página web en línea].
Consultada el 20 de febrero 2012. Disponible
en: <http://www.cryoinfra.com/productos-y-servicios/gases/bioxido-de-carbono-co2/item/72-desgasificado-de-aluminio-n2-%E2%80%A2-ar>
- Dynamic Sealing Technologies, Inc. (2013). *¿Qué es una junta rotativa?*.
[Investigación en línea]. Consultado el 3 de abril de 2013
en: <http://es.dsti.com/junta-rotativa/>
- Espinosa, M. y Domínguez, M. (2005). *La ingeniería concurrente, una filosofía actual con plenas perspectivas de futuro*. [Investigación en línea].
Consultado el 15 de enero de 2012
en: http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/conceptoingenieriaconcurrente/
- Joniaux, J. (1987). *Desgasificación del aluminio con nitrógeno gaseoso*. [Tesis en línea]. Escuela superior politécnica del litoral. Guayaquil, Ecuador.
Consultada el 21 de enero del 2012
en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4527/1/7047.pdf>
- Parquer Hannifin Corp. (2013). *Catalogo O-ring Parker*. [Página web en línea].
Consultada el 20 de febrero de 2013
en: http://www.parker.com/literature/ORD%205700%20Parker_O-Ring_Handbook.pdf

APÉNDICES

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

Apéndice A. Planos del equipo de desgasificación de aluminio.

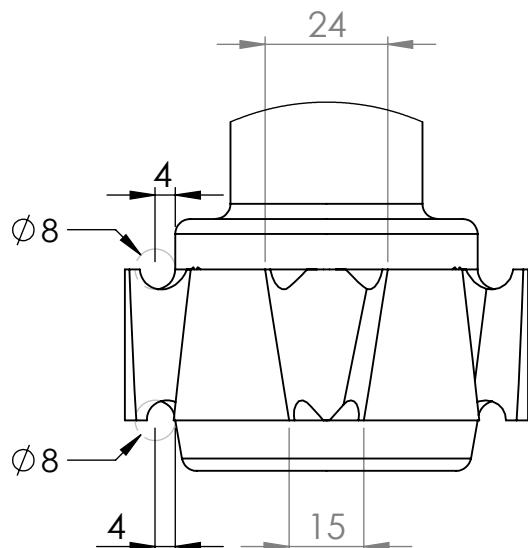
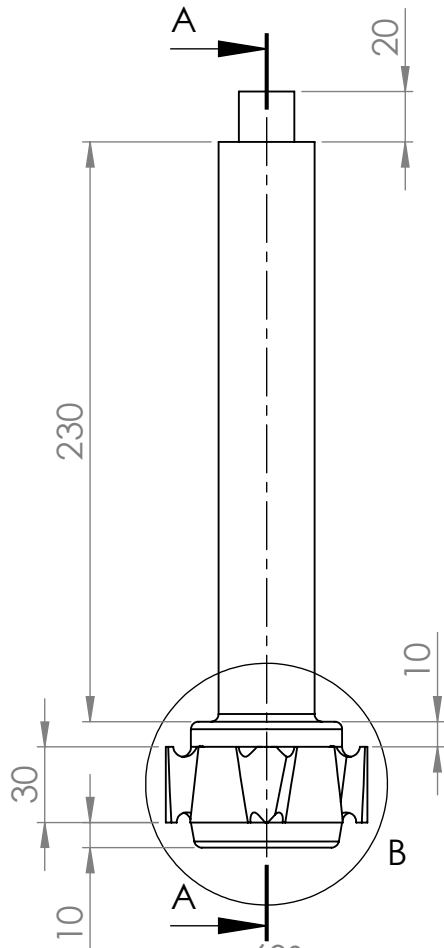


Vista Isométrica
ESC: 1:5

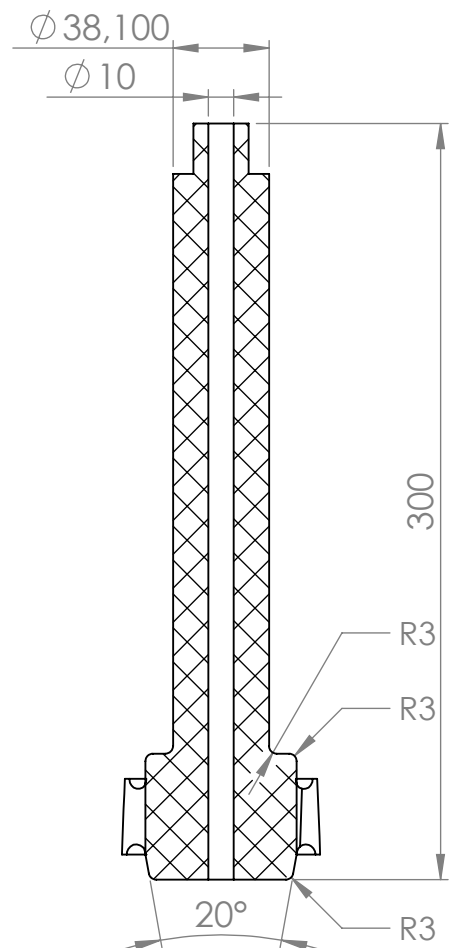
ESTE DOCUMENTO ESTA PROTEGIDO POR LOS DERECHOS DE COPIA Y LOS DATOS ESCRITOS EN EL O EL ADJUNTO CONTIENEN INFORMACION PROPIA Y SECRETOS COMERCIALES DE *CORPOREA U.C.V c.a* NI EL DOCUMENTO NI LOS DATOS PUEDEN SER REPRODUCIDOS, UTILIZADOS O DIVULGADOS A CUALQUIER PERSONA SIN PERMISO DE *CORPOREA U.C.V c.a*



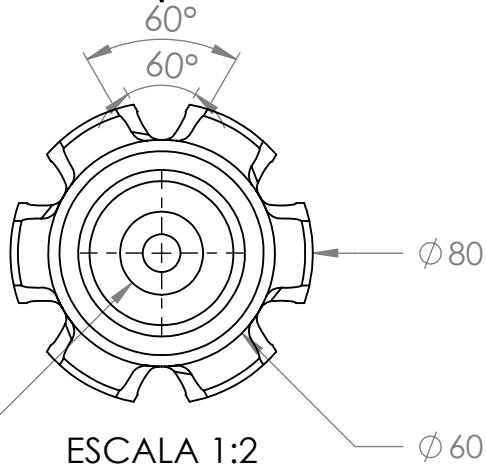
Elaborado: Marcos Arcila Ramon Tocuyo		Fecha:	Proyecto: "Desgasificadora de Aluminio Fundido"	
Tutor: Ing. Othman Falcón		Pieza: Tapa Inferior		Escala: 1:3
		Material: Lamina de Acero calibre 16		Unidades: mm
		Nº de parte:	Nº de hoja:	



DETALLE B
ESCALA 2 : 3



SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 3

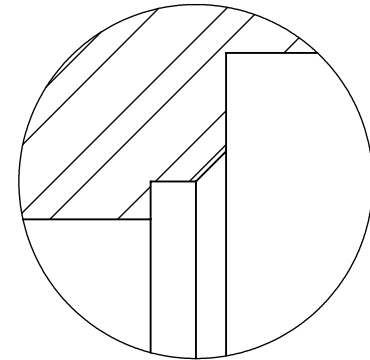
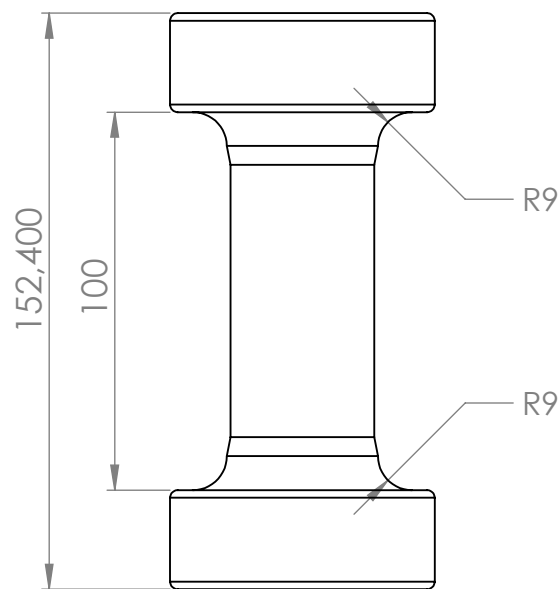
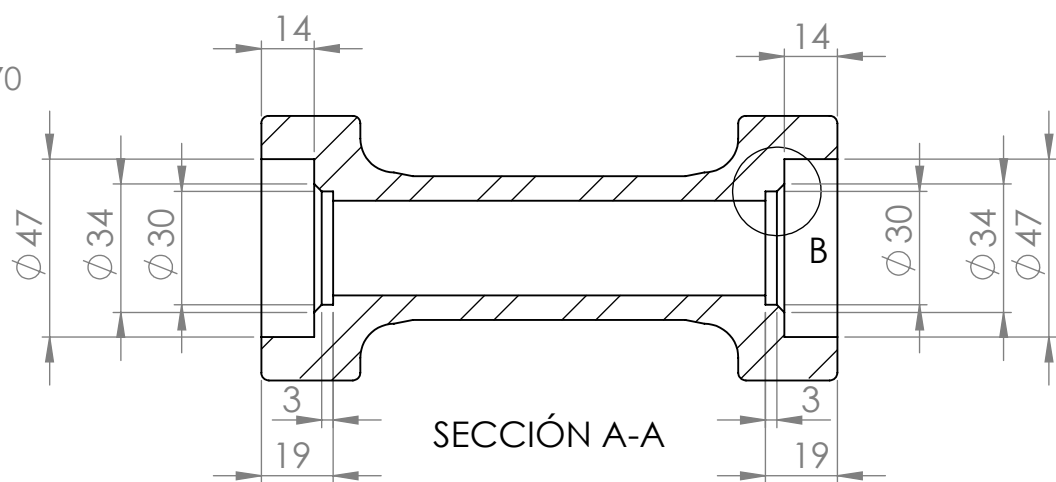
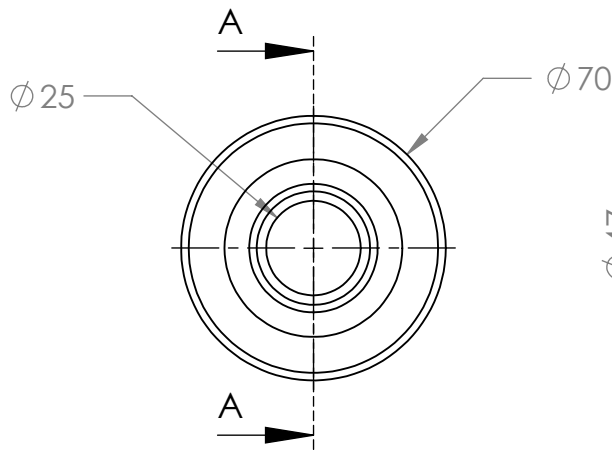


ESCALA 1:2

ESTE DOCUMENTO ESTA PROTEGIDO POR LOS DERECHOS DE COPIA Y LOS DATOS ESCRITOS EN EL O EL ADJUNTO CONTIENEN INFORMACION PROPIA Y SECRETOS COMERCIALES DE CORPOREA U.C.V c.a NI EL DOCUMENTO NI LOS DATOS PUEDEN SER REPRODUCIDOS, UTILIZADOS O DIVULGADOS A CUALQUIER PERSONA SIN PERMISO DE CORPOREA U.C.V c.a



Elaborado: Marcos Arcila Ramon Tocuyo		Fecha: 22/7/2013	Proyecto: "Desgasificadora de Aluminio Fundido"
Tutor: Ing. Othman Falcón			Pieza: Eje-Rotor
		Material: Grafito	Escala: 1:3
		Nº de parte:	Nº de hoja:
		Unidades: mm	

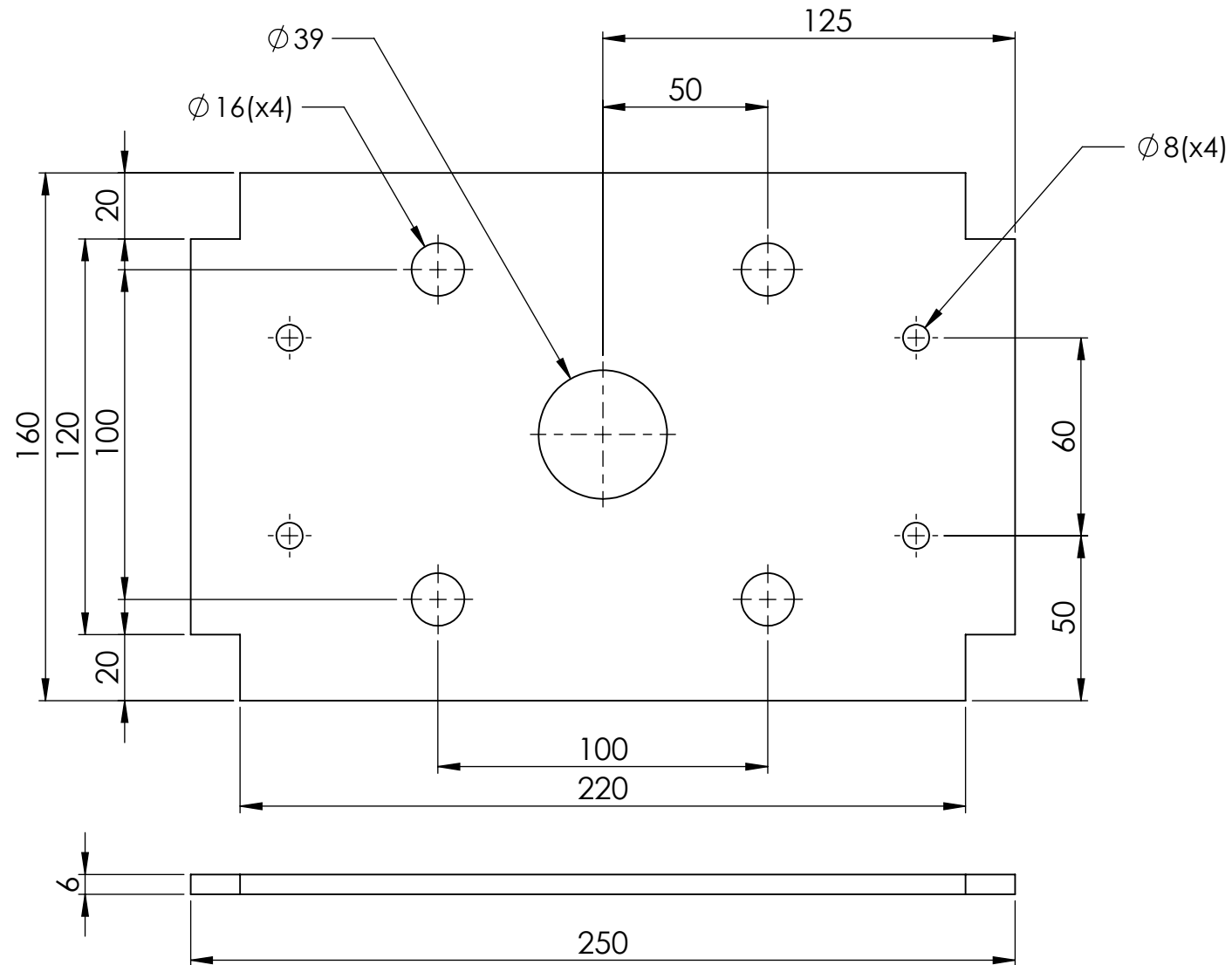


DETALLE B
ESCALA 2 : 1

ESTE DOCUMENTO ESTA PROTEGIDO POR LOS DERECHOS DE COPIA Y LOS DATOS ESCRITOS EN EL O EL ADJUNTO CONTIENEN INFORMACION PROPIA Y SECRETOS COMERCIALES DE CORPORA U.C.V c.a NI EL DOCUMENTO NI LOS DATOS PUEDEN SER REPRODUCIDOS, UTILIZADOS O DIVULGADOS A CUALQUIER PERSONA SIN PERMISO DE CORPORA U.C.V c.a



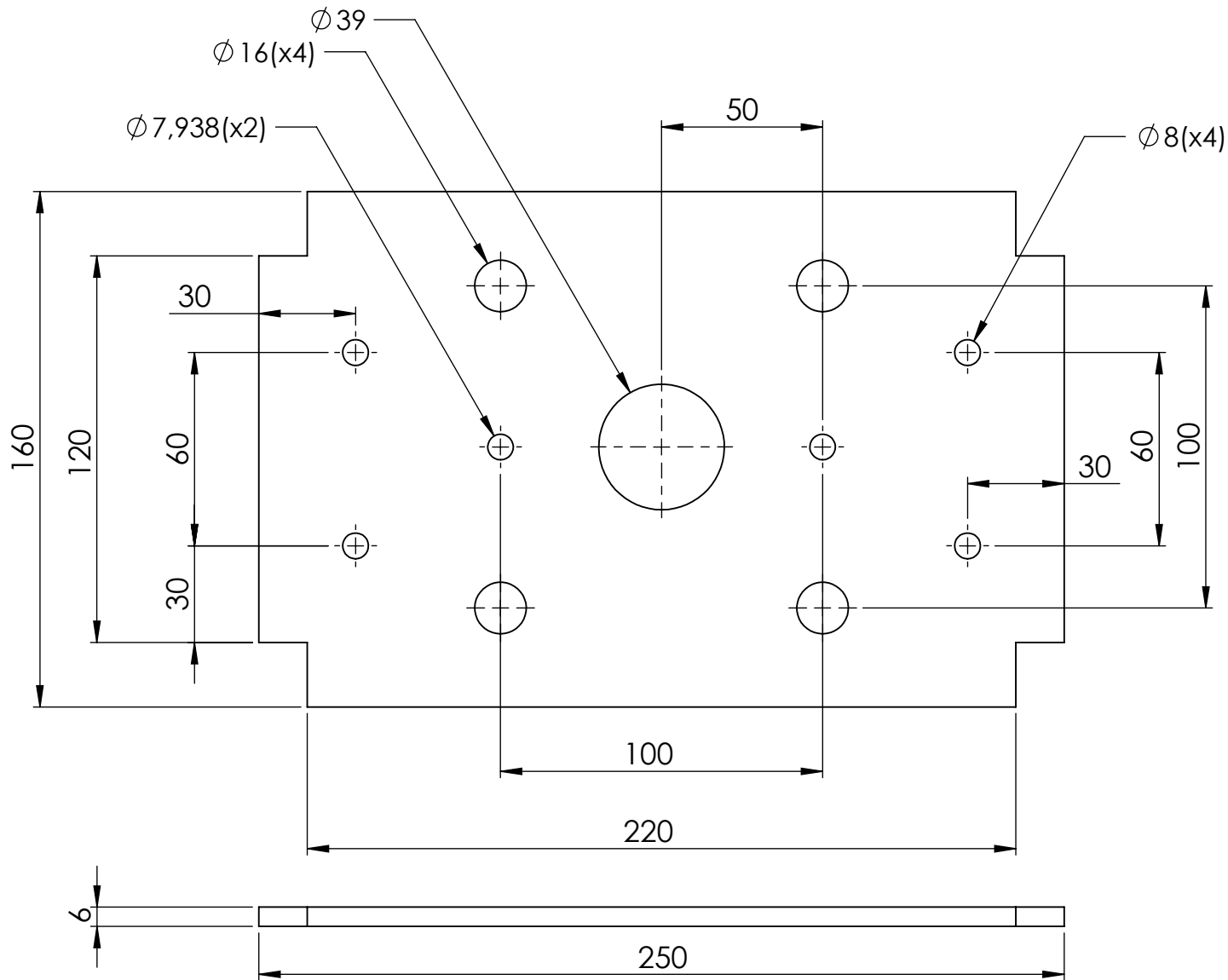
Elaborado: Marcos Arcila Ramon Tocuyo		Fecha:		Proyecto: "Desgasificadora de Aluminio Fundido"	
Tutor: Ing. Othman Falcón		Material: Acero 1045		Escala: 1:2	
		Nº de parte: 2		Nº de hoja:	
				Unidades: mm	



ESTE DOCUMENTO ESTA PROTEGIDO POR LOS DERECHOS DE COPIA Y LOS DATOS ESCRITOS EN EL O EL ADJUNTO CONTIENEN INFORMACION PROPIA Y SECRETOS COMERCIALES DE CORPOREA U.C.V c.a NI EL DOCUMENTO NI LOS DATOS PUEDEN SER REPRODUCIDOS, UTILIZADOS O DIVULGADOS A CUALQUIER PERSONA SIN PERMISO DE CORPOREA U.C.V c.a



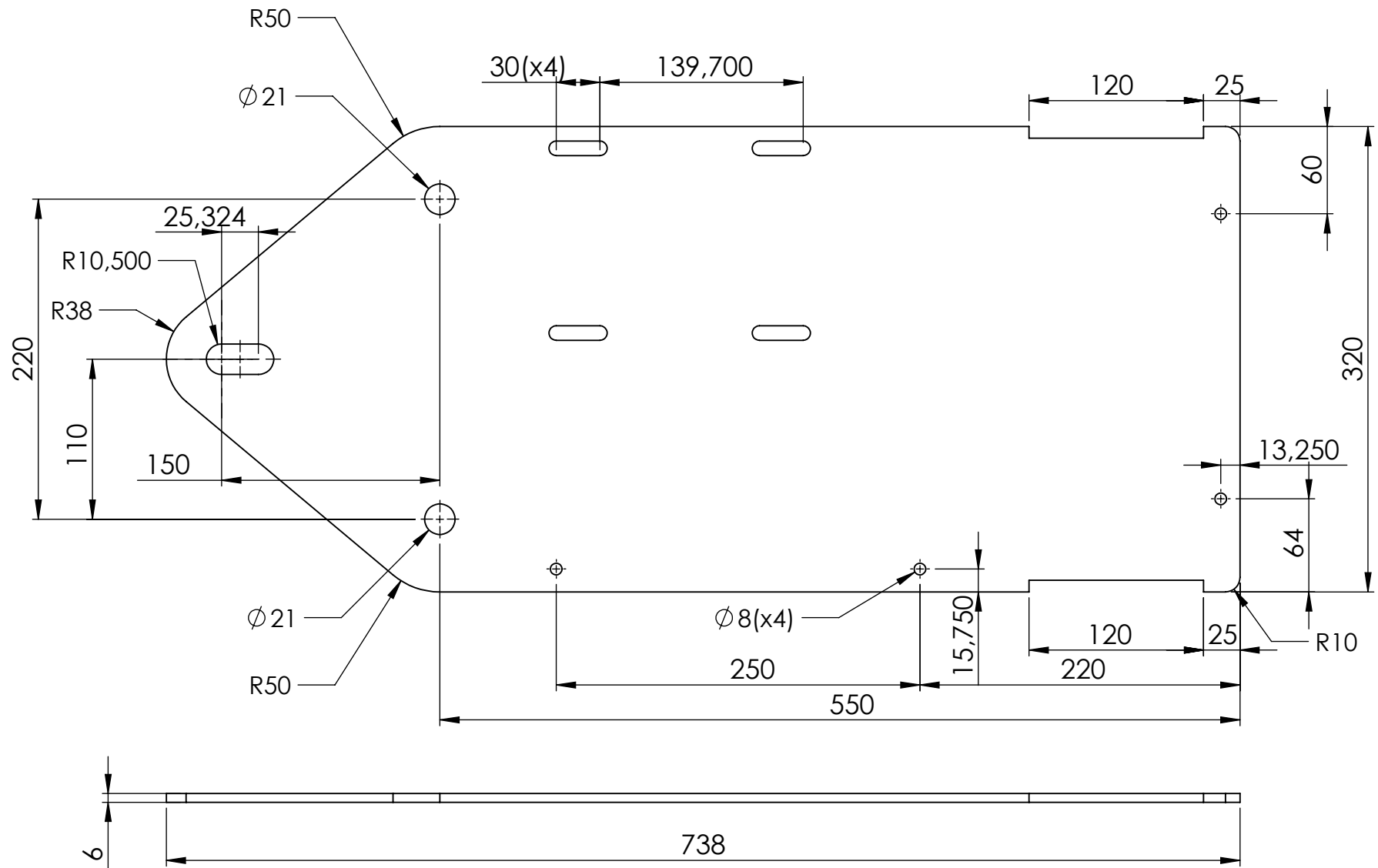
Elaborado: Marcos Arcila Ramon Tocuyo		Fecha:	Proyecto: "Desgasificadora de Aluminio Fundido"	
Tutor: Ing. Othman Falcón		Pieza: Placa Sosten de Chumacera Inf.		Escala: 1:2
		Nº de parte:	Nº de hoja:	Unidades: mm



ESTE DOCUMENTO ESTA PROTEGIDO POR LOS DERECHOS DE COPIA Y LOS DATOS ESCRITOS EN EL O EL ADJUNTO CONTIENEN INFORMACION PROPIA Y SECRETOS COMERCIALES DE CORPOREA U.C.V c.a NI EL DOCUMENTO NI LOS DATOS PUEDEN SER REPRODUCIDOS, UTILIZADOS O DIVULGADOS A CUALQUIER PERSONA SIN PERMISO DE CORPOREA U.C.V c.a



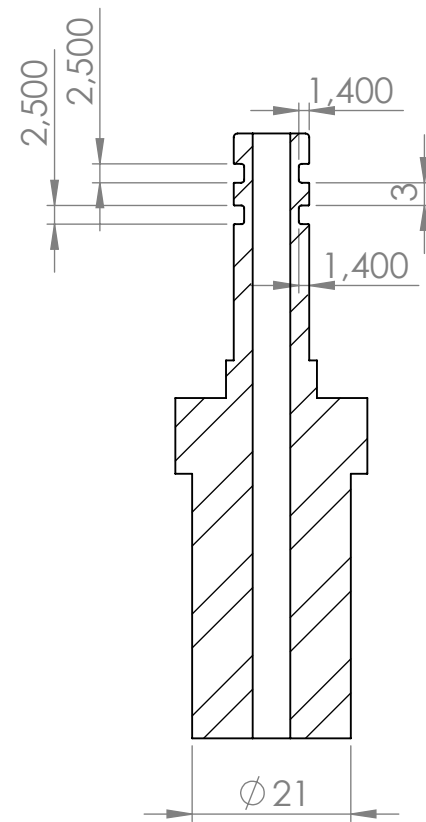
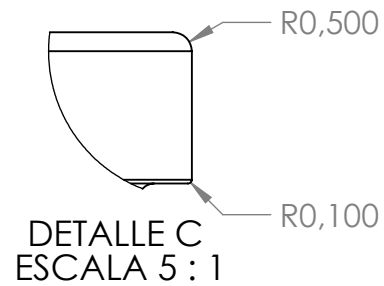
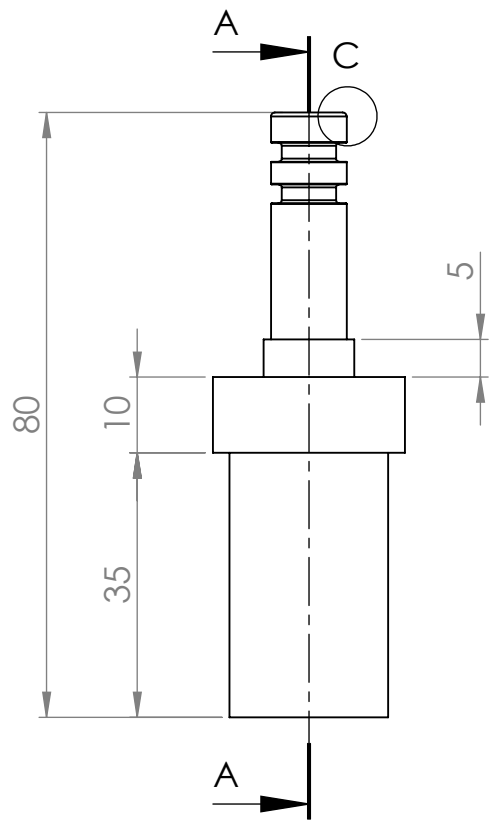
Elaborado: Marcos Arcila Ramon Tocuyo		Fecha:	Proyecto: "Desgasificadora de Aluminio Fundido"	
Tutor: Ing. Othman Falcón		Pieza: Placa Soporte de Chumacera sup.		Escala: 1:2
		Nº de parte:	Nº de hoja:	Unidades: mm



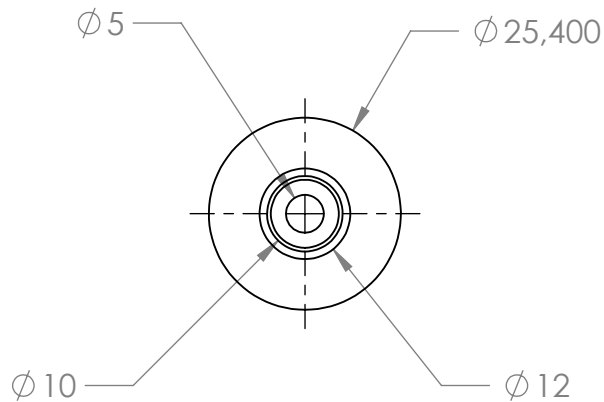
ESTE DOCUMENTO ESTA PROTEGIDO POR LOS DERECHOS DE COPIA Y LOS DATOS ESCRITOS EN EL O EL ADJUNTO CONTIENEN INFORMACION PROPIA Y SECRETOS COMERCIALES DE CORPOREA U.C.V c.a NI EL DOCUMENTO NI LOS DATOS PUEDEN SER REPRODUCIDOS, UTILIZADOS O DIVULGADOS A CUALQUIER PERSONA SIN PERMISO DE CORPOREA U.C.V c.a



Elaborado: Marcos Arcila Ramon Tocuyo		Fecha:		Proyecto: "Desgasificadora de Aluminio Fundido"	
Tutor: Ing. Othman Falcón		Material: Lamina de Hierro Negro 6mm		Escala: 1:4	
Nº de parte:		Nº de hoja:		Unidades: mm	



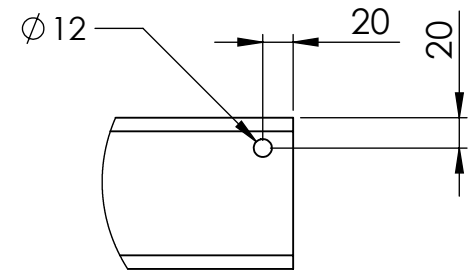
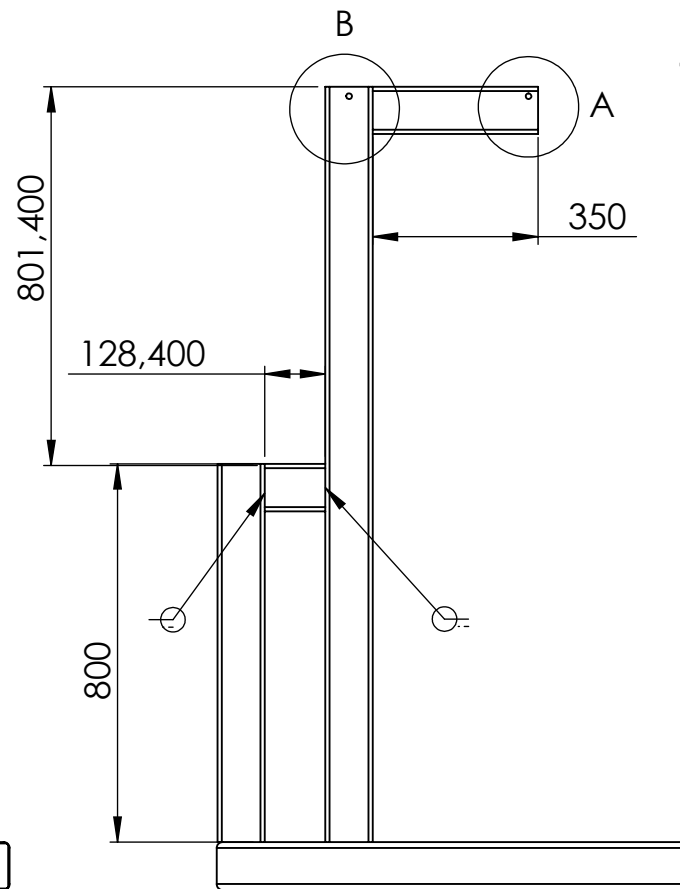
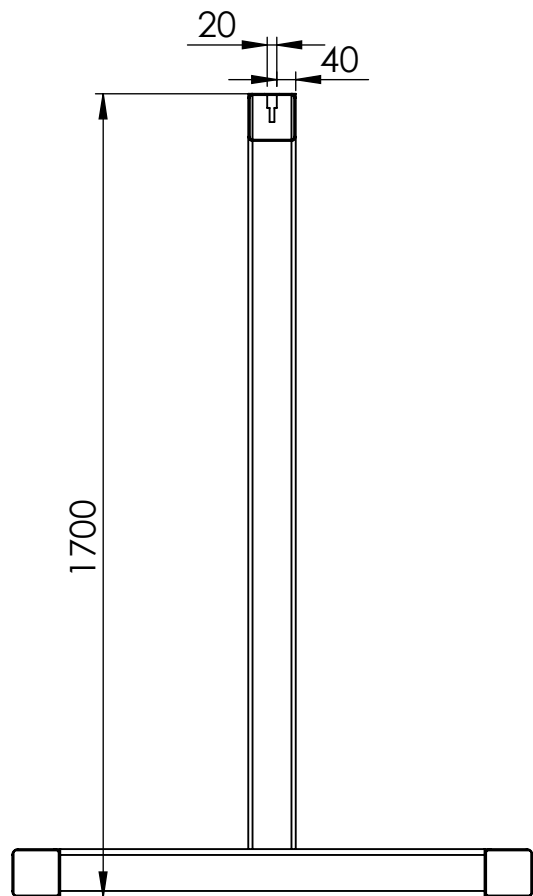
SECCIÓN A-A



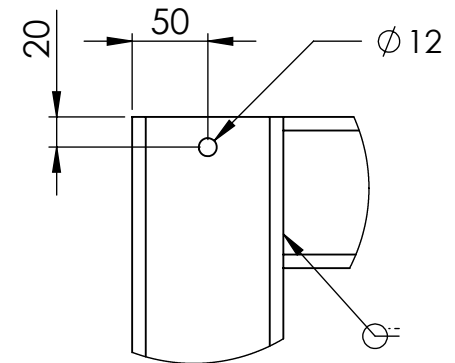
ESTE DOCUMENTO ESTA PROTEGIDO POR LOS DERECHOS DE COPIA Y LOS DATOS ESCRITOS EN EL O EL ADJUNTO CONTIENEN INFORMACION PROPIA Y SECRETOS COMERCIALES DE CORPOREA U.C.V c.a NI EL DOCUMENTO NI LOS DATOS PUEDEN SER REPRODUCIDOS, UTILIZADOS O DIVULGADOS A CUALQUIER PERSONA SIN PERMISO DE CORPOREA U.C.V c.a



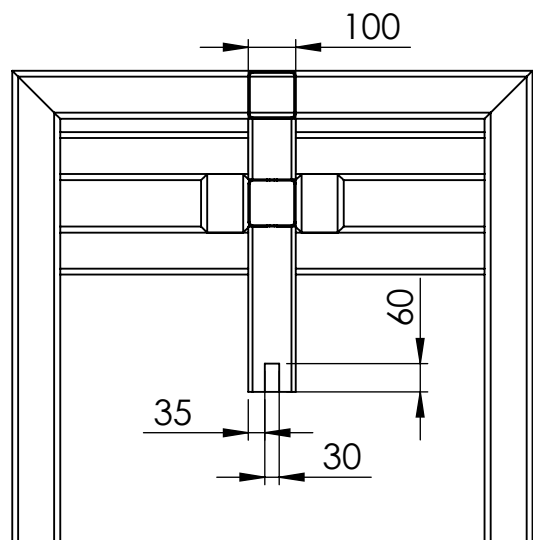
Elaborado: Marcos Arcila Ramon Tocuyo		Fecha:	Proyecto: "Desgasificadora de Aluminio Fundido"	
Tutor: Ing. Othman Falcón		Material: Acero 1020		Escala: 1:1
		Nº de parte: 2	Nº de hoja:	Unidades: mm
		Pieza: Junta Rotativa		



DETALLE A
ESCALA 1 : 5



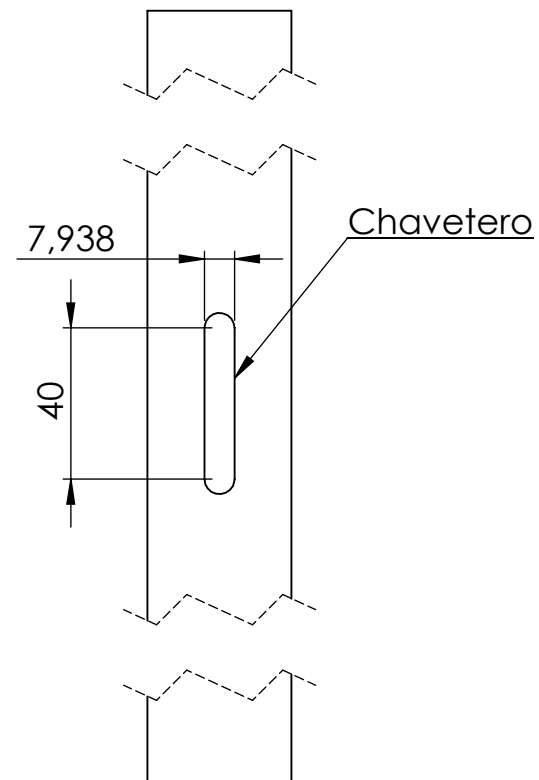
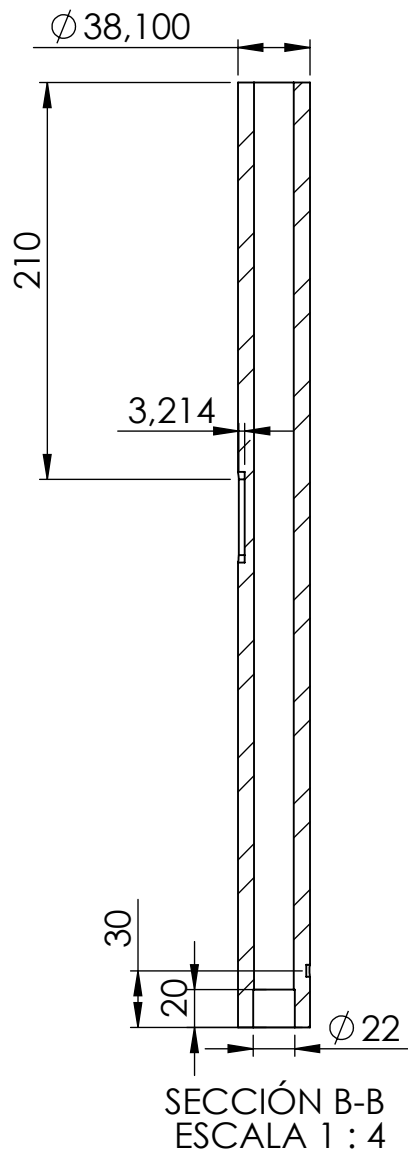
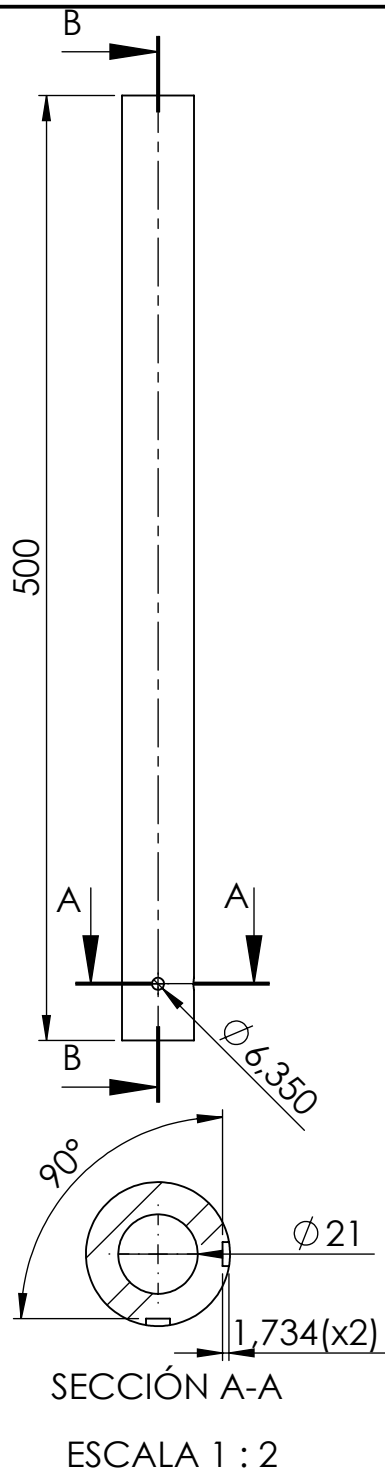
DETALLE B
ESCALA 1 : 5



ESTE DOCUMENTO ESTA PROTEGIDO POR LOS DERECHOS DE COPIA Y LOS DATOS ESCRITOS EN EL O EL ADJUNTO CONTIENEN INFORMACION PROPIA Y SECRETOS COMERCIALES DE CORPOREA U.C.V c.a NI EL DOCUMENTO NI LOS DATOS PUEDEN SER REPRODUCIDOS, UTILIZADOS O DIVULGADOS A CUALQUIER PERSONA SIN PERMISO DE CORPOREA U.C.V c.a



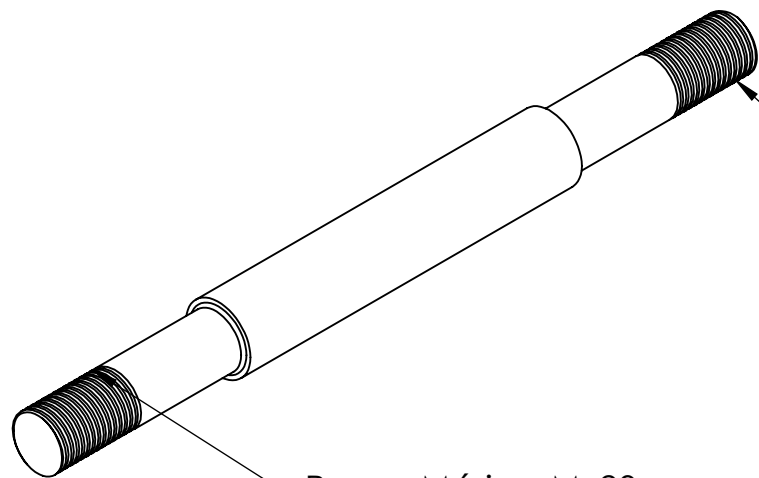
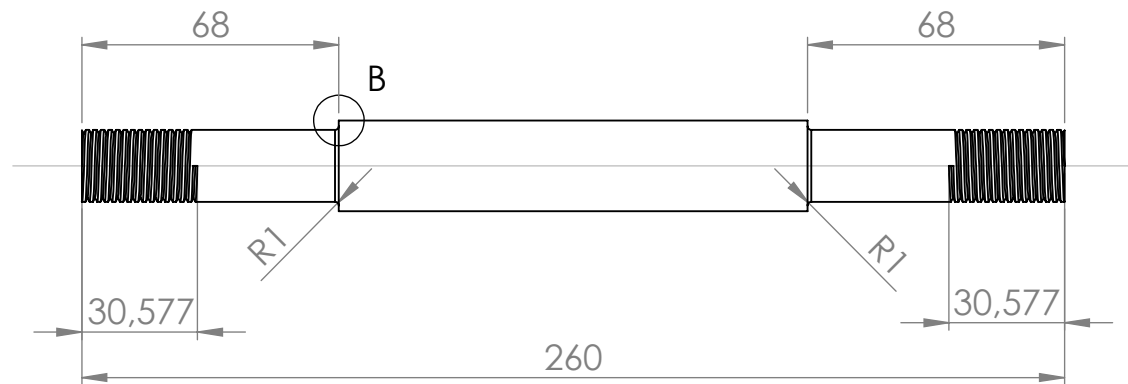
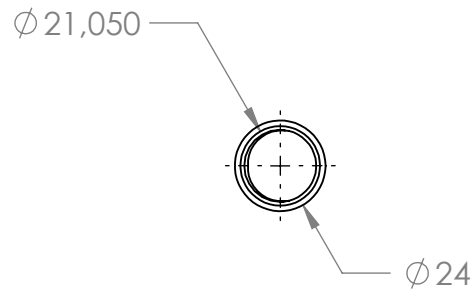
Elaborado: Marcos Arcila Ramon Tocuyo		Fecha:	Proyecto: "Desgasificadora de Aluminio Fundido"
Tutor: Ing. Othman Falcón			Pieza: Base 2
		Material: Perfil Estructural 100x100mm	Escala: 1:16
		Nº de parte: 2	Nº de hoja: Unidades: mm



ESTE DOCUMENTO ESTA PROTEGIDO POR LOS DERECHOS DE COPIA Y LOS DATOS ESCRITOS EN EL O EL ADJUNTO CONTIENEN INFORMACION PROPIA Y SECRETOS COMERCIALES DE CORPOREA U.C.V c.a NI EL DOCUMENTO NI LOS DATOS PUEDEN SER REPRODUCIDOS, UTILIZADOS O DIVULGADOS A CUALQUIER PERSONA SIN PERMISO DE CORPOREA U.C.V.c.a

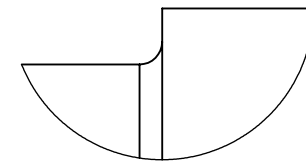


Elaborado: Marcos Arcila Ramon Tocuyo		Fecha:	Proyecto: "Desgasificadora de Aluminio Fundido"
Tutor: Ing. Othman Falcón			Pieza: Eje Central
		Material: Acero (Tubo Mecanico)	Escala: 1:4
		Nº de parte:	Nº de hoja:
		Unidades: mm	



Rosca Métrica Mx20

Rosca Métrica Mx20

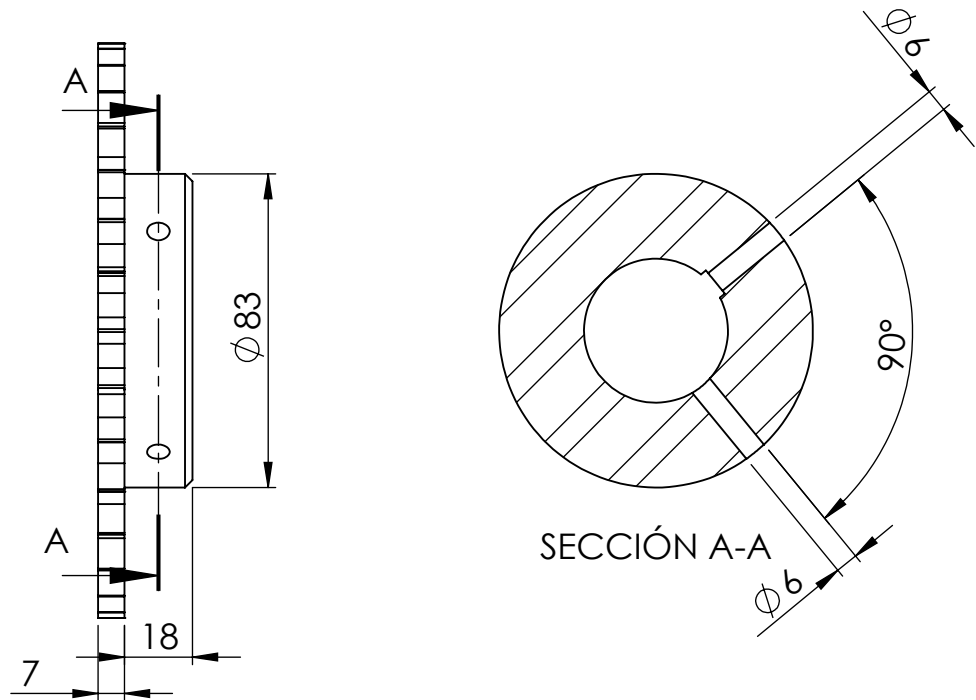
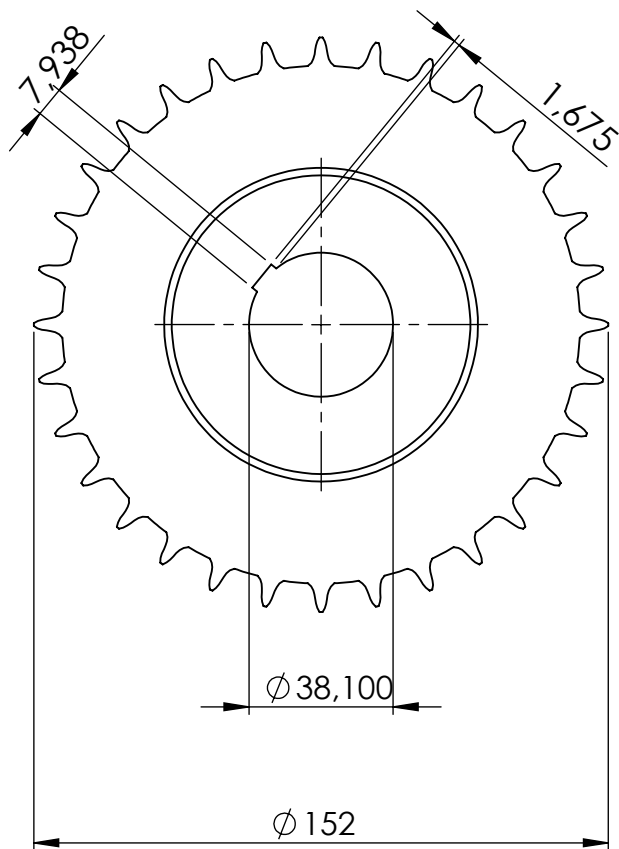


DETALLE B
ESCALA 3 : 1

ESTE DOCUMENTO ESTA PROTEGIDO POR LOS DERECHOS DE COPIA Y LOS DATOS ESCRITOS EN EL O EL ADJUNTO CONTIENEN INFORMACION PROPIA Y SECRETOS COMERCIALES DE CORPOREA U.C.V c.a NI EL DOCUMENTO NI LOS DATOS PUEDEN SER REPRODUCIDOS, UTILIZADOS O DIVULGADOS A CUALQUIER PERSONA SIN PERMISO DE CORPOREA U.C.V.c.a



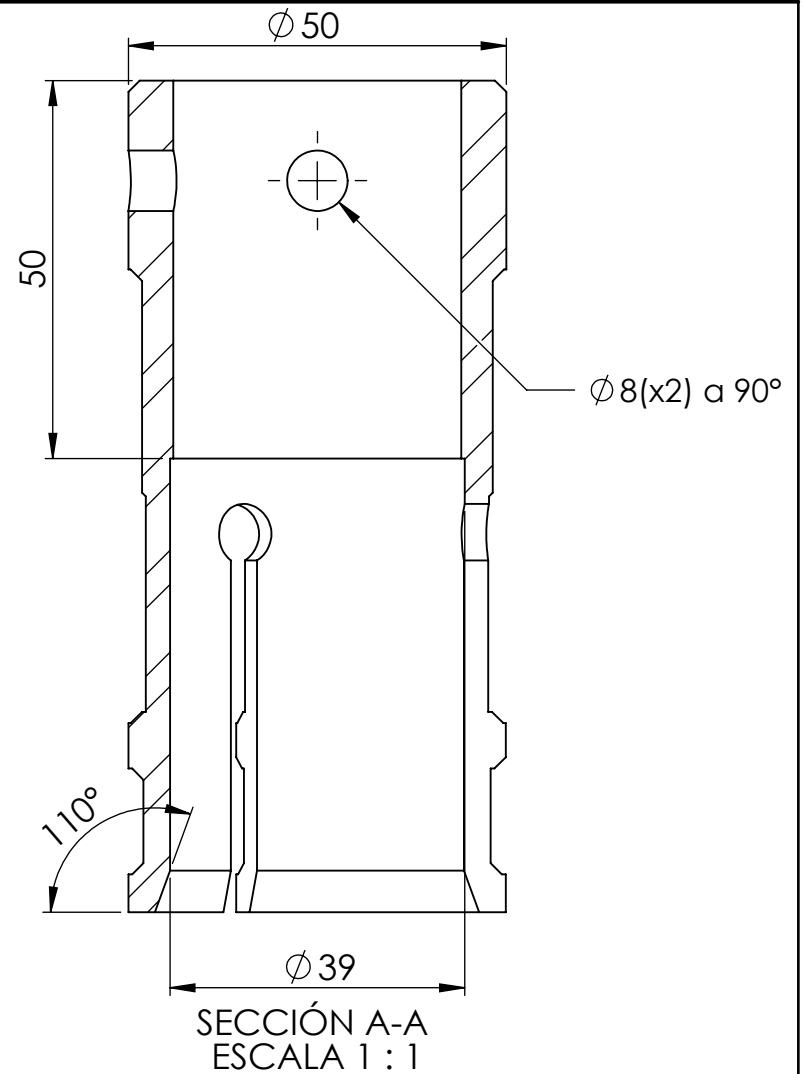
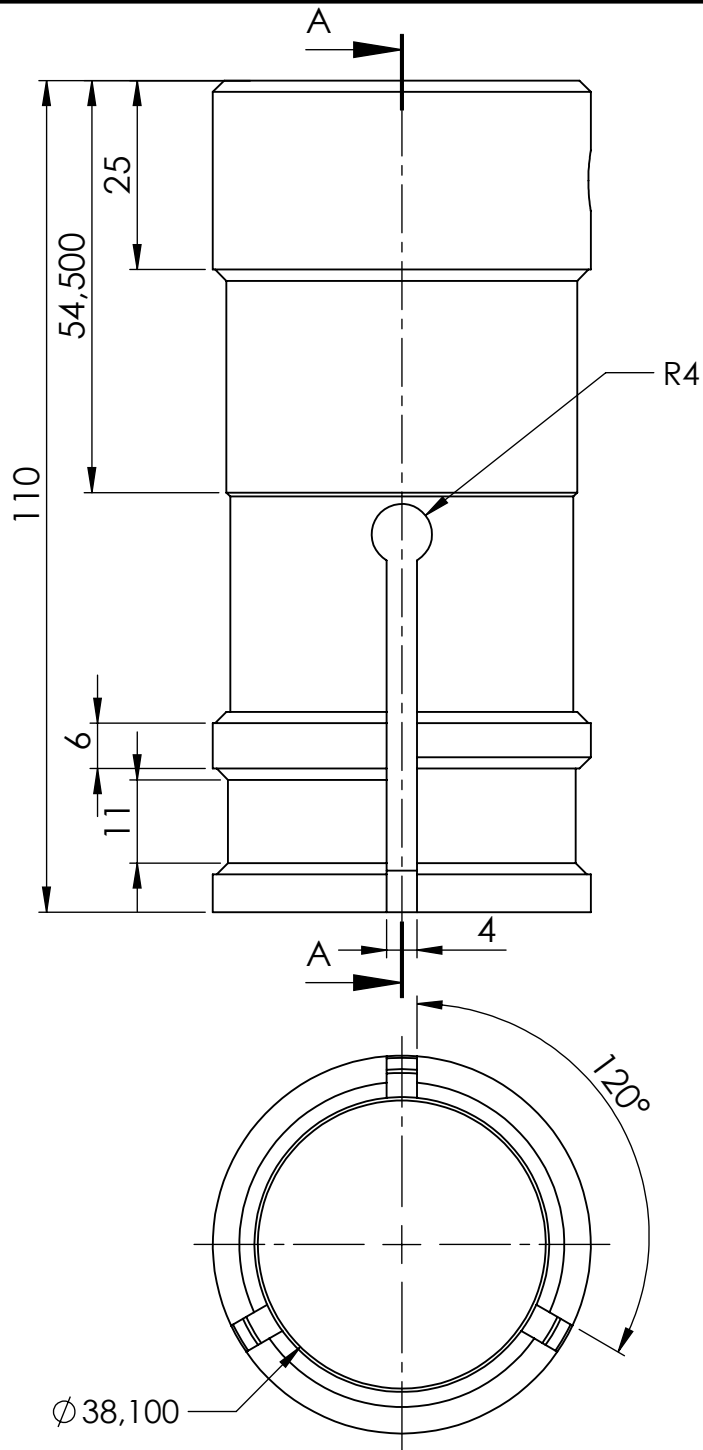
Elaborado: Marcos Arcila Ramon Tocuyo		Fecha:	Proyecto: "Desgasificadora de Aluminio Fundido"	
Tutor: Ing. Othman Falcón		Pieza: Eje de Rodillos		Escala: 1:2
		Material: Acero 1020		
		Nº de parte: 1	Nº de hoja:	Unidades: mm



ESTE DOCUMENTO ESTA PROTEGIDO POR LOS DERECHOS DE COPIA Y LOS DATOS ESCRITOS EN EL O EL ADJUNTO CONTIENEN INFORMACION PROPIA Y SECRETOS COMERCIALES DE CORPOREA U.C.V c.a NI EL DOCUMENTO NI LOS DATOS PUEDEN SER REPRODUCIDOS, UTILIZADOS O DIVULGADOS A CUALQUIER PERSONA SIN PERMISO DE CORPOREA U.C.V c.a



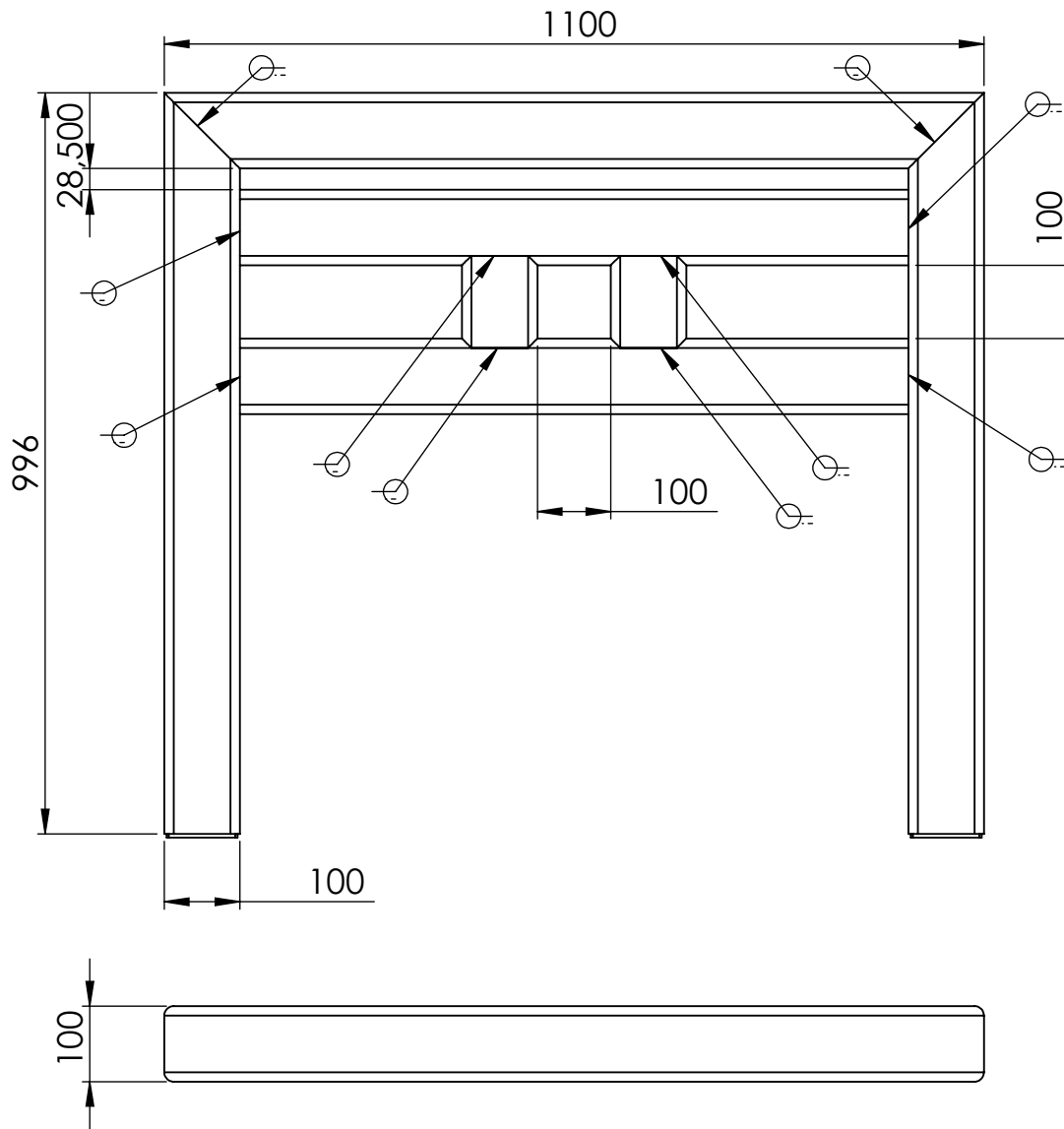
Elaborado: Marcos Arcila Ramon Tocuyo		Fecha:	Proyecto: "Desgasificadora de Aluminio Fundido"
Tutor: Ing. Othman Falcón			Pieza: Corona
		Material: Rueda Dentada Estandar Acero	Escala: 1:2
		Nº de parte:	Nº de hoja:
		Unidades: mm	



ESTE DOCUMENTO ESTA PROTEGIDO POR LOS DERECHOS DE COPIA Y LOS DATOS ESCRITOS EN EL O EL ADJUNTO CONTIENEN INFORMACION PROPIA Y SECRETOS COMERCIALES DE CORPÓREA U.C.V c.a NI EL DOCUMENTO NI LOS DATOS PUEDEN SER REPRODUCIDOS, UTILIZADOS O DIVULGADOS A CUALQUIER PERSONA SIN PERMISO DE CORPÓREA U.C.V c.a



Elaborado: Marcos Arcila Ramon Tocuyo		Fecha:	Proyecto: "Desgasificadora de Aluminio Fundido"
Tutor: Ing. Othman Falcón		Material: Acero 1020	Escala: 1:1
		Nº de parte:	Nº de hoja: Unidades: mm



ESTE DOCUMENTO ESTA PROTEGIDO POR LOS DERECHOS DE COPIA Y LOS DATOS ESCRITOS EN EL O EL ADJUNTO CONTIENEN INFORMACION PROPIA Y SECRETOS COMERCIALES DE *CORPOREA U.C.V c.a* NI EL DOCUMENTO NI LOS DATOS PUEDEN SER REPRODUCIDOS, UTILIZADOS O DIVULGADOS A CUALQUIER PERSONA SIN PERMISO DE *CORPOREA U.C.V c.a*



Elaborado: Marcos Arcila Ramon Tocuyo		Fecha:	Proyecto: "Desgasificadora de Aluminio Fundido"
Tutor: Ing. Othman Falcón			Pieza: Base 1
		Material: Perfil Estructural 100x100 mm	Escala: 1:10
		Nº de parte: 1	Nº de hoja: Unidades: mm

APÉNDICES

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

Apéndice B. Tablas de componentes del equipo.

.

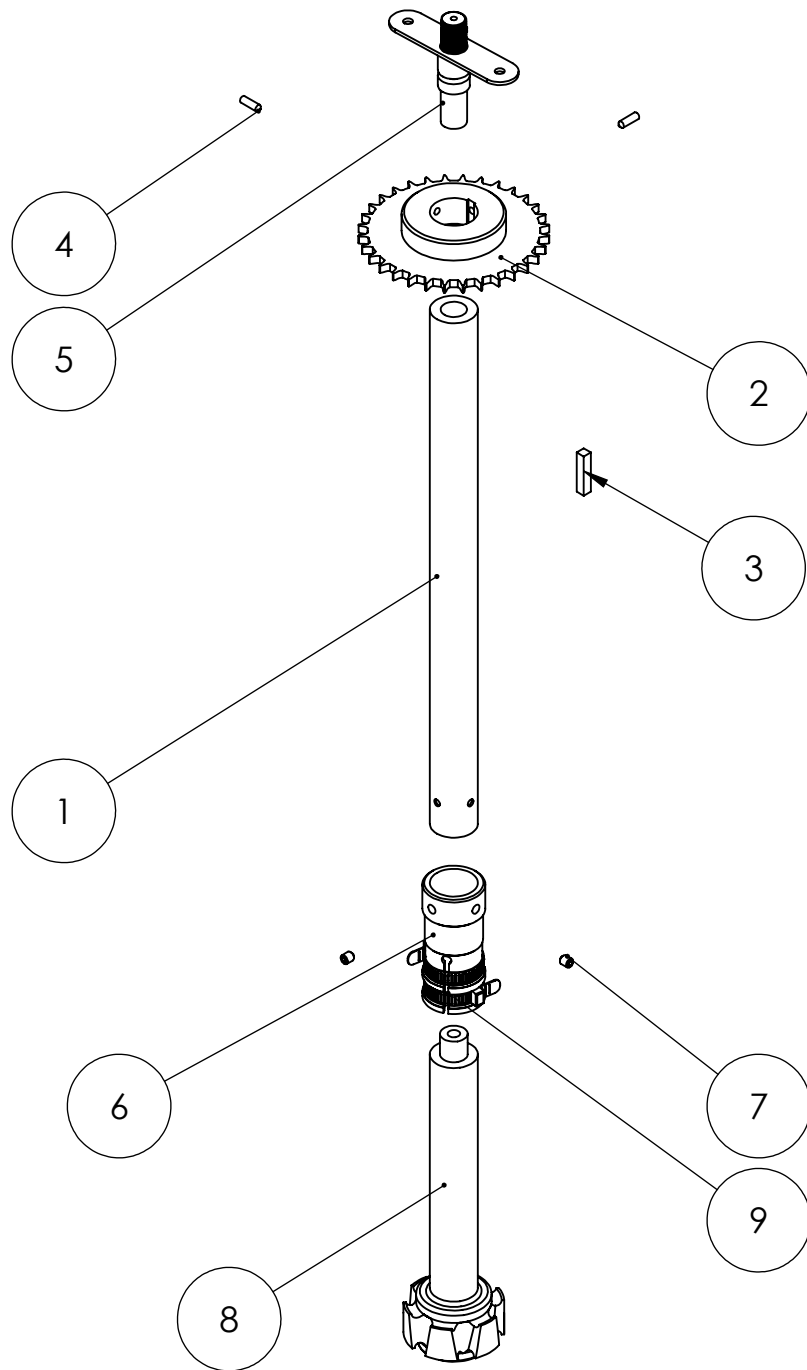


Tabla de Componentes

N.º DE ELEMENTO	PIEZA	CANTIDAD
1	Eje de Potencia	1
2	Corona de transmision	1
3	Key B17.1 0.3125x0.3125x1.5	1
4	Prisionero M6 x 1 x 20 Hex.	2
5	Ensamblaje Junta Rotativa	1
6	Collets	1
7	Prisionero 0.3125- 18x0.375-HX-N	2
8	Rotor de Grafito	1
9	Abrazadera	2

ESTE DOCUMENTO ESTA PROTEGIDO POR LOS DERECHOS DE COPIA Y LOS DATOS ESCRITOS EN EL O EL ADJUNTO CONTIENEN INFORMACION PROPIA Y SECRETOS COMERCIALES DE CORPOREA U.C.V c.a NI EL DOCUMENTO NI LOS DATOS PUEDEN SER REPRODUCIDOS, UTILIZADOS O DIVULGADOS A CUALQUIER PERSONA SIN PERMISO DE CORPOREA U.C.V c.a



Elaborado: Marcos Arcila Ramon Tocuyo		Fecha:		Proyecto: "Desgasificadora de Aluminio Fundido"	
Tutor: Ing. Othman Falcón		Material:		Pieza: Eje de Potencia	
		Nº de parte:		Escala: 1:6	
		Nº de hoja:		Unidades: mm	

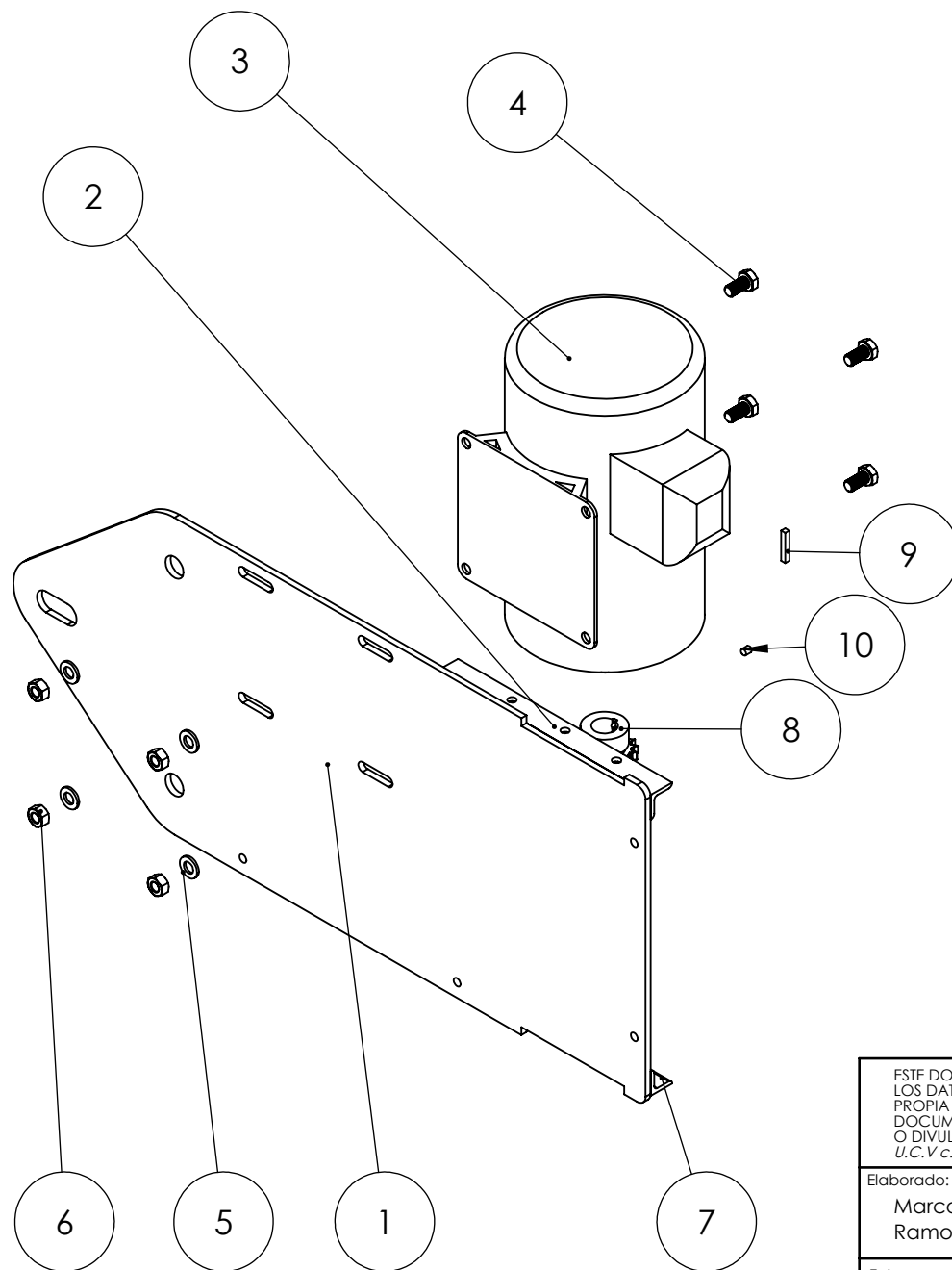


Tabla de Componentes

N.º DE ELEMENTO	PIEZA	CANTIDAD
1	Placa Lateral Izquierda	1
2	Soporte Superior	1
3	Motor	1
4	Tornillo Cabeza Hex. M10 x 1.5 x 20 --20S	4
5	Arandela Plana, 10 mm	4
6	Tuerca Hex., M10 x 1.5, with 16mm.	4
7	Soporte Inferior	1
8	Piñon	1
9	Key 0.1875x0.1875x1.2	1
10	Prisionero M6 x 1 x 8 Hex Socket Oval Pt. SS --C	1

ESTE DOCUMENTO ESTA PROTEGIDO POR LOS DERECHOS DE COPIA Y LOS DATOS ESCRITOS EN EL O EL ADJUNTO CONTIENEN INFORMACION PROPIA Y SECRETOS COMERCIALES DE CORPOREA U.C.V c.a NI EL DOCUMENTO NI LOS DATOS PUEDEN SER REPRODUCIDOS, UTILIZADOS O DIVULGADOS A CUALQUIER PERSONA SIN PERMISO DE CORPOREA U.C.V c.a



Elaborado: Marcos Arcila Ramon Tocuyo		Fecha:		Proyecto: "Desgasificadora de Aluminio Fundido"	
Tutor: Ing. Othman Falcón		Material:		Escala: 1:6	
		Nº de parte:	Nº de hoja:	Unidades: mm	

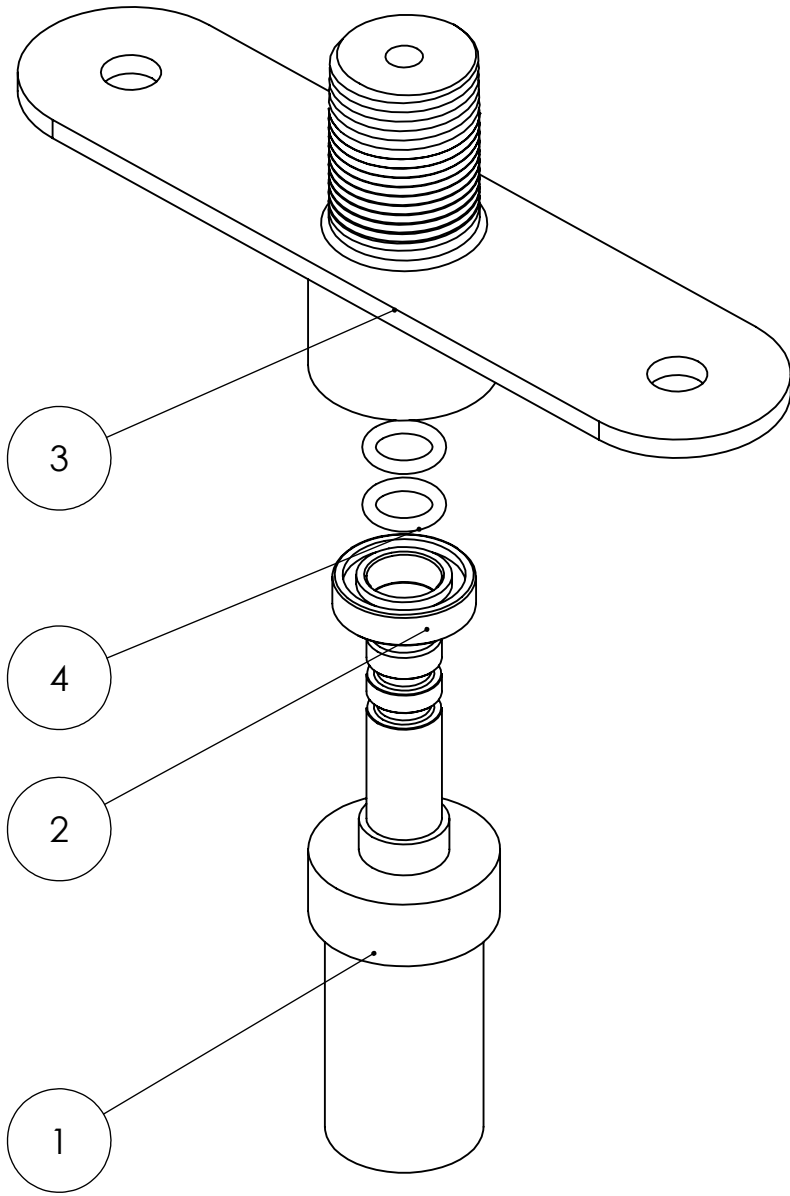


Tabla de Componentes

N.º DE ELEMENTO	PIEZA	CANTIDAD
1	Junta Rotativa 1	1
2	RodamientoSKF - 61800 - Full,SI,NC.	1
3	Junta Rotativa 2	1
4	O-ring 7.5x1.8-A-ISO 3601-1	2

ESTE DOCUMENTO ESTA PROTEGIDO POR LOS DERECHOS DE COPIA Y LOS DATOS ESCRITOS EN EL O EL ADJUNTO CONTIENEN INFORMACION PROPIA Y SECRETOS COMERCIALES DE CORPOREA U.C.V c.a NI EL DOCUMENTO NI LOS DATOS PUEDEN SER REPRODUCIDOS, UTILIZADOS O DIVULGADOS A CUALQUIER PERSONA SIN PERMISO DE CORPOREA U.C.V c.a



Elaborado: Marcos Arcila Ramon Tocuyo		Fecha:		Proyecto: "Desgasificadora de Aluminio Fundido"	
Tutor: Ing. Othman Falcón		Material:		Escala: 1:1	
		Nº de parte:	Nº de hoja:	Unidades: mm	

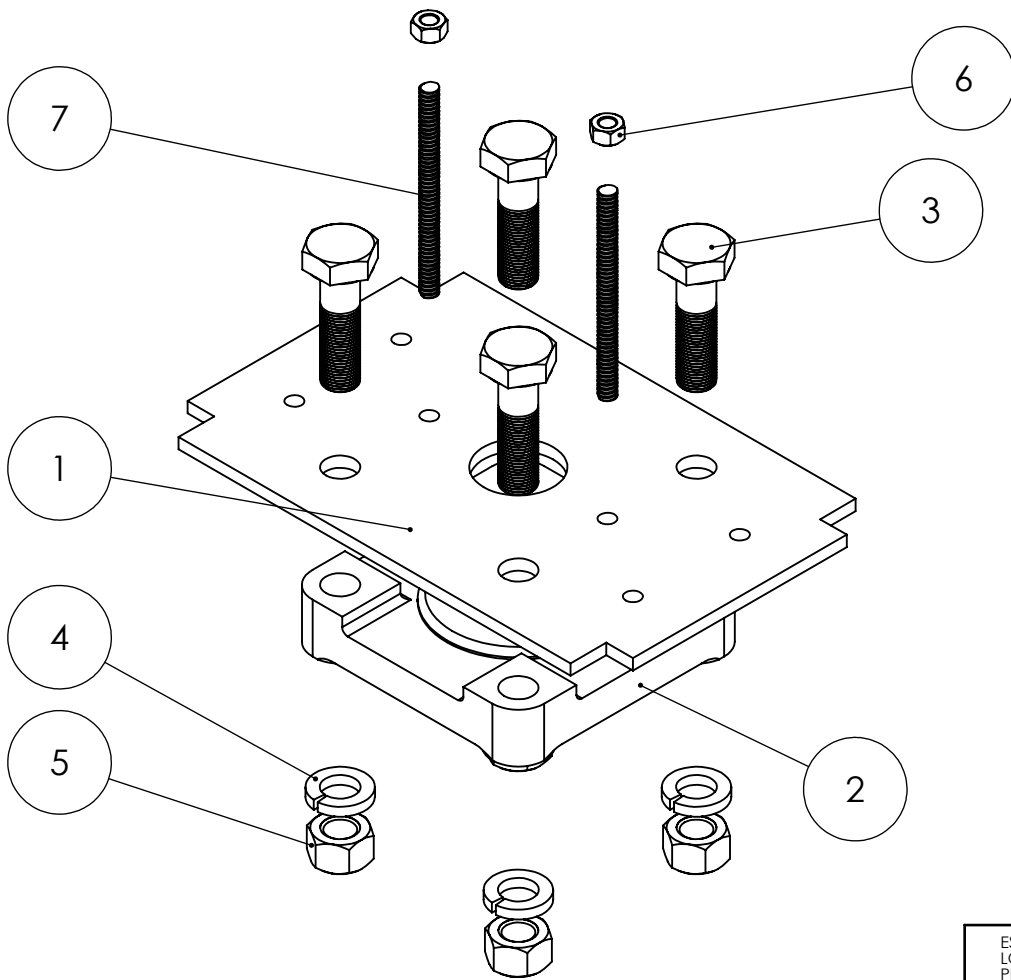


Tabla de Componentes

N.º DE ELEMENTO	PIEZA	CANTIDAD
1	Placa Sosten de Chumacera Superior	1
2	Chumacera	1
3	Perno 0.625-18x2.25x1.5-S	4
4	Arandela de Seguridad (LW) 0.625	4
5	Hex. Tuerca 0.625-11-D-N	4
6	Hex. Tuerca 0.3125-24-D-N	2
7	Varilla Roscada	2

ESTE DOCUMENTO ESTA PROTEGIDO POR LOS DERECHOS DE COPIA Y LOS DATOS ESCRITOS EN EL O EL ADJUNTO CONTIENEN INFORMACION PROPIA Y SECRETOS COMERCIALES DE CORPOREA U.C.V c.a NI EL DOCUMENTO NI LOS DATOS PUEDEN SER REPRODUCIDOS, UTILIZADOS O DIVULGADOS A CUALQUIER PERSONA SIN PERMISO DE CORPOREA U.C.V.c.a



Elaborado: Marcos Arcila Ramon Tocuyo		Fecha:	Proyecto: "Desgasificadora de Aluminio Fundido"	
Tutor: Ing. Othman Falcón		Pieza: Ensamblaje de Chumacera Superior		Material:
		Nº de parte:		Nº de hoja:
		Escala: 1:3		Unidades: mm

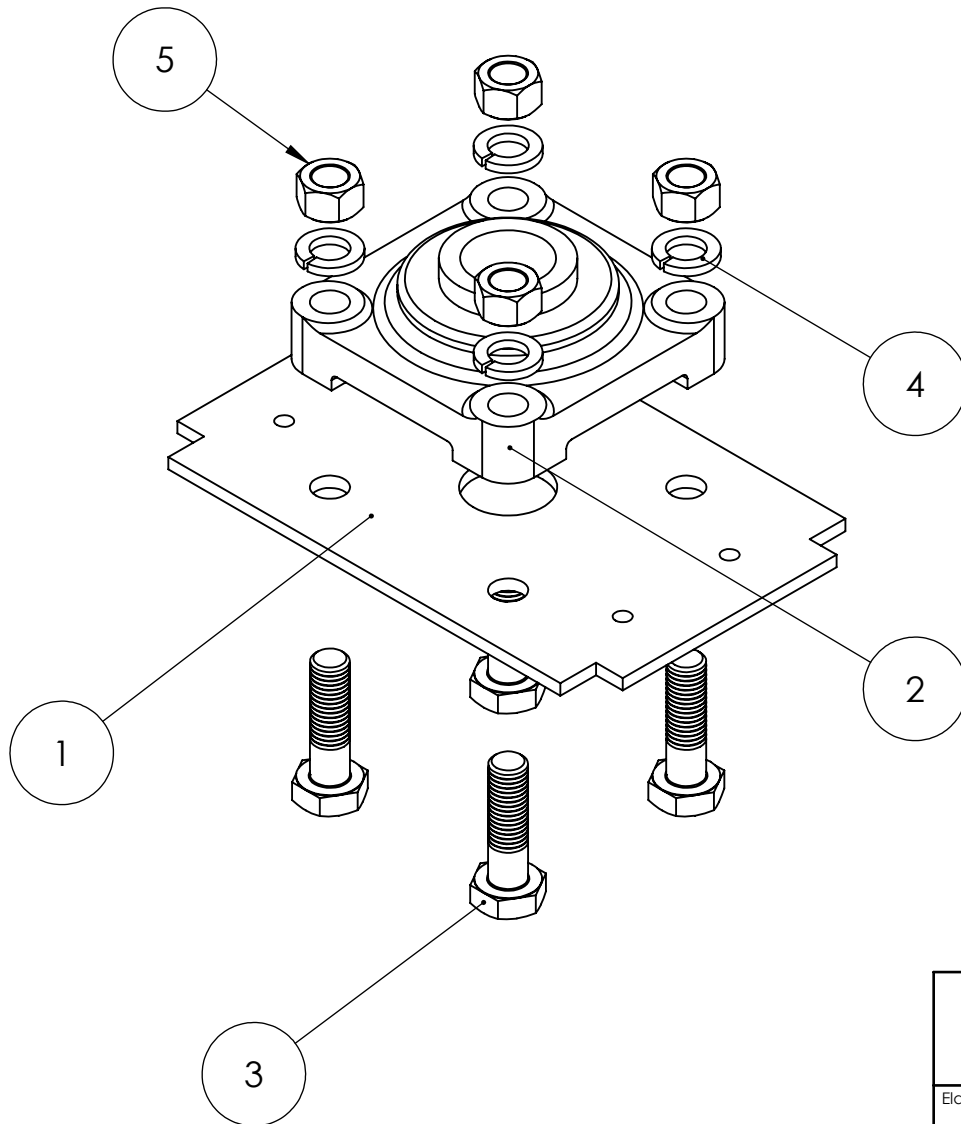


Tabla de Componentes

N.º DE ELEMENTO	PIEZA	CANTIDAD
1	Placa Sosten de Chumacera	1
2	Chumacera	1
3	HHF Perno 0.625-11x2.25x1.5-S	4
4	Arandela de Seguridad (LW) 0.625	4
5	Tuerca 0.625-18-D-N	4

ESTE DOCUMENTO ESTA PROTEGIDO POR LOS DERECHOS DE COPIA Y LOS DATOS ESCRITOS EN EL O EL ADJUNTO CONTIENEN INFORMACION PROPIA Y SECRETOS COMERCIALES DE CORPOREA U.C.V c.a NI EL DOCUMENTO NI LOS DATOS PUEDEN SER REPRODUCIDOS, UTILIZADOS O DIVULGADOS A CUALQUIER PERSONA SIN PERMISO DE CORPOREA U.C.V c.a



Elaborado: Marcos Arcila Ramon Tocuyo		Fecha:		Proyecto: "Desgasificadora de Aluminio Fundido"	
Tutor: Ing. Othman Falcón		Material:		Escala: 1:2	
		Nº de parte:	Nº de hoja:	Unidades: mm	

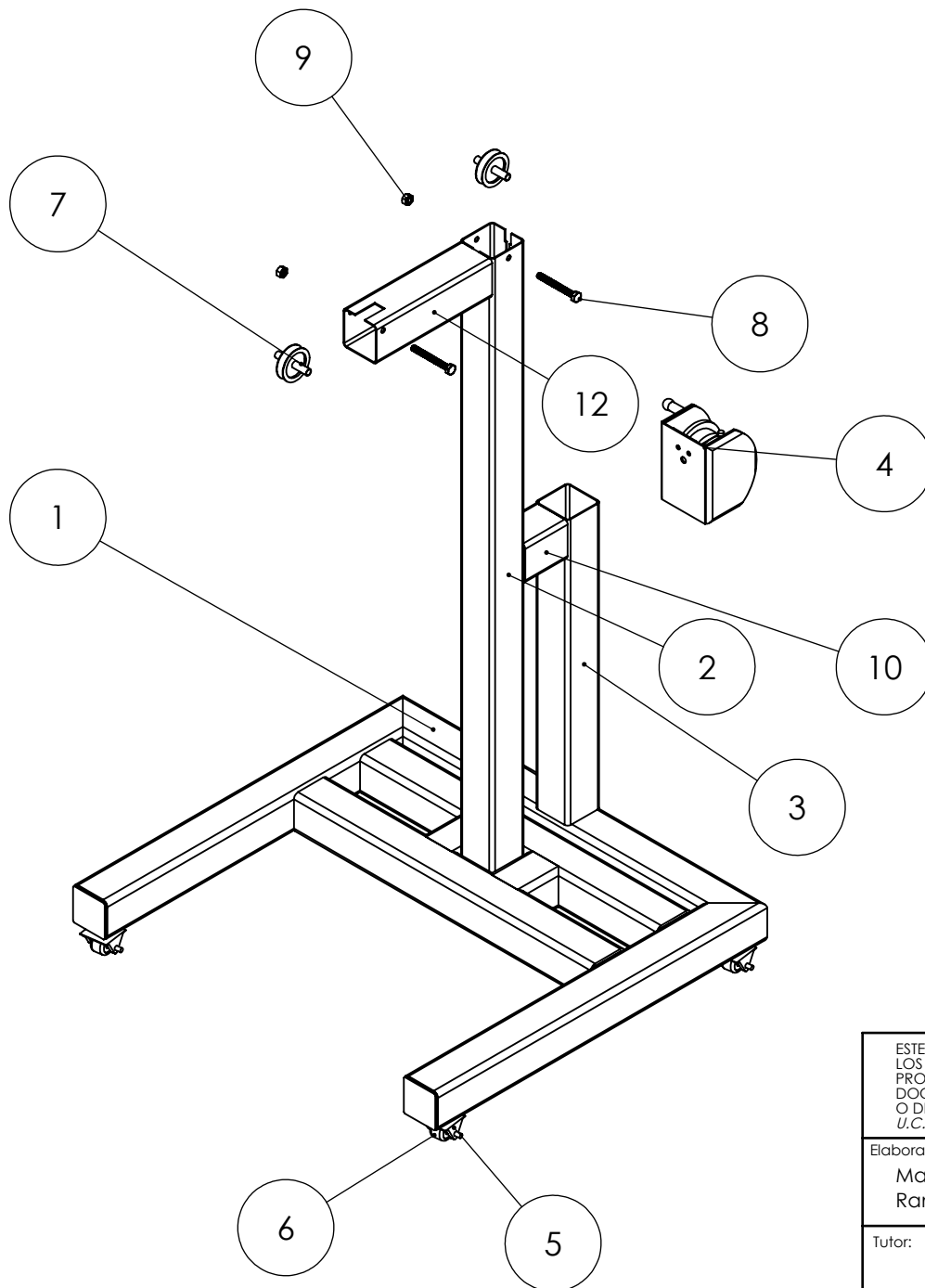


Tabla de Componentes

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Base Inferior	1
2	Columna	1
3	Soporte Vertical para Winche	1
4	Winche 1200 lbs.	1
5	Base de Rueda	4
6	Rueda	4
7	Polea	2
8	Tornillo Cabeza Hex Pesado M12 x 1.75 x 110 --110S	2
9	Tuerca Hex. Pesada, M12 x 1.75 --W-N	2
10	Soporte Columna-Winche	1
12	Soporte Horizontal para Polea.	1

ESTE DOCUMENTO ESTA PROTEGIDO POR LOS DERECHOS DE COPIA Y LOS DATOS ESCRITOS EN EL O EL ADJUNTO CONTIENEN INFORMACION PROPIA Y SECRETOS COMERCIALES DE CORPOREA U.C.V c.a NI EL DOCUMENTO NI LOS DATOS PUEDEN SER REPRODUCIDOS, UTILIZADOS O DIVULGADOS A CUALQUIER PERSONA SIN PERMISO DE CORPOREA U.C.V c.a



Elaborado: Marcos Arcila Ramon Tocuyo		Fecha:	Proyecto: "Desgasificadora de Aluminio Fundido"	
Tutor: Ing. Othman Falcón		Pieza: Base		Escala: 1:15
Material:		Nº de parte:	Nº de hoja:	Unidades: mm

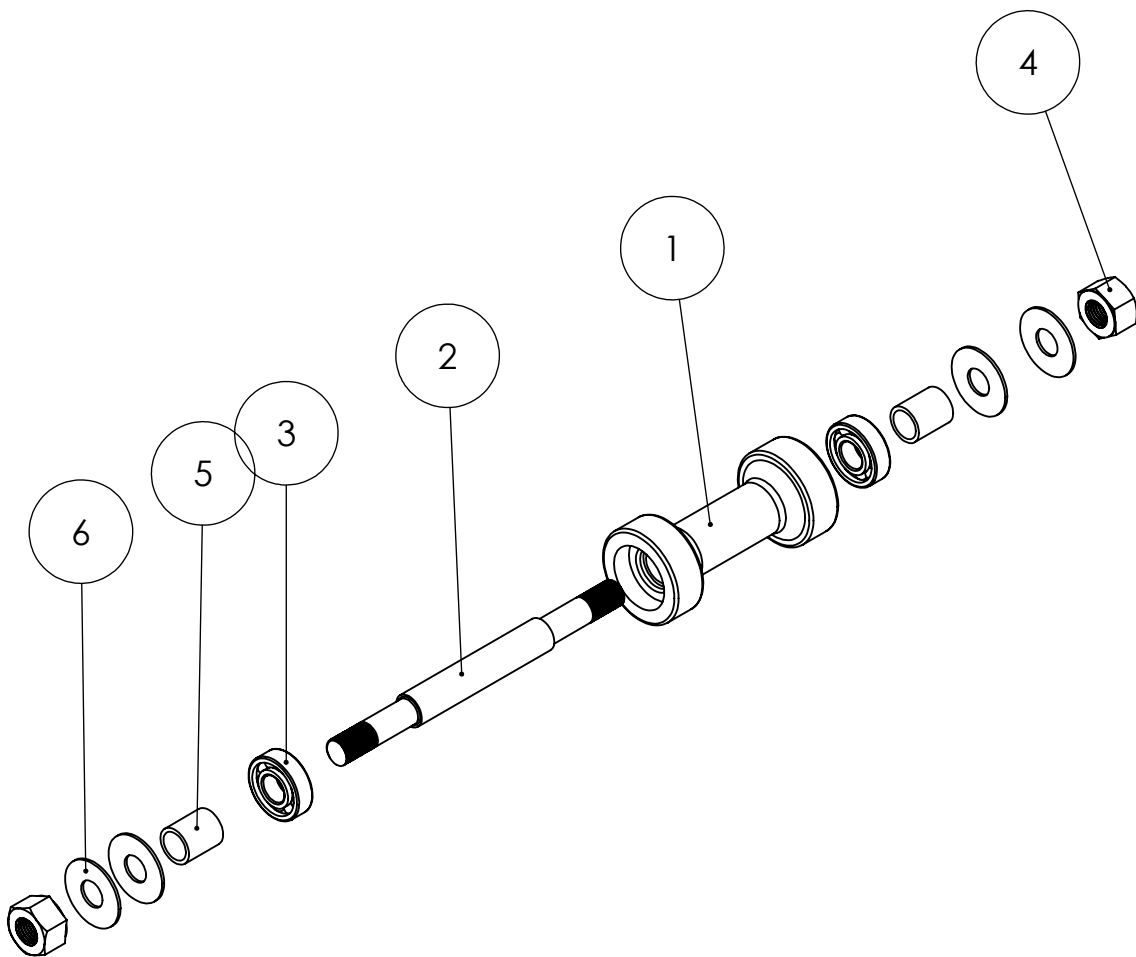


Tabla de Componentes.

N.º DE ELEMENTO	PIEZA	CANTIDAD
1	Rodillo de Desplazamiento	1
2	Eje de Rodillo de desplazamiento	1
3	Rodamiento SKF - 6204 - 10	2
4	Tuerca Hexagonal Pesada M20 x 2.5	2
5	Separador	2
6	Arandela	4

ESTE DOCUMENTO ESTA PROTEGIDO POR LOS DERECHOS DE COPIA Y LOS DATOS ESCRITOS EN EL O EL ADJUNTO CONTIENEN INFORMACION PROPIA Y SECRETOS COMERCIALES DE CORPOREA U.C.V c.a NI EL DOCUMENTO NI LOS DATOS PUEDEN SER REPRODUCIDOS, UTILIZADOS O DIVULGADOS A CUALQUIER PERSONA SIN PERMISO DE CORPOREA U.C.V.c.a



Elaborado: Marcos Arcila Ramon Tocuyo		Fecha:	Proyecto: "Desgasificadora de Aluminio Fundido"
Tutor: Ing. Othman Falcón		Materia:	Acero
		Nº de parte:	Nº de hoja: 1
		Escala:	1:3
		Unidades:	mm

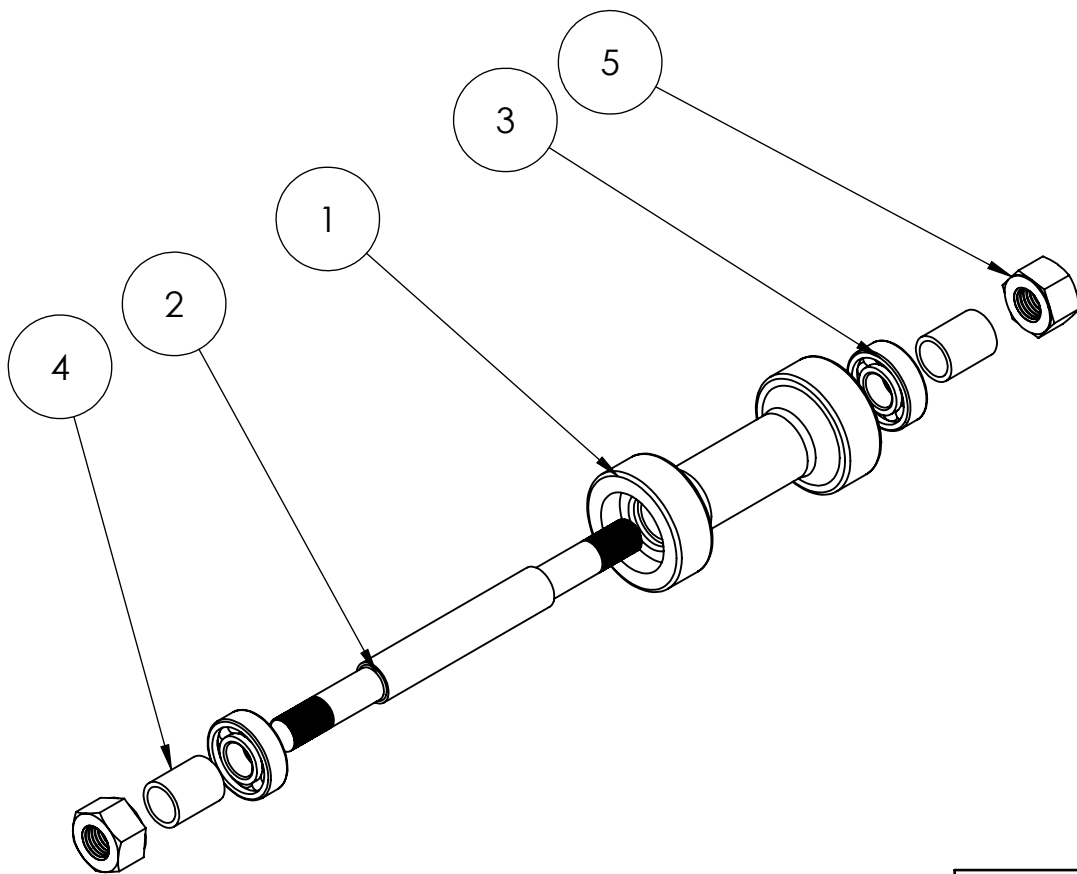


Tabla de Componentes

N.º DE ELEMENTO	PIEZA	CANTIDAD
1	Rodillo Externo	1
2	Eje de Rodillo de desplazamiento	1
3	Rodamiento SKF - 6204 - 10	2
4	Separador	2
5	Tuerca Hexagonal Pesada, M20 x 2.5 -- W-S	2

ESTE DOCUMENTO ESTA PROTEGIDO POR LOS DERECHOS DE COPIA Y LOS DATOS ESCRITOS EN EL O EL ADJUNTO CONTIENEN INFORMACION PROPIA Y SECRETOS COMERCIALES DE CORPOREA U.C.V c.a NI EL DOCUMENTO NI LOS DATOS PUEDEN SER REPRODUCIDOS, UTILIZADOS O DIVULGADOS A CUALQUIER PERSONA SIN PERMISO DE CORPOREA U.C.V c.a



Elaborado: Marcos Arcila Ramon Tocuyo		Fecha:		Proyecto: "Desgasificadora de Aluminio Fundido"	
Tutor: Ing. Othman Falcón		Material: Acero 1045		Escala: 1:4	
		Nº de parte:	Nº de hoja:	Unidades: mm	

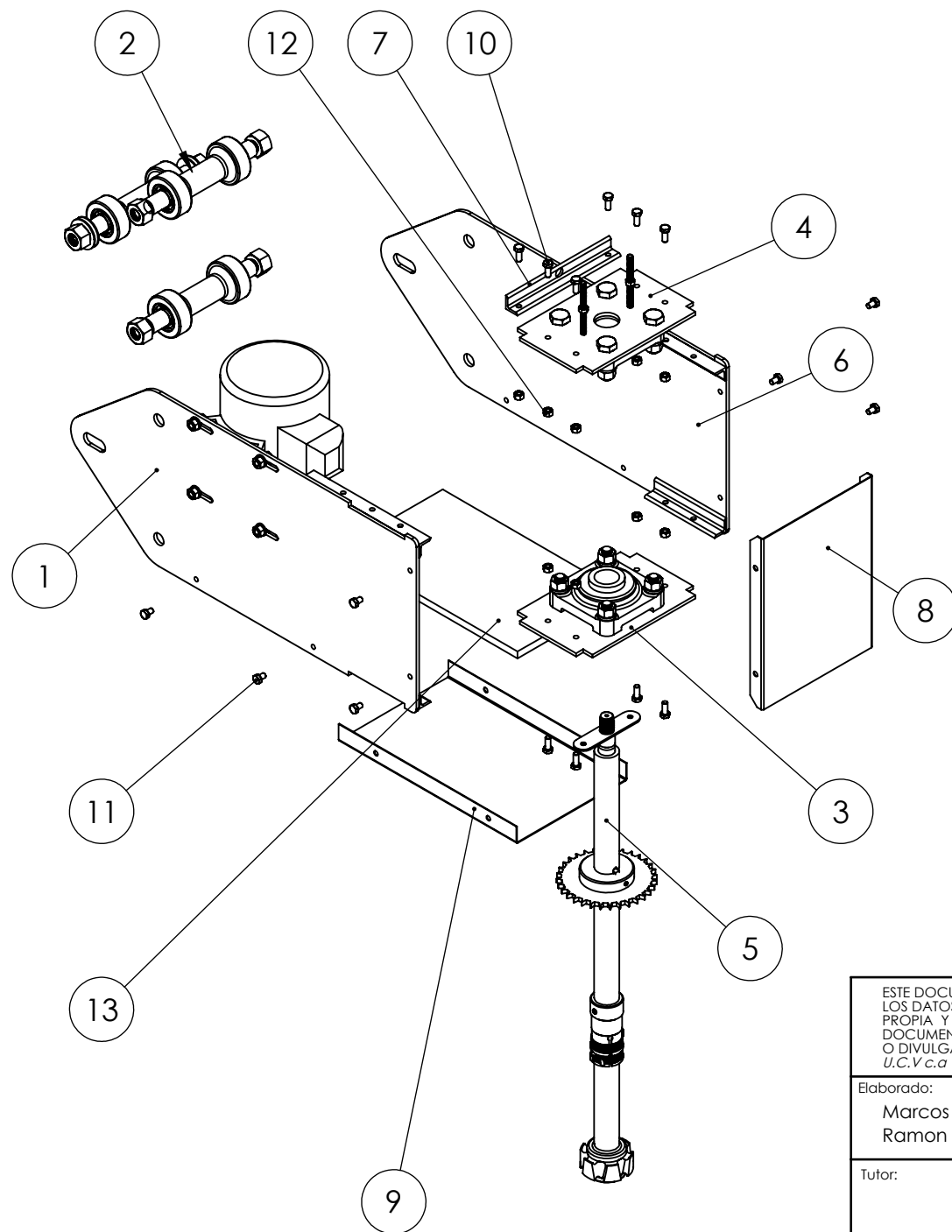


Tabla de Componentes

N.º DE ELEMENTO	PIEZA	CANTIDAD
1	Ensamblaje Lamina Soporte de Motor	1
2	Ensemb. Rodillo	3
3	Ensemb. Chumacera inf.	1
4	Ensemb. Chumacera sup.	1
5	Ensemb. Eje de Potencia	1
6	Lamina Lateral Derecha	1
7	Soporte para el Gancho del Winche	1
8	Tapa Frontal	1
9	Tapa Inferior.	1
10	Tornillo Cabeza Hex., M8 x 1.25 x 20 --20N	10
11	Tornillo Cabeza Hex., M8 x 1.25 x 12 --12N	8
12	Tuerca Hex., M8 x 1.25 -D-N	10
13	Placa de Fibra Cerámica	1

ESTE DOCUMENTO ESTA PROTEGIDO POR LOS DERECHOS DE COPIA Y LOS DATOS ESCRITOS EN EL O EL ADJUNTO CONTIENEN INFORMACION PROPIA Y SECRETOS COMERCIALES DE CORPOREA U.C.V c.a NI EL DOCUMENTO NI LOS DATOS PUEDEN SER REPRODUCIDOS, UTILIZADOS O DIVULGADOS A CUALQUIER PERSONA SIN PERMISO DE CORPOREA U.C.V.c.a










Elaborado: Marcos Arcila Ramon Tocuyo		Fecha:	Proyecto: "Desgasificadora de Aluminio Fundido"
Tutor: Ing. Othman Falcón		Material:	Pieza: Ensamblaje de Plataforma
		Nº de parte:	Nº de hoja:
		Escala: 1:10	
		Unidades: mm	

APÉNDICES

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

Apéndice C. Hoja de procesos de los ejes de rodillos.

Pieza		Material	
Eje de rodillos 		Barra de acero AISI 1020 Medidas: 25.4mm ϕ Longitud: 1,14 m	
Operación	Aspecto de la pieza	Herramienta	
Corte de barra a 206mm (x3)		Sierra cinta de vaivén.	
Cilindrado externo para llevar de ϕ 25,4mm a ϕ 24mm (x3)		Torno	
Cilindrado extremo izquierdo de ϕ 24mm a ϕ 21.05mm, por una longitud de 68mm desde la punta. (x3)		Torno	
Realizar procedimiento anterior al extremo derecho. (x3)		Torno	
Roscado para tuerca de 20mm paso 1,5 por una longitud de 31mm en extremo izq.(x3)		Torno Galgas de 60°	
Procedimiento similar al anterior para el extremo der.(x3)		Torno Galgas de 60°	

APÉNDICES

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

Apéndice D. Hoja de proceso parte externa de los rodillos.

Pieza		Material
 <p>Parte externa de rodillos de desplazamiento</p>		<p>Barra de acero AISI 4140 Medidas: 75mm \varnothing Longitud: 600mm</p>
Operación	Aspecto de la pieza	Herramienta
Cilindrado total de $\varnothing 75\text{mm}$ a $\varnothing 70\text{mm}$		Torno
Corte de barra a 160mm(x3)		Sierra cinta de vaivén.
Refrentado a 152,4mm		Torno
Perforación longitudinal, progresiva hasta $\varnothing 25\text{mm}$		Torno Brocas de 10, 16, 20 y 25mm.
Cilindrado externo central a 26,2mm del extremo por distancia de 100mm. Hasta $\varnothing 38\text{mm}$		Torno
Cilindrado interno. Asientos de rodamientos derecho e izquierdo.		CNC (control numérico computarizado) Mayor precisión.
Cilindrado Redondeo de bordes y esquinas vivas.		Torno Limas

APÉNDICES

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.







Apéndice E. Hoja de proceso árbol de potencia.

Pieza		Material
<p>Árbol de potencia.</p> 		<p>Tubo de mecánico Acero al carbono/manganeso de alta resistencia. Dimensiones $\phi 41 \times 21$ mm Longitud 700 mm</p>
Operación	Aspecto de la pieza	Herramienta
<p>Cilindrado de $\phi 41$ mm a $\phi 38,1$ mm en una longitud de 550 mm</p>		<p>Torno</p>
<p>Refrentado ambos extremos hasta 500 mm</p>		<p>Torno</p>
<p>Asiento para chaveta De 40 mm longitud 7.9 mm espesor. 3 mm profundidad.</p>		<p>Mortajadora</p>
<p>Cilindrado interno de $\phi 21$ mm a $\phi 22$ mm Extremo inferior con longitud de 20 mm</p>		<p>Torno</p>
<p>Muecas circulares $\phi 6,35$ mm con profundidad de 2 mm. (2 a 90°)</p>		<p>Fresadora</p>

APÉNDICES

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.











Apéndice F. Hoja de proceso corona de transmisión.

Pieza		Material
<p><i>Corona de Transmisión</i></p> 		<p><i>Corona Estándar 40B36-STAR.</i></p>
Operación	Aspecto de la pieza	Herramienta
<p><i>Taladrado de agujero central a 20mm progresivo.</i></p>		<p><i>Taladro Mechas de 12, 16, 20mm</i></p>
<p><i>Cilindrado interno de Ø20mm a Ø38,1mm Mayor precisión</i></p>		<p><i>Torno.</i></p>
<p><i>Ranurado para chavetero de ancho 7.9mm y profundidad 1.3mm</i></p>		<p><i>Mortajadora.</i></p>
<p><i>Perforaciones de 6mm para prisioneros, (2 a 90°)</i></p>		<p><i>Fresadora Mecha de 6mm</i></p>
<p><i>Roscas internas para los prisioneros de 6mm.</i></p>		<p><i>Machos para hacer rosca manual.</i></p>

APÉNDICES

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.




Apéndice G. Hoja de proceso de la parte móvil de la junta rotativa.

Pieza	Material	
Junta Rotativa Parte Móvil 	Barra de Acero AISI 1020 Medidas: Ø42mm Longitud: 200mm	
Operación	Aspecto de la pieza	Herramienta
Corte de barra a una longitud de 85mm		Segueta
Refrentado de en ambas caras de la barra de 2,5mm		Torno
Cilindrado de Ø42mm hasta Ø 25,4mm		Torno
Perforación longitudinal de Ø5mm		Torno Mecha de 5mm
Cilindrado externo de Ø25,4mm a Ø21mm Desde extremo inferior hasta 35mm		Torno
Cilindrado externo de Ø25,4mm a Ø10mm desde extremo superior hasta 30mm		Torno
Cilindrados para asientos de o-ring seguir planos de diseño.		Torno
Cilindrado Para tope de rodamiento de Ø25,4mm a Ø12mm longitud de 5mm desde final cilindrado de 10mm		Torno
Cilindrado para eliminar bordes filosos en los asientos de los o-rings		Torno Limas Papel de lija 1200.

APÉNDICES






Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

Apéndice H. Hoja de proceso de la parte fija de la junta rotativa.

Pieza		Material	
Parte fija junta rotativa. 		Barra de Acero AISI 1020 Medidas: Ø42mm Longitud: 115mm	
Operación	Aspecto de la pieza	Herramienta	
Corte de barra a 55mm.		Segueta	
Refrentado de ambos extremos de 2,5mm		Torno	
Cilindrado de Ø42mm a Ø25,4mm		Torno	
Perforación longitudinal central de Ø5mm		Torno	
Perforación en extremo inferior de Ø 9,56mm a longitud de 30mm		Torno	
Cilindrado interno zona inferior de Ø19mm y 5mm de longitud. (Asiento Rodamiento).		Torno.	
Cilindrado externo superior hasta Ø20mm de longitud 30mm		Torno	

APÉNDICES










Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

<p>Roscado tipo NPT 1/2" extremo superior hasta 25mm de longitud</p>		<p>Torno Galgas de 60°</p>
<p>Tratamiento de acabado interno de Ø9, 56mm hasta Ø10mm, tipo N5. (Zona de contacto o-ring)</p>		<p>Limas Papel de lija de grano súper fino 1800.</p>
<p>Preparación de placa de fijación, lámina de 130mm x 30mm espesor 3mm</p>		<p>Segueta Esmeril</p>
<p>Perforaciones de placa, central de 20mm, extremos de 9mm. Según planos.</p>		<p>Taladro Brocas de 9mm y 19mm</p>
<p>Acople de placa y pieza previamente maquinada por medio de soldadura.</p>		<p>Adhesivo Epoxy Devcon.</p>

APÉNDICES




Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

Apéndice I. Hoja de proceso del acople.

Pieza		Material
Acople. 		Tubo mecánico aisi 1020 Medidas: $\phi 50\text{mm}$ ext. X $\phi 35\text{mm}$ int. Longitud: 155mm
Operación	Aspecto de la pieza	Herramienta
Refrentado de ambos extremos hasta tener longitud de 110mm		Torno
Cilindrado interno a $\phi 38,1\text{mm}$		Torno
Cilindrado externo con profundidad de 1,8mm desde 25mm de extremo sup. Por 60mm de long.		Torno
Cilindrado interno de $\phi 38,1\text{ mm}$ a $\phi 39\text{ mm}$ desde extremo inferior hasta 60mm.		Torno
Perforación agujeros para ranuras de desahogo (3 a 120°) $\phi 4\text{mm}$		Fresadora Broca de 4mm
Ranurado a 4mm por longitud de 50mm desde extremo inferior hasta los agujeros de 4mm		Fresadora Discos circulares de corte de (2 x 2mm)
Cilindrados externo a profundidad de 2mm a 5mm del extremo inferior.		Torno
Eliminación de bordes en extremo inferior interno, mecanizar chaflán		Torno

APÉNDICES

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

Cilindrado o redondeo de esquinas afiladas.		Torno Limas
Taladrado de agujeros para prisioneros. (2 a 90°) de 8mm		Fresadora
Roscado para prisioneros		Macho para roscar de 8mm

Apéndice J. Calculo del árbol potencia hueco.

Diseño de árbol con la norma ASME. . Consiste básicamente en la determinación del diámetro correcto del para asegurar rigidez y resistencia satisfactorias cuando el arbol transmite potencia de diferentes condiciones de carga y operación. Generalmente los ejes tienen sección transversal circular y pueden ser huecos o macizos.

La ecuación del código ASME para un eje hueco tomando en cuenta solo la torsión, aplicando la ecuación del esfuerzo cortante máximo:

$$De^3 = \frac{16. Kt. T}{\pi. Ss. (1 - K^4)}$$

Dónde:

De = Diametro externo; T = 21.37 N.m;

Kt = 1 (factor de carga combinada choque y fatiga gradual);

Ss = 6000 psi (esfuerzo permisible para ejes huecos con chaveta);

K = 0.4 (para espesor de 16 mm)

Entonces tenemos que el diámetro externo es igual a

$$De = 14.63 \text{ mm}$$

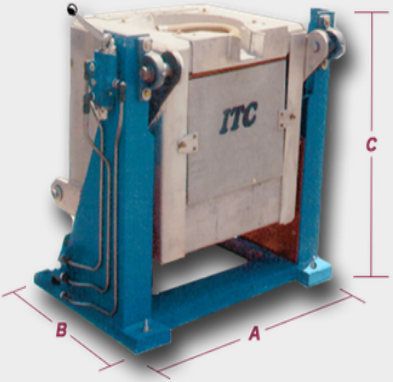
<http://www.slideshare.net/VicenteDiazUNEFA/clase-ejes>

ANEXOS

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

Anexo 1. Catálogo de características y dimensiones del horno de inducción.

Furnace Specifications							
Capacity (Steel Rating)	Dimensions (inches)			Approx. Shipping Weight (lbs.)	Coil I.D. (inches)	Approx. Lining Dims. (inches)	
	A	B	C			Depth	Average Ø
50 lbs.	32	20½	30	700	8½	12	5½
100 lbs.	32	20½	30	700	10½	12	7¾
150 lbs.	32	20½	30	700	11½	12	8½



Metals		
Metal	Melt Temperature (Fahrenheit)	lbs. / cu. in.
Gold	1945°	.697
Silver	1760°	.379
Aluminum	1220°	.100
Copper	1981°	.320
Platinum	3221°	.775
Nickel	2646°	.321
Zinc	786°	.258
Steel	2516°	.283

Power Supply Specifications			
Output Power	20 kW	35 kW	50 kW
	5-15 kHz		
Input Power	23 kVA	41 kVA	58 kVA
	50 / 60 Hertz		
	360 - 520 Volts		
	3 Phase		
Power Supply Dimensions	17" Wide (L-R)		
	29" Deep (F-B)		
	30" High		
Water Pressure Differential (Range)	2.8-5.6 Bar (40-80 lb/in ²)		
Maximum Water Temperature	95° F		
Approximate Weight	90 lbs.		

<http://inductiontech.com/>

Anexo 2. Características del rotor de grafito.



Fabricante: Zibo Yinxuan Carbon Technology Co. (Shandong, China).

<http://www.yinxuancarbon.com/>

Temperatura 800°C.

Rpm: 750

Descripción:

Materia prima. Especialidad de grafito de alta resistencia, alta dureza, buena resistencia al calor, baja porosidad, anti-abrasión y anti-socavación.

Mecanizado de precisión. Proceso de mecanizado se ajusta estrictamente a los planos del cliente. Después del mecanizado, diferentes partes coinciden perfectamente con alta concentricidad, que evitan los daños causados por el estrés mecánico para el rotor y el eje de grafito.

Tratamiento Especial. La impregnación tratamiento anti-oxidación. Para prolongar la vida útil del rotor de grafito y el eje, la tecnología patentada de carbono Yinxuan nanómetros y anti-oxidante se aplican a llenar los poros del material de grafito y cubrir la superficie de grafito del rotor y el eje, lo que mejora las propiedades de resistencia al calor, anti-oxidación y anti-socavación.

Recubrimiento Tratamiento anti-oxidación. Yinxuan Carbon material de revestimiento patentado se aplica al rotor de grafito antioxidante ya impregnada y el eje excepto roscas. El material de revestimiento es no infiltrada con el aluminio, pero bien adherido al material de grafito. Debido a que el material de recubrimiento es resistente al calor, anti-oxidación, anti-corrosión del rotor y el eje de grafito después de un nuevo tratamiento de revestimiento tiene una vida útil más larga.

ANEXOS

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

Anexo 3. Características del motor eléctrico.



Fabricante: Emerson & US Motors.

www.emersonmotors.com

www.usmotors.com

Nema Motor Catalog.

Datos de placa del motor

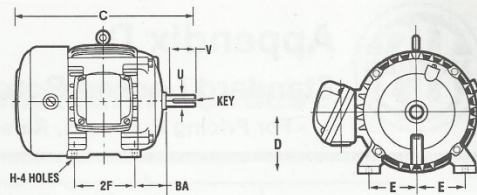
Hp	1.5	Phase	3
Frame	145T	Volts	230/460
Tipo	FUT	Hz	60
Diseño	B	Amps	4.4/2.2
Codigo	L	Rpm	1745

TEFC (Totally Enclosed Fan Cooled).

Dimensiones NEMA

(Medidas en pulgadas)

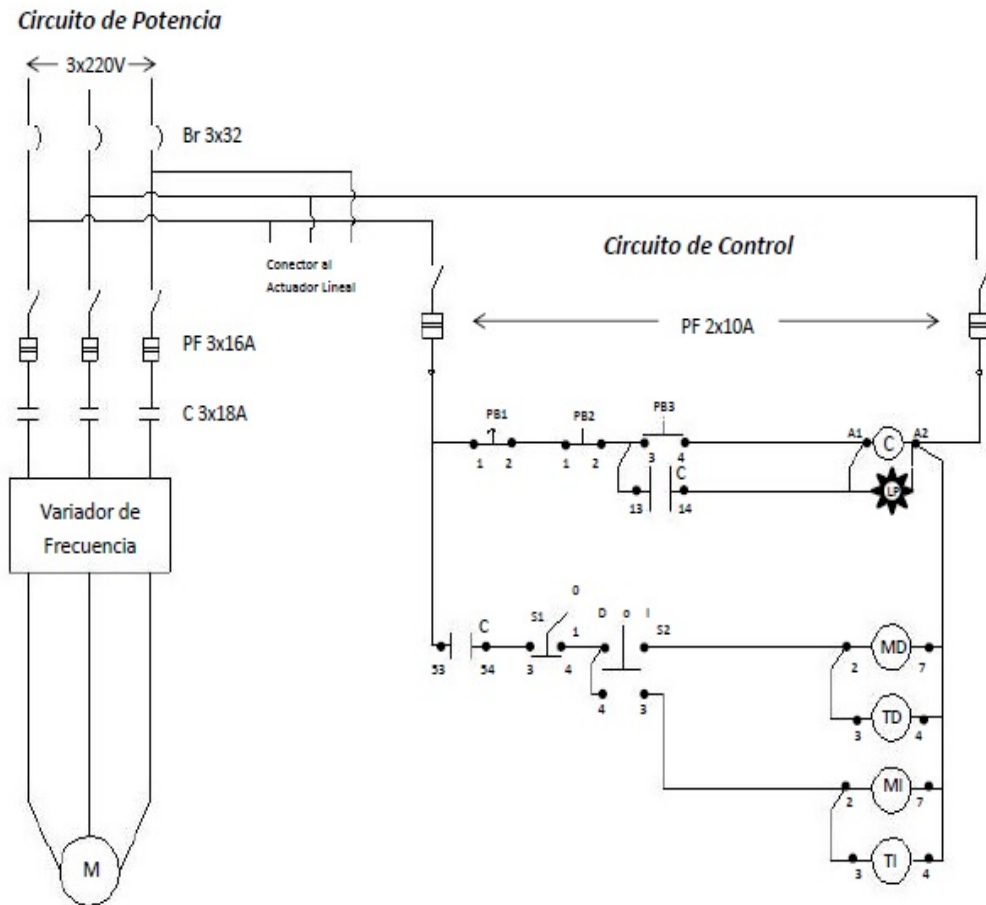
**T & U FRAME
NEMA DIMENSIONS**



FRAME	D	E	2F	H	U	BA	V min.	KEY WIDTH	KEY THICKNESS	KEY LENGTH	C
48	3.00	2.13	2.75	0.34	0.50	2.50	—	—	0.05	—	—
56	3.50	2.44	3.00	0.34	0.63	2.75	—	0.19	0.19	1.38	—
143T	3.50	2.75	4.00	0.34	0.88	2.25	2.00	0.19	0.19	1.38	—
145T	3.50	2.75	5.00	0.34	0.88	2.25	2.00	0.19	0.19	1.38	—
182	4.50	3.75	4.50	0.41	0.88	2.75	2.00	0.19	0.19	1.38	14.09

Frame 145T

Anexo 4. Circuito del sistema de control.



ANEXOS

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

Anexo 5. Tabla de rodamientos.

Guía para ajustes de rodamientos radiales: tolerancia del alojamiento del soporte.

Tipo de alojamiento	Condiciones de carga		Tolerancia del alojamiento
Alojamiento sólido o partido	Carga estacionaria al anillo exterior	Todas las condiciones de carga	H7
		Calor conducido a través del eje	G7
	Carga de dirección indeterminada	Carga liviana a normal	Js7
		Carga normal a pesada	K7
Carga pesada de choque		M7	
Alojamiento sólido	Carga rotativa al anillo exterior	Carga liviana o variable	M7
		Carga normal a pesada	N7
		Carga pesada (alojamiento de pared delgada). Carga pesada de choque	P7

Nota: los ajustes se aplican a los alojamientos de hierro fundido y de acero. Para alojamientos de aleaciones livianas, se requiere normalmente, un ajuste más apretado.

Guía para ajustes de rodamientos radiales: tolerancia del árbol o eje.

Tipo de rodamiento	Condiciones de carga		Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos cilíndricos y cónicos	Rodamientos de rodillos esféricos	Tolerancia del eje
			Diámetro del eje en mm.			
Rodamientos con Anillo interior de Agujero cilíndrico	Anillo interior en rotación o Carga de dirección indeterminada	Carga liviana ó variable fluctuante	...18	-	-	h5
			18,...100	...40	-	js5
			100,...200	40,...140	-	k5
		-	140,...200	-	m6	
		Carga normal a pesada	...18	-	-	js5
			18,...100	...40	...40	k5
	100,...140		40...100	40...65	m5	
	140,...200		100...140	65...100	m6	
	200,...280		140...200	100...140	n6	
	-		200...400	140...280	p6	
	Carga muy pesada o carga de choque	-	50...140	50...100	n6	
		-	140...200	100...140	p6	
	Carga estacionaria al anillo interior	Se requiere desplazamiento axial del anillo interior	Todos los diámetros de ejes			q6
		No se requiere desplazamiento axial del anillo exterior	Todos los diámetros de ejes			h6
Rodamientos con anillo interior de agujero cónico	Toda la carga		Todos los diámetros de ejes			h9

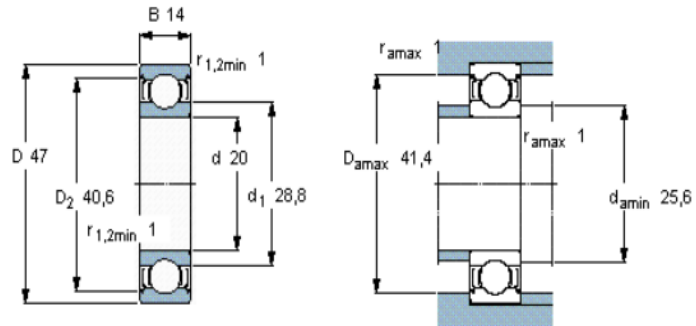
Nota: todos los valores de tolerancias listados son para ejes macizos de acero.

ANEXOS

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

Anexo 6. Tabla de rodamientos de bola.

Dimensiones principales			Capacidad de carga		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales	
d	D	B	dinámica C	estática C ₀		Velocidad de referencia	Límite de velocidad
mm			kN		kN	rpm	
20	47	14	13,5	6,55	0,28	32000	17000

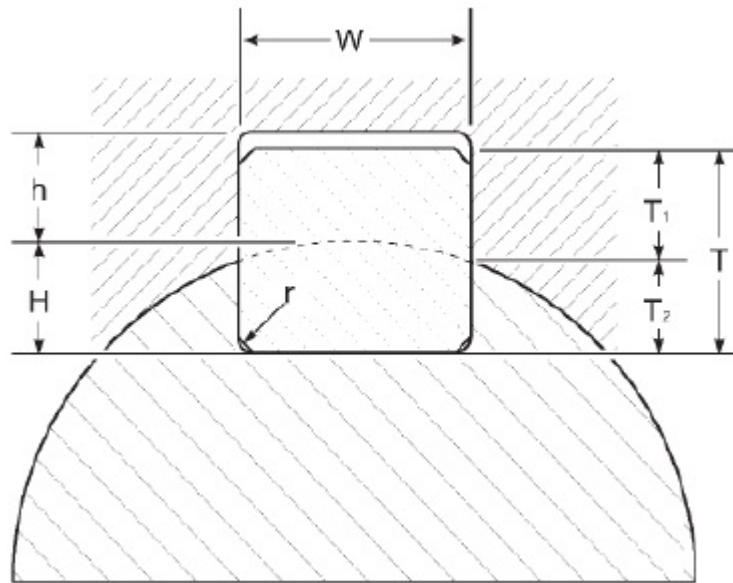


Factores de cálculo

k_r 0,025
 f_0 13

<http://www.skf.com/ve/>

Anexo 7. Chaveta y prisioneros.



Metric Standard Parallel Keyway and Key Sizes					
Shaft Diameter (mm)		Keyway (mm)		Key (mm)*	
From	To	Width (W)	Depth (h)	Width (W)	Depth (T)
6	8	2	1.0	2	2
9	10	3	1.4	3	3
11	12	4	1.8	4	4
13	17	5	2.3	5	5
18	22	6	2.8	6	6
23	30	8	3.3	8	7
31	38	10	3.3	10	8
39	44	12	3.3	12	8
45	50	14	3.8	14	9
51	58	16	4.3	16	10
59	65	18	4.4	18	11
66	75	20	4.9	20	12
76	86	22	5.4	22	14
86	96	25	5.4	25	14
96	110	28	6.4	28	16

<http://www.gates.com/>

ANEXOS

Diseño concurrente de un equipo de desgasificación para fundiciones de aluminio.

Anexo 8. Chumaceras.

Dimensiones principales				Capacidades de carga básica		Límite de velocidad	Designación
d	D	B	C	dinámica C	estática C ₀	con tolerancia de eje h6	
mm				kN		rpm	-
38,1	80	40	21	30,7	19	4800	YAT 208-108

Tamaño de la llave hexagonal [mm]
3,96875

Par de apriete rec. [Nm]
6,5

Anillo de asiento de caucho adecuado
RIS 208 A

Factor de cálculo
f₀ 14

Dimensiones principales					Capacidades de carga básica		Referencias		
d	A ₁	J	L	T	dinámica C	estática C ₀	Unidad de rodamientos	Soporte	Rodamiento
mm					kN		-		
38,1	38,5	101,5	130	52,6	30,7	19	FY 1.1/2 RM	FY 508 U	YAT 208-108

Prisionero
Par de apriete recomendado [Nm]
Tamaño de la llave hexagonal [mm]

5/16-24x5/16
6,5
3,96875

<http://www.skf.com/ve/>

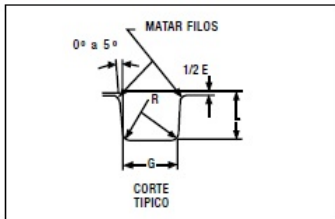
Anexo 9. O-Rings.

Sus principales ventajas son:

- Puede ser utilizado como sello estático, cuando las piezas no tienen movimiento y también en uso dinámico de vaivén, oscilante o rotativo.
- Permite el sellado en todas las direcciones, radial, axial u oblicua.
- El fluido puede ser líquido o gaseoso.
- Disponible en medidas y tolerancias normalizadas internacionalmente.
- Se dispone de una amplia variedad de dimensiones y compuestos.
- Son de bajo precio relativo.
- En muchos casos permiten su desarme y reutilización.
- Cierran en un amplio rango de presiones, temperaturas y tolerancias.
- Una vez instalados no requieren de ajustes durante su tiempo de vida útil.
- Son de peso reducido y requieren muy poco espacio, permitiendo un diseño muy compacto.

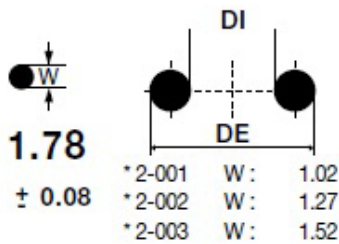
DISEÑO DEL ALOJAMIENTO

La acción de sellado del O-Ring se materializa mediante la deformación de su sección "W", obtenida a través de un correcto diseño de su alojamiento.
Las dimensiones de ranura "L" y "G" pueden obtenerse de la tabla de diseño.



Para uso estático, el aplastamiento varía del 12% al 25%.
En uso dinámico la deformación debe ser del 8% al 20%
En alojamientos existentes, la cota "L" debe garantizar una deformación de la sección "W", no inferior a 0.25 mm en valor absoluto. La terminación superficial del alojamiento debe ser de 32 *M*inches para superficies estáticas y de 16 *M*inches para superficies dinámicas

TABLA DE DISEÑO				
Secc. "W"	Dimensiones de Alojamiento			
	Profundidad "L"		Ancho "G" ± 0.1	Radio "R"
	Estático	Dinámico		
1.78	1.25 1.35	1.40 1.45	2.5	0.1 0.4
2.62	2.05 2.15	2.25 2.30	3.7	0.1 0.4
3.53	2.80 2.95	3.05 3.10	4.9	0.2 0.6
5.33	4.30 4.50	4.65 4.75	7.3	0.5 1.0
6.99	5.75 5.95	6.00 6.10	9.7	0.5 1.0



Parker Nº	DI mm	DE mm	Parker Nº	DI mm	DE mm	Parker Nº
2-001*	0.74	2.78	2-011	7.65	11.21	2-021
2-002*	1.07	3.61	2-012	9.25	12.81	2-022
2-003*	1.42	4.46	2-013	10.82	14.38	2-023
2-004	1.78	5.34	2-014	12.42	15.98	2-024
2-005	2.57	6.13	2-015	14.00	17.56	2-025
2-006	2.90	6.46	2-016	15.60	19.16	2-026
2-007	3.68	7.24	2-017	17.17	20.73	2-027
2-008	4.47	8.03	2-018	18.77	22.33	2-028
2-009	5.28	8.84	2-019	20.35	23.91	2-028
2-010	6.07	9.63	2-020	21.95	25.51	2-030

Anexo 10. Tubos estructurales.

HIERROBECO, C.A.

TUBOS ESTRUCTURALES



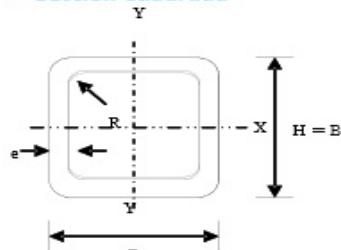
TUBOS ESTRUCTURALES

Definición y Uso del Producto

DEFINICIÓN	USO O APLICACIÓN
<p>TUBOS ESTRUCTURALES ECO FABRICADO POR SOLDADURA:</p> <p>Son productos de acero obtenidos a partir de flejes, cortados de bobinas o laminados en caliente, cuyo ancho corresponde al diámetro del tubo a fabricarse.</p> <p>Dichos flejes son doblados dándole la forma tabular deseada (redonda, cuadrada o rectangular) se sueldan longitudinalmente por el proceso de soldadura por resistencia eléctrica a través de todo el espesor de la lamina</p>	<p>Son utilizados fundamentalmente en la industria de la construcción, para la fabricación de estructuras metálicas como puentes, edificios, torres de transmisión, etc.</p>

TUBOS ESTRUCTURALES >> Sección Cuadrada

✓ **Sección Cuadrada**



Materia Prima: Astm – A – 500 Grado C
 Esfuerzo De Fluencia $F_y = 3.515 \text{ kgf/cm}^2$
 $F_b = 0.69 \times F_y$.

Recomendado como Columna, para cargas axiales grandes, momentos moderados y (KL) grandes.

◆ Norma Covenin: 2063-2005

Longitud 12 Metros.

DIMENSIONES			SECCIÓN A cm ²	PESO kgf/m	PROPIEDADES ESTÁTICAS		
H x B mm	mm				I cm ⁴	S cm ³	r cm
	e	r					
60 x 60	2.25	3.38	5.02	3.94	27.40	9.13	2.34
70 x 70	2.25	3.38	5.92	4.65	44.60	12.74	2.74
90 x 90	2.50	3.75	8.54	6.70	107.46	23.88	3.55
100 x 100	3.00	4.50	11.32	8.89	175.10	35.02	3.93
110 x 110	3.40	5.10	14.10	11.07	263.04	47.82	4.32
120 x 120	4.00	6.00	18.01	14.14	397.30	66.22	4.70

<http://www.hierrobeco.com/>