

DI
\$2500.-

UNIVERSIDAD DE MONTERREY
DIVISION DE INGENIERÍA ARQUITECTURA
Y DISEÑO



DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE ROLADO VERTICAL.

- INTRODUCCIÓN
- PANORAMA GENERAL
- NECESIDADES DEL CLIENTE
- DESARROLLO DEL DISEÑO
- RESULTADOS Y CONCLUSIONES

QUE PRESENTAN

JOSE IGNACIO CHAIREZ GARZA
BERNARDO GARCIA MANAUTOU

EN OPCION AL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ADMINISTRADOR

SAN PEDRO GARZA GARCIA, NUEVO LEON
DICIEMBRE DE 2003

Dedicatorias

A mi mamá, mi abuelita y toda mi familia.

José Ignacio Cháirez

Dedicatorias

Principalmente a mis padres, Edgar Jaime García Martínez y Belinda Manautou de García, porque me dieron la oportunidad de realizar mis estudios en la Universidad de Monterrey y me acompañaron paso a paso hasta el final de mi carrera.

A mi novia Verónica Curiel Martínez porque en las buenas y en las malas siempre me estuvo apoyando a lo largo de mi carrera.

A mis hermanos Aarón y Rene simplemente por que me acompañaron y demostrarles como logre este éxito.

Bernardo García.

Agradecimientos

A los ingenieros Arnaud Chevallier, Demófilo Maldonado y Anthony Reens.

A todos mis compañeros de carrera.

A la Universidad de Monterrey.

José Ignacio Cháirez

Agradecimientos

A nuestro asesor Dr. Arnaud Chevallier quien nos estuvo guiando para poder terminar con éxito este proyecto.

Al Ing. Demofilo Maldonado que siempre estaba dispuesto para brindarme su ayuda.

Al Ing. Anthony Reens quien fue el que me ayudo a realizar con éxito mis prácticas profesionales.

Al Dr. Santiago Cruz y el Ing. Ricardo Blackmore por su apoyo como sinodales en el desarrollo de este proyecto.

En General a todos los maestros que me estuvieron guiando para terminar mi carrera.

Bernardo García.

Prólogo

Durante el mes de Julio de 2003 los Ing. Jorge Cárdenas y Jorge Ortiz de la empresa Frisa Wyman Gordon se propusieron fabricar un dispositivo capaz de rolar un nuevo tipo de anillos para turbinas. El objetivo era tener un nuevo producto para lograr una mayor cobertura dentro del mercado de la industria aeroespacial.

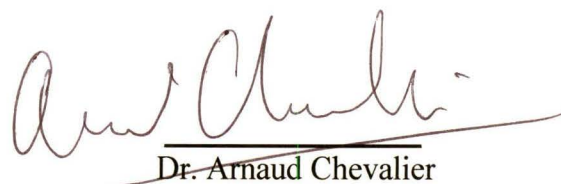
Junto con el Ing. Demófilo Maldonado, de la Universidad de Monterrey, se acordó desarrollar este proyecto como parte del proyecto de evaluación final de los alumnos José Ignacio Cháirez y Bernardo García.

El objetivo de este proyecto radica en diseñar y fabricar un dispositivo para rolado de anillos en forma vertical mediante la fuerza ejercida por una prensa hidráulica. Para lograr lo establecido se presenta una metodología de trabajo identificando plenamente las necesidades de la empresa, estableciendo las especificaciones que se requieren para el dispositivo y creando e inventado diferentes tipos de ideas para poder seleccionar la más adecuada acorde a las necesidades del cliente.

Los alumnos han demostrado que pueden aplicar sus capacidades como ingenieros para elaborar nuevos sistemas utilizados directamente en la industria. También demostraron sus habilidades de trabajar efectivamente en un equipo conformado por la universidad y la industria y, en general, gran madurez. La fabricación de su diseño es la mejor prueba de la confianza que Frisa Wyman Gordon tiene en su trabajo.

Mas allá de tener resultados directos, este proyecto trae consigo el beneficio del fortalecimiento en la relación entre la UDEM y la industria aeroespacial lo que conlleva a la posibilidad de colaboraciones posteriores.

¡Muchas felicidades ingenieros!



Dr. Arnaud Chevalier

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 2. PANORAMA GENERAL	3
PROCESO DE ROLADO.....	4
CAPÍTULO 3. NECESIDADES DEL CLIENTE.....	6
PRIORIDADES DE DISEÑO.....	10
CAPÍTULO 4. DESARROLLO DEL DISEÑO.....	12
SOLUCIONES POSIBLES.....	13
SOLUCIÓN ÓPTIMA.	16
DETALLE DEL DISEÑO.	17
<i>Plataforma</i>	<i>17</i>
<i>Soportes.....</i>	<i>18</i>
<i>Mandriles</i>	<i>22</i>
PLANOS DE FABRICACIÓN	25
CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES	34
BIBLIOGRAFÍA GENERAL.....	36
APÉNDICE.....	38

Índice de Tablas

Tabla 1. Matriz QFD.....	11
Tabla 2. Matriz de evaluación.....	16
Tabla 3. Distancias y esfuerzos en los mandriles	23
Tabla 4. Pesos Máximos soportables	23

Índice de figuras

Figura 1. Partes de una turbina	4
Figura 2. Barra cilíndrica	5
Figura 3. Etapas en el proceso de rolado	7
Figura 4. Placas de acero y disco	8
Figura 5. Prensa, disco y placas	9
Figura 6. Diseño conceptual 1	14
Figura 7. Diseño conceptual 2	14
Figura 8. Diseño conceptual 3	15
Figura 9. Plataforma.....	17
Figura 10. Fuerza transversal.....	18
Figura 11. Análisis de esfuerzos en los soportes	19
Figura 12. Forma rediseñada del soporte	19
Figura 13. Valor máximo de esfuerzos en los soportes	20
Figura 14. Maquinado tipo cola de milano	20
Figura 15. Superficie analizada.....	21
Figura 16. Diseño final vista superior.....	25
Figura 17. Diseño final vista isométrica	26

Abstract

Frisa Wyman Gordon es una empresa dedicada al rolado y maquinado de anillos para la industria aeroespacial. Con el objetivo de fabricar anillos de diámetros muy pequeños (50-125 mm), se decidió diseñar una máquina de rolado vertical utilizando una prensa hidráulica. Para satisfacer las necesidades de la empresa se tuvo que seguir una metodología de diseño. Por consecuente con la ayuda de “La casa de la calidad (QFD)” se estructuraron las especificaciones del cliente y generaron diseños conceptuales para posteriormente seleccionar el más óptimo. Se lograron detallar las características finales, tales como: la plataforma que se acopla a la mesa principal de la prensa, uno de los dos soportes con movimiento utilizando un mecanismo hidráulico y la facilidad de intercambiar los mandriles dependiendo del tamaño de anillo a rollar. Con un análisis estructural de los componentes del diseño utilizando Visual Nastran, se identificaron los materiales y las dimensiones apropiadas para su funcionamiento. Los resultados de los análisis traen consigo la fabricación del diseño que se va a implementar dentro de la compañía para aumentar la variedad de productos y poder satisfacer el mercado.

Capítulo 1. Introducción

La compañía Frisa Wyman Gordon es distribuidor de las principales empresas en la industria aeroespacial. En el rolado de anillos para turbinas de aviones existen diferentes procesos de fabricación. Hoy en día la producción de este tipo de piezas requiere de una tecnología muy avanzada ya que una posible falla representa un riesgo muy alto. La relevancia de un proyecto de esta magnitud se fundamenta en el alcance que puede proyectar mundialmente.

Para cumplir con la demanda de sus clientes, Frisa Wyman Gordon necesita tener la capacidad de rolar anillos con diámetros muy pequeños, entre 50mm y 125mm, de características muy particulares. Para cumplir con esta necesidad es requerida la fabricación de una máquina de rolado vertical que sea compatible a las condiciones de la prensa hidráulica que se tiene en planta. ¿Cuál es el mejor diseño para una máquina con estas características?

Capítulo 2. Panorama General

Frisa Wyman Gordon es una compañía enfocada al rolado de anillos para turbinas de aviones que actualmente se encuentra expandiendo sus fronteras de producto. Los anillos que se fabrican en esta planta son utilizados en la cámara de combustión, el compresor y las aspas de turbinas. (Figura 1) Las aleaciones más comunes utilizadas para este tipo de aplicaciones son base níquel, titanio y aluminio. Las también denominadas superaleaciones presentan excelentes propiedades mecánicas que al mismo tiempo dificultan el proceso de rolado ya que las condiciones de trabajo son muy demandantes. En la planta se requiere de una máquina de rolado para anillos con diámetros menores a 50cm que sea capaz de soportar las cargas generadas durante el proceso de rolado de superaleaciones. Las condiciones de la roladora actual no le permiten aplicar grandes presiones en espacios tan reducidos, por lo que se requiere de un nuevo dispositivo capaz de llevar a cabo estas operaciones.

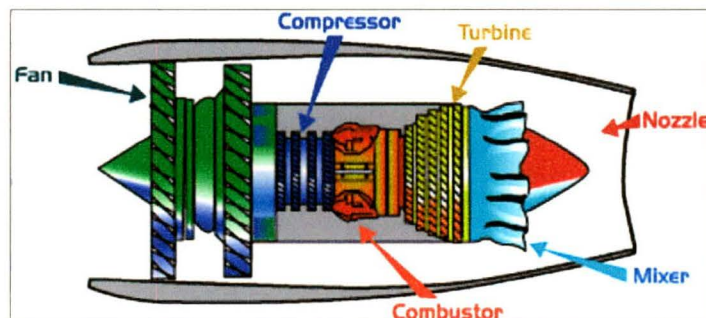


Figura 1. Partes de una turbina

Proceso de rolado

El proceso de rolado comienza con la obtención de una barra cilíndrica de 20.3cm de diámetro del material requerido. Esta barra es cortada a una longitud deseada de forma que el volumen de la barra sea igual al del anillo a rolar. La barra se calienta en un horno para ablandarla, posteriormente se lleva a una prensa hidráulica donde se forja hasta tener el material con forma de disco. Después de varias etapas de forja se utiliza un punzón para hacer un orificio por el centro del disco, de tal manera que la barra que se tenía en un principio termina con forma de dona. La dona es calentada de nuevo y

llevada a una roladora para engrandecer sus diámetros interior y exterior, y reducir su espesor. (Figura 2)

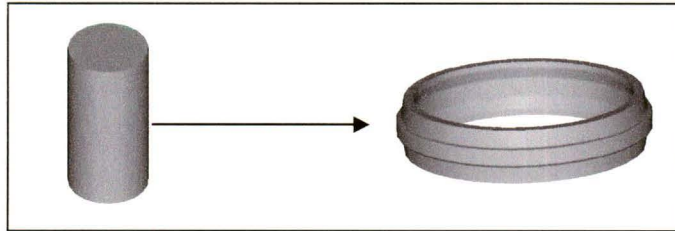


Figura 2. La barra cilíndrica inicial y el anillo a rolar deben tener el mismo volumen.

Capítulo 3. Necesidades del cliente

El dispositivo de rolado que se requiere en Frisa Wyman Gordon debe de ser capaz de forjar los anillos radialmente y debe utilizar una prensa hidráulica para ejercer una fuerza transversal. Basándose en una lista de requerimientos del cliente se generaron las características particulares del diseño. La roladora vertical debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- Debe ser capaz de rolar anillos de diámetro interior entre 50 y 125 mm.
- Debe ser capaz de rolar anillos de diámetro exterior máximo de 500 mm.
- Debe rolar los anillos de forma vertical.
- Debe ser capaz de resistir temperaturas hasta de 900°C.
- Debe soportar la forja de Inconel 718.
- Debe contar con un elemento de forja o mandril intercambiable.
- Debe tener la capacidad de montarse fácilmente en la prensa en planta.
- Debe ser diseñada para instalarse fácilmente con un montacargas.

La fuerza ejercida por la prensa es utilizada para disminuir el espesor de pared del anillo. El mandril debe ser de un material muy resistente capaz de soportar las cargas necesitadas para forjar el anillo. El proceso de rolado vertical comienza con un forjado inicial en una sección igual al área de contacto del mandril. Posteriormente el anillo se rota y se repite la operación de forjado. Esta secuencia se lleva a cabo hasta que se consigue un espesor de pared y diámetros deseados. (Figura 3)

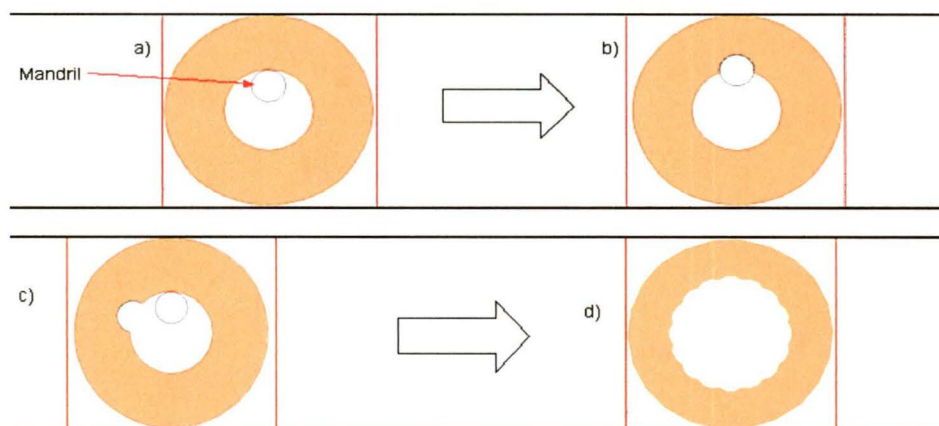


Figura 3. Etapas en el proceso de rolado vertical.

El concepto básico de una máquina de rolado vertical se puede representar como un mandril soportado en ambos extremos, donde al centro el anillo es rolado.

Funcionamiento específico

La prensa hidráulica a utilizar tiene en su parte inferior tres placas de acero A36, además de un disco de 127cm. de diámetro y 20.3cm. de alto. (Figura 4) La operación para remover el disco de la prensa toma aproximadamente 2 minutos. El disco representa un impedimento debido a su área reducida ya que minimiza el espacio de diseño de la máquina. El tiempo requerido para quitar el disco no es un factor importante que afecte el proceso de rolado.

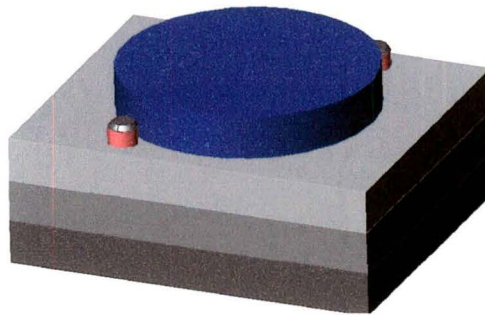


Figura 4. Placas de acero y disco.

El diseño se podría adaptar a la superficie de la placa de acero A36 superior. La placa tiene un largo de 182.8cm. por 152.4cm. de ancho, además de contar con un par de agujeros por los que sobresalen unos centradores. En el centro de la placa hay un agujero con forma cónica que sirve, al igual que los centradores, para disminuir el juego entre piezas.

La prensa hidráulica tiene una altura de casi 10 metros, y posee una capacidad de hasta 3500 toneladas. Las paredes de la prensa restringen el espacio del diseño, de la misma la distancia entre placas y émbolo. (Figura 5)

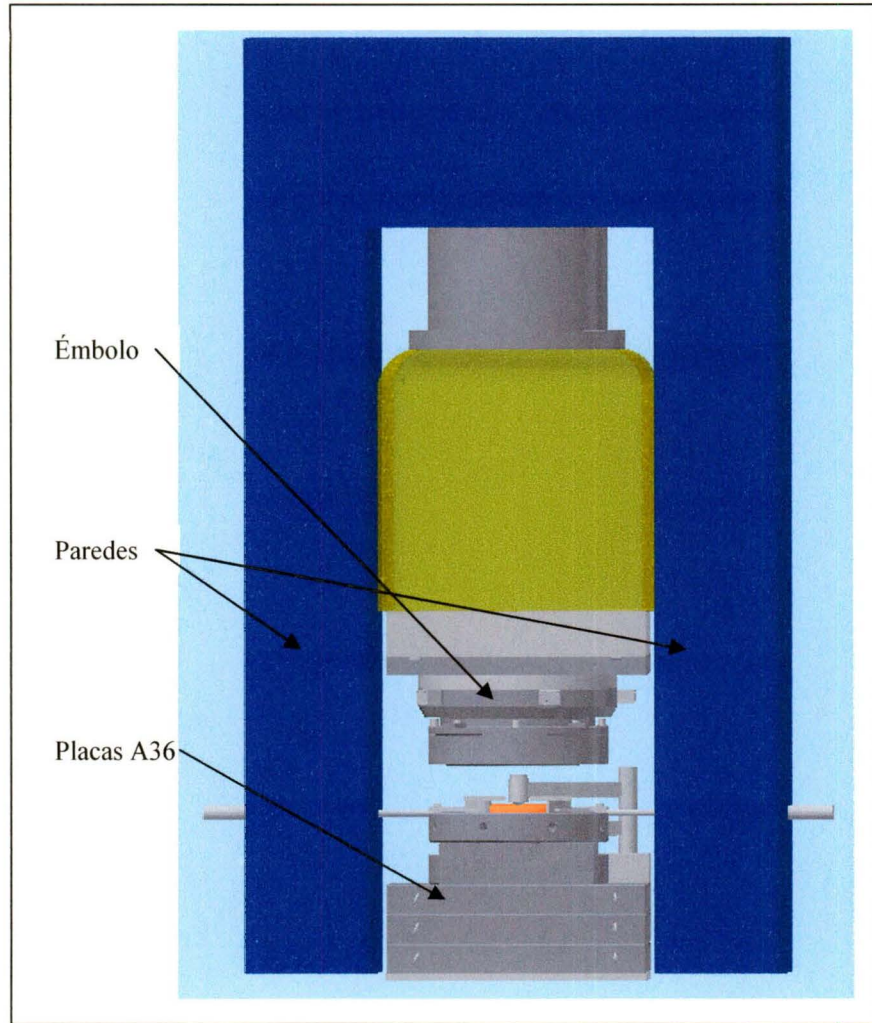


Figura 5. Prensa, disco y placas.

Prioridades de diseño

El QFD o “casa de la calidad” es un método sistemático utilizado como herramienta para relacionar las posibles decisiones de servicio-producto directamente con las necesidades del cliente. La función del QFD permite dar cierta prioridad a las necesidades establecidas y no establecidas teniendo como objetivo satisfacer plenamente al cliente.

Al mismo tiempo el QFD traduce los requerimientos del cliente, que son los conocidos como los QUE’S, a características técnicas, que son los COMO’S. Esta metodología permite también construir y entregar un producto de calidad o servicio enfocando las principales características del diseño en lo deseado por el cliente.

- Los QUE’S son las especificaciones o requerimientos específicos del cliente, es en donde el cliente comenta todo lo que necesita y desea.
- Los COMO’S son la traducción de esas necesidades en especificaciones técnicas, en otras palabras es la manera en la que se pueden solucionar todas esas necesidades para satisfacer al cliente.

El siguiente paso para el desarrollo del QFD es priorizar los requerimientos para consigo hacer una correlación entre los QUE’S y los COMO’S tomando en cuenta que a cada relación se le da una ponderación dependiendo de la importancia que desea el cliente sobre esa característica en particular. Esto arroja como resultado las especificaciones técnicas que más se deben de tomar en cuenta al momento de diseñar o de hacer algún rediseño, para que se lleguen a cumplir las necesidades del cliente, que es el objetivo principal de esta metodología.

		Como's		Que's														Peso de la fila Número consecutivo	
				Número consecutivo	Nivel de importancia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Resistencia	Soportar presiones en las peores condiciones de tarabajo	1	5.0	9	9													9.0	1
	Que sea robusto para soportar algún tipo de golpe	2	3.0	1	6													2.1	2
	Que sopote cambio de temperatura bruscos	3	5.0	9	1													5.0	3
Seguridad	Seguridad en el manejo y transportación	4	2.0							6								1.2	4
	Al momento de de montar el anillo	5	5.0			9						1						5.0	5
Tamaño	Si tiene automatización que sea segura	6	2.0				1											0.2	6
	Medida restringida por el tamaño de la base	7	4.0					9										3.6	7
	Que quede un espacio libre entre la prensa y el caballo	8	2.0						9									1.8	8
Transportación e Instalación	Que se pueda mover con montacargas	9	2.0							6						6		2.4	9
	Instalación en el menor tiempo posible	10	4.0								6	6	6					7.2	10
	Utilizar el mínimo de herramientas para la instalación	11	2.0									6						1.2	11
	Que se quite y se ponga facil	12	3.0										9	6				4.5	12
Diseño	Restricciones de movimiento en X,Y	13	3.0										9					2.7	13
	Para utilizarlo con la prensa LAKE ERIE	14	4.0					6	6				6					7.2	14
	Rolar anillos con diámetros exteriores hasta 500mm	15	3.0							1				9	1			3.3	15
	Rolar anillos con diametro interno entre 50 y 125 mm	16	5.0											9	1			5.0	16
	Que se abra el claro entre cada ciclo	17	5.0				1								9			5.0	17
	Que tenga un peso restringido	19	2.0	1	1							1				9		2.4	19
	Que se rompa el mandril solamente	20	4.0	6													9	6.0	20
Especificaciones óptimas				N/A	N/A	N/A	N/A	50x60 in	46 in	N/A	?	?	N/A	3	N/A	5 Tons.	N/A		
Peso de la Columna				11.9	7.0	4.5	0.7	6.0	4.5	2.4	2.4	4.3	10.2	9.0	5.3	3.0	3.6		

Tabla 1. Matriz QFD

Capítulo 4. Desarrollo del diseño

Existen diferentes formas de responder a las necesidades del cliente. El diseño de una máquina de rolado, para esta situación, puede desarrollarse desde diferentes perspectivas. Para tener un punto de referencia entre los diferentes diseños posibles se generan conceptos muy generales y excluyentes entre sí. Con los resultados generados por el QFD se le otorga una mayor prioridad al material de los soportes, los mandriles y la facilidad de instalación. Los conceptos se generan tratando de buscar el óptimo, teniendo en cuenta estas necesidades como primordiales.

Cada concepto posee un rasgo distintivo que le da cierto valor sobre los demás. Para seleccionar el mejor concepto se utiliza una matriz con diferentes criterios de evaluación. Esta metodología de selección nos permite tener una visión general de la conveniencia del concepto logrando optimizar tiempos basándose en resultados cuantitativos y evitando detallar particularidades de diseño no requeridos.

Soluciones posibles

DC.1. Este diseño está enfocado en contar con un soporte móvil para disminuir los esfuerzos sobre el mandril. Los soportes poseen una curvatura para permitir que encajen diferentes mandriles y no presenten movimientos axiales. Mediante un riel o una guía se mueve la pared y debajo del dispositivo se encuentra una plataforma con las dimensiones necesarias para encajar sobre las tablas de la prensa.

Ventajas: La vida útil del mandril se incrementaría considerablemente, es adaptable a cualquier tipo de mandril y posee un rápido cambio.

Desventajas: El disco debajo de la prensa debe ser removido.

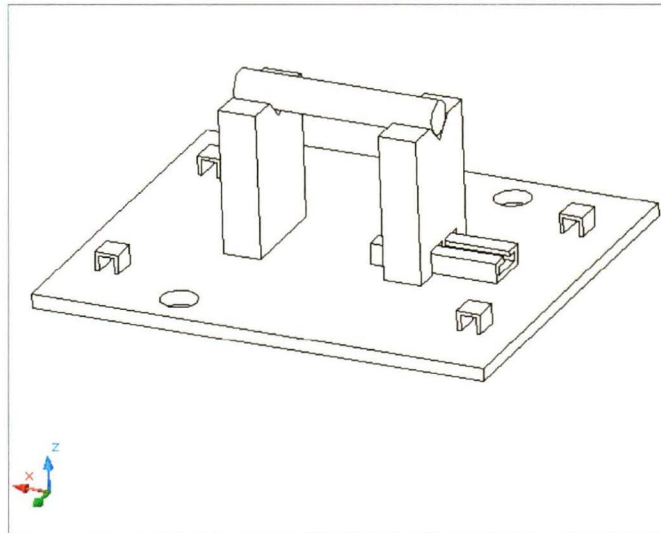


Figura 6. Diseño conceptual 1.

DC.2. Este diseño se caracteriza por contar con el mandril fijo sobre uno de los soportes para facilitar el montaje del anillo de forja. La plataforma se adapta a las placas de acero en la prensa. Es necesario poseer tres diferentes conjuntos soporte-mandril dependiendo de la necesidad del producto.

Ventajas: La operación de montaje de anillo y caballo sería muy rápida. El mandril tendría una buena duración debido a que uno de los soportes es movable. Se ajusta fácilmente sobre las placas de acero de la prensa.

Desventajas: Se necesitarían tres modelos iguales pero con diferentes medidas. Para rolar diferentes tamaños de anillos se requiere de remover toda la estructura. La altura del soporte que sostiene al mandril puede afectar el alto de rolado.

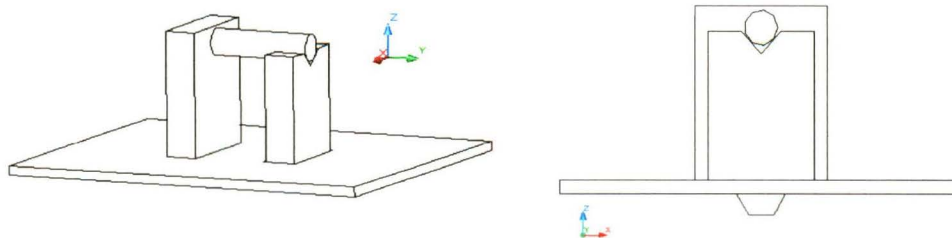


Figura 7. Diseño Conceptual 2.

DC.3. En este modelo el dispositivo cuenta con una plataforma circular que encaja sobre el disco utilizado en la prensa. Mediante este concepto el disco no necesita ser removido de modo que los tiempos de operación se disminuyen.

Ventajas: El tiempo de preparación del proceso de rolado se disminuye.

Desventajas: Se reduce el espacio de operación para los soportes.

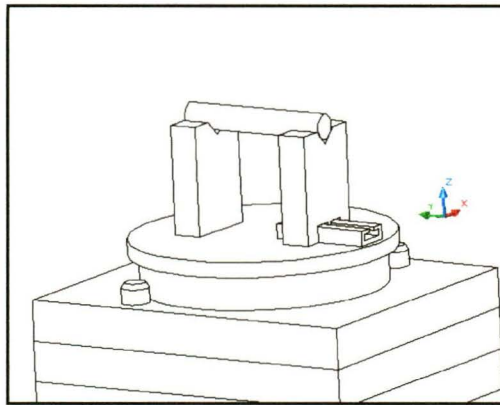


Figura 8. Diseño conceptual 3.

Solución óptima.

En la matriz de evaluación mostrada en la tabla 1 se observa El criterio de evaluación seleccionado entre el cliente y el diseñador, además de la importancia relativa que tiene ese criterio sobre el diseño. Posteriormente se pueden observar las columnas donde se les asigna un valor a las características de cada diseño dependiendo del criterio. En la parte se encuentra se observa una sumatoria del producto del valor de los diseños conceptuales y la importancia relativa del criterio. De tal forma que el diseño con mayor puntuación es el modelo más conveniente a desarrollar para el cliente.

Después de jerarquizar las características de los diferentes diseños conceptuales se selecciona el diseño conceptual 1.

Tabla 2. Matriz de evaluación

Criterios de evaluación	Importancia Relativa	Diseños Conceptuales		
		DC1	DC2	DC3
Tiempo de instalación	9	9	9	9
Paredes Movibles	9	9	1	3
Facilidad para instalar el mandril	9	9	9	1
Facilidad para instalar sobre la prensa	10	9	9	9
Fácil de mover con montacargas	8	9	9	9
Facilidad para colocar el anillo	9	9	9	3
Total		486	414	306
Relative place		1	2	3

Nomenclatura de Evaluación	
8 = Importante	1 = Deficiente
9 = muy importante	3 = Regular
10 = Indispensable	9 = Aceptable

Detalle del diseño.

Con el concepto del diseño ganador se procede a definir detalladamente sus características. En esta etapa se deben de tomar las decisiones que determinarán los rasgos distintivos del diseño. La selección de los detalles irá de acuerdo con la conveniencia de fabricación y acceso.

Plataforma

La plataforma es la base principal del diseño, debido a que es en donde se encuentran montados todos los componentes como los soportes, el mecanismo hidráulico y los brackets para el montacargas. Dentro de sus características específicas es que esta puede ser montada fácilmente en dos posiciones a la mesa principal de la prensa, guiada por los agujeros que se encuentran distribuidos y que embonan en los pines de la mesa principal.

Otra de las características con las que cuenta esta plataforma, son las guías para los soportes, que dentro de ellas se encuentra una canaleta para facilidad de mantenimiento en ocasiones de acumulación de escoria. A un lado de las guías se diseñaron unos agujeros, que sirven para posicionar uno de los soportes con pernos, de grado 5, según sea la distancia que se requiera.

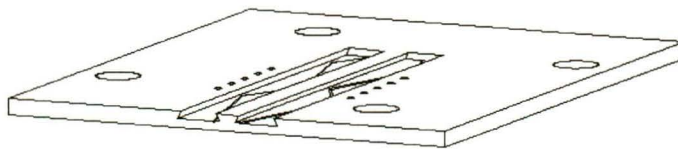


Figura 9. Plataforma

El material que se selecciono para su fabricación es acero A36, en forma de placa, el cual cuenta con un esfuerzo máximo de cadencia de 250MPa, suficiente para soportar las condiciones de trabajo, altas presiones de la prensa, sin deformaciones según los análisis realizados.

Soportes

Los soportes de la roladora vertical necesitan ser capaces de resistir la fuerza transversal ejercida por la prensa. La fuerza máxima es justo en el centro del mandril ya que es la zona de contacto del anillo y la prensa. Cada soporte se puede considerar con restricciones de movimiento en la superficie de contacto contra la plataforma. (Figura 10)

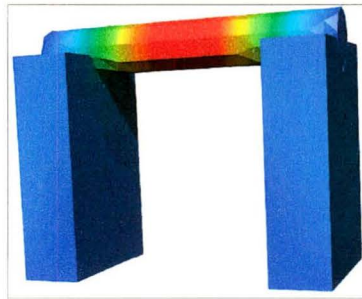


Figura 10. La fuerza transversal aplicada por la prensa se concentra sobre el mandril.

La máxima fuerza ejercida por la prensa es de hasta 6000 KN. En la figura 11 se puede ver donde se concentran los esfuerzos en los soportes al aplicar una carga de esta magnitud distribuida sobre el mandril. La zona que tiene forma de “V” presenta las peores condiciones del sistema. El estrés máximo en esta zona es de 900 MPA. Para un acero común y corriente este valor es altísimo puesto que supera su punto de cedencia, por lo que es necesario que el material de los soportes sea muy resistente.

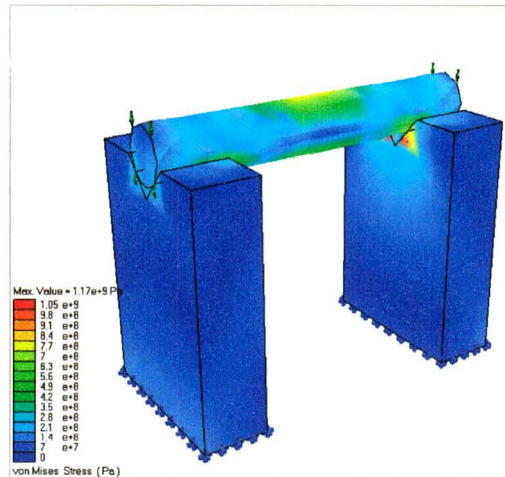


Figura 11. Análisis de esfuerzos en los soportes.

La forma final del soporte debe tratar de mejorar las condiciones existentes. Para optimizar la función del soporte se le agrega un radio en el corte en forma de “V”, este radio minimiza las condiciones de esfuerzos en esa zona. Además se puede remover material de los extremos del soporte ya que no implica un cambio significativo mecánico, mientras que lo hace mucho más ligero junto con todo el diseño final. (Figura 12)

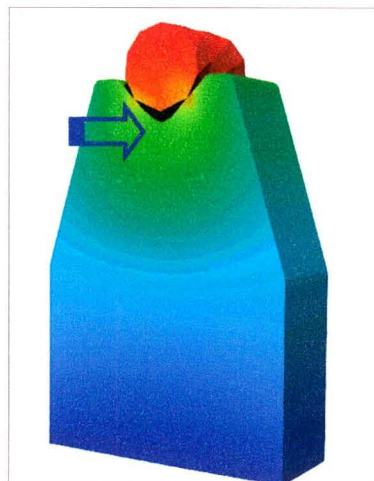


Figura 12. Forma rediseñada del soporte. Con un radio nuevo y menos material en los extremos.

La forma nueva del soporte además de ser más ligera disminuye los esfuerzos como se muestra en la figura 13. El valor real máximo de estrés es de 430MPa. El material seleccionado para esta aplicación es un acero 4140 tratado térmicamente. El punto de cedencia de este material es de 1110MPa. La importancia de selección de un material tan resistente es tomada de la casa de la calidad (QFD). Aunque el precio de este tipo de materiales es muy elevado se necesita contar con la certeza de que bajo las condiciones de trabajo requeridas va a responder con eficiencia.

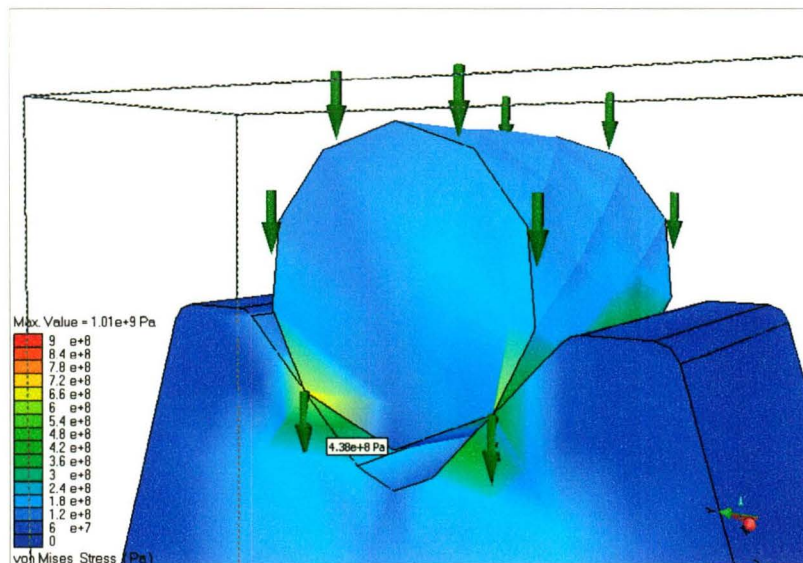


Figura 13. El valor máximo de esfuerzos en el soporte es de 430MPa

El soporte móvil contará con un maquinado tipo cola de milano con el cual se le permitirá trasladarse sobre una guía con el mismo acabado hembra en la plataforma (Figura 14).

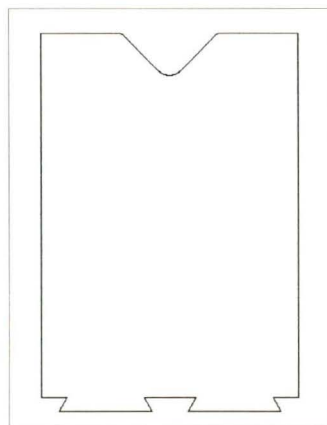


Figura 14. Maquinado tipo cola de milano.

Para asegurar que este maquinado cumpla con las condiciones de trabajo reales, fue necesario realizar un análisis específicamente en el área que esta en contacto con la plataforma. (Figura 15)

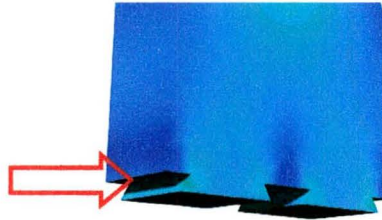


Figura 15. Superficie analizada.

El análisis dio como resultado que el máximo esfuerzo que se presenta en esa área es de 504MPa con una fuerza de 10 toneladas en sentido horizontal al soporte, que es una de las peores condiciones que se pueden presentar. Sabiendo que el esfuerzo máximo de cedencia es de 1110MPa se concluyo que este diseño cumple con las expectativas que se requieren para un perfecto funcionamiento en las condiciones de trabajo reales.

El movimiento que se requiere para el soporte será por medio de un sistema hidráulico, que consta de:

- Un cilindro de doble acción con 1.5” de diámetro de embolo, 40.32cm de carrera, montaje con orejas y con una presión nominal de 20,680kPa, que se ocupan para empujar el peso del soporte de 250kg. El cilindro será montado sobre la plataforma de forma horizontal. (Modelo 1.5C2HU14A16)
- Una bomba hidráulica manual de 2 velocidades, con una presión máxima de 1,379kPa hasta 68,950kPa, para la el funcionamiento del pistón.
- Una válvula direccional con palanca de 4 vías para abrir y cerrar el ciclo entre la bomba y el pistón.

La función principal de este mecanismo hidráulico es acercar y alejar un soporte del otro entre 9.36cm hasta 40.64cm que es la posición mas alejada que puede haber entre los dos.

Mandriles

Para cumplir con los requerimientos de tamaño de forja de anillos se optó por contar con 3 tipos de mandriles. Cada mandril posee diferentes características las cuales definen sus capacidades. Comúnmente los mandriles se utilizan de dos tipos de materiales: Inconel 718 y acero H13.

Cada mandril puede ser analizado como una barra circular soportada en los extremos con una carga distribuida aplicada transversalmente. Las condiciones son:

- Longitud: 150-500mm.
- Diámetro de los mandriles: 125, 87.5 y 50 mm.
- Módulo de elasticidad: 210GPa (H13) y 200GPa (Inco718).
- Esfuerzo de Cedencia: 1650MPa (H13) y 1100Mpa (Inconel 718).

- Ventajas y desventajas: El Inconel 718 cuenta con una gran resistencia al cambio brusco de temperaturas y a fractura por fatiga. El hacer H13 es más resistente que el Inconel a temperaturas más bajas y es más barato, pero no durará tanto.

La tabla 3 muestra el esfuerzo y el máximo desplazamiento para un peso de 290 toneladas ejercidos por la prensa. Si el esfuerzo de cedencia es alcanzado suponemos que el mandril deberá romperse. Basándose en la distancia entre los soportes y los diámetros de cada mandril se genera esta tabla que nos muestra la amplitud máxima entre soportes capaz de soportar este peso. En este caso la tabla se tabula con un esfuerzo de cedencia de 1650MPa, donde la zona en rojo indica que el esfuerzo de cedencia se ha sobrepasado

por lo que el mandril se deformaría. La zona azul nos muestra las distancias alcanzables de deflexión máxima bajo condiciones que los mandriles pueden soportar. Las columnas separan los diámetros de mandril y los esfuerzos máximos generados. Las filas están organizadas por la distancia entre soportes en metros.

Tabla 3. Distancias y esfuerzos en los mandriles.

W=290T	125mm	MPa	87.5mm	MPa	50mm	MPa
DISTANCIA (m)	Y(max) mm	STRESS	Y(max) mm	STRESS	Y(max) mm	STRESS
0.5	2.94	930	12.3	2700	115	14500
0.45	2.15	830	8.94	2430	83.8	13000
0.4	1.51	740	6.28	2160	58.9	11600
0.35	1.01	650	4.2	1890	39.4	10100
0.3	0.6	560	2.65	1620	24.8	8690
0.25	0.36	460	1.53	1350	14.4	7240
0.2	0.18	370	0.784	1080	7.36	5790
0.15	0.075	280	0.331	811	3.1	4350

Dadas las condiciones de la prensa la fuerza ejercida por la misma puede ser regulada por el operador. La siguiente tabla se obtuvo al generar los datos de la tabla 3 para los pesos posibles a utilizar. Esto nos sirve como guía para evitar exceder la carga soportable para cada mandril teniendo en cuenta las distancias entre mandriles.

Tabla 4. Pesos Máximos soportables (toneladas)

	0.125	0.0875	0.05
dist. (m)	Max. Load	Max. Load	Max. Load
0.5	500	170	30
0.45	570	190	36
0.4	630	220	40
0.35	730	250	46
0.3	830	290	52
0.25	1000	350	62
0.2	1250	440	80
0.15	1700	580	108

Para obtener los valores de deflexión máxima y esfuerzos se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\text{Stress} = -\frac{Wl}{8Z}$$
$$Y(\text{max}) = \frac{Wl^3}{48EI}$$

Donde:

- W Peso
- l Distancia entre cada soporte
- E Módulo de elasticidad
- I Momento de inercia
- Z Módulo de la sección (I/r)

Planos de fabricación

Para fabricar los soportes y la placa se generaron dibujos a entregar a talleres de maquinado. Se hicieron cotizaciones en diferentes talleres y se optó por las opciones preferenciales para Frisa Wyman Gordon.

Los dibujos son generados para el visible entendimiento del pailero. Se separaron en dos secciones ya que se llevó a cabo la fabricación en dos talleres diferentes. Los soportes de acero 4140 se realizaron primero en un taller interno de Frisa. La plataforma de A36 se maquinó en TIMSA ya que se contó con la referencia del maquinado final de las colas de milano de los soportes.

El diseño final se muestra en las siguientes figuras:

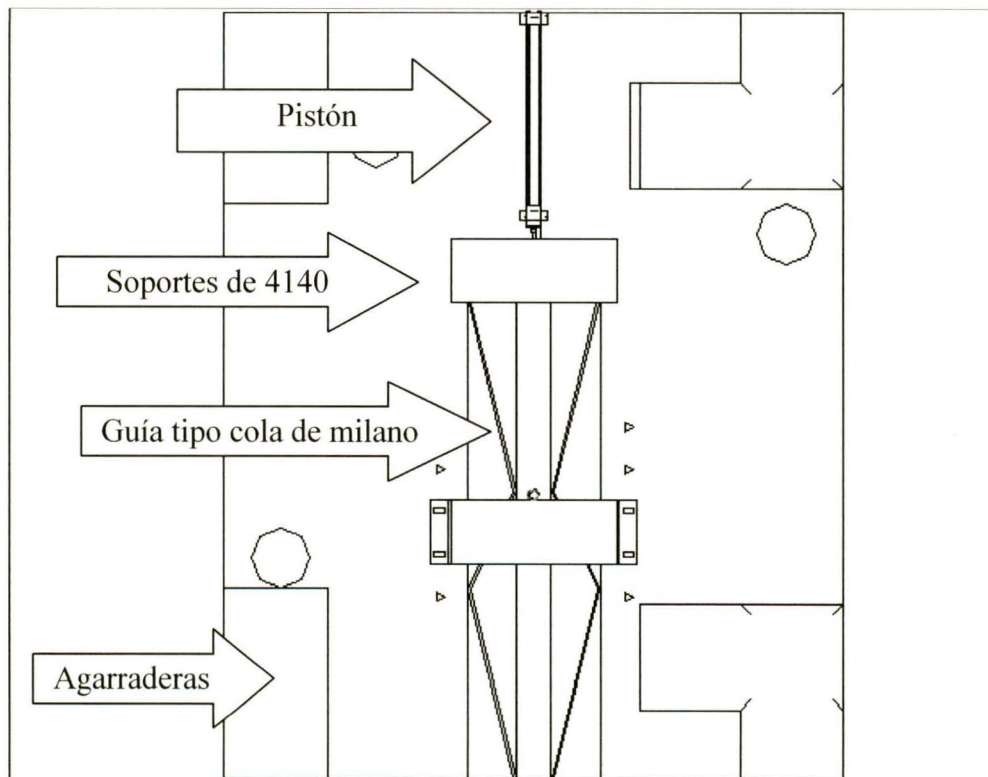


Figura 16. Diseño final vista superior

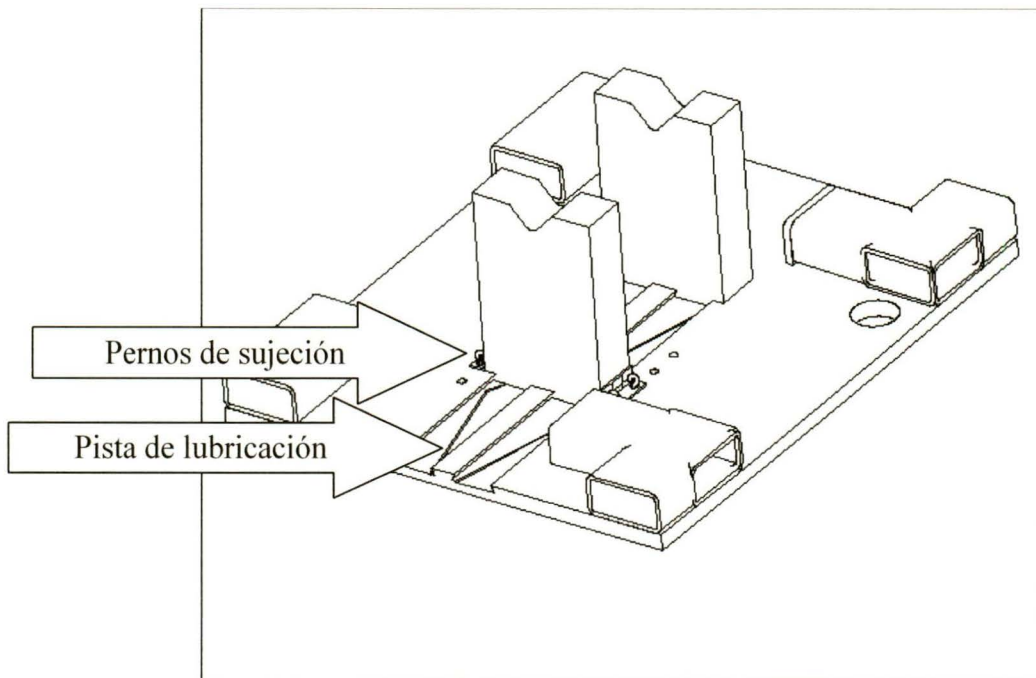
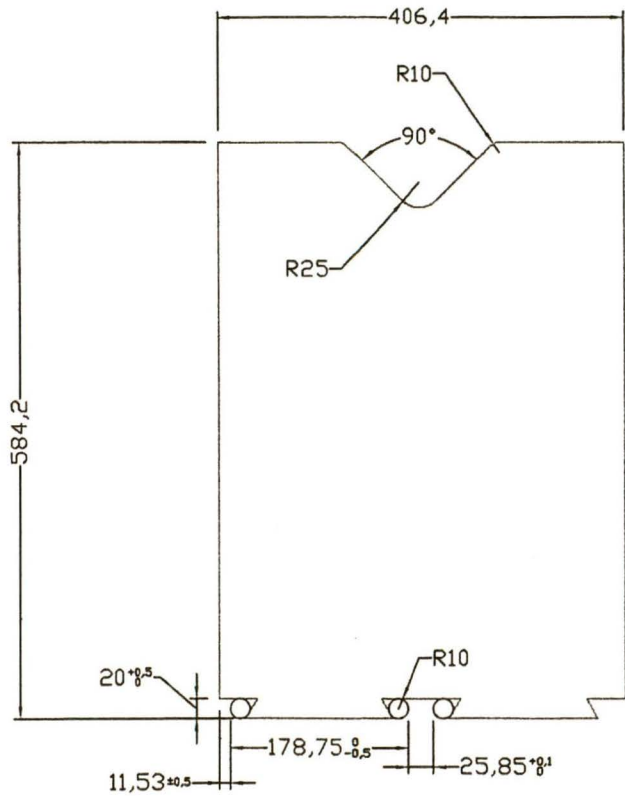


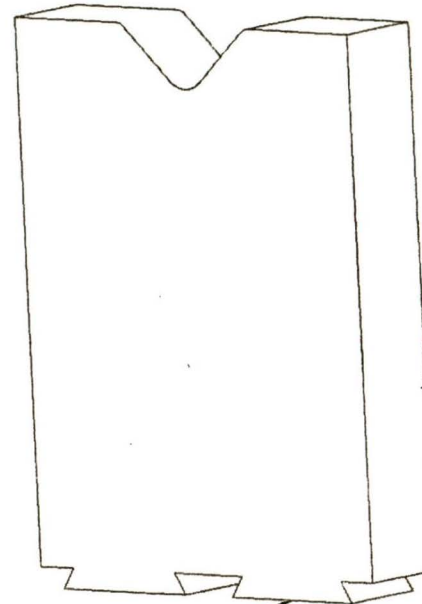
Figura 17. Diseño final vista isométrica.

A continuación se muestran los planos que se entregaron al pailero para que se llevara a cabo el maquinado de las piezas del diseño. Cada dibujo tiene un nombre que lo identifica dentro del diseño de forma que se puedan relacionar entre sí y se facilite el entendimiento del dimensionado:


Vista Frontal



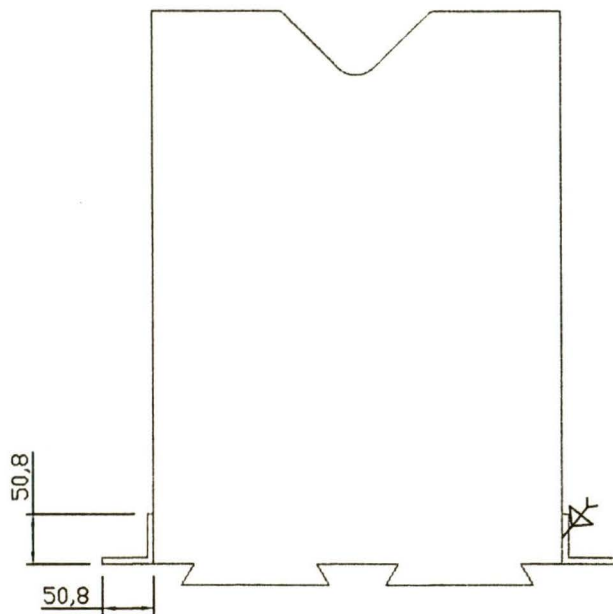
Vista Isométrica



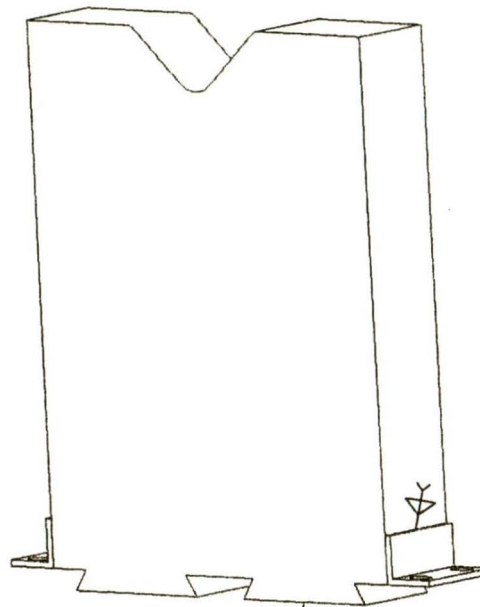
Placa de acero 4140
de 152.4mm (6" de espesor)

MAQUINADO	ACERO 4140		SUPPORT-00
2 Placas de acero 4140			21/10/03 I. CHAIREZ
			mm. 1.5

Vista Frontal




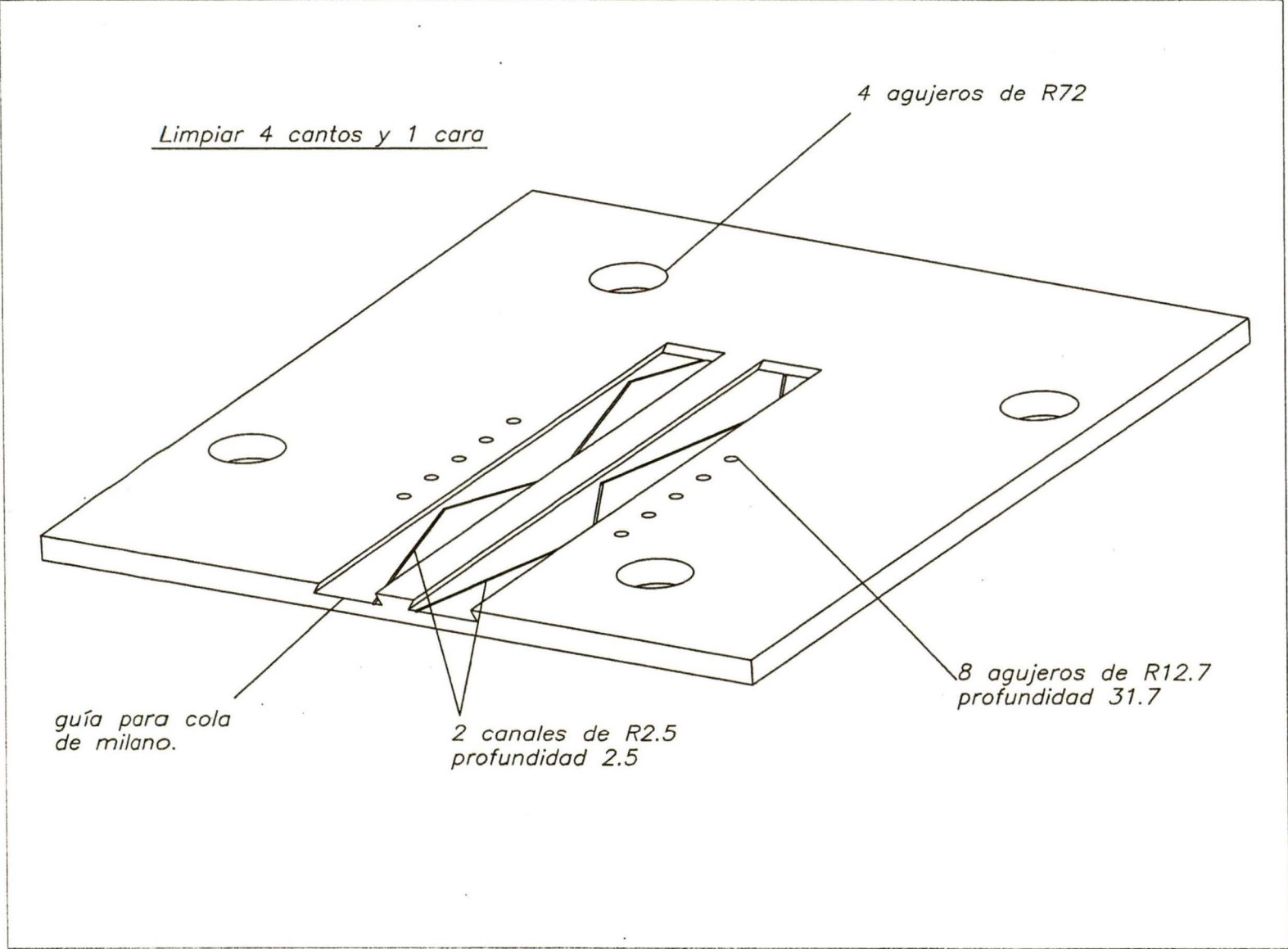
Vista Isométrica

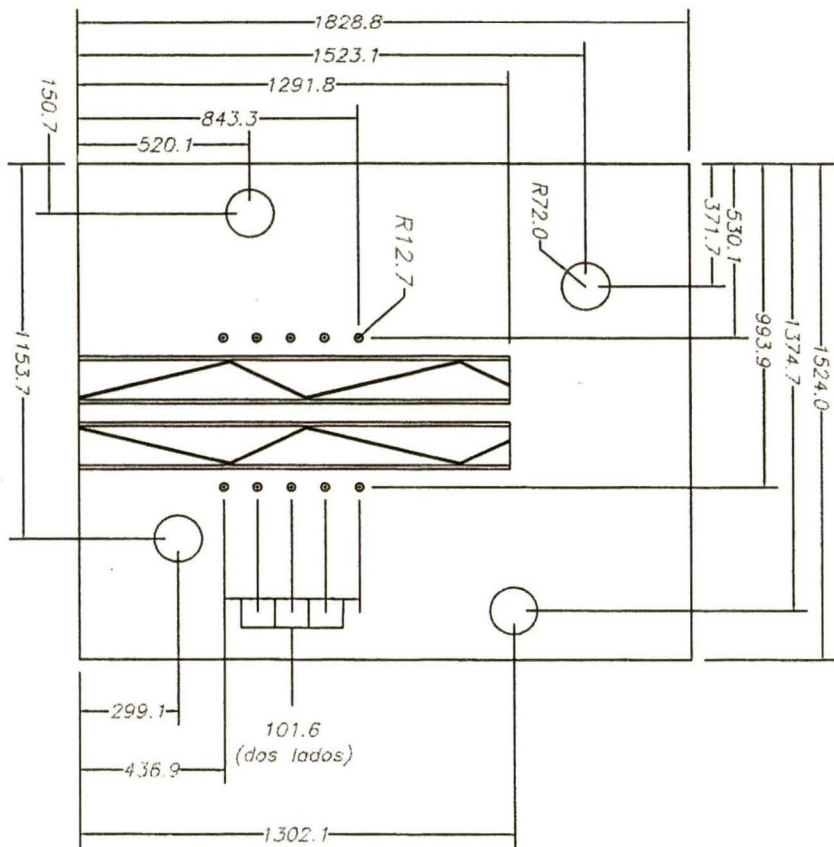


Placa de acero 4140
de 152.4mm (6" de espesor)

Las L's van centradas y soldadas
en la parte inferior de las caras
laterales. (Sólomente en uno de los
dos soportes).

MAQUINADO	4140		SUPPORT-01
1 Placa de acero 4140 con L de 2X2			21/10/03 LCHAIREZ mm. 1:4





MAQUINADO

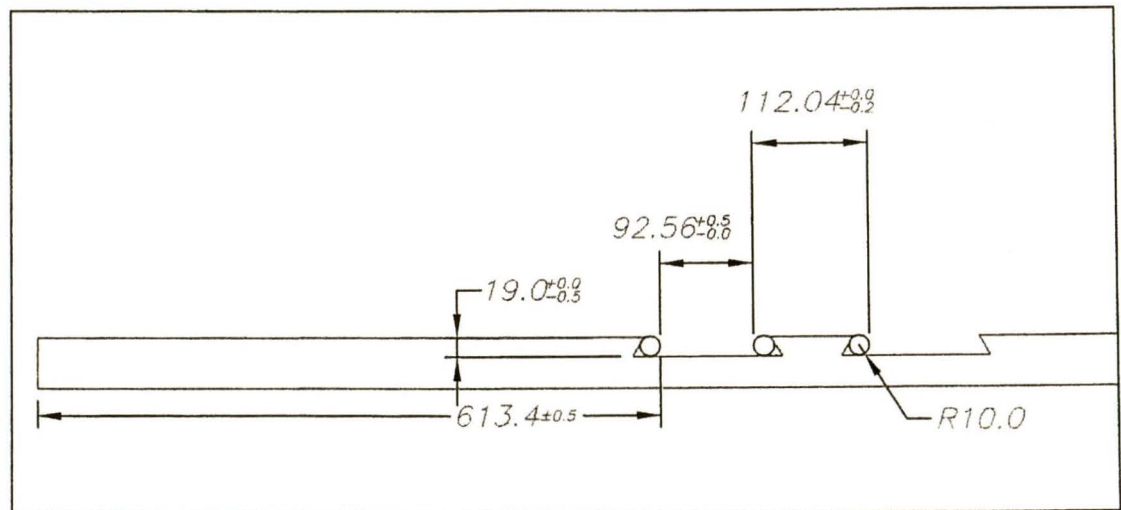
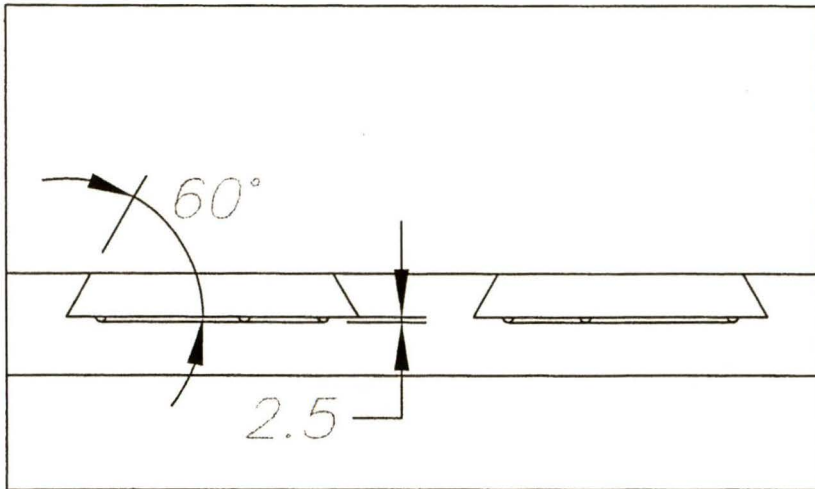
ACERO A36


FRISA

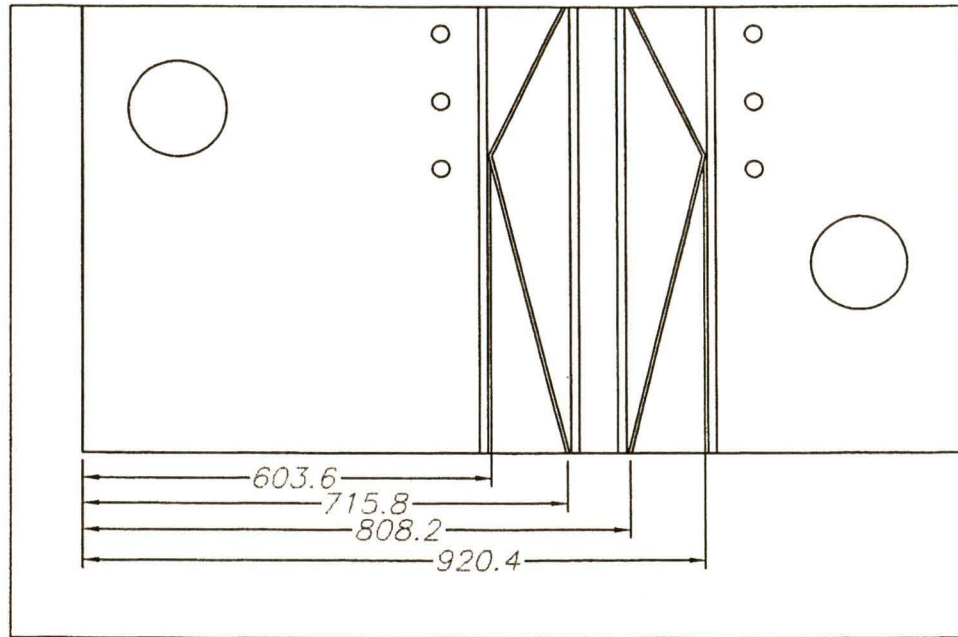
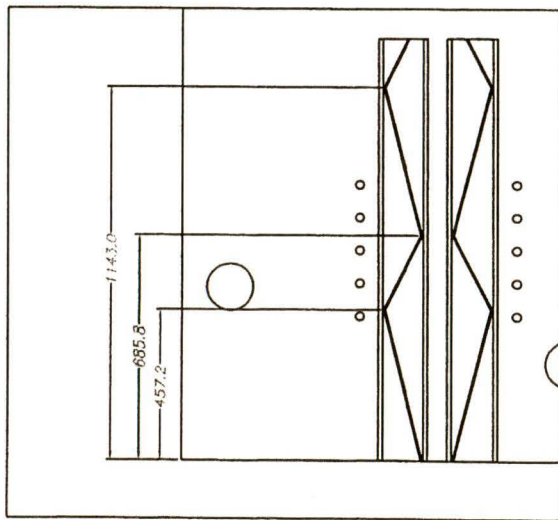
Platform--00

21/10/03 I CHAIREZ

mm 1:8



MAQUINADO	A36		Platform-01
			21/10/03 I.CHAIREZ
			mm. 1:6



MAQUINADO

A36

FRISA

Platform-02

21/10/03 I. CHAIREZ

mm.

8

Capítulo 5. Resultados y conclusiones

El proyecto realizado ha sido satisfactorio dentro de la empresa. Los resultados han sido positivos ya que se cuenta con un respaldo teórico que resguarda cada una de las características del diseño.

La plataforma que se diseñó, de acuerdo a los análisis realizados, es la más apropiada para este tipo de situaciones, debido a que se facilita la instalación y por consiguiente se reduce el tiempo. El material que se seleccionó es acero A36 ya que cuenta con las características apropiadas para su función.

Los soportes cumplen con los requisitos necesarios para resistir las altas presiones de la prensa debido a la selección de un material (acero 4140) con un alto esfuerzo de cedencia (110MPa) que permite evitar complicaciones de rupturas o deformaciones. Uno de estos soportes reduce la deformación de los mandriles gracias al movimiento que se realiza por medio de un sistema hidráulico que reduce el espacio entre soportes.

La fabricación del dispositivo se ha logrado a un precio razonable (menos de \$90,000 pesos) y con un gran soporte económico por parte de la empresa. Los resultados reales del funcionamiento de la roladora se medirán con el paso del tiempo.

Probablemente si el maquinado de algunas de las piezas se hubiera adelantado los problemas de tiempos de entrega de taller se hubieran evadido para concluir con el montaje de cada una de las piezas de la roladora.

Bibliografía General

Bibliografia

- Swift, K.F.; Booker, J.D. Process Selection-from Design to Manufacture, John Wiley & Sons, 1997
- The Mechanical Design Process David G. Ullman McGraw Hill 1992
- Step by Step QFD: Customer Driven Product Design Responsible Management Inc.
- Machine Elements in Mechanical Design Robert L. Mott Editorial Maxwell Macmilan International
- Product Design for Manufacturing James G. Bralia McGraw Hill 1988 -Principles of Engineering Design V. Hubka Butterworth Scientific 1982
- Engineering Design: A systematic Approach G. Pahl - W. Beitz Ed. Springer Verlag.

Software

- AutoCAD 2002
- MSC Visual Nastran 2000
- Autodesk Inventor

Apéndice

Plataforma



[Learn how to promote your company to MatWeb's 10,000 daily users](#)

Data sheets for over 37,000 metals, plastics, ceramics, and composites.

[HOME](#) • [SEARCH](#) • [TOOLS](#) • [FORUM](#) • [SERVICES](#) • [HELP](#) • [SITE MAP](#)

Searches: [Sequential](#) | [Material Type](#) | [Property](#) | [Composition](#) | [Trade Name](#) | [Manufacturer](#)



ASTM A36 Steel, bar

[Printer friendly version](#)

[Material si](#)

Subcategory: ASTM Steel; Carbon Steel; Low Carbon Steel; Metal

Key Words: UNS K02600

Component	Wt. %
C	0.26
Cu	0.2
Fe	99
Mn	0.75
P	Max 0.04
S	Max 0.05

Material Notes:

Minimum Cu content when copper steel is specified. Used for guardrails.

[Click here](#) to view available vendors for this material. **We have just added thousands of new supplier listings month - please check them out!**

Physical Properties	Metric	English	Co
Density	<u>7.85 g/cc</u>	0.284 lb/in ³	
Mechanical Properties			
Tensile Strength, Ultimate	400 - 550 MPa	58000 - 79800 psi	
Tensile Strength, Yield	<u>250 MPa</u>	36300 psi	
Elongation at Break	20 %	20 %	in
Elongation at Break	23 %	23 %	In
Modulus of Elasticity	<u>200 GPa</u>	29000 ksi	
Compressive Yield Strength	<u>152 MPa</u>	22000 psi	Allowable compressive
Bulk Modulus	<u>140 GPa</u>	20300 ksi	Typical
Poisson's Ratio	0.26	0.26	

Shear Modulus

79.3 GPa

11500 ksi

**References** for this datasheet.

Some of the values displayed above may have been converted from their original units and/or rounded in order to display the information in a consistent manner. Users requiring more precise data for scientific or engineering calculations can click on the property value to see the original value as well as raw conversion equivalent units. We advise that you only use the original value or one of its raw conversions in your calculations to minimize rounding error. We also refer to MatWeb's disclaimer and terms of use regarding this information. [Click here](#) to view all the property values for this datasheet as they were originally entered into MatWeb.

**Subscribe to Premium Services****Searches:** [Sequential](#) • [Composition](#) • [Property](#) • [Material Type](#) • [Manufacturer](#) • [Trade Name](#) • [UNS Number](#)**Other Links:** [Advertising](#) • [Submit Data](#) • [Database Licensing](#) • [Web Design & Hosting](#) • [Trade Publications](#)[Supplier List](#) • [Unit Converter](#) • [Reference](#) • [News](#) • [Links](#) • [Help](#) • [Contact Us](#) • [Site Map](#) • [Home](#)

Please read our [License Agreement](#) regarding materials data and our [Privacy Policy](#). Questions or comments about MatWeb? Please contact webmaster@matweb.com. We appreciate your input.

Site designed and maintained by Automation Creations, Inc. The contents of this web site, the MatWeb logo, and "MatWeb" are Copyright 1998 Automation Creations, Inc. MatWeb is intended for personal, non-commercial use. The contents, results, and technical data from this site may be reproduced either electronically, photographically or substantively without permission from Automation Creations, Inc.



Castle Metals®
de México, S.A. de C.V.

FECHA 16-Oct-03
REF 2119

COTIZACION

PARA: Ignacio Chairez
COMPAÑIA Frisa Wayman Gordon

KG

Item.	Cant.	UOM.	Descripción.	Medidas.	Peso Aprox.	Precio DLLS / Pieza	T.E semanas
01	2	pcs	1045 HR sil Killed	6" x 16" x 23"	569.00	\$ 598.00	3 a 4
02	1	pcs	A36 HR	2" x 60" x 72"	1,125.00	\$ 750.00	inmediato

**Los precios y tiempos de entrega están sujetos a cambio sin previo aviso

Consideraciones:

Precios EN DOLARES POR PIEZA, NO INCLUYEN IVA
L.A.B. SU PLANTA
Términos: NETO 30 DÍAS

GRACIAS POR COTIZAR CON NOSOTROS!

ING. LUIS GONZALEZ
lczgz@frisa.com
Ave. Industriales del Poniente Km. 19
Santa Catarina N. L., México C.P. 66350
Tel.(0181) 83888890 Fax.(0181)83886890

Comentarios

*Una vez colocada la orden de compra no se aceptan cancelaciones

*Únicamente se aceptan devoluciones de material si la especificación o medidas entregadas son diferentes a la cotizadas, estando obligados sólo a reponer el material y no a cubrir ningún otro gasto.

* los precios cotizados tienen validez solo el mes en curso



CASTLE METALS DE MEXICO, S.A. DE C.V.

AVE. INDUSTRIALES DEL PONIENTE KM. 19
SANTA CATARINA, N.L.
TEL.: (81) 8388-8890 FAX: (81) 8388-6890
R.F.C. CMM-941219-BG6

FACTURA No.

54171

ORDEN No.

131651

SANTA CATARINA, NUEVO LEON A: 11/13/03

* TERMINOS Y CONDICIONES DE VENTA AL REVERSO.

Castle Metals®

VENDIDO A: FRISA WYMAN GORDON, SA DE CV
VALENTIN G. RIVERO 127 COLLOS TREV
RFC. FWG-020510-ARA
SANTA CATARINA, NL

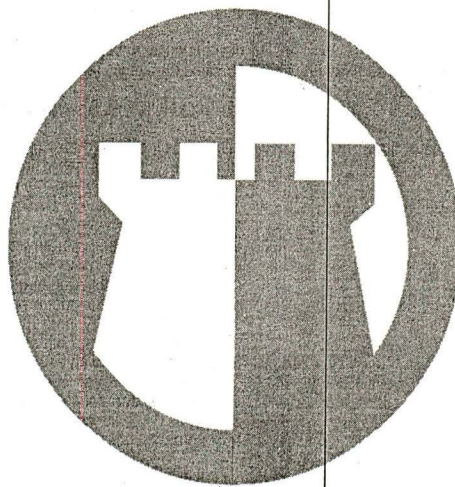
ENVIAR A: FRISA WYMAN GORDON, SA DE CV
VALENTIN G. RIVERO 127
COLONIA LOS TREV, OS
SANTA CATARINA, NL

NL 66150

NL 0

No. ORDEN DE COMPRA PEND	CONDICIONES NETO 30 DIAS	L.A.B. 118	CONDUCTO NUESTRO CAMION	P.P.D CCOL	FECHA DE ENVIO 11/13/03	FECHA DE FACTURA 11/13/03
-----------------------------	-----------------------------	---------------	----------------------------	---------------	----------------------------	------------------------------

DESCRIPCION	CANTIDAD PIEZAS ENVIADAS	PRECIO UNITARIO UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD
00673 2 PLATE A 36 HR WIDTH: 60.0000 IN LENGTH: 72.0000 IN	1 EA 1 Pz#	8,400.0000 EA	8,400.00
EL PAGO DE ESTA FACTURA SE HACE EN UNA SOLA EXHIBICION.			

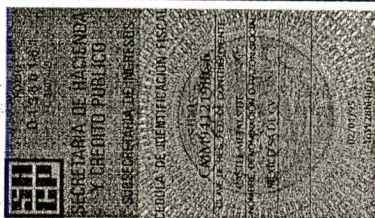


Castle Metals®

TOTAL MERCANCIA	OTROS CONCEPTOS	CORTE	FLETE	I.V.A.	TOTAL
\$ 8,400.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 1,260.00	\$ 9,660.00

IMPORTE TOTAL CON LETRA

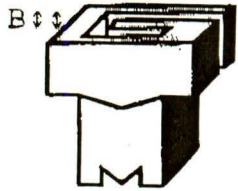
(NUEVE MIL SEISCIENTOS SESENTA PESOS 00/100 MN)



DEBO (EMOS) Y PAGARE (MOS) INCONDICIONALMENTE A LA ORDEN DE **CASTLE METALS DE MEXICO, S.A. DE C.V.**
EN LA CIUDAD DE MONTERREY, N.L., EL DIA 12/13/03 LA CANTIDAD DE \$ 9,660.00

(NUEVE MIL SEISCIENTOS SESENTA PESOS 00/100 MN)

VALOR DE LA MERCANCIA QUE HE (MOS) RECIBIDO A MI (NUESTRA) ENTERA SATISFACCION Y EL IMPORTE DE ESTA FACTURA CAUSARA INTERES DEL ____ MENSUAL SI NO ES PAGADO A SU VENCIMIENTO. ESTE PAGARE ES MERCANTIL Y ESTA REGIDO POR LA LEY GENERAL DE TITULOS DE CREDITO EN SU ART. 193, PARTE FINAL POR NO SER PAGARE DOMICILIARIO.



TECNOLOGIA Y MAQUINADOS DE MONTERREY, S.A. DE C.V.

Cotización No. 1495
Fecha: 19/11/03

FRISA WYMAN GORDON, SA DE CV
AT'N ING. JORGE ORTIZ

DESCRIPCION -----	COSTO UNIT. -----	CANTIDAD -----	TOTAL -----
MAQ. PLACA DE 1524MM X 1828.8MM CON 4 AG`S DE 72MM DE RADIO, 2 RANURAS COLA DE MILANO Y 8 AG`S DE 12.7MM DE RADIO S/CROQUIS. ACERO A-36	\$ 3,200.00	1	\$ 3,200.00

			\$ 3,200.00

+(TRES MIL DOSCIENTOS DOLARES 00/100 U.S.C.)+

TIEMPO DE ENTREGA 15 DIAS

Nota: Estos precios NO incluyen IVA.

Sin más por el momento quedo de Ud.

A T E N T A M E N T E,

P.A.


ING. LUIS GARZA T. GARZA
DIRECTOR GENERAL

Sistema Hidráulico

Emitida en: APODACA, NL

FACTURA	
N°	707347
FECHA	
11/07/2003	
FECHA DE VENCIMIENTO	
12/07/2003	

MATRIZ
 ARISTOTELES No. 118-7 PARQ. IND. KALOS
 APODACA, N.L. 66600 MEXICO
 TEL. (81) 8156-9900
 FAX (81) 8156-9999
 LADA SIN COSTO 01-800-800-8080
 FAX: 01-800-111-3666
 R.F.C. GRA-940826-CI5

SUCURSAL GUADALAJARA
 AVÉ. 8 DE JULIO No. 2447-C
 ZONA INDUSTRIAL
 GUADALAJARA, JALISCO 44940
 TEL. (33) 3640-1188
 FAX (33) 3640-2232
 Pago en una sola exhibición



FACTURADO A: 200057988
 FRISA WYMAN GORDON, S. A. DE C. V.
 VALENTIN G. RIVERO NO. 127
 COLONIA LOS TREVIVOS
 SANTA CATARINA NL
 66150 MX
 JORGE ORTIZ

CONSIGNADO A: 200057988
 FRISA WYMAN GORDON S. A. DE CV
 VALENTIN G. RIVERO NO. 127
 COLONIA LOS TREVIVOS
 SANTA CATARINA NL
 66150 MX

ORDEN No.	ORDEN FECHA	EMPLEADO No.	ORDEN DE COMPRA	TRANSPORTISTA	R.F.C. CLIENTE
11216411	11/07/2003	BRANCH	OC-1020 FAX	C6 7K	FWG020510ARA

CANTIDAD		CODIGO	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
SURTIDA	BACK ORDERED				
1		WS6W461	BOMBA MAN HIDR 2 VELOCIDADES 20 PULG. CUBICAS	3,006.22	3,006.22
NUM. PEDIMENTO:	038031643C11150		CANT	1.00	09/17/2003 COLOMBIA N.L.
1		WS6W565	VALVULA CONTROL DIRECC. HIDR 20 GPM NPT 3/4"	1,468.51	1,468.51
NUM. PEDIMENTO:	038031643C05019		CANT	1.00	06/08/2003 COLOMBIA N.L.

IMPORTE TOTAL CON LETRA	SUB-TOTAL	4,474.73
CINCO MIL CIENTO CUARENTA Y CINCO PESOS 94/100 M.N.	I.V.A.	671.21
CONDICIONES	TOTAL	5,145.94
NETO 30		

POR ESTE PAGARE ME(NOS) OBLIGO(AMOS) A PAGAR INCONDICIONALMENTE A LA ORDEN DE GRAINGER, S.A. de C.V. LA CANTIDAD DE \$ 5,145.94 CINCO MIL CIENTO CUARENTA Y CINCO PESOS 94/100 M.N.

FIRMA DEL REPRESENTANTE AUTORIZADO

EN EL DOMICILIO UBICADO EN ARISTOTELES No. 118-7, PARQUE INDUSTRIAL KALOS, APODACA, NUEVO LEON, A MAS TARDAR EL 12/07/2003, EN CASO DE RETRASO EN EL PAGO, ME(NOS)

FOLIO FISCAL W 462207



Parker Hannifin de México, S.A. de C.V.
 Motion & Control México
 Eje Uno Norte No. 100, Parque Industrial Toluca 2000
 Toluca, Edo. de México C.P.50100
 Tel.: (722) 2 75 42 00 Fax: (722) 2 79 93 08

FORMATO DE COTIZACIÓN

Nombre de la empresa: FRISA FORJADOS S.A. DE C.V.		No. cliente:	Folio de Cotización: 30-0015
Atención de: BERNARDO GARCIA		Fecha: 11/11/2003	
Dirección: CONOCIDA		Teléfono: 83 73 06 22	Fax: 11 33 65 78
Ciudad: SANTA CATARINA N.L.		e-mail: bernardogarciam @ hotmail.com	

Nº	Cantidad	Unidad	Modelo	Descripción	Tiempo de entrega	Precio de lista unitario	Valor Neto
A	1		1.50 C2HLU14A 16.00	CILINDRO HIDRAULICO "2H" DIAM: 1.5" X 16" CARRERA	10 Días Hábiles	\$5,126.00	\$5,126.00
B	1		050940 0000	Clevis Hembra para Vástago	3 Días Hábiles	\$317.99	\$317.99
C	1		068368 0000	Perno para Clevis Hembra	3 Días Hábiles	\$103.81	\$103.81
			NOTA:	CONDICIONES DE PAGO: PAGO POR ANTICIPADO DE EL 100%		SUMA DESC(-5%)	\$5,547.80 \$554.77
						SUBTOTAL	\$5,270.41 PESOS MAS IVA

- a) Precios cotizados en Moneda Nacional
- b) Los precios cotizados no incluyen I.V.A.
- c) F.O.B. nuestra planta
- d) Toda cancelación o devolución previa autorización causará un cargo del 20%
- e) Toda modificación a los equipos ordenados causará cargos adicionales.

Vigencia de esta cotización: 30 días a partir de la fecha de emisión

ATENTAMENTE

Observaciones

CONDICIONES DE PAGO: PAGO POR ADELANTADO DE EL 100%

CARLOS URZUA

PRECIOS SUJETOS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO

Mandriles



[Learn how to promote your company to MatWeb's 9500 daily users](#)

Data sheets for over 37,000 metals, plastics, ceramics, and composites.

HOME • SEARCH • TOOLS • FORUM • SERVICES • HELP • SITE MAP

Searches: Sequential | Material Type | Property | Composition | Trade Name | Manufacturer



Special Metals INCONEL® Alloy 718

[Printer friendly version](#)

[Material si](#)

Subcategory: Metal; Nickel Base; Superalloy

Key Words: Nickel-Chromium Alloy; Superalloy; AFNOR NC 19 Fe Nb, UNS N07718; ASTM B637, B670; ASME Code Sections I, III; AMS 5589, AMS 5590, AMS 5596, AMS 5597, AMS 5662, AMS 5663, AMS 5664, AMS 5832 Werkstoff Nr. 2.4668; WL Nr. 2.4668; MIL-N-24469; NACE MR-01-75; AECMA Pr EN 2404, 2405, 2407, 2408, 29 2961, 3219

Component	Wt. %	Component	Wt. %	Component	Wt. %
Al	0.2 - 0.8	Cu	Max 0.3	Ni	50 - 55
B	Max 0.006	Fe	17	P	Max 0.015
C	Max 0.08	Mn	Max 0.35	S	Max 0.015
Co	Max 1	Mo	2.8 - 3.3	Si	Max 0.35
Cr	17 - 21	Nb	4.75 - 5.5	Ti	0.65 - 1.15

Material Notes:

Nickel content above includes cobalt. Iron content as remainder. A precipitation-hardenable nickel-chromium alloy containing also significant amounts of iron, niobium, and molybdenum along with lesser amounts of aluminum and titanium. It combines corrosion resistance and high strength with outstanding weldability including resistance to pitting cracking. The alloy has excellent creep-rupture strength at temperatures to 1300°F (700°C).

Applications: Used in gas turbines, rocket motors, spacecraft, space shuttles, nuclear reactors, pumps, turbo pump seals, and tooling.

Forms: round, flat, extruded section, pipe, tube, forging stock, plate, sheet, strip and wire.

Data provided by the manufacturer, Special Metals.

[Click here](#) to view available vendors for this material.

Physical Properties	Metric	English	Co
Density	8.19 g/cc	0.296 lb/in ³	

Mechanical Properties

Tensile Strength, Ultimate	<u>1375 MPa</u>	199000 psi	Precipitation Hardened. Value at room temp Value at 650°C is 11
Tensile Strength, Yield	<u>1100 MPa</u>	160000 psi	Precipitation Hardened. Value at room temp 0.2% offset. Value at 650°C is 9
Elongation at Break	25 %	25 %	Precipitation Hardened. Value at room temp Value at 650°C

Electrical Properties

Electrical Resistivity	<u>0.000125 ohm-cm</u>	0.000125 ohm-cm	
Magnetic Permeability	1.0011	1.0011	at 200 oersted (15
Curie Temperature	<u>-112 °C</u>	-170 °F	

Thermal Properties

CTE, linear 20°C	<u>13 µm/m-°C</u>	7.22 µin/in-°F	2
Heat Capacity	<u>0.435 J/g-°C</u>	0.104 BTU/lb-°F	
Thermal Conductivity	<u>11.4 W/m-K</u>	79.1 BTU-in/hr-ft ² -°F	
Melting Point	1260 - 1336 °C	2300 - 2440 °F	
Solidus	<u>1260 °C</u>	2300 °F	
Liquidus	<u>1336 °C</u>	2440 °F	



Some of the values displayed above may have been converted from their original units and/or rounded in order to display the information in a consistent manner. Users requiring more precise data for scientific or engineering calculations can click on the property value to see the original value as well as raw conversion factors. We advise that you only use the original value or one of its raw conversions in your calculations to minimize rounding error. We also refer to MatWeb's disclaimer and terms of use regarding this information. [Click here](#) to view all the property values for this datasheet as they were originally entered into MatWeb.

**Subscribe to Premium Services**

Searches: Sequential • Composition • Property • Material Type • Manufacturer • Trade Name • UNS Number

Other Links: Advertising • Submit Data • Database Licensing • Web Design & Hosting • Trade Publications

Supplier List • Unit Converter • Reference • News • Links • Help • Contact Us • Site Map • Home

Please read our License Agreement regarding materials data and our Privacy Policy. Questions or comments about MatWeb? Please contact webmaster@matweb.com. We appreciate your input.

Site designed and maintained by Automation Creations, Inc. The contents of this web site, the MatWeb logo, and "MatWeb" are Copyright 1998 Automation Creations, Inc. MatWeb is intended for personal, non-commercial use. The contents, results, and technical data from this site may be reproduced either electronically, photographically or substantively without permission from Automation Creations, Inc.

Table 16 - Room-Temperature tensile properties of Sheet Annealed and Aged in Accordance with AMS 5597

Thickness, in	Tensile Strength, ksi	Yield Strength, ksi	Elongation, %
0.010	192.5	172.5	17
0.012	204.0	169.5	19
0.015	198.0	162.0	19
0.016	196.0	163.5	19
0.018	196.5	155.5	21
0.021	202.5	169.0	20
0.025	199.0	162.5	20
0.031	197.0	160.0	21
0.040	208.0	172.0	16
0.047	199.0	166.5	20
0.050	211.0	177.0	16
0.062	203.5	171.0	18
0.078	192.0	158.5	17
0.080	200.0	163.5	20
0.093	199.0	167.0	19
0.100	208.0	176.0	18
0.109	204.0	171.0	19
0.125	203.5	172.0	16
0.156	196.5	161.0	21
0.187	207.5	182.0	18
0.210	194.5	160.0	22
0.250	205.0	170.5	19

Table 17 - Effect of Aging on Room-Temperature Properties of Tube Reduced 70% to 0.133-in. Wall, 1.513-in. O.D.

Condition	Tensile Strength, ksi	Yield Strength (0.2% Offset), ksi	Elongation, %	Hardness, Rc
As-Tube Reduced	247.0	211.0	6.0	42.0
Aged 1325°F/8 hr, F.C. 100°F/hr to 1150°F/8 hr, A.C.	266.0	261.0	4.0	51.5

HIGH- AND LOW-TEMPERATURE PROPERTIES

Hot Finished Products

Properties of hot-rolled bar annealed at 1800°F and aged are shown in Figure 1. Table 18 shows room-temperature properties of hot-rolled plate annealed and aged per AMS 5596H. Properties of hot-rolled round annealed at 1950°F and aged are in Table 19. Data on hot-rolled round (annealed at 1800°F and aged) for the range of -320°F to 1300°F are given in Table 20.

Table 21 compares low-temperature properties (short transverse tests) of specimens machined from a forging and given the 1800°F anneal and age with those given the 1950°F anneal and age.

Table 22 shows room and 1200°F and 1300°F properties of a variety of hot-finished products annealed at 1800°F and aged.

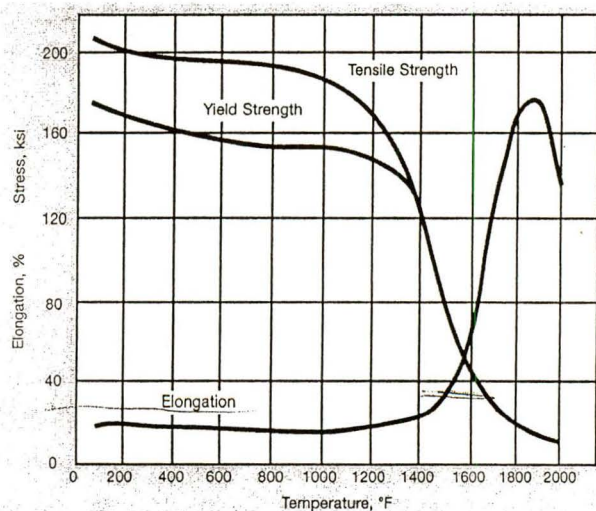


Figure 1. High-temperature properties of 1/2-in. diameter hot-rolled, annealed (1800°F/1 hr) and aged (1325°F/8 hr, F.C. to 1150°F, hold at 1150°F for total aging time of 18 hours) bar.

INCONEL alloy 625

with an excep-
tional strength, and oxi-
dation resistance. The alloy
is suitable for use in
oxidizing environments.
It is suitable for
welding, and trans-
forming. Standard product
forms are round, flats, sheet,
strip, and wire.

A nickel-chromium-molybdenum alloy with an addition of niobium that acts with the molybdenum to stiffen the alloy's matrix and thereby provide high strength without a strengthening heat treatment. The alloy resists a wide range of severely corrosive environments and is especially resistant to pitting and crevice corrosion. Used in chemical processing, aerospace and marine engineering, pollution-control equipment, and nuclear reactors. Standard product forms are round, flats, forging stock, extruded section, pipe, tube, plate, sheet, strip, and wire.

Limiting Chemical Composition, %

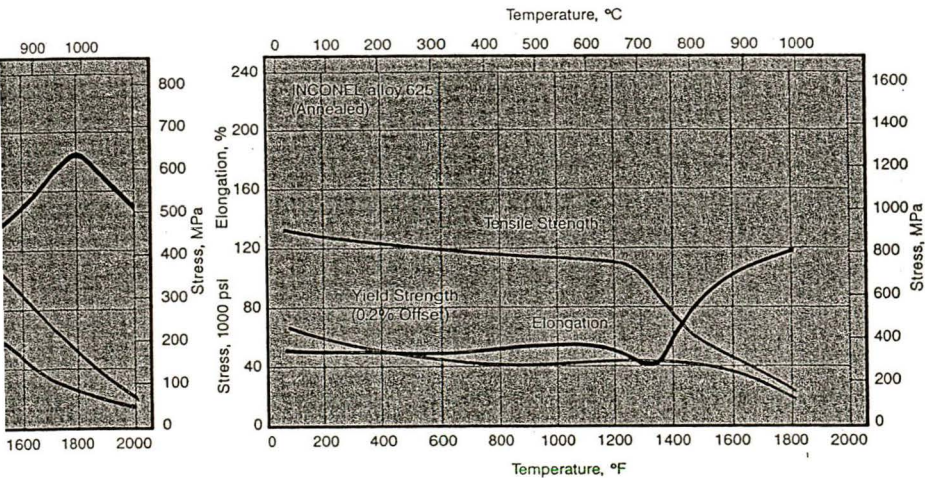
Ni	58.0 min.	C	0.10 max.	Ti	0.40 max.
Cr	20.0-23.0	Mn	0.50 max.	P	0.015 max.
Mo	8.0-10.0	Si	0.50 max.	Co ^b	1.0 max.
Nb ^a	3.15-4.15	S	0.015 max.		
Fe	5.0 max.	Al	0.40 max.		

^aPlus Ta. ^bIf determined.

Typical Mechanical Properties (Solution Annealed)

Rupture Strength (1000 h)	psi	MPa
1200°F / 650°C	52 000	360
1400°F / 760°C	23 000	160
1600°F / 870°C	7 200	50
1800°F / 980°C	2 600	18

psi	MPa
47 000	320
22 000	150
8 400	58
3 600	25
1 500	10



Physical Constants and Thermal Properties

Density, lb/in ³	0.302	Density, lb/in ³	0.305
Mg/m ³	8.36	Mg/m ³	8.44
Melting Range, °F	2430-2510	Melting Range, °F	2350-2460
°C	1330-1380	°C	1290-1350
Specific Heat, Btu/lb·°F	0.100	Specific Heat, Btu/lb·°F	0.098
J/kg·°C	419	J/kg·°C	410
Curie Temperature, °F	6.4	Curie Temperature, °F	< -320
°C	-11.6	°C	< -196

INCONEL alloy 718

A precipitation-hardenable nickel-chromium alloy containing also significant amounts of iron, niobium, and molybdenum along with lesser amounts of aluminum and titanium. It combines corrosion resistance and high strength with outstanding weldability including resistance to postweld cracking. The alloy has excellent creep-rupture strength at temperatures to 1300°F (700°C). Used in gas turbines, rocket motors, spacecraft, nuclear reactors, pumps, and tooling. Standard product forms are round, flats, extruded section, pipe, tube, forging stock, plate, sheet, strip and wire.

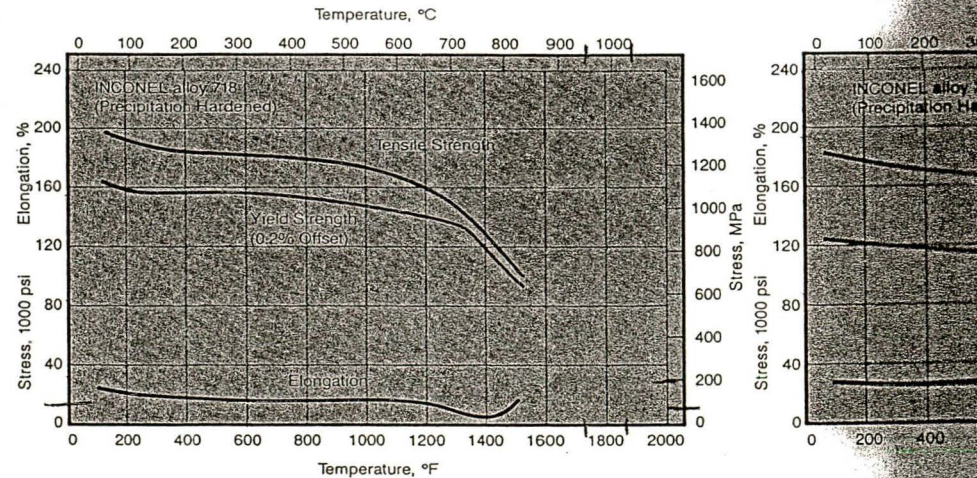
Limiting Chemical Composition, %

Ni ^a	50.0-55.0	Ti	0.65-1.15	Si	0.35 max.
Cr	17.0-21.0	Al	0.20-0.80	P	0.015 max.
Fe	Remainder	Co ^c	1.0 max.	S	0.015 max.
Nb ^b	4.75-5.50	C	0.08 max.	B	0.006 max.
Mo	2.80-3.30	Mn	0.35 max.	Cu	0.30 max.

^aPlus Co. ^bPlus Ta. ^cIf determined.

Typical Mechanical Properties (Precipitation Hardened)

Rupture Strength (1000 h)	psi	MPa
1100°F / 595°C	110 000	760
1200°F / 650°C	86 000	590
1300°F / 705°C	53 000	370
1400°F / 760°C	24 000	170



Physical Constants and Thermal Properties

Density, lb/in ³	0.296	Density, lb/in ³	0.296
Mg/m ³	8.19	Mg/m ³	8.19
Melting Range, °F	2300-2437	Melting Range, °F	2300-2437
°C	1260-1336	°C	1260-1336
Specific Heat, Btu/lb·°F	0.104	Specific Heat, Btu/lb·°F	0.104
J/kg·°C	435	J/kg·°C	435
Curie Temperature, °F	< -170	Curie Temperature, °F	< -170
°C	< -112	°C	< -112

INCONEL

A nickel-chromium alloy made precipitation hardened titanium. The alloy has excellent oxidation resistance at temperatures to 1300°F (700°C). It has excellent relaxation resistance and high strength. Used in gas turbines, rocket motors, spacecraft, nuclear reactors, pumps, and tooling. Standard product forms are round, flats, extruded section, pipe, tube, forging stock, plate, sheet, strip and wire.

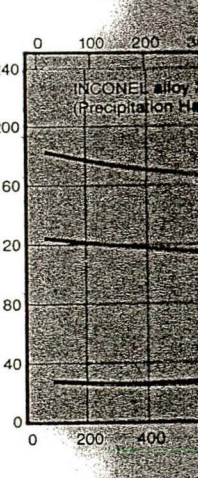
Limiting Chemical Composition, %

Ni ^a	70.0 min.	Ti	2.25-2.75
Cr	14.0-16.0		
Fe	5.0 max.		
Ti	2.25-2.75		

^aPlus Co. ^bPlus Ta.

Typical Mechanical Properties (Precipitation Hardened)

Rupture Strength (1000 h)	psi	MPa
1100°F / 595°C	110 000	760
1200°F / 650°C	86 000	590
1350°F / 730°C	53 000	370
1500°F / 815°C	24 000	170



Physical Constants and Thermal Properties

Density, lb/in ³	0.296	Density, lb/in ³	0.296
Mg/m ³	8.19	Mg/m ³	8.19
Melting Range, °F	2300-2437	Melting Range, °F	2300-2437
°C	1260-1336	°C	1260-1336
Specific Heat, Btu/lb·°F	0.104	Specific Heat, Btu/lb·°F	0.104
J/kg·°C	435	J/kg·°C	435
Curie Temperature, °F	< -170	Curie Temperature, °F	< -170
°C	< -112	°C	< -112

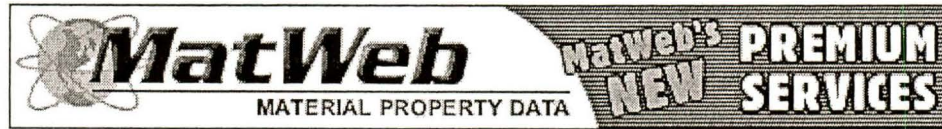


[Learn how to promote your company to MatWeb's 9500 daily users](#)

Data sheets for over 37,000 metals, plastics, ceramics, and composites.

[HOME](#) • [SEARCH](#) • [TOOLS](#) • [FORUM](#) • [SERVICES](#) • [HELP](#) • [SITE MAP](#)

Searches: [Sequential](#) | [Material Type](#) | [Property](#) | [Composition](#) | [Trade Name](#) | [Manufacturer](#)



AISI Type H13 Hot Work Tool Steel, air or oil quenched from 995-1025°

[Printer friendly version](#)

[Material si](#)

Subcategory: Hot Work Steel; Metal; Tool Steel

Key Words: UNS T20813, ASTM A681, FED QQ-T-570, BS 4659 BH13, BS 4659 H13, BS EN ISO 4957 :2000 X40CrMoV5-1, Werkstoff 1.2344

Component	Wt. %
C	0.32 - 0.4
Cr	5.13 - 5.25
Fe	Min 90.95
Mo	1.33 - 1.4
Si	1
V	1

Material Notes:

Iron content is calculated as a remainder. High hardenability, excellent wear resistance and hot toughness. H13 has thermal shock resistance and will tolerate some water cooling in service. Nitriding will improve hardness, but can reduce shock resistance if hardened layer is too thick. Electroslag Remelted (ESR) H13 has greater homogeneity and an exceptionally fine structure, resulting in improved machinability, polishability and high temperature tensile strength. good

Applications: hot work applications, pressure die casting tools, extrusion tools, forging dies, hot shear blades, stamping dies, plastic molds. ESR H13 is great for aluminium die-casting tools and plastic mold tools requiring a very high pressure.

Weldability: Pre and Post-heating recommended, can be welded with oxy-acetylene, inert shielded gas and shielded metal arc; Filler should be similar to the base metal.

[Click here](#) to view available vendors for this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.8 g/cc	0.282 lb/in ³	

Mechanical Properties

Hardness, Knoop	570	570	Converted from Rockwell C HRC
Hardness, Rockwell C	51 - 53	51 - 53	air quenched from 1025°C (1875°F)