



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN DISPOSITIVO
CON ATMOSFERA CONTROLADA PARA
TRATAMIENTOS DE CEMENTACION
GASEOSA EN ACEROS

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N:

**FELIPE VILCHIS PAZ
JUAN CARLOS COSTA JIMENEZ**

DIRECTOR DE TESIS: M en C. ALBERTO REYES SOLIS

CUAUTITLAN IZCALLI. EDO. DE MEXICO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1997



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

M
ESTUDIOS
CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

Diseño y Construcción de un Dispositivo con Armadura Controlada
para Tratamiento de Cementación Sulfata en Aceros

que presenta el pasante: Edilio Valencia Paz
con número de cuenta: 411128 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Químico Electromecánico ; en colaboración con:
Juan Carlos Rodríguez Sánchez

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlan Izcalli, Edo. de Mex., a 17 de Junio de 1995

PRESIDENTE	Ing. Benjamín Contreras Santacruz	<u>[Firma]</u>
VOCAL	Ing. Felipe Díaz del Castillo y Vargas	<u>[Firma]</u>
SECRETARIO	Ing. Enrique Cortés González	<u>7 junio 17/II/95</u>
PRIMER SUPLENTE	Ing. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez	<u>[Firma]</u>
SEGUNDO SUPLENTE	Ing. Jesús Ignacio López	<u>[Firma]</u>



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

M.
ESTUDIOS
CUAUTILÁN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTILÁN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.B. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:
Diseño y Construcción de un Dispositivo con Atmósfera Controlada
para Tratamiento de Cementación Gaseosa en Acero

que presenta el pasante: Juan Carlos Costa Jiménez
con número de cuenta: 1041301 para obtener el TÍTULO de:
Ingeniero Mecánico Eléctrico ; en colaboración con :
Elipio Vilchis Paz

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautilán Izcalli, Edo. de Méx., a 17 de Enero de 1995

PRESIDENTE Ing. Benjamín Contreras Montecruz [Firma]

VOCAL Ing. J. Luis de Jesús Espino y Vargas [Firma]

SECRETARIO Ing. Enrique Cortés González [Firma]

PRIMER SUPLENTE Ing. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez [Firma]

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Jesús García Lira [Firma]

AGRADECIMIENTOS

A LA MEMORIA DE

MI HERMANO JOSE LUIS, QUE DONDE QUIERA QUE SE ENCUENTRE, LE DEDICO ESTE TRABAJO CON CARINO.

A MIS PADRES

QUE GRACIAS A SUS CONSEJOS, APOYO Y PACIENCIA SUPIERON GUIARME EN MI FORMACION, A QUIENES BRINDO ESTE TRABAJO. LOS QUIERO

LETY

POR BRINDARME TU APOYO, AMOR Y COMPRESION, POR QUE ESTO SEA UN LOGRO DE AMBOS, TE AMO.

A MIS HERMANOS

ADDY, CARMEN, DANIEL Y CONSTANTINO. POR LA CONFIANZA QUE DEPOSITARON EN MI Y PORQUE ESTE SEA UN LAZO MAS DE UNION

A MIS HIJOS

LUIS FELIPE, MARIA FERNANDA Y DIEGO IVAN, QUIENES FUERON UN ALIENTO PARA LA TERMINACION DE ESTE TRABAJO.

AL L.A.E. EDUARDO ADIB KARAM GUTIERREZ

POR EL APOYO BRINDADO Y LAS FACILIDADES PRESTADAS PARA LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

A MIS COMPAÑEROS

POR LOS BUENOS Y MALOS MOMENTOS QUE TUVIMOS EN NUESTRA ETAPA DE ESTUDIANTES, ESPECIALMENTE A JUAN CARLOS COSTA.

A MIS ASESORES DE FES-CUAUTITLAN

ING. REYES SOLIS ING, JOSE LUIS ESPINO, ING. FELIPE DIAZ DEL CASTILLO, ING. ENRIQUE CORTEZ, ING. JESUS GARCIA LIRA, ING. BENJAMIN CONTRERAS QUIENES TAMBIEN ME IMPULSARON A LO LARGO DE MI CARRERA.

" GRACIAS A DIOS POR PERMITIRME VIVIR ESTE MOMENTO"

DIOS :

POR DARMÉ LA SABIDURIA, PACIENCIA Y TODOS LOS BIENES QUE ME HAS CONCEDIDO

MICAELA JIMENEZ DE COSTA :

POR TODO EL APOYO RECIBIDO, LA TENACIDAD Y CONSTANCIA QUE ME HAS MOSTRADO A LO LARGO DE MI VIDA, PARA LOGRAR MIS IDEALES.

MATEO COSTA CLERFEUILLE :

A LA MEMORIA DE MI PADRE.

MARIA SUSANA JACOBO DE COSTA :

POR EL RESPALDO A NO CLAUDICAR CUANDO LA CUESTA ES MUY PESADA. CON EL AMOR DE SIEMPRE TE AMO " GRACIAS."

AL EQUIPO DE INGENIEROS DE FES-CUAUTITLAN :

EN GRAL. POR SU LABOR Y DEDICACION EN TRANSMITIRME SUS CONOCIMIENTOS PARA HACER POSIBLE LA REALIZACION DE ESTE PROYECTO

L.A.E. EDUARDO ADIB KARAM GUTIERREZ :

EMPRESARIO DE " TROQUELADOS Y DOBLECES S.A. DE C.V. ", POR LAS GRANDES FACILIDADES PRESTADAS PARA LA REALIZACION DE ESTA TESIS.

A MI COMPAÑERO DE TESIS :

POR TODO EL ESFUERZO REALIZADO DURANTE NUESTRO TRABAJO.

A TODAS LAS PERSONAS QUE CONTRIBUYERON DE ALGUNA FORMA EN ESTE PROTOTIPO MIL GRACIAS.

JUAN CARLOS COSTA JIMENEZ

1996

INDICE

CAPITULO I

	INTRODUCCION	
I.1	GENERALIDADES.....	1

CAPITULO II

II	ALEACIONES Fe-C.....	5
II.1	DIAGRAMA Fe-C.....	5
II.2	MICROESTRUCTURAS EN ALEACIONES Fe-C.....	8
II.2.1	FERRITA.....	8
II.2.2	CEMENTITA.....	9
II.2.3	PERLITA.....	9
II.2.4	AUSTENITA.....	11
II.2.5	MARTENSITA.....	11
II.2.6	BAINITA.....	12
II.3	CLASIFICACION DE LOS ACEROS.....	13
II.3.1	CLASIFICACION DE LOS ACEROS POR SU COMPOSICION QUIMICA.....	13
II.3.1.1	ACEROS AL CARBONO.....	13
II.3.1.2	ACEROS ALEADOS.....	14
II.3.1.3	ACEROS INOXIDABLES RESISTENTES AL CALOR.....	18
II.3.2	CLASIFICACION DE LOS ACEROS POR SU APLICACION.....	18
II.3.2.1	ACEROS ESTRUCTURALES.....	19
II.3.2.2	ACEROS PARA MAQUINARIA.....	19
II.3.2.3	ACEROS PARA HERRAMIENTA.....	19

CAPITULO III

III	TRATAMIENTOS TERMICOS EN LOS ACEROS.....	21
III.1	PROCESO DE RECOCIDO.....	21
III.1.1	RECOCIDO TOTAL.....	21
III.1.2	RECOCIDO ISOTERMICO.....	22
III.1.3	RECOCIDO INCOMPLETO.....	22
III.1.4	RECOCIDO ELIMINADOR DE ESFUERZOS.....	22
III.2	TEMPLE.....	22
III.2.1	TEMPERATURA DE TEMPLE.....	23
III.2.2	DETERMINACION DE LA TEMPERATURA DE TEMPLE.....	23
III.3	REVENIDO.....	26
III.3.1	RANGOS DE TEMPERATURA.....	26
III.3.2	REVENIDO AL ACEITE.....	26
III.3.3	REVENIDO EN BADOS DE SALES.....	30

CAPITULO IV

IV	TRATAMIENTOS TERMOQUIMICOS.....	31
IV.1	CLASIFICACION.....	31
IV.1.1	CEMENTACION.....	31
IV.1.1.1	FUENTE GASEOSA DE CARBONO.....	31
IV.1.1.2	FUENTES LIQUIDAS DE HIDROCARBUROS DE CARBONO.....	32
IV.1.1.3	GASES PORTADORES.....	33
IV.1.2	NITRACION.....	35
IV.1.2.1	EJECUCION DE LA NITRACION.....	35
IV.1.3	CIANURACION.....	36
IV.1.4	CARBONITRURACION.....	36
IV.2	APLICACIONES INDUSTRIALES.....	36
IV.2.1	HORNO INTERMITENTE.....	36
IV.2.1.1	HORNO DE RETORTA GIRATORIA.....	37
IV.2.2	HORNO CONTINUO.....	37

IV.2.2.1	NORMO CONTINUO DE RETORTA GIRATORIA.....	37
IV.2.3	PREPARACION Y MANEJO DE LAS PIEZAS.....	38
IV.2.3.1	LIMPIEZA.....	38
IV.2.4	METODOS DE CARGA.....	39
IV.3	TRATAMIENTO TERMICO.....	39
IV.3.1	EFFECTO DE LA TEMPERATURA.....	39
IV.3.2	EFFECTO DEL TIEMPO.....	41
IV.3.3	EQUIPO GENERADOR APLICACION INDUSTRIAL.....	42
IV.3.4	ENFRIAMIENTO.....	46
IV.3.5	CONTROLES.....	46
IV.3.6	POTENCIAL DE CARBONO Y EL INDICE DE CARBONO.....	47
IV.3.7	TEMPERATURAS PARA LA CEMENTACION.....	47
IV.3.8	INDICE DE CEMENTACION.....	47
IV.3.9	CONTENIDO DE CARBONO SUPERFICIAL.....	47
IV.3.10	DEFORMACION.....	48
IV.3.11	ESPESOR DE CEMENTACION.....	48
IV.3.12	ACEROS PARA CEMENTAR.....	49

CAPITULO V

V	DISEÑO DEL DISPOSITIVO CON ATMOSFERA CONTROLADA.....	52
V.1	SELECCION DE MATERIALES.....	52
V.1.1	ALEACIONES FERROSAS.....	52
V.1.2	ALEACIONES NO FERROSAS.....	52
V.1.3	MATERIALES NO METALICOS.....	52
V.2	CONDICIONES DE TRABAJO DEL DISPOSITIVO.....	53
V.2.1	INSTALACION.....	53
V.2.2	NECESIDADES DE ENERGIA ELECTRICA Y ACEITE PARA TEMPLE.....	53
V.2.3	DESCRIPCION Y OPERACION DE LA CONSOLA DE FLUJO.....	57

V.2.3.1	MONTAJE DE DISPOSITIVO PARA CEMENTACION.....	57
V.2.3.2	AJUSTE DE RANGO DE TEMPERATURA DEL ACEITE..	58
V.2.3.3	SISTEMA DE TEMPLADO.....	58
V.2.3.4	CONTROLES.....	58
V.2.3.5	MANTENIMIENTO.....	62
V.3	SELECCION DE LA ATMOSFERA.....	62
V.3.1	MEZCLA.....	63
V.3.2	CONTROL DIMENSIONAL.....	63
V.3.3	MÉTODOS PARA DISMINUIR LA DEFORMACION.....	64
V.3.4	FORMACION DE HOLLIN.....	64
V.3.5	PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS PRINCIPALES GASES APLICADOS.....	65
V.3.5.1	ARGÓN.....	65
V.3.5.2	PROPANO.....	65
V.3.5.3	ORIGENO.....	66
V.3.5.4	AIRE.....	66
V.4	ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS.....	67
V.5	DISEÑO DEL DISPOSITIVO.....	72

CAPÍTULO VI

VI	CONSTRUCCION DEL DISPOSITIVO.....	87
VI.1	PLANOS DE CONSTRUCCION.....	88
VI.2	PROCESO DE CONSTRUCCION.....	89
CONCLUSIONES		103
BIBLIOGRAFIA.....		104

1 INTRODUCCION

1.1 Generalidades

El hombre desde sus inicios fue utilizando todos los objetos que la naturaleza le proporcionaba para cubrir sus más esenciales necesidades.

Es así como va descubriendo materiales para la fabricación de sus utensilios, hasta el punto en que tiene que transformar esos materiales, para darles formas especiales. Para esto, empieza a estudiarlos, conocer sus características externas e internas.

Con base en lo anterior se llega a concluir que los materiales más avanzados como los aceros inoxidables especiales para resistencia a la corrosión, las aleaciones para servicio a altas temperaturas y algunas fundiciones especiales están basadas en el hierro, en el que encontramos a la familia de las aleaciones con una diversidad importante de microestructuras y propiedades.

En general los aceros se encuentran con un contenido de 2% de carbono, de los cuales podemos hacer una clasificación:

Los aceros con bajo contenido de carbono son los más importantes por su alta ductilidad, tanto en frío como en caliente, conservando su resistencia y tenacidad aun después de procesados.

Los aceros con alto contenido de carbono son utilizados cuando, para su uso, requiere de dureza y resistencia al desgaste, como por ejemplo: cigueñales, engranes, ejes, flechas, etc.

Los aceros con bajo contenido de carbono se pueden retrabajar para obtener una dureza superficial sin perder las características del núcleo del material (tenacidad).

Para llegar a esto se hacen tratamientos superficiales o termoquímicos (estos últimos con base a un cambio en la composición química de la superficie del material).

Sólo se mencionaran estos puesto que se dedicará un tema para detallarlos.

Dentro de los tratamientos superficiales tenemos:

- Endurecimiento por inducción.
- Endurecimiento o temple por flama.
- Temple por calentamiento eléctrico de contacto.
- Temple por calentamiento del metal en electrolito.

Dentro de los termoquímicos tenemos:

- Cementación.
- Cianuración.
- Nitruación.
- Carbonitruación.

Los tratamientos termomecánicos son los más utilizados en la industria debido al costo y eficiencia que se obtiene de estos.

Estos tratamientos se llevan a cabo en hornos, cuyos vehículos de calor son el aire, gases y líquidos.

Dentro de estos tipos de hornos podemos describir los de fragua, cámara y calefacción.

Los hornos de fragua son alimentados con carbón vegetal, mineral o coque, el cual arde al ser forzado el aire por medio de un fuelle mecánico. Las desventajas de este sistema son la absorción del azufre y al se utiliza coque se puede originar fácilmente sobrecalentamientos. Al utilizar carbón también se origina una temperatura muy irregular y permite un mal control térmico y es difícil de controlar, pero su ventaja estriba en que sus costos de instalación y mantenimiento son muy bajos. En estos hornos es posible desarrollar temple, pero debido a la falta de buenos técnicos y poco cuidado se ha optado por cambiar a otros tipos de hornos.

Los hornos de cámara están compuestos por dos secciones, una es la cámara de combustión, limitada por una pieza o solera y la cámara de tratamiento además pueden estar calentados por gas, flujo de aceite ó eléctricamente.

En estos hornos es importante la trayectoria de las flamas por lo que es decisiva la elección de los quemadores. Cuanto mayor es la capacidad de los quemadores más económica es la marcha del horno, puesto que se mantiene alto el gradiente de temperatura entre quemador y material en tratamiento. Con esto se busca una rápida transmisión térmica, esencialmente por radiación.

Si se utilizan calentadores de efecto intenso, el revestimiento sufre fuertes sobrecalentamientos causando que no se pueda controlar la temperatura interna del horno por la radiación que continua realizando la pared de este, aun después de apagarlo. Para poder controlar esto es conveniente utilizar quemadores de suave efecto, sobre todo, para bajas temperaturas sin dejar de considerar que con quemadores de efecto intenso es posible controlar la uniformidad (radiación de calor).

Otro aspecto importante que se debe considerar es el revestimiento del horno, siendo importante la cantidad de mampostería que éste tenga. Para a mayor volumen, este seguirá irradiando al material gran cantidad de energía después de haber desconectado el horno, provocando sobrecalentamientos.

Por lo anterior no es posible construir hornos que se puedan regular y que sean rentables para tratamientos térmicos a diferentes temperaturas, es decir, en un mismo horno no se podría realizar el recocido y temple de un acero y después realizar el revenido del mismo.

Los hornos con calefacción eléctrica están compuestos por hilos y rieles helicoidales y en algunos se utilizan varillas de carburo de silicio (resistencias de silite), cuya calefacción es de techo ó bóveda. Si usan resistores de calefacción metálicos, en muchos casos están provistos también de una calefacción lateral en las paredes, siendo en su mayoría de radiación libre. Los enrollamientos están colocados en nichos formados por ladrillos perfilados, pero de modo que el calor de una parte del enrollamiento sea irradiado directamente al material en tratamiento.

Los materiales utilizados en función de la temperatura de trabajo son:

Hasta 1832°F (1000°C) = aleaciones cromo(níquel)(80%), más de 1832°F (1000°C) =aleaciones hierro-cromo e hierro-cromo-níquel(cobalto, hasta 2462°F (1350°C) = barras de carburo de silicidofalita).

En el desarrollo de tratamientos térmicos el material adecuado sería la aleación cromo-níquel por las siguientes razones:

- * No se trabajaría con temperaturas arriba de los 1832°F (1000°C).
- * El procedimiento para el montaje de los flejes helicoidales es más fácil de desarrollar (soldar el material).
- * El grano no sufrirá una considerable deformación en las resistencias helicoidales.

También aquí se considera la mampostería del horno, con la ventaja de que puede ser más ligera (por ejemplo: ladrillos de menor capacidad térmica).

Su desventaja también sería la acumulación de calor en la mampostería cerca de la espiral de calefacción y la cesión de calor después de la desconexión originando calentamientos breves o intensos y tampoco podrían hacerse todos los tratamientos en un horno.

Para que exista una buena uniformidad en el calentamiento debe haber circulación de aire y para temperaturas menores de 572°F (300°C) no es suficiente recircular aire, ahora habría que utilizar baños líquidos para ofrecer uniformidad de la temperatura.

Los hornos de mufia como su nombre lo dice, cuentan con una sección totalmente inconunicada con la cámara de combustión. La calefacción pueden ser de gas, flujo de aceite o eléctrica.

Para los hornos eléctricos el hilo o fleje helicoidal está directamente alrededor de la mufia y tiene las siguientes ventajas:

- * La cámara de calentamiento está cerrada.
- * Su atmósfera gaseosa es regulable.
- * Se puede utilizar gas protector.
- * No se presentan concentraciones altas de temperatura.

Sus desventajas son:

- * Sólo se fabrican en tamaños pequeños.
- * Su mufia es muy sensible a los golpes.
- * La conductividad térmica de la mufia es baja e incrementa sus gastos de energía.
- * Si la calefacción es asimétrica puede producir sobrecalentamientos locales.

De acuerdo a lo descrito anteriormente, se pensó en desarrollar un modelo de cámara (retorta), para un tratamiento termomecánico (cementación), el cual nos dé un parámetro real de este proceso, del costo de fabricación para hacer un comparativo de estas características con lo ya patentado.

Este modelo consta de un cuerpo y una tapa de acero refractario, un soporte y una consola. Dicha consola sirve para el control de aportación de gases y como una fuente de abastecimiento para el temple (la consola cuenta con una bomba de engranes para recircular el aceite y un calentador con regulador de temperatura).

Todo lo anterior se desarrolló debido a que se conocen poco los procesos de cementación, nitruración, etc., los cuales han sido esenciales para el desarrollo de partes mecánicas, por ejemplo: engranes, flechas automotrices, etc., los cuales son sometidos a trabajos en los que la principal característica es el desgaste de los mismos.

II. ALEACIONES DE Fe-C

Cuando se agregan al acero cantidades relativamente grandes de elementos de aleación, se estudia el comportamiento característico de los aceros al carbono. La mayor parte de los aceros especiales o aleados son los de contenido medio o alto de carbono a los que se han agregado diversos elementos para modificar sus propiedades en un grado apreciable, pero estos aceros deben aun sus características distintivas al carbono que contienen. El porcentaje de elemento de aleación necesario para un fin dado varía desde unas cuantas centésimas hasta posiblemente el 5%.

Cuando están listos para el servicio, estos aceros contienen por lo general, sólo dos elementos constitutivos, hierro y carbono. La única manera en que un elemento aleante puede afectar a las propiedades del acero es modificando la dispersión del carbono en la ferrita, variando las propiedades de esta última, o cambiando las propiedades del carbono. El efecto sobre la distribución del carbono es el más importante, porque en secciones en las que se pueda tener un control preciso de la estructura, el acero al carbono es sólo un poco inferior al acero especial o aleado, mientras que en secciones grandes en las que los aceros al carbono no toman el tiempo en toda la extensión de la sección, aun por enfriamiento brusco en agua, se puede aumentar la templeabilidad del acero por la adición de cualquier elemento aleante (excepto posiblemente el cobalto). Los elementos más efectivos para incrementar la templeabilidad del acero son el manganeso, el silicio y el cromo.

II.1 Diagrama de Fe-C

Para poder tratar en forma general este tema es necesario auxiliarse del diagrama de equilibrio de las aleaciones de hierro y carbono, llamada algunas veces "GRAFICA DE EQUILIBRIO", que se reproduce parcialmente en la figura II.1.

En las ordenadas se dan las temperaturas en grados celsius y en las abscisas se dan los contenidos de carbono en porcentaje en peso.

El calentamiento A1 corresponde al principio de la transformación de hierro alfa en hierro gamma. La temperatura A3 corresponde al final de esta transformación.

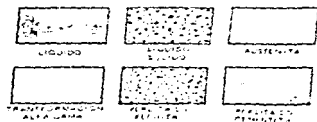
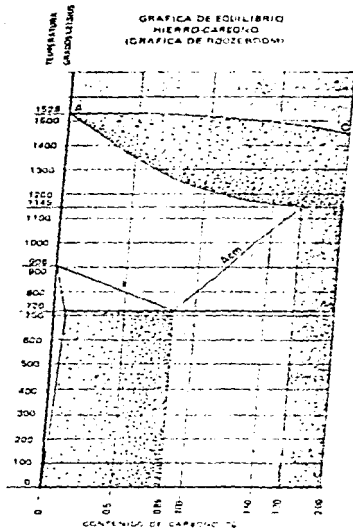
La línea Acm representa las temperaturas de fin de transformación de hierro alfa en hierro gamma, para los aceros que contienen más de 0.85% de carbono; estas temperaturas son las correspondientes a las A3 para los aceros que contienen menos de 0.85% de carbono.

La línea A-E corresponde a las temperaturas de principio de fusión de la solución sólida de carbono en hierro gamma. La línea A-C de las temperaturas de fin de fusión de la solución sólida de carbono en hierro gamma.

El hierro alfa puede contener en solución sólida, pequeñas cantidades de carbono (0.006% a 32°F (0°C) y 0.004% a 1292°F (700°C)).

El hierro gamma en cambio puede contener hasta 1.7% de carbono en solución sólida.

FIGURA II.1
 GRAFICA DE EQUILIBRIO
 HIERRO-CARBONO
 (GRAFICA DE ROZENDOM)



A la solución sólida de carbono en hierro alfa se le llama "Ferrita".

A la solución sólida de carbono en hierro gamma se le llama "Austenita".

A la combinación de carbono y hierro formando carburo de Hierro Fe_3C se le llama "Cementita".

A la mezcla de cementita y ferrita en la que el carbono queda en la proporción de 0.85% con respecto al hierro, se le llama "Perlita".

11.2 Microestructuras en aleaciones Fe-C

El estudio de la estructura de los metales nació en el pasado siglo XIX. Hacia 1800, Widenstätten comenzó a estudiar la estructura de los meteoritos, observando a simple vista su constitución macrográfica, puliendo su superficie y atacándola luego con ácidos o haciéndola visible por calentamientos a temperaturas relativamente bajas.

Sorby, en Inglaterra, fue el primero que utilizó, en los años 1856 a 1864, el examen por reflexión y el microscopio para los estudios metalográficos. Algun tiempo después, por el año de 1878, comenzó Martens en Alemania sus notables estudios sobre la microestructura de los aceros y fundiciones. Los trabajos del francés Floris Osmond fueron sin duda los más decisivos y trascendentales; en colaboración con Werth publicó en 1883 su "Teoría celular de los aceros", en la cual explica cómo los metales están constituidos por un núcleo de Hierro, rodeado por un cemento que desaparece con el temple, es decir, por un calentamiento a temperatura elevada seguido de un enfriamiento brusco.

En 1894, publicó Osmond su memoria "Sobre la constitución de los aceros al carbono", que es la base de partida de toda la metalografía moderna.

En los últimos años, investigadores de todas las nacionalidades, como Le Chatelier, Chazy, Portevin, en Francia; Martens, Heyn y Bauer, Goelens, Jannan, en Alemania; Robert Austen, Stead, Arnold, Hadfield, en Inglaterra, etc., han dedicado una gran atención y han efectuado notables trabajos sobre las estructuras microscópicas de los aceros. Si calentamos un trozo de acero de 0,35% de carbono a 1052°F (567°C) y lo dejamos enfriar lentamente dentro del horno, y luego lo pulimos y atacamos con una solución alcohólica de ácido nítrico al 3% durante diez segundos, podremos ver cristales blancos que son de ferrita y los negros de perlita.

La ferrita, cementita y perlita, que son los constituyentes característicos de los aceros recocidos, se aprecian con gran claridad en el examen microscópico, aunque se escriben pocos ejemplos.

11.2.1 Ferrita

La ferrita es hierro alfa (α), o sea hierro casi puro, que puede contener en solución pequeñas cantidades de silicio, fósforo y otras impurezas. En los aceros aleados, suelen formar solución sólida con la ferrita o hierro α , el níquel, manganeso, cobre, silicio, aluminio, etc.

Cristaliza en el sistema cúbico de cuerpo centrado, estando el cubo elemental formado por 8 átomos, situados en los vértices y uno en el centro.

Tienen aproximadamente una resistencia de 28 Kg/mm², 3% de alargamiento y una dureza de 90 unidades Brinell. Es el más blando de todos los constituyentes del acero, muy dúctil y maleable. Magnética y de pequeña fuerza coercitiva.

Los reactivos habituales, ácido nítrico (1 al 3 y 5%), ácido pícrico y reactivo de Benedicks no la colorean,

destacando únicamente en los aceros de muy bajo porcentaje de carbono, la unión de los granos, en forma de líneas negras, de contornos suaves e irregulares. Un ataque prolongado sobre ligeramente a los cristales y pone en evidencia su diferente orientación. A menudo las impurezas dan lugar también a una desigual coloración de los cristales.

11.2.2 Cementita

La cementita es carburo de hierro, Fe_3C , contiene 6.67% de carbono y 93.33% de hierro. Es el constituyente más duro y frágil de los aceros al carbono; su dureza es superior a 68 Rockwell-C y cristaliza formando un paralelepípedo ortorrómbico de gran tamaño (4.5 a 5 a 6.7 Å).

No es coloreada por los reactivos usados corrientemente (soluciones alcohólicas de ácidos nítrico, pícrico, etc.), apareciendo de un color blanco brillante siempre que se ataca el acero con reactivos ácidos. Sólo la colorearán el picrato sódico en caliente y los ataques oxidantes al aire. Por su gran dureza queda en relieve después del pulido, pudiendo conocerse perfectamente el contorno de los granos o de las láminas por el sombreado que aparece con iluminación oblicua.

Aunque con un poco de experiencia se distingue de la ferrita, en caso de duda, como ambas, ferrita y cementita, quedan blancas después del ataque con ácidos, se pueden diferenciar una de otra atacando el acero con picrato sódico en caliente (baño maría) que colorea de oscura a la cementita, dejando blanca a la ferrita. La perlita es coloreada ligeramente.

Examinando los aceros con el microscopio puede aparecer como cementita proeutectoide en los aceros con más de 0.90% de C, formando una red que envuelve los granos de perlita, y también en forma de agujas finas que partiendo de la red se dirigen hacia el interior de los cristales en las estructuras en bruto de colada.

11.2.3 Perlita

Es un constituyente eutectoide formado por capas alternadas de hierro y carburo de hierro (Fe_3C), o lo que es lo mismo, de ferrita y cementita. Es de composición química constante y definida y contiene aproximadamente seis partes de hierro y una de carbono, que corresponden a 13.5% de Fe_3C y 86.5% de Fe y a 0.9% de C y 99.1% de Fe. Tiene una resistencia de 80 kg/cm² y un alargamiento de 15% aproximadamente.

La perlita aparece en general en el enfriamiento lento de la austenita o por transformación isotérmica de la austenita en la zona de los 1202°F a 1337°F (650°C a 725°C).

La ferrita y la cementita que componen la perlita aparecen formando laminitas paralelas y alternadas que tienen reflejos marcados, por lo que Sorby, en 1864, le dio el nombre de constituyente perlitico.

La distancia interlamelar de la perlita sirve para clasificarla en: perlita gruesa con una separación entre las láminas de unas 400 μ s (1) y una dureza de 200 Brinell, que se obtiene por enfriamiento muy lento dentro del

horno; la perlita normal tiene 350 μ s (1) y 220 Brinell de dureza y la perlita fina, que se obtiene cuando se enfría dentro del horno bastante rápidamente o cuando se deja enfriar el acero al aire, tiene 250 μ s y 300 Brinell de dureza. Para observar con claridad las laminillas de la perlita gruesa, suele ser necesario emplear unos 500 aumentos.

La perlita que se colorea de obscuro con todos los reactivos ácidos, nítal, picral, etc., se oscurece más rápidamente que la martensita.

Es interesante recordar que la coloración de la perlita no es más que un efecto de las sombras y relieves de los elementos que la forman, pues ni la ferrita ni la cementita son coloreadas por los ataques que ensombrecen la perlita; estos reactivos destacan el relieve de la cementita y ésa es la causa del aparente colorido de la perlita.

(1) μ = micra = milésimas de milímetro = 0.001 mm.

μ s = milimicra = millonésimas de milímetro = 0.00001 mm.

11.2.4 Austenita

Es una solución sólida de carbono en hierro gamma. Puede contener desde 0 a 1.7% de carbono y es, por lo tanto, un constituyente de composición variable. Todos los aceros se encuentran formados por cristales de austenita (2) cuando se calientan a temperatura superior (Ac3 o Ac_{cm}). Aunque generalmente es un constituyente inestable, se puede obtener esa estructura a la temperatura ambiente por enfriamiento rápido de aceros de alto contenido en carbono o de muy alta aleación.

Templando perfiles muy delgados de acero de elevado contenido en carbono, desde alta temperatura en agua fría, aparecen grandes cristales blancos de austenita mezclados con agujas en zig zag de martensita.

En los aceros austeníticos de alta aleación se presenta formando cristales poliedricos parecidos a los de la ferrita, pero se diferencia de estos por ser sus contornos más rectilíneos y los ángulos vivos.

Su resistencia es de 60 a 105 kg/mm² aproximadamente, su dureza de 300 Brinell y su alargamiento de 30 a 60%. Es poco magnética, blanda, muy dúctil y tenaz. Tiene gran resistencia al desgaste, siendo el constituyente más denso de los aceros.

A la temperatura ordinaria, es muy raro encontrarla en la microestructura de las piezas o herramientas fabricadas con aceros de baja aleación. Aparece, en cambio, más frecuentemente aunque en cantidades muy pequeñas y casi siempre mezclada con la martensita en los aceros muy aleados, enfriados rápidamente desde alta temperatura, siendo, como es natural, el constituyente fundamental de los aceros cromo-níquel austeníticos y de los aceros con 1% de manganeso.

11.2.5 Martensita

Es el constituyente típico de los aceros templados. Se admite que está formado por una solución sólida sobresaturada de carbono en hierro, y se obtiene por enfriamiento rápido de los aceros desde alta temperatura. Su contenido en carbono suele variar generalmente desde pequeñas trazas hasta 1% de C y algunas veces, en los aceros hipereutectoides, aun suele ser más elevado.

Sus propiedades físicas varían con su composición, aumentando su dureza, resistencia y fragilidad con el contenido en carbono, hasta un máximo para C=0.90% aproximadamente. Después de los carburos y de la cementita, es el constituyente más duro de los aceros: tiene una resistencia de 170 a 250 kg/mm², una dureza de 50 a 68 Rockwell-C y un alargamiento de 2.5 a 0.5%. Es magnética.

Presenta un aspecto marcadamente acicular, formando agujas en zig zag, con ángulos de 60°.

Cuando aparecen las agujas de martensita (3) sobre un fondo blanco de austenita, la observación con grandes

(2) El nombre de Austenita fue dado en memoria del metalurgista inglés Robert Auston.

(3) El nombre de martensita fue dado por Osmond en honor de Martens, notable metalurgista alemán.

suavemente es bastante clara. Esta estructura se suele obtener en los aceros de alto contenido de carbono y alta aleación, templados desde alta temperatura, en los que no se ha conseguido la completa transformación de la austenita en martensita, quedando en algunas ocasiones hasta 30% de austenita sin transformar. En cambio, cuando la transformación es completa, al no existir el fondo blanco de austenita, la observación es más difícil. Cuando el temple se hace a la temperatura correcta, en general se obtienen estructuras de martensita muy fina, de aspecto difuso, que suelen exigir 1000 o más aumentos para su interpretación.

11.2.6 Bainita

De todos los constituyentes que se describen en este capítulo, a éste se le dedica más atención al estudiar los tratamientos isotérmicos por ser el constituyente característico de uno de ellos conocido con el nombre de «austempering».

Fue Bain, al estudiar la transformación de la austenita a temperatura constante, quien primero lo clasificó con precisión.

En sus trabajos enfriaba una serie de probetas desde alta temperatura (estado austenítico) en baños de sales fundidas y observaba las estructuras obtenidas después de haber mantenido el acero en el baño caliente por períodos variables de tiempo.

Los discípulos de Bain llamaron, en honor a su maestro, bainita a este constituyente que se forma en esa transformación isotérmica de la austenita, cuando la temperatura del baño de enfriamiento es de 482°F a 1112°F (250°C a 600°C) aproximadamente.

11.3 CLASIFICACION DE LOS ACEROS

11.3.1 Clasificación de los aceros por su composición química

Resultan muy útiles la clasificación y nomenclatura normalizadas de los aceros, según su composición química, pues aunque lo que le interesa al ingeniero o al proyectista, son las características de los aceros, especialmente sus propiedades mecánicas, éstas pueden estimarse con bastante aproximación a partir de la composición química y de los tratamientos térmicos.

La clasificación de los aceros, de acuerdo con su composición química se dividen en tres grandes grupos:

- Aceros al carbono
- Aceros aleados
- Aceros inoxidables

Para los dos primeros grupos, la nomenclatura normalizada consta de cuatro dígitos, los dos primeros indican los elementos principales de la aleación o los últimos dan el contenido aproximado de carbono expresado en centésimas por ciento, también llamados puntos de carbono. A medida que se han desarrollado las aleaciones, este sistema ha necesitado el empleo de otros dígitos y letras o ambas cosas, además de los cuatro dígitos previstos originalmente.

Para el grupo de los aceros inoxidables, el sistema de nomenclatura es más irregular, pues algunas veces se emplean tres dígitos y en otras cuatro dígitos y una letra.

11.3.1.1 Aceros al carbono

Se dice que un acero es al carbono cuando no se especifica contenido mínimo de aluminio, boro, cromo, cobalto, columbio, molibdeno, níquel, titanio, tungsteno, vanadio, zirconio y otros, salvo los contenidos máximos de:

manganeso	-----	1.65%
silicio	-----	0.60%
cobre	-----	0.40%

Dentro de este grupo se pueden considerar dos subgrupos:

- Aceros al carbono
- Aceros al carbono de fácil mecanizado también llamados aceros de corte libre.

Además de la composición química de los aceros al carbono varía ligeramente según el empleo o uso que se le vaya a dar al producto semiterminado, como en el caso de los aceros estructurales, cuya composición química difiere ligeramente de los aceros para forja, barras terminadas en frío, alambrón y tubos sin costura.

11.3.1.2 Aceros aleados

Los aceros aleados son los que contienen proporciones de manganeso, silicio y cobre mayores que las especificadas como máximas en los aceros al carbono y que además pueden contener otros elementos de aleación, tales como aluminio, boro, cromo, cobalto, etc.

Dentro del grupo de los aceros aleados se distinguen varios subgrupos tales como:

- Aceros al manganeso
- Aceros al silicio-manganeso
- Aceros al cromo
- Aceros al molibdeno
- Aceros al cromo-molibdeno
- Aceros al níquel-molibdeno
- Aceros al cromo-vanadio
- Aceros al níquel-cromo-molibdeno

En la tabla 11.1 que se da a continuación se indica los efectos de los aceros aleados más usados en la actualidad; después se da la tabla 11.2, de composición química (análisis de coque) para los aceros aleados cuyo uso tiende a desaparecer.

Para las variaciones permitidas en la composición química de los aceros, consultar la Norma Mexicana DGN-B-328 en vigor.

Los aceros aleados cuya composición química se da en las tablas pueden producirse en horno de hogar abierto, por proceso básico al oxígeno en horno eléctrico.

Los aceros aleados cuya composición química se da en las tablas, se obtienen como tochos, planchas, barras, piezas forjadas y perfiles laminados.

TABLA II.1

ELEMENTOS O ELEMENTOS		EFFECTO DE LOS ELEMENTOS DE ALIACION EN LAS PROPIEDADES DEL ACERO													
		PROPIEDADES MECANICAS					OTRAS PROPIEDADES					PROPIEDADES DE ALIACION			
		Resistencia a la tracción	Resistencia a la compresión	Resistencia al impacto	Resistencia al desgaste	Dureza	Temperatura crítica A1	Temperatura crítica A2	Temperatura crítica Acm	Temperatura crítica M	Temperatura crítica N	Temperatura crítica P	Temperatura crítica S	Temperatura crítica T	Temperatura crítica U
Manganeso		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Silicio		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Aluminio		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Fósforo		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Azufre		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Níquel		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Cromo		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Vanadio		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Cobalto		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Nitrógeno		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Carbono		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Oxígeno		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

T A B L A 11.2

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS ACEROS AL CARBONO (ANÁLISIS DE CORAZO)
PARA PERFILES ESTRUCTURALES PLANCHAS, CINTAS, LÁMINA Y TUBO SOLDADO

Designación DGN	% Carbono	% Manganeso	% Fósforo Total	% Azufre Total
1005	0.06 max	0.25	0.05	0.004
1008	0.10 max	0.25	0.05	0.004
1009	0.15 max	0.30	0.05 max	0.004
1010	0.08	0.25	0.05	0.004
1012	0.10	0.25	0.05	0.004
1015	0.12	0.28	0.05	0.004
1016	0.12	0.18	0.05	0.004
1017	0.15	0.20	0.05	0.004
1018	0.15	0.20	0.05	0.004
1019	0.15	0.20	0.10	0.004
1020	0.17	0.22	0.10	0.004
1021	0.17	0.22	0.05	0.004
1022	0.17	0.22	0.10	0.004
1023	0.18	0.25	0.10	0.004
1024	0.18	0.25	0.10	0.004
1025	0.22	0.28	0.10	0.004
1026	0.22	0.28	0.10	0.004
1027	0.22	0.28	0.15	0.004
1028	0.22	0.28	0.05	0.004
1030	0.26	0.35	0.10	0.004
1032	0.26	0.35	0.10	0.004
1033	0.26	0.35	0.10	0.004
1034	0.26	0.35	0.10	0.004
1035	0.26	0.35	0.10	0.004
1037	0.28	0.38	0.10	0.004
1038	0.28	0.42	0.10	0.004
1039	0.28	0.44	0.10	0.004
1040	0.28	0.44	0.10	0.004
1041	0.28	0.45	0.10	0.004
1042	0.28	0.45	0.10	0.004
1043	0.28	0.45	0.10	0.004
1044	0.28	0.45	0.10	0.004
1045	0.28	0.45	0.10	0.004
1046	0.28	0.45	0.10	0.004
1047	0.28	0.45	0.10	0.004
1048	0.28	0.45	0.10	0.004
1049	0.28	0.45	0.10	0.004
1050	0.28	0.45	0.10	0.004
1051	0.28	0.45	0.10	0.004
1052	0.28	0.45	0.10	0.004
1053	0.28	0.45	0.10	0.004
1054	0.28	0.45	0.10	0.004
1055	0.28	0.45	0.10	0.004
1056	0.28	0.45	0.10	0.004
1057	0.28	0.45	0.10	0.004
1058	0.28	0.45	0.10	0.004
1059	0.28	0.45	0.10	0.004
1060	0.28	0.45	0.10	0.004
1061	0.28	0.45	0.10	0.004
1062	0.28	0.45	0.10	0.004
1063	0.28	0.45	0.10	0.004
1064	0.28	0.45	0.10	0.004
1065	0.28	0.45	0.10	0.004
1066	0.28	0.45	0.10	0.004
1067	0.28	0.45	0.10	0.004
1068	0.28	0.45	0.10	0.004
1069	0.28	0.45	0.10	0.004
1070	0.28	0.45	0.10	0.004
1071	0.28	0.45	0.10	0.004
1072	0.28	0.45	0.10	0.004
1073	0.28	0.45	0.10	0.004
1074	0.28	0.45	0.10	0.004
1075	0.28	0.45	0.10	0.004
1076	0.28	0.45	0.10	0.004
1077	0.28	0.45	0.10	0.004
1078	0.28	0.45	0.10	0.004
1079	0.28	0.45	0.10	0.004
1080	0.28	0.45	0.10	0.004
1081	0.28	0.45	0.10	0.004
1082	0.28	0.45	0.10	0.004
1083	0.28	0.45	0.10	0.004
1084	0.28	0.45	0.10	0.004
1085	0.28	0.45	0.10	0.004
1086	0.28	0.45	0.10	0.004
1087	0.28	0.45	0.10	0.004
1088	0.28	0.45	0.10	0.004
1089	0.28	0.45	0.10	0.004
1090	0.28	0.45	0.10	0.004
1091	0.28	0.45	0.10	0.004
1092	0.28	0.45	0.10	0.004
1093	0.28	0.45	0.10	0.004
1094	0.28	0.45	0.10	0.004
1095	0.28	0.45	0.10	0.004
1096	0.28	0.45	0.10	0.004
1097	0.28	0.45	0.10	0.004
1098	0.28	0.45	0.10	0.004
1099	0.28	0.45	0.10	0.004
1100	0.28	0.45	0.10	0.004

Si se requiere especificar

ACERO	SILICIO
1014-1012	0.1 max
1013 & 1025	0.1 max, 0.13 & 0.05 & 0.15 & 0.20
Acero de 1075	0.1 & 0.2 & 0.15 & 0.30

11.3.1.3 Aceros inoxidables resistentes al calor

Los aceros inoxidables y resistentes al calor, poseen una excepcional resistencia al ataque de medios corrosivos, a temperaturas ambientales elevadas. Se producen exclusivamente por el proceso de horno eléctrico, que permite un control riguroso de la composición química y después se forjan o se laminan.

Las variaciones permitidas en la composición química en la tabla 11.2, se detectan en el análisis del producto, están especificadas en la norma Mexicana DGN-B-328 en vigor.

Los aceros inoxidables y resistentes al calor pueden subgrupos en:

- Aceros austeníticos al cromo-níquel-manganeso, no templeables, no magnéticos, que se identifican con el número inicial 2 seguido de dos dígitos.
- Aceros austeníticos al cromo-níquel, no templeables, no magnéticos, que se identifican con el número inicial 3 seguido de dos dígitos.
- Aceros magnéticos al cromo, templeables y magnéticos que se identifican con el número inicial 4, seguido de dos dígitos.
- Aceros ferríticos al cromo, no templeables, magnéticos, que se identifican por el número inicial 4, seguido de dos dígitos.
- Aceros de bajo contenido de cromo, resistentes al calor, que se identifican por el número inicial 5, seguido de dos dígitos.
- Otros aceros inoxidables y resistentes al calor, como los intensificados al boro que se identifica con una B precedida de dos números y seguida de otros dos; aceros al plomo que se identifican por la letra L precedida de dos dígitos y seguida por otros dos.

11.3.2 Clasificación de los aceros por su aplicación

Tan importante como el análisis por su composición química es la clasificación de los aceros por su uso. En esta fase juegan un papel primordial las propiedades mecánicas de los aceros y también su composición química. El reconocimiento según su aplicación se define de la siguiente manera:

- Aceros estructurales
- Aceros para maquinaria
- Aceros para herramientas
- Aceros para la industria automotriz
- Aceros para la industria de la construcción

11.3.2.1 Aceros Estructurales

El acero estructural se produce en la forma de perfiles, planchas, soleras, láminas y tubos. Se designa según la norma mexicana de la siguiente forma:

-Acero estructural para puentes y edificios	DGN-B38
-Acero estructural	DGN-B254
-Acero estructural, lim.fluencia 29.5 KG/MM2	DGN-B09
-Acero estructural baja aleación alta resistencia	DGN-B282
-Acero estructural de alta resistencia	DGN-B285
-Acero estructural al manganeso vanadio	DGN-B284
-Acero estructural para locomotoras	DGN-B263
-Acero estructural para barcos	DGN-B262

11.3.2.2 Acero para Maquinaria

Lo importante en la selección de aceros para la construcción de aparatos, equipo y maquinaria, son las propiedades mecánicas del material y, en forma secundaria, la composición química. Esta composición química se vuelve muy importante, más que las propiedades mecánicas en la construcción de aparatos y equipo para las industrias de proceso.

11.3.3 Aceros para herramientas.

Se ha desarrollado una gran variedad de aceros para herramientas; las composiciones químicas de estos aceros son, en la mayoría de los casos, totalmente diferentes a la de los aceros estructurales y a la de los aceros para maquinaria, estos tipos de aceros han sido divididos de la siguiente forma:

- Aceros de alta velocidad
- Aceros resistentes al impacto
- Aceros para trabajar a alta temperatura
- Aceros para moldes
- Aceros de baja aleación
- Aceros templeables

Esta clasificación no es la única para los aceros llamados para herramientas, pero es la más adecuada desde el punto de vista de su aplicación.

Los aceros para herramienta poseen, todos ellos, tres cualidades o características comunes, en mayor o menor grado, pero en todos los casos en un grado superior a los aceros estructurales y los aceros para maquinaria. Estas características comunes son:

- a) Gran resistencia al desgaste
- b) Gran dureza aún a temperaturas elevadas
- c) Gran resistencia al impacto.

III TRATAMIENTOS TÉRMICOS EN LOS ACEROS

Existen varias posibilidades de alterar la microestructura de un metal. Estas se consideran como resultado de operaciones posteriores al calentamiento-enfriamiento. Los factores que determinan la estructura son:

- INCREMENTO DE LA TEMPERATURA
- TIEMPO
- ENFRIAMIENTO

Por lo tanto, temperatura, tiempo y enfriamiento son los principales medios para realizar un tratamiento térmico (teniendo en cuenta la composición química del acero).

Los principales tratamientos térmicos son:

- RECOCIDO
- TEMPLE
- REVENIDO

III.1 Proceso de recocido

En la actualidad ocupa un lugar muy importante en las aplicaciones de ablandar el acero o eliminar tensiones internas.

El recocido es un tratamiento térmico que consiste en el calentamiento seguido del enfriamiento lento de las piezas, y su principal objetivo es el decremento de la dureza de los materiales.

En la fase de recocido se tienen los siguientes procesos:

- RECOCIDO TOTAL
- RECOCIDO ISOTERMICO
- RECOCIDO INCOMPLETO
- RECOCIDO ELIMINADOR DE ESFUERZOS

III.1.1 Recocido total

El lograr elevar la temperatura de 95°F a 113°F (35°C a 45°C) arriba de A3 donde A3 = finalización de la transformación hierro alfa a hierro gamma, mantenerlo así durante un tiempo determinado y posteriormente dejarlo enfriar lentamente en el interior del horno. En la fase de calentamiento se presenta austenita, con un

Incremento mayor de 113°F (45°C), crecerá el grano y las propiedades no serán de las condiciones esperadas.

III.1.2 Recocido Isotérmico

El acero es calentado de la misma forma que en el recocido total y su enfriamiento es relativamente rápido, hasta una temperatura por debajo de A1. Se mantiene constante esta temperatura hasta que se realice la descomposición total de la austenita.

Las ventajas de este proceso consisten en disminuir la duración del recocido isotérmico, sobre todo por los aceros aleados que son enfriados lentamente con el objeto de conseguir una dureza mínima. La otra ventaja del recocido isotérmico es que se obtiene una estructura más homogénea, puesto que durante la exposición isotérmica, la temperatura en toda la sección se equilibra y la transformación en todo el volumen del acero transcurre con igual grado de sobreenfriamiento.

III.1.3 Recocido Incompleto

El proceso se establece calentando arriba de A1 y es aplicable para los aceros hipoeutectoides, con contenido de carbono menor que el 0.85%.

Se aplica para eliminar tensiones internas y dar ayuda para un conformado por corte, pero se enfrenta una de las más grandes desventajas que es la recristalización parcial del acero a cuenta de la transformación perlita-austenita, la ferrita en exceso solo pesa a formar parte de la austenita, y por lo tanto, no se somete totalmente a la recristalización.

El recocido incompleto de los aceros hipoeutectoides se emplea en aquellos casos cuando el tratamiento mecánico en caliente fue realizado correctamente y no condujo a la formación de grano basto.

III.1.4 Recocido eliminador de esfuerzos

Este proceso es aplicable para la eliminación de esfuerzos residuales provocado por el proceso de maquinado.

III.2 Temple

El objetivo principal del temple es obtener una estructura más dura. El temple es un tratamiento térmico y consiste en un calentamiento que llegue a una temperatura de 86°F a 158°F (30°C a 70°C) sobre A3 (Acero hipoeutectoides) y teniendo una velocidad de enfriamiento más alta que la crítica. El temple le proporciona al acero una gran dureza y un elevado esfuerzo de ruptura, cedencia y fragilidad, pero además proporciona una resiliencia muy baja.

Es conveniente dar una explicación a la terminología A3 y A1 utilizadas muy ampliamente en la mayoría de temple (calentamiento + enfriamiento).

Se dice que los valores críticos que se logran obtener en un enfriamiento, se designan por el subíndice A (Francés Refroidissement = enfriamiento), si son obtenidos en calentamiento se emplea el subíndice C (Francés Chauffage = calentamiento).

Para lograr temple un acero, primero se someterá a un proceso de austenización en donde la temperatura deberá ser arriba de A1 así, el hierro alfa se transforma en hierro gamma.

La finalidad de todo temple es el de obtener el 100% de estructura martensítica donde la velocidad de enfriamiento se conoce como crítica.

111.2.1 Temperatura de temple

La máxima temperatura a que se calienta un acero antes de enfriarlo para el temple, se le llama temperatura de temple. Las temperaturas de temple varían para diferentes aceros y para distintas clases de servicio, aunque en general puede decirse que la temperatura de temple para un acero dado es superior al punto crítico inferior de aquel. Lo que la temperatura de temple para un acero particular debe sobrepasar de este punto, depende de estos tres factores:

- 1.- LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACERO
- 2.- LA CUANTÍA DEL EXCESO DE FERRITA (menos del 85% de carbono) O DEL EXCESO DE CEMENTITA (más del 85% de carbono), que ha de disolverse en la austenita.
- 3.- TAMAÑO MÁXIMO DEL GRANO PERMITIDO SI SE DESEA.

111.2.2 Determinación de la temperatura de temple

La temperatura de temple puede especificarse directamente o bien indirectamente en forma de una elevación determinada de la temperatura sobre el punto crítico del acero. Donde la temperatura se especifica directamente, puede emplearse un pirómetro del tipo que señala la temperatura del horno o bien un pirómetro indicador de la temperatura de trabajo. Donde se especifica la temperatura de temple, en forma de una elevación, dada una temperatura sobre el punto crítico del acero, debe utilizarse un pirómetro para indicar la temperatura de la obra, cuando se calienta el trabajo, su temperatura, indicada en el pirómetro, se eleva paulatinamente hasta alcanzar un punto crítico de descalefacción. En este punto la temperatura cesa de ascender y el pirómetro queda estacionado o fluctúa ligeramente; después de un lapso la temperatura comenzará a subir y esto dependerá del calor suministrado a las piezas, ya que puede ocurrir una pequeña fluctuación en la temperatura en el intervalo durante el cual el cambio estructural se está realizando. Para la práctica uniforme puede considerarse punto

critico aquí donde la aguja del aparato queda inicialmente estacionaria Tablas III.1, III.2, III.3 y III.4.

TABLA III.1

S.A.E. s.d.m.	Grupos de transformación					
	Commutador	Conmutador	Relé	Relé	Relé	Commutador
	Grupos C.	(4)	Grupos C.	(5)	Grupos C.	(6)
1010	090-070	A	100-707	A		101-000
"	090-070	B	090-707	A		101-000
"	090-070	C	090-707	A	Tab. 107	101-000
1020	010-070 (1)	D				101-000
"	010-070 (2)	E				101-000
1030	090-070 (1)	B				101-000
1040	090-070 (2)	A				101-000
1050	090-070 (3)	A				101-000
1060	090-070 (4)	A				101-000
1070	090-070 (5)	B				101-000
1080	090-070 (6)	B				101-000
1090	090-070 (7)	D				101-000
1100	090-070 (8)	D				101-000
1110	090-070 (9)	D				101-000
1120	090-070 (10)	D				101-000
1130	090-070 (11)	D				101-000
1140	090-070 (12)	D				101-000
1150	090-070 (13)	D				101-000
1160	090-070 (14)	D				101-000
1170	090-070 (15)	D				101-000
1180	090-070 (16)	D				101-000
1190	090-070 (17)	D				101-000
1200	090-070 (18)	D				101-000

S.A.E. s.d.m.	Relé	Grupos de transformación			
		Commutador	Relé	Commutador	Relé
1010 y 1020		090-070	A		
1030 y 1040		090-070	B		
1050	071-050	090-070	B		
1060 y 1060	071-050	090-070	B		
1060	071-050 p/m Tab. 210	090-070	B		
1060 y 1060	071-050	090-070	B		
1060 y 1060	090-070 p/m Tab. 210	090-070	B		
1070		090-070	B		
1070 y 1060	090-070 p/m Tab. 210	090-070	B		
1080		090-070	B		
1080 y 1060	090-070 p/m Tab. 210	090-070	B		
1090		090-070	B		
1100 y 1100	071-050 p/m Tab. 210	090-070	B		
1110 y 1110	071-050	090-070	B		
1120 y 1120	071-050	090-070	B		
1130 y 1130	071-050	090-070	B		
1140 y 1140	071-050	090-070	B		
1150 y 1150	071-050	090-070	B		

(1) Señales A = agua a caudales, B = agua a corrientes, C = caudal constante D = corrientes E = caudal F = agua, caudales y corrientes.
 (2) Sobre este signo se muestra, puede darse el comportamiento de estos como se verá posteriormente.
 (3) Algunos comportamientos pueden darse al desconectar de caudales.
 (4) A cada vez se han dado comportamientos de 10 minutos, tal se ve adelante en el comportamiento Comportamiento en campo para el comportamiento parcial de caudales, y superior se ve adelante en los grupos del manual.
 (5) Los comportamientos de comportamiento, por lo mismo 100 C, por cambio de los tiempos de comportamiento, así los comportamientos agrícolas como muestra se da el manual comportamiento de caudales como se ve en el comportamiento de caudales.
 (6) El siguiente texto presenta estructura, estructura en otros casos de este signo que se maneja en el comportamiento de caudales.
 (7) Frente a los signos de agua o un caudal que se muestra en los comportamientos de caudales que se maneja en el comportamiento de caudales.

TABLA III. 4

Tratamientos térmicos típicos para aceros aleados S.A.E.

Grados de tratamiento térmico. Hierros y aceros inoxidables al cromo						
S.A.E. núm. (1)	Normalización	Recocido subcrítico. Grados C.	Recocido completo. Grados C.	Templar. Grados C.	Medio de enfriamiento	Revenido. Grados C.
S1410	704-732 (2)	843-898 (2)	.....	Acetate o aire	A la duración deseada
S1414	648-676 (2)	.....	954-1009	Acetate o aire	A la duración deseada
S1416	704-732 (2)	843-898 (2)	954-1009	Acetate o aire	A la duración deseada
S1420	732-787 (2)	843-898 (2)	.....	Acetate o aire	A la duración deseada
S1420 F	760-815 (4)	.....	982-1009	Acetate o aire	A la duración deseada
S1430	676-815 (4)	.....	.....	.....	.....
S1430 F	631-661 (3)	.....	982-1037	Acetate o aire	A la duración deseada
S1431
S1440 A
S1440 B	732-782 (2)	843-898 (2)	1009-1065	Acetate o aire	A la duración deseada
S1440 C
S1440 F
S1443	760-815 (4)	.....	.....	.....	.....
S1444	815-898 (4)	.....	.....	.....	.....
S1501	718-745 (2)	879-871 (4)	871- 926	Acetate o aire	A la duración deseada

(1) Los subíes A, B y C denotan tres tipos de aceros que sólo difieren en el contenido de carbono. F denota acero manganesable fácilmente.

(2) Usualmente, enfriamiento por aire; pero puede dejarse enfriar en el horno.

(3) Enfriamiento lento en el horno.

(4) Enfriamiento rápido en el aire.

III.3 Revenido

Para restituir al acero templado parte de la resiliencia que debe tener para las diversas aplicaciones, se emplea el tratamiento térmico conocido como revenido. Este consiste en elevar la temperatura del acero hasta un nivel inferior a la temperatura T1 y mantener esta temperatura durante un tiempo determinado después, enfriar con cierta lentitud hasta la temperatura ambiente.

Este tratamiento restituye al acero gran parte de la resiliencia aunque disminuye ligeramente la dureza y los esfuerzos de ruptura y cedencia.

III.3.1 Baños de temperatura

Si la pieza a procesar se calienta a una atmósfera oxidante, tiende a formarse óxido en la superficie, donde va presentando cambio de color a medida que la temperatura se incrementa, estos colores son usados en la actualidad como un medio de regular la cantidad correcta de tiempo.

III.3.2 Revenido al aceite

Los baños de aceite son usados extensamente para revenir herramientas (especialmente en grandes cantidades). Se sumerge el acero en aceite calentado a la temperatura requerida (ver especificaciones del proveedor de aceros), que viene indicada con un termómetro físico. Es importante que todo baño de aceite tenga una temperatura uniforme y que el acero sea sumergido el tiempo suficiente para adquirir esta temperatura.

El acero frío no debe introducirse en el baño caliente de revenido, por el peligro de agrietamiento. El acero debe recalentarse a 302°F (150°C). Antes de meterlo a este baño, éste estará a una temperatura relativamente baja antes de introducir el acero, y luego será calentado hasta la temperatura deseada.

Los aceites que se dan a continuación han dado resultados satisfactorios:

ACEITE SAPONIFICABLE 6 %
ACEITE MINERAL 94 %
PESO ESPECIFICO 0.92 %
PUNTO DE INFLAMACION 550°F (288°C)
ENSAYO AL FUEGO 622°F (328°C)

En la tabla III.5 se muestran las temperaturas de revenido para herramientas.

TABLA III. 3

Vaporización de acetileno para varios hornos de metal

Grado matrices	Clase de hornos de metal
237 a 260	Machos de rosacar de 13 mm o mayores, para tornos automáticos.
234 a 237	Machos de rosacar de 13 mm o mayores, para tornos automáticos cuando ajustados la pieza.
237 a 260	Machos para tuercas de 13 mm o inferiores.
260 a 270	Machos de rosacar de 8 mm o inferiores para tornos automáticos.
270 a 277	Cajinetes de rosacar para bailes junto a un espaldón.
260 a 267	Cajinetes de rosacar para uso general.
237	Cajinetes de rosacar para tubos de acero corriente o de herramientas.
227 a 230	Pernos de rosacar circulares para uso en el torno.
270 a 283	Cajinetes de rosacar para el rosacado total de pernos.
237 a 240	Máquinas para laminar roscas.
260 a 266	Prensa buzoa (tipo de una sola pieza) para trabajar en tornos automáticos.
233 a 233	Prensa buzoa (de una sola pieza) para usar en las taladradoras.
237	Metales.
233	Prensa para servirio duro.
233	Herramientas de cortar para tornos automáticos.
260	Herramientas de forma para tornos automáticos.
260 a 266	Herramientas de formar para tornos automáticos.
260	Prensa de perfil para freidoras.
260	Prensa.
260 a 267	Prensadores.
237	Abocardadores y avellanadores.
267 a 263	Cuchillas volantes para taladradoras.
266	Cuchillas para máquinas de cortar tubos.
267 a 267	Máquinas para formar la cabeza de los radios de las ruedas de bicicleta.
260	Máquinas para formar la cabeza de los radios de las ruedas de bicicleta.
260	Bloques posteriores para matrices de trillar roscas.
260	Máquinas para trillar roscas.
427	Laminas de bañeta (resorte).
418 y 271	Herramientas para martillos neumáticos. todo temple, venir a 375° C y luego llevar la punta a 271° C.

III.3.3 Revenido en baños de sales

Los baños de sales pueden usarse para la operación del revenido. Los baños de nitrato, son particularmente aptos para el escalado usual de las temperaturas de temple o sea 302°F a 1112°F (150°C a 600°C). El revenido en un baño de aceite se utiliza sólo para temperaturas de 500°F a 599°F (260°C a 315°C); y algunos especialistas en tratamientos térmicos recomiendan el uso de sales para temperaturas superiores a 347°F a 392°F (175°C a 200°C), ya que es considerado más eficiente y económico.

IV TRATAMIENTOS TERMOQUIMICOS

IV.1 Clasificación

Los principales tratamientos termoquímicos son:

- LA CEMENTACION
- LA NITRACION
- LA CIANURACION
- LA CARBONITRACION

IV.1.1 Cementación

La función de un medio de cementación es suministrar una cantidad de carbono para absorción y difusión dentro del acero.

En la práctica comercial actual, las dos fuentes principales de carbono son: gases y líquidos hidrocarburos que se evaporan fácilmente, pero también contamos con medio de sales.

IV.1.1.1 Fuentes gaseosas de carbono.

Los gases que se usan con más frecuencia son: el gas natural, el gas fabricado y ciertos propanos. Para vez se usa butano pero deberá ser butano normal, no isobutano. Cuando la demanda de carbono es baja, como el restablecimiento de carbono, el gas generador endotérmico, es una fuente de carbono conveniente.

El gas natural y el propano son las fuentes preferidas cuando están disponibles con alta pureza. El propano con contenido de azufre superior a los 5 gramos por 1000 pies cúbicos, se ha usado sin problemas. El mejor propano es derivado del gas natural mejor que el del petróleo. El propano obtenido como un derivado en la refinación de aceite contiene frecuentemente cantidades excesivas de etileno, propileno y otros hidrocarburos no saturados que se convierten rápidamente en hollín o coque grasiento. Debido a que el gas doméstico, y otros gases fabricados frecuentemente tienen un alto contenido de CO₂, son por lo general, fuentes indeseables de carbono para la cementación. Normalmente estos gases son mezclas de gas coque para horno, gas de agua y gas natural, las cuales se mantienen, según la ley, con un valor de calentamiento de Btu constante, pero tienen una composición química variable que frecuentemente puede cambiar en un período de 24 horas. Esto produce una cementación no uniforme, por lo que estos tipos de gases no se usan a menos de que no se disponga de un gas más efectivo.

Para una cementación uniforme, es necesaria la circulación de los gases del horno. A causa de que los gases

hidrocarburos suministran grandes cantidades de carbono disponible, se requieren flujos de gas relativamente pequeños. La circulación que resulta sólo del flujo de gas, no siempre es suficiente para producir una cementación uniforme. En estas instalaciones es esencial que el horno tenga una circulación forzada de los gases a todas las piezas de la carga.

Una práctica comercial común es utilizar un gas endotérmico o un gas exotérmico, purificado como portador y enriquecido con uno de los gases hidrocarburos. La proporción del gas portador y del gas hidrocarburo varían mucho en la industria, pero usualmente va del índice del 5 al 1 hasta 30 a 1. La proporción usada depende de los tipos de gases portadores e hidrocarburos, el tamaño y la condición del horno, la cantidad de circulación y superficie de las piezas.

A pesar de que el uso de gases portadores da como resultado una mejor circulación a causa de un mejor volumen utilizado, la circulación forzada adicional suministrada por un ventilador, es deseable para contribuir a una uniformidad en la cementación y la temperatura del horno. Esto es particularmente cierto para los hornos intermitentes en los cuales la densidad de la carga es mayor en comparación con hornos continuos, en los cuales las cargas son menos tupidas.

IV.1.2 Fuentes líquidas de hidrocarburos de carbono.

También se usan mucho todos los líquidos como fuentes para la cementación gaseosa. Usualmente estos son compuestos patentados y varían en composición desde los hidrocarburos puros, tales como terpeno, dipenteno o benceno, hasta los hidrocarburos oxigenados tales como alcoholes, glicoles o acetones. Cuando se usa un líquido, éste se suministra en forma de gotitas en un plato dentro del horno donde se volatiliza casi instantáneamente. Los vapores se disocian térmicamente para dar una atmósfera de cementación que contiene monóxido de carbono, bióxido de carbono, metano y vapor de agua. El flujo del líquido en el plato se ajusta manual o automáticamente para obtener el potencial de carbono deseado. En un horno estrecho, el ajuste cuidadoso del flujo del líquido permite un control exacto del carbono.

La circulación forzada con ventilador sirve para distribuir equitativamente a través del horno y para contribuir a la uniformidad de la temperatura. El ventilador recircula el gas usado que actúa como portador y diluye el gas rico para prevenir una formación de hollín excesiva.

Las fuentes líquidas son más adecuadas para los hornos de cámara de tamaño mayor a 3 pies de diámetro y 6 pies de profundidad, también se puede utilizar en lugares en donde el suministro de gas natural o fabricado no está a disposición fácilmente o se suministra en composiciones que varían mucho. Se han estado usando fuentes líquidas para cementar partes de motocicletas sumamente tensadas, tales como engranajes. Normalmente, los dientes del engranaje no se rectifican, después de cementar, el espesor de cementación y el índice de carbono se mantienen dentro de límites muy cerrados.

Como no se requiere de tubería externa o de equipo para generar gas, el costo inicial de las instalaciones del líquido son comparativamente bajas. Sin embargo, al igual que los materiales puros, normalmente los líquidos son más caros que los gases cementadores. Cuando el uso de gas requiere el uso de un gas portador, el costo total del gas puede exceder el de los líquidos, a causa del costo de operación y mantenimiento del generador. El control automático se establece más lento con los líquidos y en hornos grandes, los líquidos producen más holín, principalmente a causa de la falta de aire y un gas portador.

IV.1.1.3 Gases portadores.

La mayoría de los hornos de cementación gaseosa emplean uno de muchos gases portadores para diluir el gas hidrocarburo usado como la fuente principal de carbono. Los cuatro gases portadores comúnmente utilizados, clases 201, 202, 302, y 402 se enumeran en la tabla IV.1, el gas clase 102 también se enumera pero raramente se utiliza. Por sí solo el gas clase 102 es descarbonante, por lo tanto su uso exitoso depende por completo de la adición del gas hidrocarburo. Bajo estas condiciones la proporción de gas hidrocarburo y gas portador podrá ser aproximadamente de uno a uno, lo que resulta en un excesivo depósito de carbono libre (holín o coque) en las piezas del horno.

TABLA IV. 1

CLASE	METODO	RADIO DE AIRE A GAS	PUNTO DE ROCIO	NATURALEZA DE LA ATMOSFERA
182	EXOTERMICO BAJO (RICA MEZCLA)	6.8	F	COMBUSTIBLE TOXICO MEDIO REDUCIDO
281	NITROGENO PREPARADO CON BAJA MEZCLA		135	NINGUN COMBUS- TIBLE INERTE
282	NITROGENO PREPARADO BAJO CON MEZCLA RICA		168	COMBUSTIBLE TOXICO
382	ENDOTERMICO BAJO REACCIO- NADO EN FRIO			COMBUSTIBLE TOXICO
482	BAJO DE CARBONO			COMBUSTIBLE TOXICO

El gas clase 202 ofrece un moderado índice de control, algo de disponibilidad del carbono para cementar y una operación continua con un punto de condensación de -40°F (-40°C) o menor.

El gas endotérmico (clase 302) generalmente es el tipo preferido de gas portador, para usarse en hornos de cementación gaseosa y es el que más se utiliza. Ofrece un amplio índice de control de carbono, una cantidad moderada de disponibilidad de carbono para la cementación y cuando se opera con punto de condensación de +20°F (-6°C) y mayores, ofrece una operación continua sin cierre de fin de semana para abajar el horno.

La clase 402 se puede utilizar como portador siempre que se proyecte el equipo para dar el control requerido y se pueda aceptar un alto costo de mantenimiento.

El gas nitrogenado se puede obtener de las plantas de licuefacción, como un derivado de las plantas de oxígeno o en los generadores exotérmicos modificados con una atmósfera de la clase 201. El nitrógeno por sí solo es neutral, pero en forma comercial contiene una o más impurezas que se pueden oxidar.

La inercia del nitrógeno presenta un problema en el control de carbono cuando este gas se usa como portador para el gas hidrocarburo. A causa de la gran capacidad de los hidrocarburos para suministrar el carbono al acero, la proporción de gas portador nitrogenado y gas hidrocarburo deberá ser grande, de cerca de 50 a 1. Todavía más importante, es que se debe controlar el gas hidrocarburo dentro de los límites de cerca de 0.1% para mantener el potencial de cementación dentro de los índices precisos de 20.05% de C. Hasta la fecha, el mayor uso del nitrógeno como gas portador se ha limitado a hornos de capacidad de carga de piezas y de volumen interno grandes. En estos hornos los requerimientos de la atmósfera son usualmente de mil pies³ por hora.

IV.1.2 Nitruración

Este tratamiento termoquímico consiste en calentar el acero en presencia de productos ricos en nitrógeno, con el objeto de que este gas forme nitratos con el hierro y con los otros metales de aleación y le den propiedades de alta resistencia y dureza a las capas superficiales del metal. Para nitrurar se emplea el amoníaco (NH₃), con el compuesto que le proporcione el nitrógeno necesario para el proceso.

El espesor de la película afectada por este proceso resulta de gran dureza y de alta resistencia al desgaste, la película formada es de 0.25 a 0.5 mm de espesor.

IV.1.2.1 Ejecución de la nitruración.

Las piezas a tratar se introducen en un horno hermético y bajo una atmósfera amoniacal (corriente de amoníaco), se calienta lentamente hasta una temperatura de 932°F (500°C) a 968°F (520°C).

Una vez transcurrido el tiempo de tratamiento previsto se vuelven a enfriar las piezas también de forma lenta. Durante el tiempo en que las piezas permanecen a temperatura, el amoníaco se va craquizando constantemente por la acción catalítica del hierro de forma que, el nitrógeno atómico puede penetrar por la superficie del acero.

IV.1.3 Cianuración

Cuando es necesario obtener una superficie dura, resistente al desgaste, un método rápido de temple superficial es emplear un baño de cianuro fundido. El baño consta generalmente de cianuro de sodio con cloruro de sodio y carbonato de sodio para retardar la descomposición del cianuro. La cianuración debe efectuarse a una temperatura arriba de la crítica del corazón de la pieza, y el acero debe enfriarse directamente por inmersión al salir del baño de cianuro. Se obtiene una profundidad de superficie templada uniforme de 0.25 mm en una hora, tanto en aceros al carbono como en los de bajo contenido de elementos de aleación y carbono. Los baños de cianuro se usan con frecuencia simplemente como un medio de calentamiento en los procesos de temple en los aceros para impedir la descarburización de la superficie limpia.

IV.1.4 Carbonitruración

La combinación de los procesos de cementación y de nitruración se conoce como el proceso de tratamiento termoquímico de carbonitruración. El espesor de la película endurecida y que al mismo tiempo es muy resistente al desgaste, es de 0.08 a 0.25 mm.

IV.2 Aplicaciones Industriales

Los hornos para cementación gaseosa se dividen en intermitentes y continuos. Esto es con base en su construcción.

IV.2.1 Horno Intermitente.

Para pequeñas piezas con espesores de 0.005" a 0.015". Ambos difieren de sus características físicas como en la forma en que cargan y descargan sus volúmenes de carga.

Estos hornos son ideales para:

- *Pequeñas piezas con espesores ligeros.
- *Enfriamiento brusco.
- *Manejos de cámaras de menos de 200 libras.
- *Sobresalen de los demás por poder manejar enfriamiento brusco a una temperatura protectora.
- *Enfriamiento lento.
- *Produce capas de cementación profunda debido a la circulación forzada.
- *No influye la colocación de las piezas en el horno.
- *Las piezas quedan libres de oxidación por la atmósfera protectora.

*La capa cementada es uniforme en todas las superficies expuestas.
Enseguida se mencionan algunos hornos de cementación gaseosa.

IV.2.1.1 Hornos de retorta giratoria.

Estos hornos son ideales para:

- *Diseñados para manejar cargas de 100 a 1500 lb.
- *Cementan piezas relativamente pequeñas.
- *Tienen un ventilador para recirculación.
- *La retorta es cilíndrica y hermética.
- *Gira dentro de una cuba de ladrillos refractarios y acero.
- *Se monta sobre muñones para facilitar la carga y descarga.
- *Cuenta con conductos internos para hacer girar a la pieza y tener mayor exposición al gas.
- *Las piezas no deben de ser muy pesadas.
- *Las piezas no deben ser muy frágiles para evitar la deformación.
- *No deben introducirse piezas que no se les pueda aplicar enfriamiento brusco.

IV.2.2 Horno continuo

Las piezas salen del horno como unidades en la sección continua para grandes volúmenes y con espesores de cementación de menos de 0.125".

Estos hornos son ideales para:

- *Preferentes para cargas mayores de 400 lb.
- *Permiten el enfriamiento brusco por pieza grande o lote de piezas chicas.
- *Puede ser equipado para proveer enfriamiento bajo atmosfera controlada.
- *Se obtienen buenos resultados de cementación cuando se carga uniformemente las piezas, con un adecuado suministro de gas y buena circulación.

IV.2.2.1 Hornos continuos de retorta giratoria.

Estos hornos son ideales para:

- *Manejar la misma carga que los hornos intermitentes de retorta giratoria solo que la ventaja de este horno es

que se carga y se descarga automáticamente.

*Cuenta con un conducto espiral mecanizado que mueve las piezas de un lado a otro del horno, controlando éste movimiento.

*Este movimiento mantiene la uniformidad del espesor de cementación.

*Las piezas se introducen por el frente.

*Se debe suministrar suficiente gas para evitar la emisión de aire del exterior (espesores de 0.015 a 0.100").

IV.2.3 Preparación y manejo de las piezas

Mientras se transfieren las piezas de la sección de maquinado al horno de cementación, se deben manejar con cuidado para prevenir rayaduras o golpes a la superficie de las mismas, ya que son costosas de corregir después de que se complete la cementación.

IV.2.3.1 Limpieza.

Se deben limpiar perfectamente todas las piezas antes de que se metan al horno. Se deben desengrasar las bandejas, lavándolas o quemando la materia orgánica en horno. Algunos de los contaminantes que se deben remover de las piezas se enumeran a continuación, junto con sus efectos:

- 1.- Los aceites de azufre de los cojinetes o compuestos de azufre, reaccionan en la atmósfera del horno para disminuir la acción de cementar y también la vida de las piezas resistentes al calor y a la del cobrizado protector.
- 2.- El óxido en los centros de los hornos retarda la cementación y se debe remover si la penetración de carbono es importante. El plomo interferirá con la protección de la superficie proporcionada por el cobrizado y reducirá la vida de las piezas resistentes al calor. Se deben usar pinturas orgánicas para marcar, en lugar de pinturas que contengan pigmento a base de plomo.
- 3.- Se deben remover los óxidos de hierro. Muchos engranajes sólo se maquinan parcialmente, dejando ejes y atmas con superficie como si se hubiera forjado. Si éstos se cementan sucios y no se les quita la rebaba subsiguientemente al óxido se volverá escamoso y espinoso, caera en conjunto, dañando los cojinetes y contaminando los lubricantes.
- 4.- Las soluciones alcalinas se usan algunas veces para prevenir la oxidación en las piezas maquinadas que se almacenan por poco tiempo antes de cementar y también para remover las piezas antes de la cementación. Los

residuos de estas soluciones acumulan hollín del horno y dan a las piezas que se salen del enfriamiento brusco una apariencia opaca y sucia. Los residuos alcalinos también afectarán desfavorablemente las situaciones del horno resistentes al calor. Las piezas que requieren protección con polvo alcalino durante el almacenaje, se deberán enjuagar perfectamente con agua caliente no contaminada y dejar que se sequen antes de meterlas en el horno de cementación.

5.- Las sales de enfriamiento brusco pueden dejar residuos que son difíciles de remover de las bandejas, de los dispositivos y de los contenedores de las piezas. Si después se usan otra vez estos mismos dispositivos y contenedores en el horno, se afectará perjudicialmente la atmósfera de cementación.

6.- El agua en pequeñas cantidades desordenará el balance termoquímico de la atmósfera del horno. Para evitar esto se deberán secar perfectamente las piezas que van a entrar al horno.

7.- Los residuos de tricloroetileno de los procedimientos inapropiados de limpieza, pueden causar severos ataques del ácido en las piezas.

IV.2.4 Métodos de carga

Para obtener la carga neta máxima que se puede cementar y enfriar en brusco uniformemente, se apoyan las piezas en el horno por medio de bandejas, canastas, bloques, espaciadores u otros dispositivos que se deben calcular cuidadosamente. El contacto entre las piezas y las bandejas o canastas y sobre todo las cargas densas, darán como resultado capas de cementación y un enfriamiento brusco irregulares y por lo tanto, se deben minimizar o evitar.

El tamaño y la forma de las piezas determinarán el método de carga para una circulación de gas apropiada y determinarán la uniformidad de la dureza en el enfriamiento brusco para las piezas que se enfrían en estos dispositivos.

IV.3 Tratamiento térmico

Una operación con éxito del proceso de cementación gaseosa depende de tres variables principales: la temperatura, el tiempo y la composición de la atmósfera.

IV.3.1 Efecto de la temperatura

El índice máximo en que se puede añadir el carbono al acero es limitado por el de difusión del carbono en

sustentis. Este índice de difusión se incrementa enormemente con la temperatura; el de la adición del carbono a 1700°F (927°C) es casi 40% mayor que a 1600°F (871°C).

La temperatura más común para la cementación es 1700°F (927°C). Esta temperatura permite un índice de cementación razonablemente rápido sin un deterioro excesivo del equipo del horno, en particular las aleaciones resistentes al calor. Recientemente, ha habido una tendencia a subir la temperatura al cementar a 1750°F (954°C) (e incluso a 1800°F (982°C) para ciertos requerimientos de capas de cementación profundas. Para este procedimiento de capas de cementación profundas en que el espesor se debe mantener dentro de un rango estrecho específico, frecuentemente se usan temperaturas bajas, porque se puede controlar exactamente el espesor de cementación.

Para resultados consistentes en la cementación, es importante que la temperatura sea uniforme. La uniformidad en varios lugares a lo largo de las piezas depende del diseño del horno, de la densidad de la carga, de los índices de recirculación y calentamiento. Los hornos intermitentes deben tener ventiladores de recirculación efectivos cuando trabajen con cargas muy densas.

Para una densidad de carga dada la diferencia de temperatura entre las partes externa e interna de la carga puede ser grande a la temperatura de cementación, porque la parte externa de esta primero se calienta por radiación y el índice es rápido a las temperaturas de cementación. También la habilidad del gas recirculado para disminuir estas diferencias en la temperatura se limita a causa de la densidad baja del gas a estas temperaturas.

A las temperaturas de cementación más bajas 1550°F a 1600°F (844°C a 871°C) una diferencia dada en el tiempo para algunas piezas de la carga para alcanzar la temperatura, tiene un efecto pequeño en el espesor de cementación.

Otras causas de las diferencias de temperatura son las grandes proporciones entre el área superficial y el volumen de las piezas individuales y la gran entrada de calor. Nada se puede hacer con respecto a la proporción entre la superficie y el volumen, pero la entrada de calor se puede regular automáticamente con un control de entrada de calor, para minimizar la diferencia de temperatura a lo largo de la carga.

Para un mejor control en los hornos intermitentes se deben colocar el par termoelectrico para que alcance la temperatura controlada antes de cualquier pieza de la carga. En los hornos intermitentes, se deben poner el par termoelectrico tan cerca de las piezas como sea posible a través del horno. Para facilitar el rectificado, usualmente se debe colocar el par termoelectrico y el tubo de protección a través de la pared lateral del horno continuo.

Debido a que la primera zona de un horno continuo es una zona de calentamiento, se debe poner el par termoelectrico para controlar la temperatura de esta zona cerca de la última parte, para asegurar que no existe un sobrecalentamiento de las piezas. El par termoelectrico en las zonas de cementación se debe poner aproximadamente a la mitad de la zona. Cuando la temperatura de la zona es menor que la temperatura de

cementación para propósitos del enfriamiento brusco, se obtiene el mejor control teniendo el par termoelectrico cerca del extremo de descarga de la zona.

Si a los pares termoelectricos Chromel-Alumel, comunmente usados a la temperatura de cementación, se les deja estar en contacto con los gases reducidos, como los de la cámara de cementación, su precisión se destruye rápidamente. Para prevenir este contacto se requiere de tubos de protección de par termoelectrico.

Virtualmente todos los hornos de cementación tienen control automatico de temperatura satisfactoria. Sin embargo, los errores al medir pueden ocurrir ocasionalmente, a causa del valor de las piezas maquinadas contenidas en los hornos grandes, además del valor del equipo mismo, son aconsejables las comprobaciones de la temperatura.

IV.3.2 Efecto del tiempo

F. E. Harris ha desarrollado una fórmula para el efecto del tiempo y de la temperatura en el espesor del cementado para la cementación normal.

$$\text{ESPESOR DE CEMENTACION} = \frac{(31.6)^{\frac{1}{2}} t}{(6700/T)}$$

De donde el espesor de cementación se da en pulgadas; t es el tiempo a la temperatura, en horas; y T es la temperatura absoluta en grados Rankine ($T=460$).

Para la temperatura de cementación especifica la relación se vuelve simple:

$$\begin{aligned} \text{ESPESOR DE CEMENTACION} &= K t^{\frac{1}{2}} \\ &= 0.025 t^{\frac{1}{2}} \text{ para } 1700^{\circ}\text{F } (927^{\circ}\text{C}) \\ &= 0.021 t^{\frac{1}{2}} \text{ para } 1650^{\circ}\text{F } (899^{\circ}\text{C}) \\ &= 0.018 t^{\frac{1}{2}} \text{ para } 1600^{\circ}\text{F } (871^{\circ}\text{C}) \end{aligned}$$

Los valores de espesor de cementación calculados para los tiempos de dos a treinta y seis horas a tres temperaturas de cementación comunes.

Cuando se controla la cementación a propósito para producir concentraciones de carbono superficial un poco menores que la eustenita saturada el espesor de la cementación será ligeramente menor de lo que muestra la ecuación de Harris.

El espesor de la cementación determinado por la ecuación es el espesor total, y para los de la cementación total, y los de cementación en el rango de 0.040" a 0.070" pulgadas, corresponderá a un punto en el índice de carbono donde la concentración es casi el 0.07% de carbono mayor que el contenido en el centro.

Además del tiempo a la temperatura de cementación, se requiere de varias horas para que las piezas alcancen la

temperatura de operación. Para piezas enfriadas en bruto directamente del cementador, se debe de prolongar más el ciclo, para dar tiempo a que éstas se enfríen de la temperatura de cementación, a la temperatura del enfriamiento brusco de quizá 1550°F (844°C). Aunque hay algo de difusión de carbono de la capa de cementación al centro, durante este tiempo, la difusión es más lenta de lo que debería ser a la temperatura de cementación. Este periodo se puede usar deliberadamente como de división sustrada, para bajar la concentración de la superficie al mantener una atmósfera de potencial de carbono en contacto con las piezas durante este tiempo. F. E. Harris ha desarrollado un método para calcular el tiempo de cementación y el tiempo de difusión para producir una capa cementada de profundidad y la concentración de carbono en la superficie predeterminada.

$$C = C_1^2$$

$$\text{TIEMPO DE CEMENTACION} = \text{TIEMPO TOTAL} \times \dots \dots \dots$$

$$C_0 = C_1$$

$$\text{TIEMPO DE DIFUSION} = \text{TOTAL} - \text{TIEMPO DE CEMENTACION.}$$

Donde el tiempo total, en horas, es calculado de la ecuación en la tabla IV.2.

C es la concentración final de carbono superficial deseada, C_0 es la concentración de carbono superficial al final del ciclo de cementación y C_1 es la concentración de carbono en el centro.

Este método se adapta a las el equipo de cámara. Una aplicación exitosa requiere un horno en buenas condiciones y un gas portador con una disponibilidad baja de carbono. Se supone que todas las adiciones de carbono se realizan durante el ciclo de cementación mientras se suministran a la cámara el gas portador y el gas hidrocarburo.

IV.3.3 Equipo generador, aplicación industrial.

Básicamente el generador de gas exotérmico proporciona recursos para quemar, de manera parcial, mezclas de aire y gas combustible en un refractario forrado, teniendo en el cuarto de combustión el agua con un forro metálico a temperaturas que abarcan desde los 2000°F (1093°C) hasta los 2600°F (1426.7°C). La temperatura interna depende de la proporción del aire en relación al gas combustible y del volumen de la mezcla que se quemará. Superando el intervalo de temperatura indicado, la temperatura de la reacción de combustión exotérmica se mantiene por sí misma por abajo del 65% de la combustión perfecta.

En la FIG. IV.1 y FIG. IV.2 se muestran dos sistemas que sirven para controlar la mezcla del aire y el gas, conocidos como sistema de mezcla por boquilla y sistema de premezclado. Ambos utilizan medidor de corriente, del tipo indicado, en las líneas de aire y del gas, también usan cuartos de combustión de diseño similar o idéntico. Cualquiera de los dos métodos, por lo general, son satisfactorios debido a que el promedio de los usuarios opera bajo condiciones, constantes de proporción y volumen. Ambos métodos liberan a la atmósfera del

generador entre los límites de presión de 0.5 a 1.5 psi.

El sistema de mezcla por boquilla es aplicable cuando el gas combustible está disponible a presiones de 3 psi o más. El sistema es simple, requiere un control de fuego sin presión de retroceso y utiliza, solamente un quemador para tamaños grandes o chicos. El gas y el aire se traen juntos al quemador a presiones iguales mediante un regulador de gas y presión conectado en forma cruzada, el volumen del gas variará en forma automática, con cambios en el flujo del aire.

TABLA IV. 2

**VALORES DE ESPESOR DE CEMENTACION
CALCULADOS POR LA ECUACION DE HARRIS**

TIEMPO (t), HORAS (h)	ESPESOR DE CEMENTACION (a), DESPUES DE CARBURACION					
	870°C (1600°F)		900°C (1650°F)		925°C (1700°F)	
	mm	in	mm	in	mm	in
2	0.64	0.025	0.76	0.030	0.89	0.035
4	0.89	0.035	1.07	0.042	1.27	0.050
8	1.27	0.050	1.52	0.060	1.80	0.071
12	1.55	0.061	1.85	0.073	2.21	0.087
16	1.80	0.071	2.13	0.084	2.54	0.100
20	2.01	0.079	2.39	0.094	2.84	0.112
24	2.18	0.086	2.62	0.103	3.10	0.122
30	2.46	0.097	2.95	0.116	3.40	0.137
36	2.74	0.108	3.20	0.126	3.81	0.150

(a) ESPESOR DE CEMENTACION, $m = C \cdot \sqrt{t}$ (1) $C = 0.025 \sqrt{t}$ PARA 1700°F (925°C); $C = 0.033 \sqrt{t}$ (1) $C = 0.021 \sqrt{t}$ PARA 1650°F (900°C); $C = 0.037 \sqrt{t}$ (1) $C = 0.018 \sqrt{t}$ PARA 1600°F (870°C). PARA CARBURACION NORMAL. (AUMENTAR LA SATURACION EN LA SUPERFICIE DEL ACERO DESPUES DE LA TEMPERATURA).

SISTEMA DE MEZCLADO POR BOQUILLA

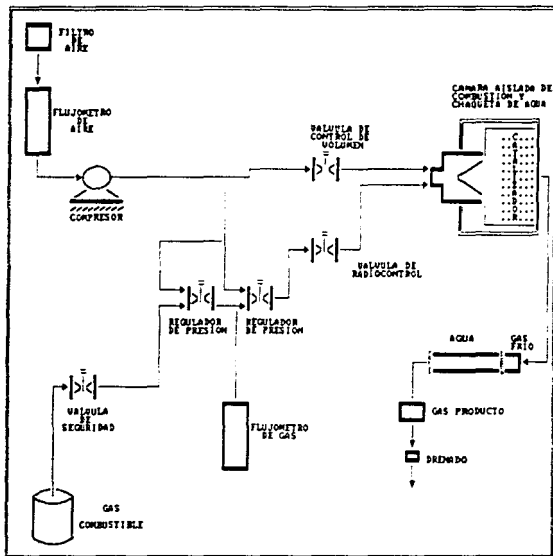


FIGURA IV-1

SISTEMA DE PREMEZCLADO

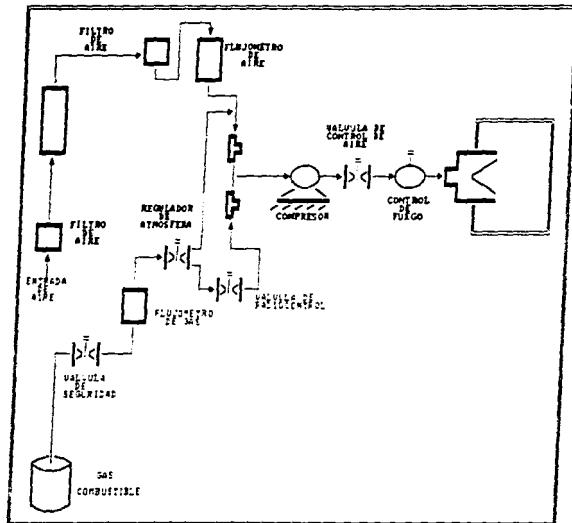


FIGURA IV.2

La proporción del aire-gas, ajustada por un orificio variable en la línea del gas se mantendrá muy estrecha, por arriba de un promedio de 35 a 100% de un volumen de extracción. El volumen obtenido está limitado al mínimo que puede conservarse en el cuarto de combustión a una temperatura de 1900°F (1038°C) o superior a esto. Proporciones deficientes permiten obtener el máximo con la aplicación contraria para proporciones ricas. En el sistema de premezclado de control, el aire y el gas son mantenidos a presión de cero de manera esencial, mediante el mismo tipo de sistema regulador conectado en forma cruzada. La proporción del aire en relación al gas es ajustada mediante un orificio variable en la línea de gas. Los dos gases entran al lado de succión de un compresor o un soplete para proporcionar una mezcla completa con una presión de 2 a 3 psi, entonces la mezcla pasa a través de una válvula de control de volumen y también por un control de seguridad del fuego al quemador (o quemadores). El sistema de premezclado también puede aprovecharse como un "carbureador" tipo de unidad de montaje con un regulador de gas empotrado, orificios adaptables, compresor un regulador de extracción de presión.

IV.3.4 Enfriamiento

Debido a que los resultados de la reacción de combustión contienen una cantidad excesiva de vapor de agua, los gases calientes son enfriados de manera rápida en el enfriador de gases calientes, el cual espera al condensado del flujo de gas y lo remueve a través de un sistema de condensado. La cantidad de humedad contenida en el gas enfriado varía de acuerdo con la temperatura del agua enfriada que está por llegar y la temperatura del agua enfriada debe estar dentro de los 10°F (-12.2°C). La eliminación de la humedad suplementaria puede ser llevada a cabo mediante la refrigeración con un punto de rocío de 36°F a 40°F (3.33°C a 4.44°C) o por deshidratación por una torre absorbente con un punto de rocío de -50°F (-45.5°C).

IV.3.5 Controles

Cuando el control manual no proporciona de manera satisfactoria una atmósfera constante, entonces el control automático de proporción lo hace. Un modelo de control automático analiza los combustibles (CO y H₂) para proporcionar una verificación al extraer el gas. Una señal es alimentada dentro de un regulador capaz de incrementar o disminuir la cantidad de gas en la mezcla, de esta manera conserva un valor constante preestablecido de los combustibles.

Cuando un generador suministre la atmósfera a más de un horno o cuando el control de flujo es ajeno al generador, este puede ser protegido por un tipo de diafragma automático de válvula para relieve de presión.

IV.3.6 Potencial de carbono y el índice de carbono

El potencial del carbono de la atmósfera generado por el compuesto de cementación, es igual que el contenido de carbono obtenido en la superficie de las piezas, aumenta directamente por un incremento en la proporción de CO con respecto al CO₂.

El índice de la concentración de carbono de las piezas cementadas es influenciada principalmente por el potencial de carbono, la temperatura y tipo de cementación, así como también por los compuestos químicos del acero.

IV.3.7 Temperaturas para la cementación

La cementación en medio pulverulento por lo regular se realiza a temperaturas desde los 1500°F a los 1700°F (815.6°C a 926.7°C), sin embargo, han alcanzado los 2000°F (1093°C). Los procesos de fabricación de acero se han mejorado hasta el punto que los aceros de grano fino se mantienen a temperaturas que se aproximan o sobrepasan los 1900°F (1037.8°C), el efecto burdo ocurre sólo después de un calentamiento prolongado, permitiendo un tratamiento a altas temperaturas sin una cantidad excesiva del efecto burdo.

IV.3.8 Índice de cementación

El índice en el que se forma la capa cementada se incrementa rápidamente con la temperatura. Si un factor de 1.0 es representativo de 1500°F (815.6°C), el factor se incrementará a 1.5 a los 1600°F (871°C) y a más de 2.0 a los 1700°F (926.7°C).

Sin embargo, el índice de cementación es más rápido al comienzo del ciclo y gradualmente disminuye mientras el ciclo se prolonga.

IV.3.9 Contenido de carbono superficial

En la cementación en medio pulverulento, el contenido de carbono superficial, el límite de saturación de carbono en la austenita y el nivel de carbono deseado dentro de la capa cementada son factores extremadamente importantes en la selección de la temperatura. Cuando se desean capas cementadas eutéctoides, la temperatura de cementación es de cerca de los 1500°F (815.6°C), siendo proporcional el contenido de carbono en la capa a la temperatura, lo cual es más fácil que controlar el potencial de carbono del compuesto.

Con los compuestos de cementación convencionales, un índice de calentamiento lento para la temperatura de cementación fomenta con exceso los carburos en la superficie del acero especialmente en aquellos que contienen elementos que puedan formarlos.

En la cementación en medio pulverulento, el índice de evolución de gas carbonado se compone y está casi siempre en mayor cantidad de la requerida para proveer el carbono necesario para una capa superficial exterior saturada. Reduciendo el efecto de cementación es posible obtener capas cementadas de contenido de carbono más bajo que el máximo que se obtendría bajo condiciones normales a una temperatura de cementación. El contenido total de carbono en exceso de la composición eutectoide será mayor en tanto la temperatura se incrementa, debido a que la solubilidad del carbono aumenta con el incremento de la temperatura.

IV.3.10 Deformación

La configuración y masa de una pieza influye mucho el elegir la temperatura de cementación debido a que aumenta la deformación a mayor temperatura; sin embargo, con un soporte apropiado se puede disminuir la deformación.

IV.3.11 Espesor de cementación

Incluso con un buen control del proceso es difícil obtener un espesor de cementación que tenga una variante total menor de 0.010 pulg. entre la máxima y la mínima en una carga del horno dada, suponiendo una temperatura de cementación de aproximadamente 1700°F (926.7°C). Las tolerancias comerciales para los espesores obtenidos en la cementación en medio pulverulento comienzan en ± 0.010 pulg. y para los espesores más delgados se incrementa ± 0.040 pulg. Las temperaturas de cementación más bajas proporcionan un incremento en la presión, porque la variación en el tiempo requerido para el calentamiento de piezas a la temperatura, se convierte en un pequeño porcentaje del tiempo total en el horno. A causa de la variación inherente en el espesor de cementación y el costo de los materiales para el medio pulverulento, normalmente no se usa la cementación de menos de 0.040 pulg. Cuando se requiere capas cementadas profundas con alto contenido de carbono, como para equipo industrial pesado, la cementación en medio pulverulento da buenos resultados a temperaturas de 1700°F a 1750°F (926.7°C a 954.4°C).

IV.3.12 Aceros para cementar

ACERO SISA P-1.

COLOR DE DISTINCION: ALUMINIO-AMARILLO.

CARACTERISTICAS: Acero especial para hembras de clavo para cementación y temple al agua.

ANALISIS: C - 0.10 MAX

MN - 0.10-0.30

SI - 0.08-0.30

FORJAR: 1920°F-1150°F (1050°C-850°C).

RECOGER: 1200°F-1250°F (650°C-680°C).

CEMENTAR: En caja o en sal a la profundidad deseada y a 1560°F-1650°F (850°C-900°C).

Enfriar al ambiente.

TEMPLAR: 1415°F-1470°F (770°C-800°C) al agua.

REVENIR: 355°F-395°F (180°C-200°C) por una hora.

SE SURTE: Recocido.

EXISTENCIAS: Redondos, cuadrados y solemas.

NOTA: Se puede forjar a la medida o perfil que se requiera.

ACERO SISA CER-15

COLOR DE DISTINCIÓN: ALUMINIO.

CARACTERÍSTICAS: Acero al cromo-níquel para uso general en piezas de maquinaria como engranes, piñones, ejes, etc., que requieren cementación.

ANÁLISIS: C - 0.12-0.19

Mn - 0.40-0.60

Si - 0.20-0.40

Mi - 1.35-1.65

Cr - 1.35-1.65

Mo - 0.20-0.40

FORJAR: 2010°F-1562°F (1100°C-850°C)

RECOCER: 1200°F-1255°F (650°C-680°C)

CEMENTAR: En caja con granulado 1698°F-1652°F (870°C-900°C) enfriar en caja.

BAÑO DE SAL: 1652°F-1706°F (900°C-930°C) enfriar al aceite.

TEMPLAR: 1544°F-1580°F (840°C-860°C) al aceite.

REVENIR: 340°F-390°F (371°C-398°C).

SE SURTE: Revenido

EXISTENCIAS: Redondos, Cuadrados y Soleras

NOTA: Se puede forjar la medida que se requiere

ACERO SISA 8620

COLOR DE DISTINCIÓN: ALUMINIO VERDE

CARACTERÍSTICAS: Acero de maquinaria para cementación de uso general para engranes.

ANÁLISIS: C - 0.18-0.23

Mn - 0.70-0.90

Si - 0.20-0.35

Cr - 0.40-0.60

Ni - 0.40-0.70

Mo - 0.15-0.25

FORJAR: 2010°F-1560°F (1100°C-850°C)

RECOCER: 1200°F-1290°F (650°C-700°C)

CEMENTAR: En caja o sal a la profundidad deseada a 1620°F-1690°F (880°C-920°C). Enfriar en aceite o al ambiente.

TEMPLAR: 1540°F-1580°F (840°C-860°C) al aceite.

REVENIR: Durante una hora a 355°F-430°F (180°C-220°C).

SE SURTE: Recocido.

EXISTENCIAS: Redondos.

Nota: Podemos forjar a la medida o perfil que se requiere.

V. DISEÑO DEL DISPOSITIVO CON ATMÓSFERA CONTROLADA

V.1 Selección de materiales

Los materiales usados para el diseño y fabricación del dispositivo pueden clasificarse de la siguiente forma:

- Aleaciones ferrosas
- Aleaciones no ferrosas
- Materiales no metálicos

V.1.1 Aleaciones ferrosas

Debido esencialmente a su bajo costo, el hierro y las aleaciones ferrosas, se usan con gran frecuencia en la construcción de equipos de proceso. Especialmente el acero al carbono de baja aleación, se prefiere por algunas ventajas importantes, como:

- Aceptable resistencia a la corrosión en fluidos ordinarios
- Resistencia mecánica alta a temperaturas ordinarias
- Dureza intermedia que facilite el corte o maquinado
- Facilidad para su unión en atmósfera ordinaria

Para el desarrollo de este equipo se seleccionó un acero inoxidable, resistente a altas temperaturas cuya composición es la siguiente:

C 0.25% max.; Mn 2.00%; P 0.45%; Cr 26.00%; Ni 22.00%; Si 1.5% MAX.

V.1.2 Aleaciones no ferrosas

Con objeto de resolver algunos problemas, sobre todo de corrosión se han introducido en el mercado para la construcción de equipo de proceso, aleaciones donde el hierro no es el elemento más abundante. Los metales que aparecen generalmente en mayor cantidad son: Cobre, níquel, plomo, aluminio, estaño, zinc, plomo y magnesio. De las aleaciones no ferrosas, resultan importantes por su uso las siguientes: Cobre - níquel, cobre - aluminio, níquel - cromo, níquel - cromo - hierro, etc.

V.1.3 Materiales no metálicos

Algunos de estos materiales prácticamente han desaparecido de la actividad de la construcción de equipo de proceso, como madera, cemento y ladrillo. Otros en cambio, aumentan cada día su importancia, como los plásticos, hule sintéticos, etc. Los artículos que se fabrican en mayor proporción de estos materiales son: tuberías y accesorios, válvulas, equipos de pequeño transporte de fluido, todo esto para usos específicos de la industria química, de alimentos y farmacéutica, así como para empaques, recubrimientos y aislamientos.

V.2 Condiciones de trabajo del dispositivo

Esta se divide en dos partes Dispositivo (Retorte) y Consola de flujo. El dispositivo es diseñado para mantener encapsuladas las piezas a tratar por lo que su uso está limitado.

La consola de flujo está diseñada para poder suministrar la mezcla de gas o gases para el proceso de cementación, así como el aceite para el temple de las piezas a tratar.

Los accesorios entregados con la consola de flujo permitirán al operador realizar los ensayos y ajustes recomendados para la cementación.

La consola de flujo permite al usuario medir:

- * La temperatura del aceite
- * La razón de gas empleado
- * La temperatura en el seno del dispositivo

V.2.1 Instalación

Se recomienda ubicar la consola en forma siempre vertical y a 1.5 mts. alejada del dispositivo de prueba (Retorte y Hufa) para su fácil manejo. FIGS. V.2.1 Y V.2.2.

V.2.2 Necesidades de energía eléctrica y aceite para temple

Se necesita energía eléctrica para la consola de flujo cuando se opere el sistema de aceite (Calentamiento y Bombeo). DIAGRAMA V.2.1

rango mínimo 110 volts.

rango máximo 127 volts



FIGURA V.2.1

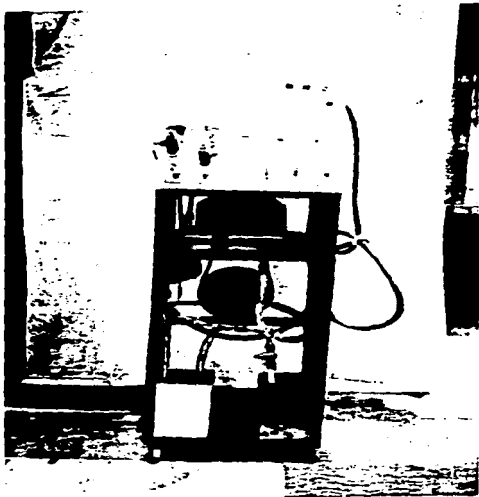


FIGURA V.2.2

DIAGRAMA ELECTRICO DE LA CONSOLA DE FLUJO

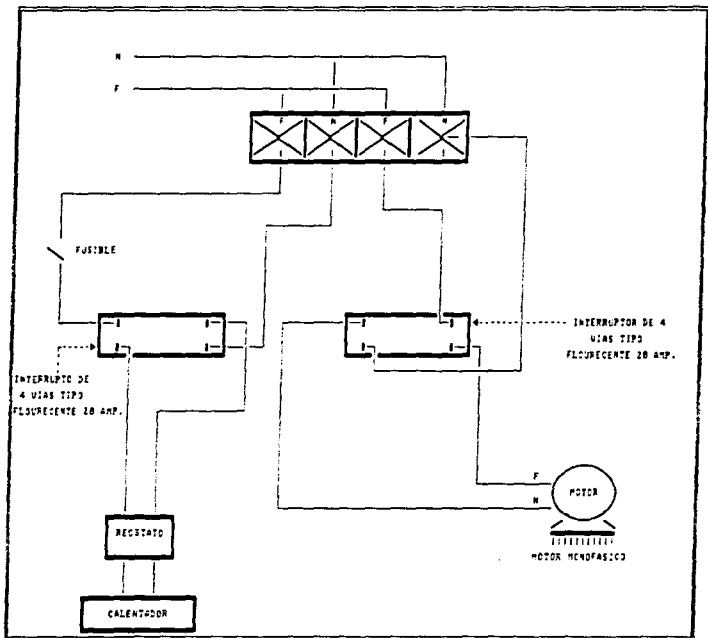


DIAGRAMA V.2-1

V.2.3 Descripción y operación de la consola de flujo

El diseño de la consola de flujo incluye los siguientes sistemas y sus componentes principales:

- * Sistema de ensayo para temple y gasificación
 - * Instrumentación
 - * Sistema de control de flujo
 - * Sistema Eléctrico
 - * Descripción de los controles del panel de ensayo y la consola.
- a) Reguladores de alta presión en los tanques de alimentación de gas.
 - b) Válvulas reguladoras de la cantidad de flujo (gas)
 - c) Bomba de engranes que permiten enviar el flujo de aceite a una presión constante.
 - d) Calentador de aceite regulable

V.2.3.1 Montaje del dispositivo para la cementación.

La siguiente es una instrucción detallada de montaje y operación del dispositivo para cementación.

- * Horno tipo mufla eléctrica, instalar el dispositivo (Retorta) dentro del horno
 - * Selección de mangueras para instalación de gas
 - * Selección de mangueras y termómetro para aceite
- a) Coloque la manguera de gas conectarse a la conexión de 3/8" (determine la rotación de la válvula reguladora). Cuando se inicie el proceso de cementación.
 - b) Abrir el gas del regulador de alta presión, girar la válvula de aguja para el peso del gas (regule la presión a 1 psi).
 - c) Coloque la manguera de oxígeno o aire comburente en la conexión de 3/8" (opcional si se suministra gas que necesite comburente).
 - d) Abrir el regulador de alta presión, girar la válvula de aguja para abrir el peso del flujo.
 - e) Abrir la válvula de peso para su mezcla de gas (en el caso que se presente).
 - f) Suministrar aproximadamente cada 10 min. dosificación de gas cementador.
 - g) Cada vez que suministra gas nuevo, abrir la válvula de ventilación para recircular gases.

V.2.3.2 Ajuste de rango de temperatura del aceite

- a) Abra la válvula de derivación para suministrar aceite.
- b) Mantenga cerradas las válvulas de suministro y derivación retorta.
- c) Encender el calentador y regulador de temperatura.
- d) Encender el motor para dar flujo del aceite.
- e) Nunca dejar que la temperatura del aceite llegue a 392°F (200°C).
- f) Esperar que la temperatura del aceite llegue a la temperatura adecuada.

V.2.3.3 Sistema de templeo

- a) Coloque las mangueras de aceite 1/2" a 1/2" a la retorta. FIG V.2.5.
- b) Cerrar la manguera de derivación secundaria.
- c) Abrir las llaves de alimentación y derivación primaria. DIAGRAMA V.2.2.
- d) Dejar las piezas el tiempo necesario para su temple (tabla de comerciantes).

V.2.3.4 Controles

- a) Interruptor para calentador. Este primer interruptor, cuando se selecciona cerrado, se energiza el calentador del aceite y en la posición abierta se desenergiza el calentador. Cuenta con un fusible de 15 Amp. tipo encapsulado. DIAGRAMA V.2.1
- b) Interruptor para motor. Este segundo interruptor, cuando se selecciona cerrado, se activa el motor y bomba de engranes para succionar el aceite de los tanques. En la posición de abierto se desactive el motor y bomba de engranes. FIG. V.2.3
- c) Llave tipo aguja (gas). En esta primera válvula el gas es transferido del tanque a la entrada de la retorta (cuando se trate de un gas inerte, en el caso de un gas comburente se utilizara un quemador externo). DIAGRAMA V.2.2
- d) Llave tipo aguja (aire u oxígeno). En esta segunda válvula el aire u oxígeno es transferido del tanque a un quemador externo (en el caso de utilizar un gas comburente).
- e) Llave tipo paso. En esta tercera válvula los gases son mezclados y transferidos a un quemador externo.
- f) Llave tipo paso (1) de alta resistencia al calor. Esta llave nos permite el calentamiento del aceite circulando del tanque de alimentación al calentador sin necesidad de transferirlo a la retorta (Nota: Siempre y cuando la válvula 1 y 3 permanezcan cerradas). Realizar este proceso siempre y cuando se este calentando el aceite. DIAGRAMA V.2.3
- g) Llave tipo paso (2) de alta resistencia al calor. Esta llave nos permite el paso del aceite del tanque de

suministro a la retorta tener las válvulas 1 y 3 abiertas.

h) Lleve tipo paso (3) de alta resistencia al calor. Este lleve nos permite la derivación de la retorta al tanque del suministro.



FIGURA V.2.3

DIAGRAMA DE FLUJO ALIMENTACION DE GAS

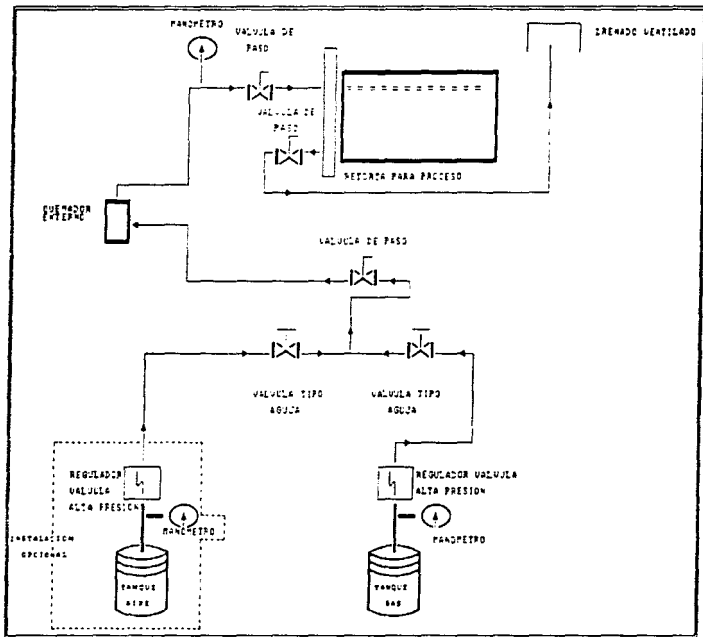


DIAGRAMA V.2.2

DIAGRAMA DE FLUJO DEL ACEITE

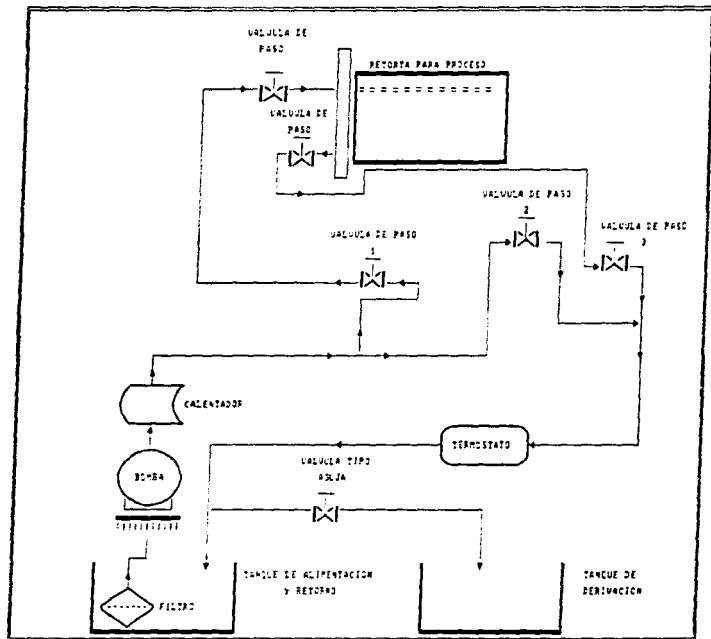


DIAGRAMA V.2.3

V.2.3.5 Mantenimiento

La consola de flujo requiere sólo de inspecciones periódicas, purgas de la sección de la bomba de engranes si lo requiere, limpieza de mangueras de gas y de aceite. Cuando se realice limpieza o cambio de filtro, el proceso se realizará como se indica:

- a) Retire el sistema de energía eléctrica.
- b) Limpie conductos de aceite y gas.
- c) Revise que todos las conexiones estén bien apretadas.
- d) Revise que la bomba de engrane esté bien purgada.
- e) Cambio de aceite cada 100 hrs. de trabajo.
- f) Se recomienda cambiar el filtro de aceite cada 100 hrs.
- g) Llevar un control de operación de la máquina (bitácora).
- h) La limpieza de la retorta sera con algun solvente. Recomendado para la descarbonización (se recomienda carbón off. 1021).
- i) Revise las roscas de las conexiones que estén en óptimas condiciones.
- j) Después del proceso de cementación y temple dar limpieza a la retorta y mangueras.

NOTA: Si se detecte alguna fuga de gas revizar y suministrar sello a la conexión del problema.

V.3 Selección de la atmósfera

La mayoría de los hornos de cementación gaseosa usa combinaciones de gas portador más gas hidrocarburo. Prácticamente se ha eliminado el uso de gas hidrocarburo no diluido en los hornos continuos.

En los hornos intermitentes, las cantidades medidas de cada gas se mezclan y se introducen en la cámara de cementación en cantidades suficientes para asegurar las condiciones correctas de operación. Esto incluye suficiente flujo de la atmósfera para mantener la presión positiva del horno, para prevenir una filtración de aire, y para cementar las piezas de trabajo.

La posición de la entrada del gas atmosférico es importante. El punto más efectivo para la introducción es en el peso de la buena circulación del gas, para una mezcla completa, pero en una parte que evite un choque directo de la atmósfera recién añadida. Esto usualmente evitará la formación de hollín localizado y una cementación no uniforme.

A causa del pequeño volumen y de la estrecha cámara de los hornos intermitentes, se requieren volúmenes de gas relativamente pequeños. Si se desea una producción mínima de hollín, se debe disminuir el flujo de gas natural mientras el ciclo avanza, porque el índice de la absorción de carbono en la superficie del acero disminuye con

el tiempo transcurrido.

El alto flujo de gas hidrocarburo durante la primera parte del ciclo de cementación se corta durante los ciclos de difusión y de enfriamiento. Este "control de programa" tanto manual como automático, se diseñó para mantener el control del potencial de carbono durante todas las etapas de la cementación de cámara.

El gas natural como agente activo añadido variará de 3 a 5% en el gas portador. Para el propano de 1 a 5% dará un carbono equivalente en la atmósfera. El índice de flujo de cada gas se mide constantemente y se señala, o por medio de medidores de flujo visuales o por un manómetro conectado por un orificio de diámetro conocido. Las presiones del horno de 0.2 a 0.3 pulg. en la columna de agua son comunes y se pueden medir con mayor exactitud por medio de un calibrador de tiro. La presencia de gases combustibles en las partículas de emanación en la parte superior del horno no indica una presión positiva en el horno.

V.3.1 Mezcla

Casi siempre, se mezcla el gas portador con gas hidrocarburo fuera de los hornos continuos. Esto se puede hacer con un mezclador individual en cada entrada o con una o más estaciones centrales de mezcla que donde se suministran las mezclas por varias entradas del horno. Con estas estaciones, se puede mantener un índice constante de gas portador con gas hidrocarburo a cualquier o a todas las secciones del horno sin tener en cuenta los cambios intencionales de flujo o cambios accidentales en la presión de línea o del gas portador o del gas hidrocarburo.

Una estación de mezcla de índice constante puede tener una combinación de placas agujeradas correctamente medidas en las líneas de suministro del gas portador y del gas hidrocarburo aumentada en la línea de gas hidrocarburo, por un regulador de la presión que se vuelve a cargar en la línea de suministro del gas portador, y los respectivos flujos de gas a través de ambos orificios, se mantienen en un índice constante sobre un alto rango de índices de flujo.

V.3.2 Control dimensional

Antes de que se cemen las piezas maquinadas, deberán estar tan cerca de las dimensiones finales como sea posible, para que la capa cementada externa no se tenga que rectificar después de la cementación para encontrar los requerimientos dimensionales. Sin embargo, se puede reconocer que se ha encontrado cierta deformación en todas las piezas cementadas. Aunque la forma de una pieza influye principalmente en la cantidad de deformación, encontramos otros factores importantes:

- a) Las tensiones residuales en las piezas antes del termotratamiento.
- b) Los métodos de epilar y colocar las piezas durante el calentamiento y el enfriamiento brusco.

- c) El aumento de las superficies durante la cementación.
- d) La temperatura del enfriamiento brusco.
- e) La severidad del enfriamiento brusco.
- f) La composición química del acero.

Hay varias medidas disponibles para disminuir la cantidad de deformación encontrada en cualquier pieza específica, pero todas estas aumentan el costo del termotratamiento.

V.3.3 Métodos para disminuir la deformación

Temple Escalonado. Incluye enfriamiento brusco en sal fundida o en aceite caliente. es el método menos costoso para disminuir la deformación.

Instalación de dispositivos complejos. Durante el calentamiento y el enfriamiento brusco efectivamente disminuye la deformación pero incrementa notablemente los costos del termotratamiento casi un 50%, debido a la implementación de dispositivos.

Enfriamiento brusco de prensa. Esta y otras medidas de instalar el enfriamiento brusco, como por puntos o por moldes metálicos fríos son los métodos más efectivos para reducir la deformación. Sin embargo estos métodos incrementan drásticamente el costo del termotratamiento, algunas veces casi el 100 o incluso varios cientos por ciento.

V.3.4 Formación de hollín

Una cantidad excesiva de carbono libre (en forma de hollín o coque) depositado en las piezas y en el horno causa pérdida de control del potencial del carbono, una cementación desigual, una deterioración de la aleación hornada y del refractario, altos costos de limpieza y condiciones de trabajo desagradables.

La formación de hollín siempre ha sido un problema en la cementación gaseosa. Se le puede minimizar al elegir la atmósfera, con una selección juiciosa del índice de flujo, para dar un índice rápido de cementación sin una formación de hollín excesiva. Otro método efectivo incluye el uso de un ciclo de difusión, que en muchas instancias permite que se remueva el hollín de las piezas al reaccionar con el gas portador o con cantidades reguladas de aire introducido con ese propósito.

V.3.5 Propiedades físicas de los principales gases aplicados

V.3.5.1 Argón

PROPIEDADES FÍSICAS

Símbolo molecular.....Ar	
peso molecular.....	39.944
densidad del gas a 20°F (21°C).....	1.650 kg/m ³ (0.1034 lb/ft ³) y a 1 atm.
gravedad específica del gas (aire=1) a 70°F (21°C) y a 1 atm.....	1.38
volumen específico del gas a 70°F (21°C) y a 1 atm.....	0.604 m ³ /kg (9.67 ft ³ /lb)
punto de ebullición a 1 atm.....	-302.6°F (-185.9°C)
punto de congelación a 1 atm.....	-308.7°F (-189.3°C)
temperatura crítica.....	-188.1°F (-122.3°C)
presión crítica.....	4898 kPa, abs. (710.4 psia)
solubilidad en agua vol/vol a 32°F (0°C).....	0.056
peso del líquido a -283.5°F (-185.9°C).....	1394 kg/m ³ (11.63 lb/gal)
densidad del gas a punto de ebullición.....	5.70 kg/m ³ (0.356 lb/ft ³)
densidad del líquido a punto de ebullición.....	1393 kg/m ³ (86.98 lb/ft ³)

V.3.5.2 Propano

Propiedades Físicas.

símbolo químico.....	C ₃ H ₈
peso molecular.....	44.10
t. ebullición a 1 atm.....	-43.78°F (-42.1°C)
t. crítica.....	1.4°F (-16.8°C)
presión crítica.....	42.6 bar
presión vapor a 68°F (20°C).....	7.40 bar
densidad gas (68°F (20°C) a 1 atm).....	1.867 g/l
densidad líquida (p.e. 1 atm).....	0.582 g/ml
peso específico (aire=1).....	1.55
autoignición en aire.....	878°F (468°C)
solubilidad en agua (°C 1 atm).....	0.01%
calor latente de vaporización.....	101.6 cal/g
R. inflamabilidad en aire.....	2.2-9.5%
TLV.....	TMAE
otras características.....	inflamable y asfixiante

V.3.2.3 Oxígeno

Propiedades físicas

símbolo químico.....	O ₂
peso molecular.....	32
t. de ebullición (1 atm).....	297.40°F (-183°C)
t. crítica.....	181.2°F (-108.4°C)
presión crítica.....	50.8 bar
presión vapor 68°F (20°C).....	
densidad gas (68°F (20°C) 1 atm).....	1.265 g/l
densidad líquido (p.e. 1 atm).....	1.140 g/ml
peso específico (aire=1).....	1.05
autoignición en aire.....	
solubilidad en agua (°C 1 atm).....	0.0043
calor latente de vaporización.....	50.9 cal/g
R. inflamabilidad en aire.....	
TIV.....	
otras características.....	comburente

V.3.5.4 Aire

Propiedades físicas

símbolo químico.....	
peso molecular medio.....	28.96
t. ebullición a 1 atm.....	-317.83°F (-194.35°C)
t. crítica.....	-221.08°F (-140.6°C)
presión crítica.....	37.66 bar
presión de vapor 68°F (20°C).....	
densidad gas (68°F (20°C) 1 atm).....	0.4485 g/l
densidad líquido (p.e. 1 atm).....	0.8739 g/ml
peso específico (aire=1).....	
autoignición en aire.....	
solubilidad en agua (°C 1 atm).....	
calor latente de vaporización.....	
R. inflamabilidad en aire.....	
otras características.....	comburente

V.4 Análisis comparativo de costos

El análisis comparativo de costos se realizó, con base en los gastos incurridos en la presente tesis, desde artículos diversos hasta mano de obra y tiempo de elaboración, los cuales se compararon con el costo de un equipo de esa magnitud en el mercado. Determinándose las variaciones entre haber realizado el presente proyecto y comprar la máquina en el mercado.

A continuación se detallan todos los artículos que se necesitan para la elaboración de la Retorta y la Consola de Flujo.

DESCRIPCION DE PARTES Y COSTOS DE LA RETORTA

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO
ESPIGA HEMBRA PARKER 306B	4	PZA.	NS 53.19
ABRAZADERA IDEAL NS-6	5	PZA.	NS 6.19
CONEXION PARKER 6-6FBU	2	PZA.	NS 29.96
CONEXION PARKER 8-8FBU	1	PZA.	NS 22.80
ADAPTADOR PARKER 46-F6-B	1	PZA.	NS 8.38
ADAPTADOR PARKER 46-F6-6	1	PZA.	NS 6.75
ADAPTADOR PARKER 46-F6-6	1	PZA.	NS 5.64
TUBO DE ACERO DE 3/8"	1	MTS.	NS 18.68
TUBO DE ACERO DE 1/2"	1	MTS.	NS 22.35
SUJETADORES DE ACCION RAPIDA	4	PZA.	NS 58.88
TORNILLOS DE CUERDA FINA °	16	PZA.	NS 6.00
VALVULA DE PASO DE 1/2"	4	PZA.	NS 45.00
NIPLES GALVANIZADO 3/8"	5	PZA.	NS 10.00
REDUCCIONES DE 1/2" A 3/8"	8	PZA.	NS 9.00
CONECTORES MACHOS 1/2"-1/2"	3	PZA.	NS 5.50
VALVULA DE PASO DE 3/8"	3	MTS.	NS 44.10
VALVULA DE PASO DE 1/2"	3	MTS.	NS 44.10
TUERCA DE 1/2" CONICA	9	PZA.	NS 9.70
TUERCA DE 3/8" CONICA	13	PZA.	NS 16.40
TEE DE BRONCE DE 3/8"	1	PZA.	NS 5.10
VALVULA DE PASO DE 1/2" A 3/8"	1	PZA.	NS 12.90
NIPLE HEXAGONAL DE 1/4"	2	PZA.	NS 5.00
NIPLE DE CAMPANA DE 1/2" A 3/8"	2	PZA.	NS 5.20

TUBO FLEXIBLE DE 3/8"	5	MTR.	NS	26.50
TUBO FLEXIBLE DE 1/2"	2	MTR.	NS	15.20
VALVULA DE PASO CONECCION RAPIDA	1	PZA.	NS	12.90
NIPLA GALVANIZADO DE 1/2"	1	PZA.	NS	0.80
TEE GALVANIZADA DE 1/2"	1	PZA.	NS	1.50
NIPLA TERMINAL DE 1/2"	2	PZA.	NS	7.00
REDUCCION CAMPANA DE 3/8" A 1/4"	1	PZA.	NS	2.50
MATERIAL VARIOS PLOMERIA			NS	55.00
TUBO FLEXIBLE 3/8"	3	MTR.	NS	10.92
CONECTOR PARA TUBO FLEXIBLE	1	PZA.	NS	5.29
REGISTRO RECTANGULAR	1	PZA.	NS	8.98
LAMINA REFRACTARIA 12-A	0.18	MTR.2	NS	132.71
FIBRA REFRACTARIA	0.25	KGS.	NS	5.50

TOTAL: NS 744.618

COSTO DE MANO DE OBRA FABRICACION DE LA RETORTA

DESCRIPCION	COSTO
TRAZO DE LA RETORTA	NS 25.00
CORTE DE LA RETORTA (INCLUYE RENTA DE MAQUINA)	NS 150.00
PROCESO DE SOLDADO DE LA RETORTA (RENTA DE MAG.)	NS 75.00
PULIDO DE LA RETORTA Y ACABADOS	NS 60.00
MAQUINADO DE LA PLACA DE ACERO INOX.	NS 80.00
DOBLEZ (INCLUYE RENTA DE LA MAQUINA)	NS 200.00
TOTAL.	NS 590.00

DESCRIPCION DE PARTES Y COSTOS DE LA CONSOLA

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO
VALVULAS PARA GAS 3/8" A 3/8"	2	PZA.	NS 24.00
NIPLES CUERDA CONICA 1/2"	5	PZA.	NS 2.00
LLAVE DE PASO 1/2"	3	PZA.	NS 30.00
COJOS DE 90° DE COBRE	2	PZA.	NS 2.40
TEES DE 1/2"	2	PZA.	NS 3.20
NIPLE TERMINAL 1/2"	4	PZA.	NS 14.80
SENSOR PPD4	1	PZA.	NS 25.00
REDUCCION 1/2" A 3/8"	9	PZA.	NS 12.60
TUERCA CONICA CUERDA ESPECIAL 1/2"	4	PZA.	NS 6.00
ABRAZADERA SINFIN 1/2	10	PZA.	NS 9.00
CONECTOR PARA GAS 3/8"	5	PZA.	NS 10.00
TUERCA CON CUERDA TIPO MACHO 1/2"	1	PZA.	NS 1.20
COJO DE 90° CON CUERDA INTERIOR 1/2	1	PZA.	NS 3.80
TEE DE 1/2" CON CUERDA A UN LADO	4	PZA.	NS 5.20
REDUCCION DE 1/2" A 3/8"	1	PZA.	NS 2.20
CABLE DE USO RUDO 2 x 8	3	MTS.	NS 21.00
CABLE DE FIBRA CALIBRE 14	2	MTS.	NS 9.00
CINCHOS PLASTICOS	50	PZA.	NS 10.00
BOMBA DE ENGRANES SELFE	1	PZA.	NS 300.00
MOTOR MONOFASICO ELECTRICO 1/4 HP	1	PZA.	NS 250.00
POLEA DE 4"	1	PZA.	NS 15.00
BANDA GATES B5	1	PZA.	NS 8.97
CONECTOR CUERDA EXTERIOR 1/2" A 3/4"	2	PZA.	NS 17.60
REDUCTOR DE COBRE DE 1/2" A 3/8"	2	PZA.	NS 2.80
TERMOMETRO DE 0 A 300 GRADOS CENT.	1	PZA.	NS 155.00
MANGUERA DE BAJA PRESTION LISA 1/2"	6	MTS.	NS 24.42
ABRAZADERA SINFIN H510	15	PZA.	NS 24.75
MATERIALES VARIOS (CONSUMOS)			NS 63.60
MANGUERA PARA GAS 3/8"	4	MTS.	NS 20.00
ESPIGA DE 1/2"	2	PZA.	NS 12.00
ABRAZADERA DE 3/4"	2	PZA.	NS 4.00
REOSTATO KR21	1	PZA.	NS 188.00

MANQUERA PARA GAS DE 1/2"	5	MTS.	NS 12.50
TUERCA GIRATORIA CON ESPIGA 3/8"	6	PZA.	NS 22.00
PORTA FUSIBLE 186L	1	PZA.	NS 8.60
FUSIBLE DE 15 AMPERES	5	PZA.	NS 5.50
CALENTADOR PARA FLUIDOS	1	PZA.	NS 275.00
LAMINA 1010 CALIBRE 18 DE 3'X 8'	1	PZA.	NS 55.60
ANGULO DE 1" X 1/8"	12	MTS.	NS 35.00
RUEDAS GIRATORIAS DE 2"	4	PZA.	NS 22.40
LAMINA DE 1010 CALIBRE 12 DE 240 cmZ	1	PZA.	NS 4.50
APAGADORES DE 4 VIAS	2	PZA.	NS 25.00
JALADERAS	3	PZA.	NS 3.00
CLAVIJA DE USO RUDO	1	PZA.	NS 5.50
CAJA DE REMACHES DE 1/8"	100	PZA.	NS 5.00

TOTAL:

NS 1743.14

COSTO DE MANO DE OBRA FABRICACION DE CONSOLA

DESCRIPCION	COSTO
TRAZO Y CORTE DE ANGULO	NS 50.00
SOLDADO Y ACABADO (INCLUYE RENTA DE MAQUINA)	NS 60.00
TRAZO CORTE Y DOBLEZ TABLERO DE CONTROL	NS 70.00
TRAZO, CORTE Y REMACHADO	NS 180.00
INSTALACION DE SISTEMA ELECTRICO	NS 55.00
INSTALACION DEL SISTEMA HIDRAULICO	NS 200.00
TRAZO CORTE Y SOLDADO DE DEPOSITOS DE ACEITE	NS 50.00

TOTAL:

NS 665.00

PRESUPUESTO REALIZADO POR LA COMPANIA "LINDBERG A. UNIT OF GENERAL SIGNAL".

Horno tipo Mufia

Modelo	51442
Costo	NS 6,250.00

Consola de control

Modelo	58114
Costo	NS 6,320.00

Retorta

Modelo	59144
Costo	NS 6,400.00

Subtotal	NS 18,970.00
Iva	NS 1,897.00
Gastos de importación	NS 1,358.00
Total	NS 22,295.00

NOTA: Todos éstos costos están sujetos a cambios sin previo aviso.

En resumen:

El costo del equipo adquirido en Lindberg será:
NS22,225.00

El costo total de la realización de la Consola y Retorta realizados en la presente Tesis son:

Retorta	NS 1,334.62
Consola	NS 2,408.14
Total	NS 3,742.76

Nota: Excluyendo el Horno tipo Mufia, ya que se cuenta con él en el Laboratorio de Ciencias de Materiales.

V.3 DISEÑO DEL DISPOSITIVO

DATOS DEL PROYECTO

LUGAR DE OPERACION

LABORATORIO DE CIENCIAS DE MATERIALES

ESPECIFICACIONES DEL HORNO TIPO MUFLA

MODELO 51948

DIMENSIONES INTERIORES (MM) 100X100X200

DIMENSIONES EXTERIORES (MM) 410X320X410

VOLTAJE (V.C.A.) 127

POTENCIA (WATTS) 1850

CORRIENTE (A.C.A.) 14.56

FUSIBLE (AMPERES) 20

CARGA MAX (KG) 2.2

ESPECIFICACIONES DEL DISPOSITIVO

PRESSION DE DISEÑO 2 PSI MIN 10 PSI MAX

TEMPERATURA DE DISEÑO 1000°C

AREA FUNCIONAL (EN CONTACTO DISPOSITIVO) 76500MM²

AREA DEL SELLO TECNICO 37600 MM²

TIPO DE ACERO DEL DISPOSITIVO ACERO REFRACTARIO 12-8

MATERIAL DEL SOPORTE AISI 1818

PESO MAXIMO DE PIEZAS A INTRODUCIR 900 GRS

VOLUMEN DE AREA FUNCIONAL 1387600 MM³

CALCULO DEL AREA DEL DISPOSITIVO EN CONTACTO CON LA MIFLA

$$A1 = 16200 \text{ mm}^2$$

$$A2 = 17640 \text{ mm}^2$$

$$A3 = 8820 \text{ mm}^2$$

$$A1, 2, 3 = (A1) + (A2) + (A3)$$

$$A1, 2, 3 = 32400 + 35280 + 8820 = 76500 \text{ mm}^2$$

CALCULO DE LA AREA DE SELLO TECNICO

$$A1' = 2 \text{ PAREDES LATERALES } 100 = 90 \text{ mm}^2$$

$$A2' = 2 \text{ PAREDES SUPERIOR/INTERIOR } 100 = 90 \text{ mm}^2$$

$$A12 = (A1') + (A2') + A2'$$

$$A12 = 37400 \text{ mm}^2$$

CALCULO PARA DETERMINAR EL ESPESOR DEL MATERIAL (DISPOSITIVO DE LA RETORTA)

$$A1 = 2 \text{ PAREDES LATERALES } 100 = 90 \text{ mm}^2$$

$$A2 = 2 \text{ PAREDES SUPERIOR/INTERIOR } 100 = 90 \text{ mm}^2$$

$$A3 = 1 \text{ PARED TAPA POSTERIOR } 10 = 90 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma A1, A2, A3 = 76500 \text{ mm}^2 = 118,575 \text{ in}^2$$

APLICANDO LA ECUACION DE CANTIDAD DE CALOR

$$q_b = \frac{A \cdot X}{L} (T1 - T2)$$

DONDE

q_b = VELOCIDAD CANTIDAD DE CALOR

t = TEMPERATURA

A = AREA

L = ESPESOR

X = COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONDUCCION

$$T1 = 1373 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T2 = 1273 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$A1 = 76500 \text{ mm}^2$$

$$K = 16,8 \text{ w/m } ^\circ\text{K}$$

$$L = (1,58, 3,175, 4,763, 6,350, 7,928, 9,525, 11,11, 12,780) \text{ mm}$$

TABLA COMPARATIVA PARA EL SELECCIONAMIENTO DEL ESPESOR (DISPOSITIVO RETORTA)

L	WATTS/M2	BTU/HRS	BTU/HRSFT2	
1.58	32 827.7078	177 588.3856	215 438.465	1
3.175	26 822.8472	86 782.1468	107 753.178	2
4.763	17 346.2103	59 189.8845	71 837.615	3
6.358	12 811.8236	44 391.8734	53 876.585	4
7.938	10 428.1632	35 598.6218	43 595.647	5
9.525	8 674.8157	29 594.8489	36 917.723	6
11.11	7 436.5626	25 372.8356	30 793.548	7
12.78	6 505.5118	22 195.5367	26 928.292	8

POR LA COMPARACION EN LA TABLA NOS ES MAS EFICIENTE EL PUNTO 1 PARA NUESTRO PROYECTO.

SE MUESTRA LA GRAFICA DE PORCENTAJE Y COMPORTAMIENTO DEL ESPESOR DEL ACERO

PARA SE SELECCIONAMIENTO FIGURA U.S.1 Y U.S.2

CALCULANDO LA ALETAS PARA TOPE SELLADOR

$$A1 = (100)(10)14 = 4800 \text{ mm}^2$$

$$A2 = (198)(10)12 = 1960 \text{ mm}^2$$

TAPAS SUPERIOR Y LATERALES

$$A = (100)(10)12 = 2000 \text{ mm}^2$$

TAPAS SUPERIORES

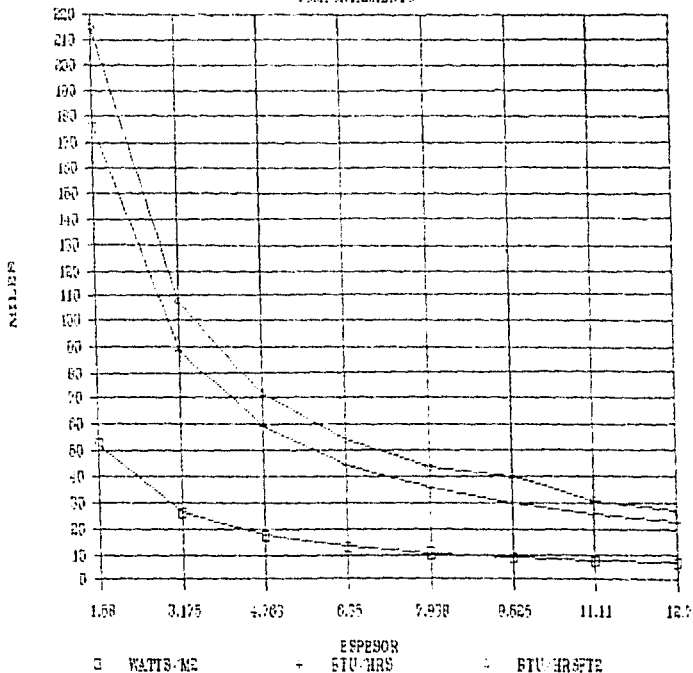
$$A = (110)(10) = 1100 \text{ mm}^2$$

TOPES INFERIORES

$$A = 2(10)(10) = 200 \text{ mm}^2$$

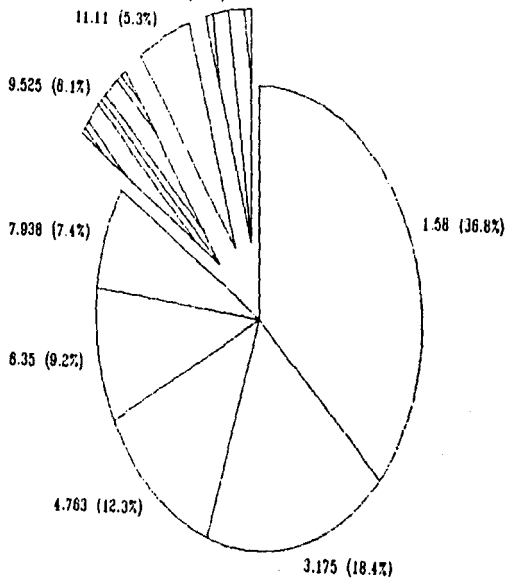
SELECCIONAMIENTO DE ESPESOR

COMPORTAMIENTO



PORCENTAJE COMPARATIVO DE FLUJO

SELECCION DE ESPESOR
12.7 (4.6%)



CALCULANDO LA PARED TECNICA DEL SELLO DE LA RETORTA

TEMPERATURA INTERIOR	1000 °C	1832 °F
TEMPERATURA EXTERIOR	35 °C	100 °F
AREA TOTAL	0.0949032	FT ²
ESPEJOR DEL ACERO	0.003	FT
ESPEJOR DEL SELLO	0.013	FT
h _i COEFICIENTE CONVECCION	0.02470	BTU/HR PIE ² °F
h _e COEFICIENTE CONVECCION	0.054	BTU/HR PIE ² °F
K CONSTANTE DEL ACERO	10	BTU/HR PIE °F
K CONSTANTE DEL ACERO	1.6	BTU/HR PIE °F

APLICANDO LA ECUACION DE PAREDES COMPUESTAS

$$Q_N = \frac{t_1 - t_2}{\sum R}$$

SE DOBLE

Q_N^2 = CANTIDAD DE CALOR POR PAREDES COMPUESTAS

t₁ = TEMPERATURA INICIAL

t₂ = TEMPERATURA FINAL

R = $\frac{L}{kA}$ PARA CADA PARED

$$R_1 = \frac{L_1}{h_1 A_1} = \frac{1 \text{ FT}}{(0.02471 \text{ BTU/HR FT}^2 \text{ °F})(1772)} = 0.0145 \frac{\text{HR-°F}}{\text{BTU}}$$

$$R_2 = \frac{L_2}{h_2 A_2} = \frac{5.218220 \times 10^{-3}}{(10)(0.0949032)} = 0.003 \frac{\text{HR-°F}}{\text{BTU}}$$

$$R2 = \frac{L2}{K2 A2} = \frac{0.0328}{(1.6)(0.0949832)} = 0.216 \frac{HR-OF}{BTU}$$

$$R3 = \frac{L3}{K3 A3} = \frac{5.218228 \times 10^{-3}}{(18)(0.0949832)} = 0.003 \frac{HR-OF}{BTU}$$

$$R4 = \frac{L4}{K4 A4} = \frac{1}{0.0140(1)} = 71.429 \frac{HR-OF}{BTU}$$

REALIZANDO LA SUMATORIA DE LAS RESISTENCIAS

POR LO TANTO:

$$R(1, 2, 3 \text{ y } 4) = (40.145 + 0.003 + 0.216 + 71.429) = 111.796 \frac{HR-OF}{BTU}$$

APLICANDO

$$q^o_k = \frac{1832 - 100}{111.796} \frac{^o F}{\frac{HR-OF}{BTU}} = 15.493 \frac{BTU/HRFT^2}{\frac{HR-OF}{BTU}}$$

$$q^o_k = h_1 A (T_1 - T_2)$$

DESPEJANDO

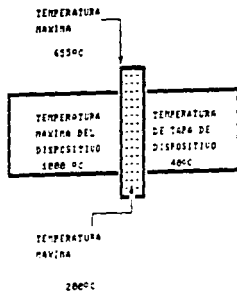
$$11 = h_1 \frac{q^o_k}{A} = 1832 - \frac{15.493}{(0.82941)(11)} \frac{^o F - \frac{BTU/HRFT^2}{\frac{HR-OF}{BTU/HRFT^2 + F}}}{FT}$$

$$11 = 1218.04 \text{ } ^o F - 654.467 \text{ } ^o C$$

$$q^o_{ho} = h_o A (T_3 - T_4)$$

DESPEJANDO

$$13 = \frac{q^o_{ho}}{h_o A} + 10 = \frac{15.493}{(0.854)(11)} + 100 = 386.987 \text{ } ^o F - 197.171 \text{ } ^o C$$



ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

- 11 = 1000 °C
- 12 = 634.467 °C
- 13 = 197.171 °C
- 11 = 20 °C

CALCULO DE SISTEMA ELECTRICO DE LA CONSOLA

ESPECIFICACIONES DEL MOTOR

RPM 1725
 HP 0.25
 VOLTAJE 120 V
 (FASE Y NEUTRO)
 FRECUENCIA 60 Hz
 CORRIENTE 5 A
 RESISTENCIA 24 Ω

NOMENCLATURA

W CARGA EN WATTS
 E_n VOLTAJE DE FASE A NEUTRO (V)
 I CORRIENTE (A)
 COS φ FACTOR DE POTENCIA
 S SECCION TRANSVERSAL DEL CONDUCTOR (mm²)
 R RESISTENCIA (Ω)
 L LONGITUD (m)
 ρ RESISTIVIDAD (Ω/1000 mm²/m)
 e CAIDA DE TENSION
 ex PORCENTAJE DE CAIDA DE TENSION

SISTEMA MONOFASICO (4000 AMPS)

$$W = E_n \cdot I \cdot \cos \phi \quad (1)$$

DESPEJANDO

$$I = \frac{W}{E_n \cdot \cos \phi} \quad (1')$$

$$e = 2 R I = 2 \rho \frac{L}{S} I \quad (2)$$

$$ex = \frac{e}{E_n} = 100 = \frac{2 \rho (L/S) I}{E_n} = 100$$

SUSTITUYENDO *

$$ex = \frac{2 (1/100) (L/S) I}{E_n} = 100 = \frac{451}{E_n S}$$

DE TABLAS TENDEMOS QUE

$$S = 5.33 \text{ mm}^2$$

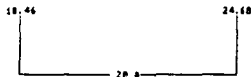
SUSTITUYENDO EN

$$KX = \frac{2(1/20)(1/5.33)10.46}{127} = 100 = 0.11$$

$$S = \frac{4.1 I}{KX En} = \frac{4(1)10.46}{(0.11)(127)} = 5.29 \text{ mm}^2$$

PROTECCION SOBRE CORRIENTE
CORRIENTE DEMANDA CARGA

MAXIMA CAPACIDAD
CONDUCE



CALCULO DE DERIVADOS

$$I = \frac{539.75}{127(1.85)} = 5.00 \text{ A}$$

CONDUCE	CONDUCE	FCA	FCA
14	15	.02	1

$$S = 2.00$$

$$KX = \frac{2(1/20)(1/2.00)5}{127} = 100 = .00 \quad KX = 0.0$$

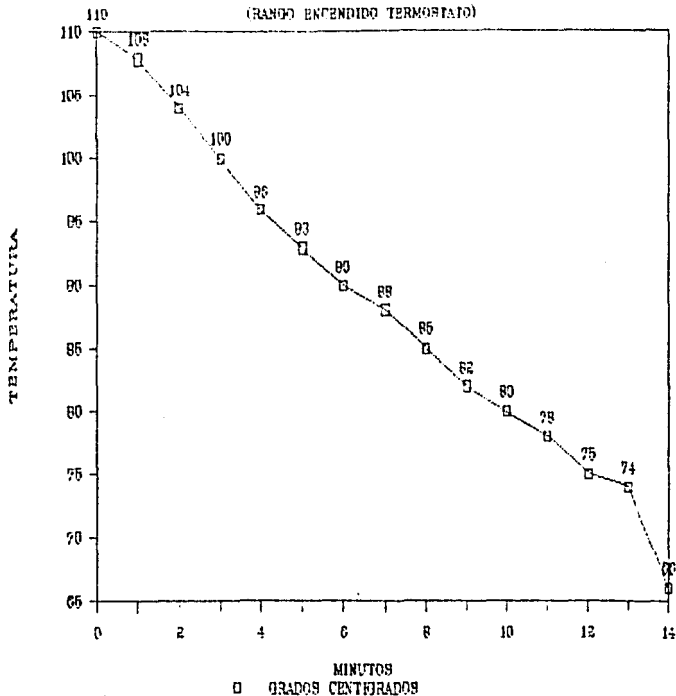
$$KX < 3$$

$$S = \frac{4.1 I}{KX En} = \frac{4(1)(5)}{(0.00)(127)} = 1.97 \text{ mm}^2$$

RESUMIENDO: UTILIZAR CABLE ALIMENTADOR CALIBRE 8
CIRCUITO DERIVADO CALENTADOR CALIBRE 10
CIRCUITO DERIVADO MOTOR CALIBRE 14
PROTECCION DE 20 AMP. PARA CALENTADOR
INTERRUPTOR DEL CALENTADOR 20 AMP.
INTERRUPTOR DEL MOTOR 5 AMP.

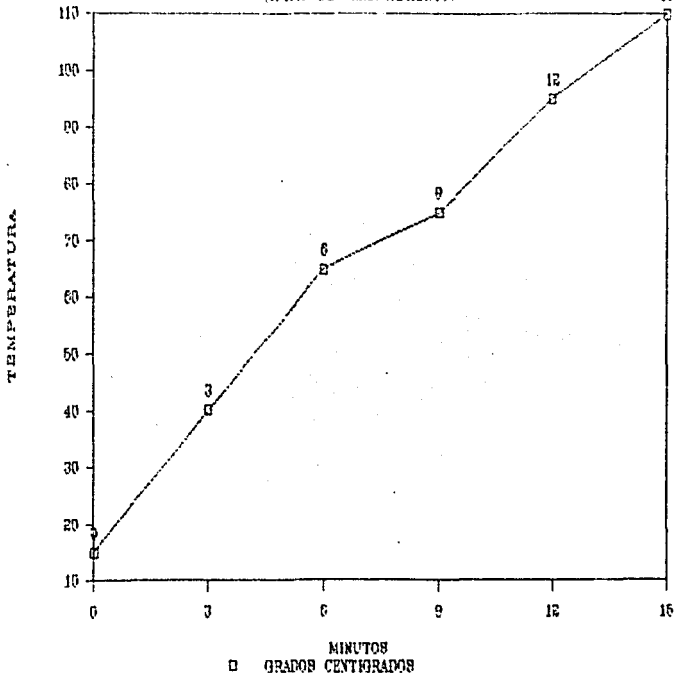
COMPORTAMIENTO CALENTAMIENTO DEL ACEITE

(GRANDE ENCENDIDO TERMOSTATO)



COMPORTAMIENTO CALENTAMIENTO DEL ACEITE

(INICIO DE CALENTAMIENTO)



ESPECIFICACIONES DEL CALENTADOR

RESISTENCIA 6.5 Ω
VOLTAJE 120 V
CORRIENTE 18.46 A
POTENCIA 1992.75 W

SUSTITUYENDO VALORES
CALCULANDO POTENCIA DEL MOTOR
 $P = (127)(15)(.85) = 1599.75 \text{ WATTS}$

CALCULANDO POTENCIA DEL CALENTADOR

$P = (127)(18.46)(.85) = 1992.757 \text{ WATTS}$

SE ANEXA GRAFICAS P.S.3 Y P.S.4

DONDE SE MUESTRA EL COMPORTAMIENTO

DE LA TEMPERATURA DEL ACEITE DEL INICIO DEL

CALENTAMIENTO Y PERO .

NOTA EL RANGO DE ACTIVAR Y DESACTIVAR EL TERMOSTATO

APLICANDO FACTOR DE DEMANDA

2932.587 (EXCESO DE 35%:

POR CORRIENTE MONOFASICA

$I = \frac{W}{E \cos \phi} = 23.46 \text{ A.}$
EN COS ϕ

SE SELECCIONA CONDUCTOR DEL 8 AWG.

LA RELACION DE VELOCIDAD ES EXPRESADA EN TERMINOS DE -
LA VELOCIDAD DEL EJE MAS RAPIDO CONTRA LA VELOCIDAD --
DEL EJE MAS LENTO.

$$R = \frac{N}{n} = \frac{1750}{650} = 2.65$$

EN DONDE LA DIMENSION DE LAS POLEAS DEBE TENERSE EN --
CUENTA YA QUE LA POLEA DE MAYOR DIMENSION GIRA MAS LEN
TAMENTE QUE LA POLEA MENOR.

$$R = \frac{N}{n} = \frac{D}{d} \quad \Rightarrow \quad R = \frac{D}{d}$$

TENEMOS COMO DATO QUE LA POLEA MENOR ES DE 60 MM Y LA-
RELACION DE VELOCIDAD ES DE R= 2.65
SUSTITUYENDO Y DESPEJANDO D:

$$2.65 = \frac{D}{60} \quad \Rightarrow \quad D = (60)(2.65) = 159 \text{ MM} = 6.25 \text{ IN}$$

DIAMETRO DE LA POLEA 6 IN

LA RELACION DE VELOCIDAD DE LA BOMBA DE ENGRANES ENTREGA

1300 RPM 25 LTS./MIN

650 RPM 10 LTS./MIN

GASTO SUFICIENTE PARA ALIMENTAR LA RECORTA CUANDO SE REALICE EL
PROCESO DE TEMPLE. SE ANEXA TABLA DE VALORES FIGURA V.5.3

DIAMETRO DE LA TUBERIA DE SUCCION Y DESCARGA DE CUBIJO DE TABLAS
PARA BOMBAS RECORTIVAS.

13MM SUCCION.

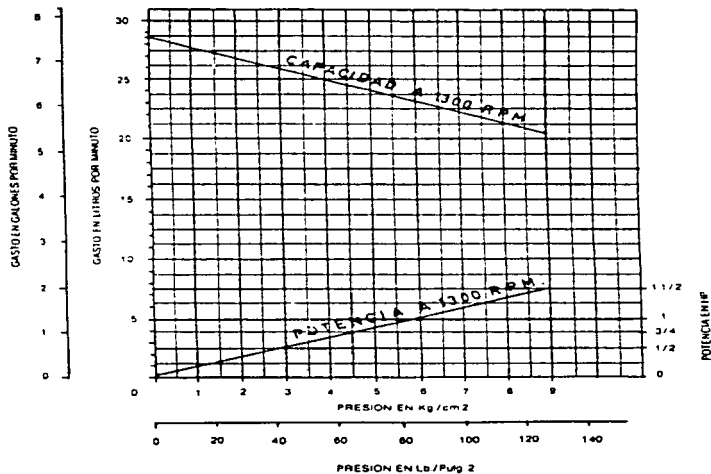
13MM DESCARGA.

SUCCION Y DESCARGA 1/2"

LIQUIDO ACEITE SAE-30

VISCOSIDAD 500-SSU

TEMPERATURA 46, C.



VI CONSTRUCCION DEL DISPOSITIVO

A continuación mostraremos todos los planos, hojas de proceso que hicieran posible la construcción de éste dispositivo, siempre atendiendo a las necesidades del Laboratorio de Ciencias de Materiales.

Los planos estan organizados de la siguiente forma:

- Lámina No. 1 Dispositivo para cementar (conjunto).
- Lámina No. 2 Tapa de dispositivo (subconjunto A).
- Lámina No. 3 Cuerpo de la tapa del dispositivo.
- Lámina No. 4 Base guía.
- Lámina No. 5 Tapa estilo de dispositivo.
- Lámina No. 6 Tubo de suministro de gas.
- Lámina No. 7 Tubo
- Lámina No. 8 Tubo
- Lámina No. 9 Cuerpo de dispositivo (subconjunto B).
- Lámina No. 10 Tapa superior cuerpo de dispositivo.
- Lámina No. 11 Sello.
- Lámina No. 12 Tapa posterior.
- Lámina No. 13 Aleta.
- Lámina No. 14 Base para tapa de dispositivo.
- Lámina No. 15 Cuerpo de dispositivo.
- Lámina No. 16 Soporte para dispositivo (subconjunto C).
- Lámina No. 17 Soporte.
- Lámina No. 18 Jalsoderas.
- Lámina No. 19 Cartabon para soporte de dispositivo.

Las hojas de proceso es una normatividad que para la fabricación de cualquier parte se deben desarrollar para cumplir con los requisitos de la misma.

VI.1 PLANOS DE CONSTRUCCION

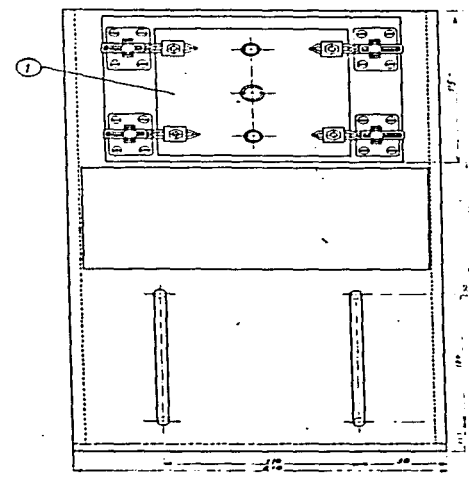
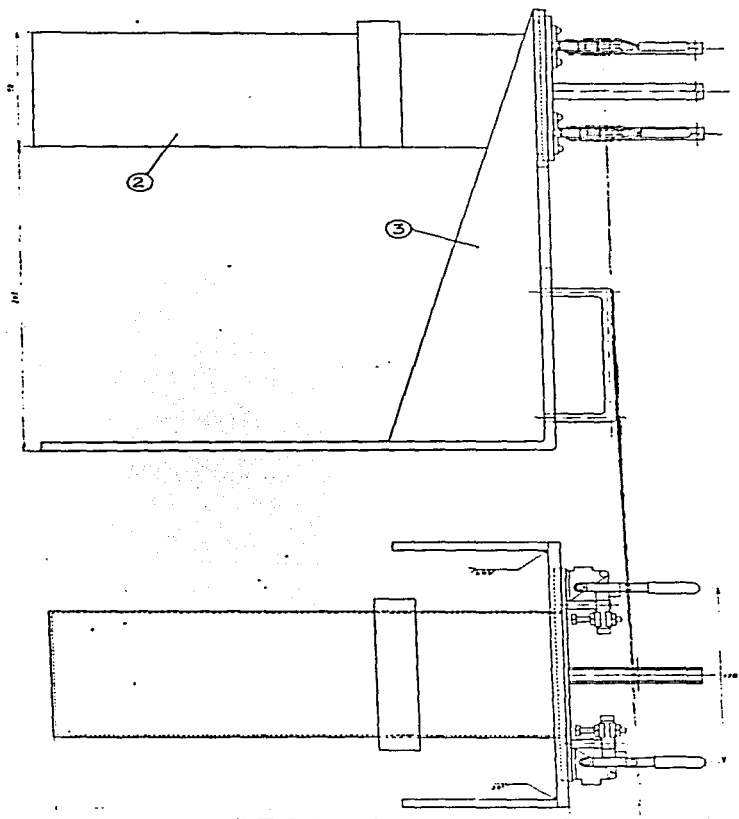
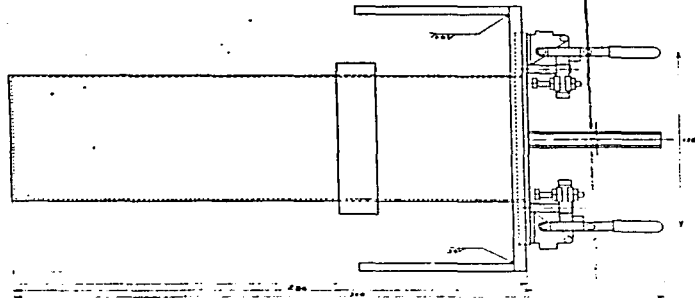
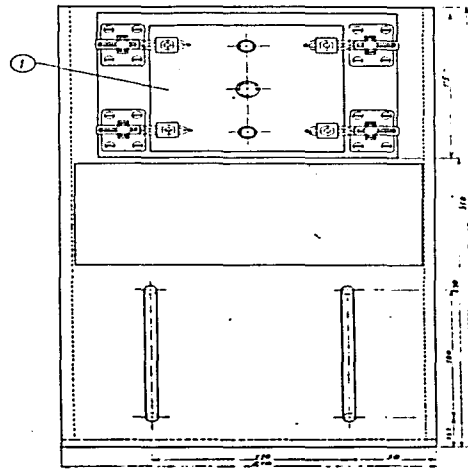
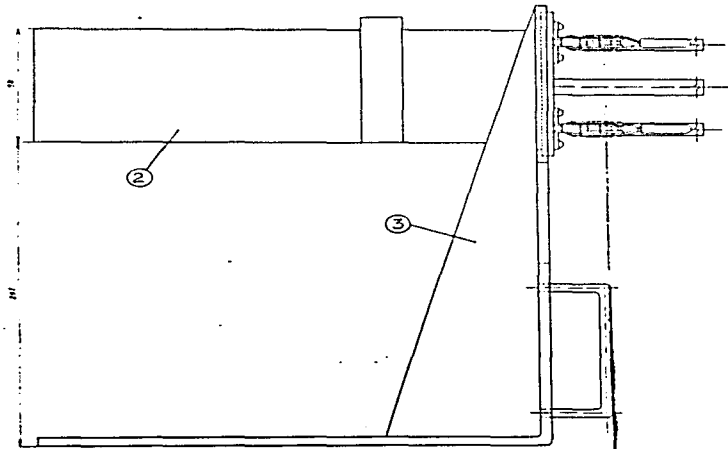


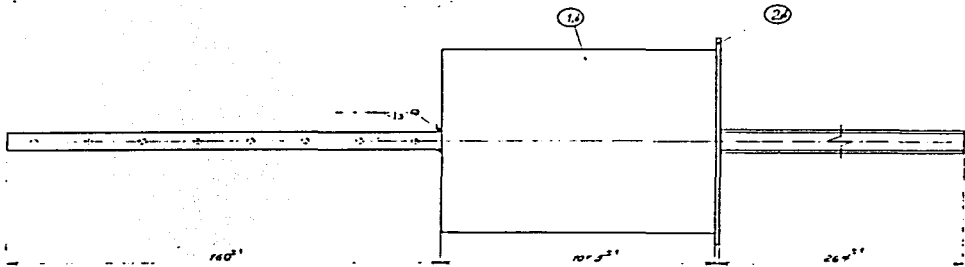
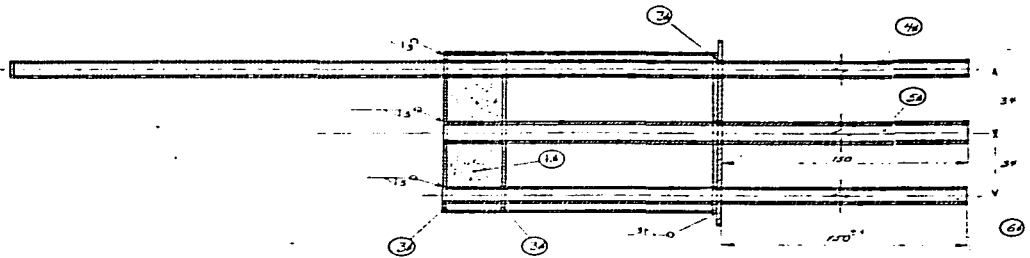
Fig. 1. Los tubos de escape en los motores de explosión.



Nota: Las lubricaciones se indican en los dibujos en su momento.

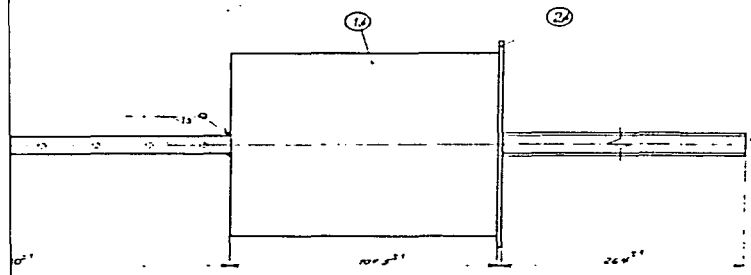
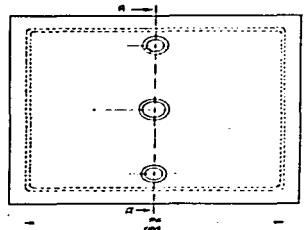
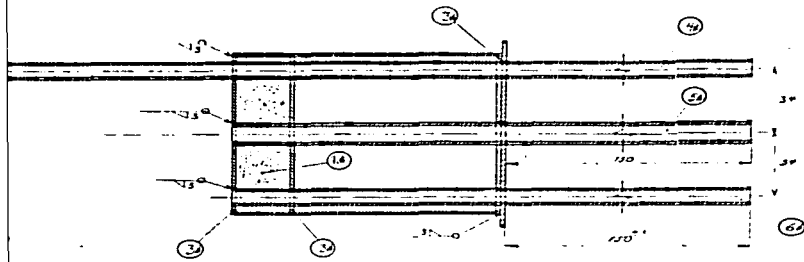
No.	Q.	Descripción	Material	Observaciones
1	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
2	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
3	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
4	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
5	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
6	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
7	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
8	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
9	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
10	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
11	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
12	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
13	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
14	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
15	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
16	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
17	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
18	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
19	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
20	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
21	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
22	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
23	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
24	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
25	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
26	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
27	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
28	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
29	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
30	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
31	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
32	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
33	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
34	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
35	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
36	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
37	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
38	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
39	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
40	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
41	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
42	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
43	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
44	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
45	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
46	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
47	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
48	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
49	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	
50	1	Cilindro de aluminio	Aluminio	

Vista A-A



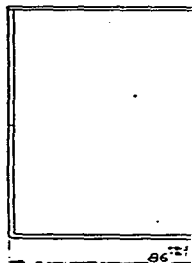
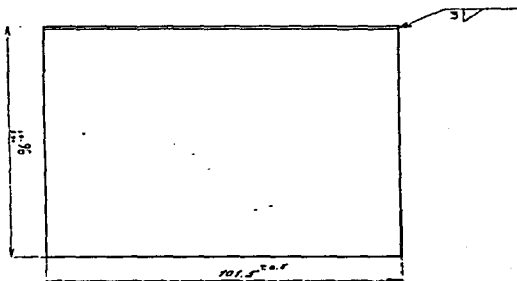
Nota: Dimensiones generales en S.
a menos que se indique otra cosa.

Vista A-A'



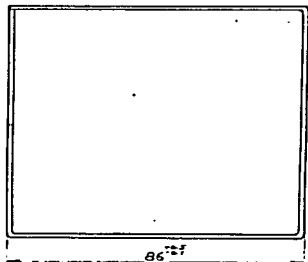
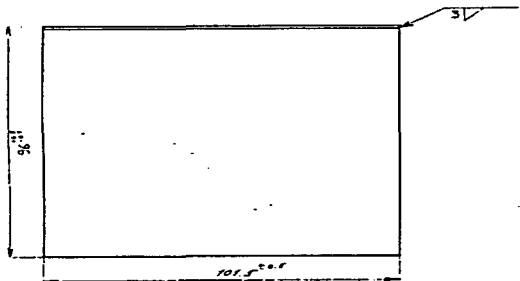
Nota: Dimensiones generales 200
a menos que se indique lo contrario.

12	1	Acero al Carbono	Acero 1010	100 x 100 x 10
13	1	Aluminio	Aluminio 6061	100 x 100 x 10
14	1	Aluminio	Aluminio 6061	100 x 100 x 10
15	1	Acero al Carbono	Acero 1010	100 x 100 x 10
16	1	Aluminio	Aluminio 6061	100 x 100 x 10
17	1	Aluminio	Aluminio 6061	100 x 100 x 10
18	1	Aluminio	Aluminio 6061	100 x 100 x 10
19	1	Aluminio	Aluminio 6061	100 x 100 x 10
20	1	Aluminio	Aluminio 6061	100 x 100 x 10
21	1	Aluminio	Aluminio 6061	100 x 100 x 10



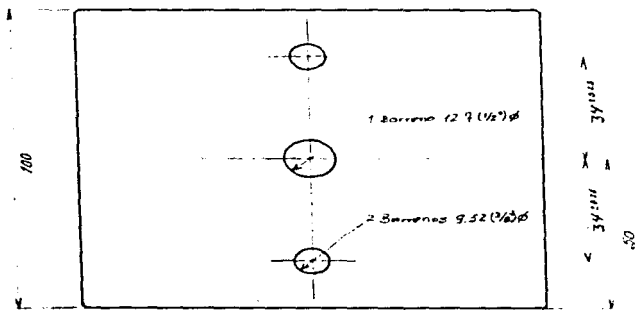
Nota: Radio de 2.19 o menos que se indique otro caso.

Tid.	I	Corpo Disposi.
Número	Cantidad	Designación
Facultad de Estudios Super		Escuela de Ingeniería
Escala: 1:1		Distorsión: mm
		Corpo de Diapos.
Tercer Perforación		



de 2.11 o menos que
tome una cara.

N.º	1	Cuerpo Disposit.	Des. Inv. 1131-370	Máquina
Número	Cantidad	Designación	Materia	Observaciones
Facultad de		Fábrica Superior		Carroll
Escala: 1:1	Material: mm	Tipo: Sinterizado	Diseño: E. P. S.	
		Cuerpo de Tapa de Dispositivo		Dibujo: E. P. S.
Toda Prolongación				Cada Tira de 2.5. Lámina: 3

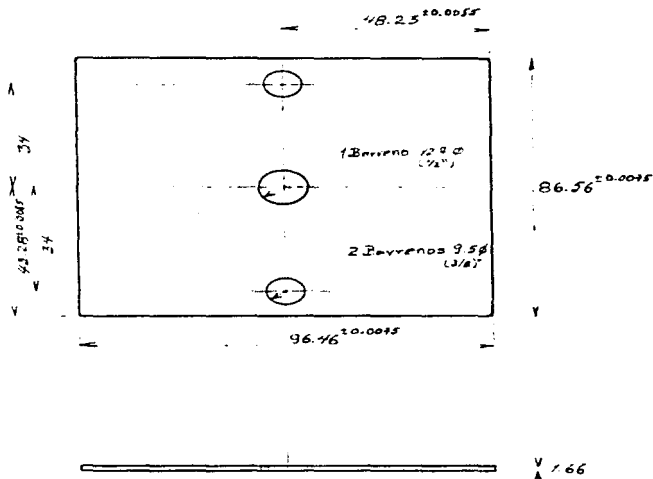


108

1:66

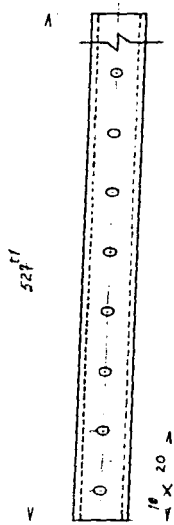
*Nota: Tolerancias generales ± 0.3 y radios de 3 ± 0.2
a menos que se indique otro caso.*

2d	Cantidad	Designación	Material	Observaciones
	1	Base Guía	Acero inox. #10130	
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan UNAM				
Escala: 1:1	Escala en: mm	Fecha: Septiembre/98	Revisó: M. C. Rojas S.	
	Base guía sub-conjunto para de dispositivo			Diseño: Wilkins Paz F.
Tesis Profesional				Lectura: J. C. Jiménez J. C. Lectura No.: 4





Nota: Tolerancias generales ± 0.3 mm en el 3.14
a menos que se indique otra cosa.

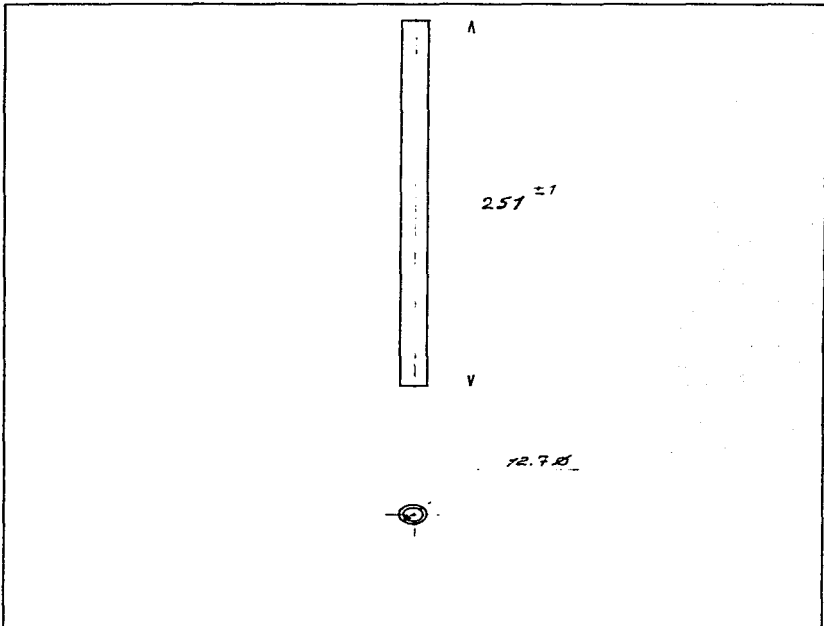
Número	Cantidad	Designación	Materiales	Observaciones
3.14	3	Tapas	Acero inoxidable AISI-316	
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan UNAM				
Escala: 1:1		dotación en: mm	Fecha: Septiembre/85	Revisó: U. C. Rojas S.
		Tapa para conjunto tapa bollo de dispositivo		Diseño: V. L. H. S. P. F.
Trazo: Profesional				Costo: Inicial J. C.
				Lámina No.: 5





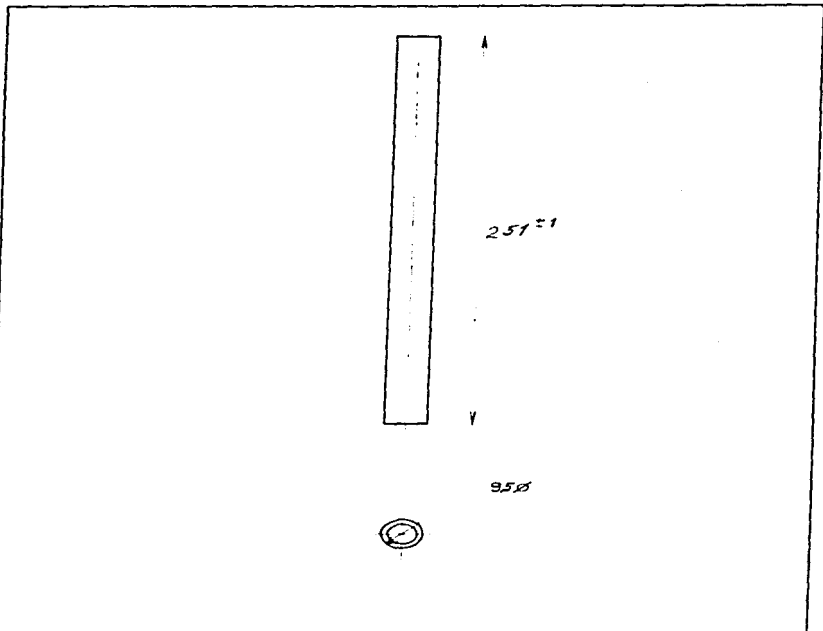
Nota: Tolerancias generales
 ± 0.3 a menos que se
 indique otra cosa.

12.3 (1/2") ϕ

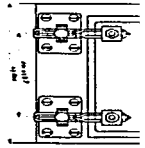
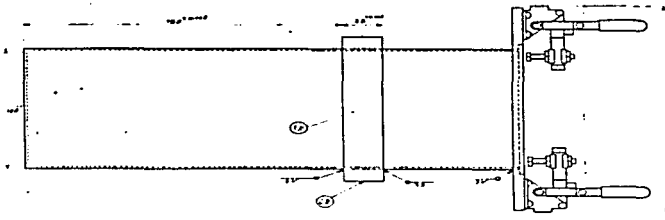
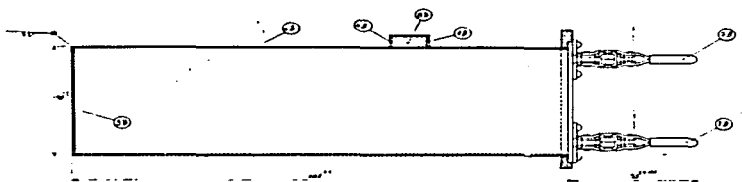
Hch.	1	Tubo con Gas	Acero Inox. AISI-316	Tamaño 70-45 (4.8") ϕ
Número	Consistencia	Formación	Material	Observaciones
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan Uxqdel				
Escala:	7:7	Acotación en mm	Fecha: Septiembre/8	Plano de E. Super. 5
		Tubo de suministro de Gas		Dibujo: Víctor Paz F. Fecha: Andrés J. E. Número: 600. 6
Folio: 1 de 1				

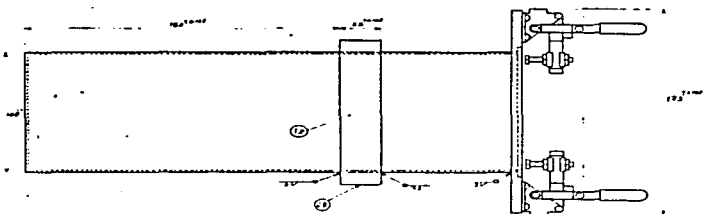
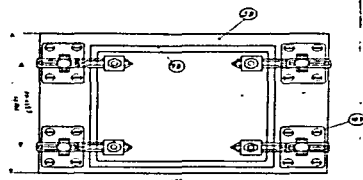
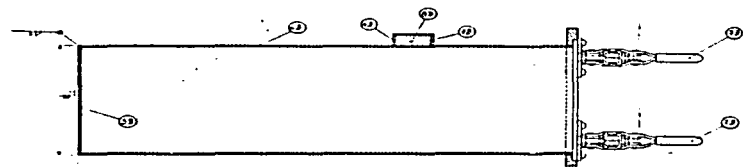


Set	1	Tubo	Acero Inox. AISI-310	Cédula 10
Número	Cantidad	Designación	Material	Observaciones
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan UNAM				
Escala: 1:2	Acabado en: mm		Fecha: Septiembre	Revisó: M. C. Rojas S.
		Tubo no suministrado de aceite		Dibujó: Vilahis Pae P.
Tesis Profesional				Fecha: Jimena J. C. Lámina No.: 7



Qty	1	Tubo 12.7(1/2") Ø	Acero Inox. A31-310	Escala 10
Número	Cantidad	Designación	Material	Observaciones
		Facultad de Estudios Superiores	Guadalupe Victoria	
Escala: 5:1	Acotación en: mm		Fecha: Septiembre	Revis: M. F. Reyes S.
	Tubo de Derivación de Acero			Dib: J. Velazquez S.
Folio: 1				Lamina No.: B





№	Кг	Наименование	Материал	Значения
1	1	Корпус	Алюминий	
2	1	Пластина	Алюминий	
3	1	Пластина	Алюминий	
4	1	Пластина	Алюминий	
5	1	Пластина	Алюминий	
6	1	Пластина	Алюминий	
7	1	Пластина	Алюминий	
8	1	Пластина	Алюминий	
9	1	Пластина	Алюминий	
10	1	Пластина	Алюминий	





< 20 >

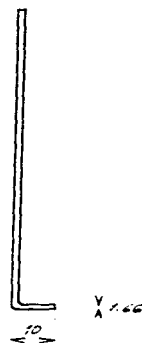
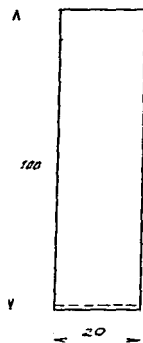


176.68

>> 166

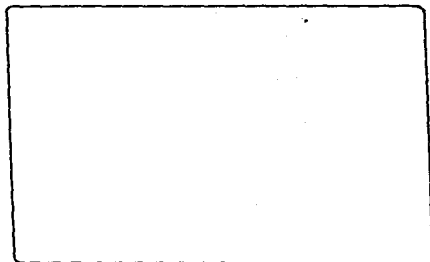
Nota: Tolerancias generales - 0.25 a
medida que se indique otro caso.

12	7	Sello	Acero Inox 316-310	Edo. Carina
Número	Entidad	Designación	Materiales	Observaciones
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan				UNAM
Faculta: 1-1		Sección en: 1100	Fecha: Septiembre/85	Revisó: M. C. Serrano
		Tapa Superior de Sello Llave de Positivo		Dr. Ego. M. C. Serrano
Taxis Ingeniería				Fecha: Octubre 1985 Llaves No. : 10



Nota: Tolerancias generales = 0.125
y radio 2.99 a menos que se
indique otro caso.

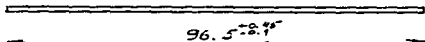
2.2	2	Sello	Acero Inox. A131-310	Forma y Señalar
Número	Figuras	Designación	Material	Observaciones
Facultad de Ingeniería Profesional Escuela N.º 11				
Escala: 1:1		Medición en mm	Fecha: Septiembre/85	Diseño: M. C. Reyes S
		<p>Japa lateral de Sello de Acero Inoxidable</p>		Dibujo: M. C. Reyes S
José Profesional				Fecha: Septiembre/85
				Laminado No: 11



A

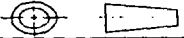
86.5^{+0.45}_{-0.1}

V

96.5^{+0.45}_{-0.1}

Nota:

Tamaño en centímetros. Todos los datos en milímetros.
Cada medida debe ser tomada en su punto más favorable.

38	F	Tapa	Acero Inox. AISI-310	Sal. Faltan
Número de pieza	1000000	1000000	1000000	1000000
Fabricación en		Fabricación en		1000000
Esquema: 101	1000000	Talla Salen 1000000	1000000	
	Tapa posterior de			1000000
Grupo de DISCOS tipo				1000000
				1000000



113°

100

9

9

*Nota: Tolerancias generales ± 0.125 ,
radios de 3.17 o menos que se
indique otro caso*

4B	2	Alta
Número	Cantidad	Designación
Facultad de Estudios		II
Escala: 1:1		Asociación:
		Alta
Tesis Profesional		



175^{±0}

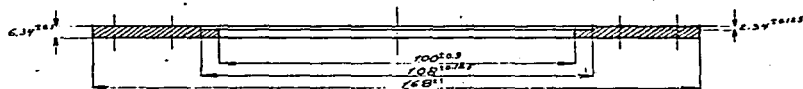
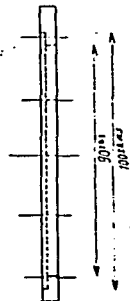
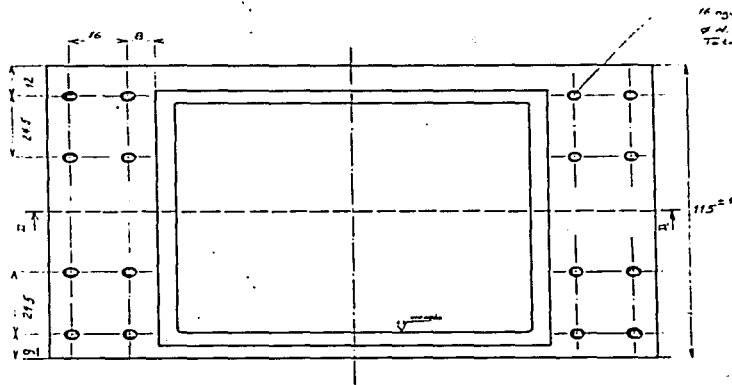
9

90

166

*Nota: Tolerancias generales ±0.125,
radios de 3.17 o menos que se
indique otra cosa.*

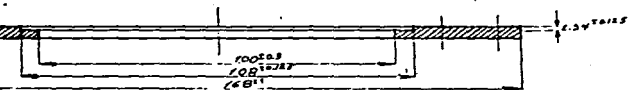
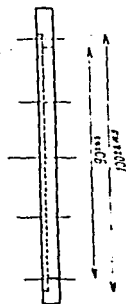
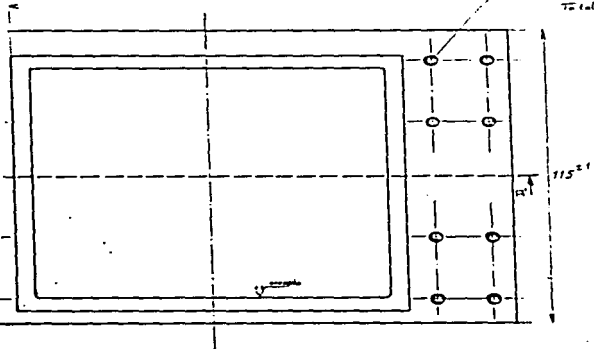
412	2	Alta	Chem Iron d/131-370	
Número	Entidad	Desarrollada	Material	Observaciones
	Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan			U.S.M.
Escala: 2:1		Dimensiones: mm	Fecha: Octubre/85	Prosa: M. E. Rosa S.
		Alta para Sello		Elaboró: Wilfredo P. S.
Fecha Profesional				Auto: Andrés J. G. Luzminio Rb.: 13



Nota: Tolerancias generales ± 0.125 y radios 0.125
o menos de que se indique otro caso.

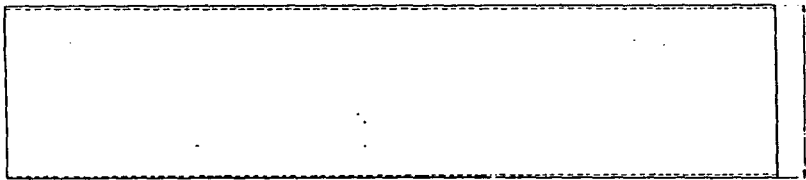
SB	1	Designación
Numero	Cantidad	Designación
Facultad de Estudios Superiores		Ubicación en:
Escala: 1:1		
		Base p disposit:
Tesis Preparatorial		

16 agujeros, espaciados
 a ≈ 16 ($2/16''$).
 Totalmente pasados.

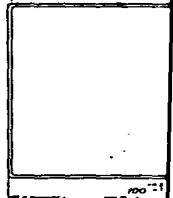


SB	1		Acero SAE 1010	Alambrado
Numero	Cantidad	Designación	Material	Observaciones
		Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan		UNAM
		Escuela: 1-1	Fecha: Septiembre	Profa: M.C. Rosa S
		Base para tapa de diapositiva.		Dibaja: Wilhelo Per F
Tesis Profesional				Costa Jimenez J.C
				Lamina No: 14

8 y rodax 3.17
 o otro caso.

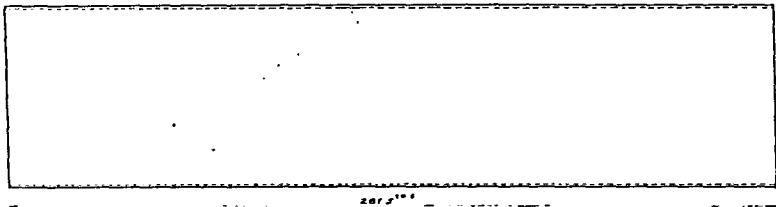


90.31



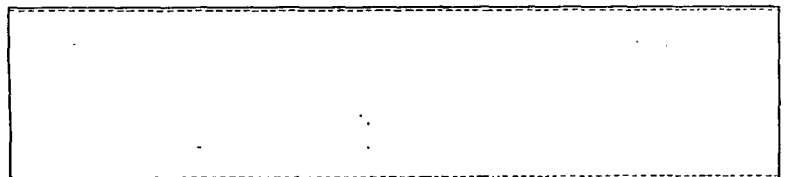
96.5

100.11

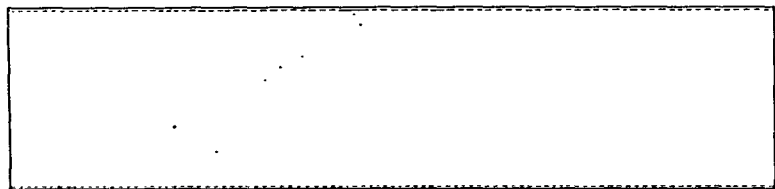


287.110

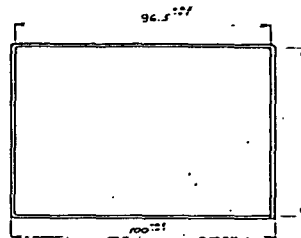
111.11



90.21



207.51



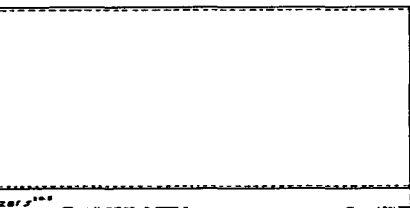
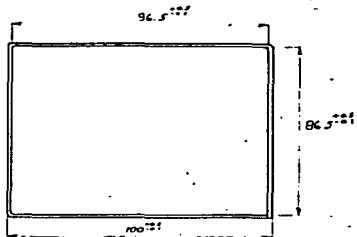
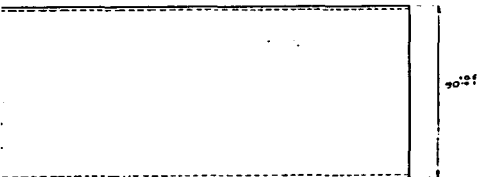
96.51

86.51

90.21

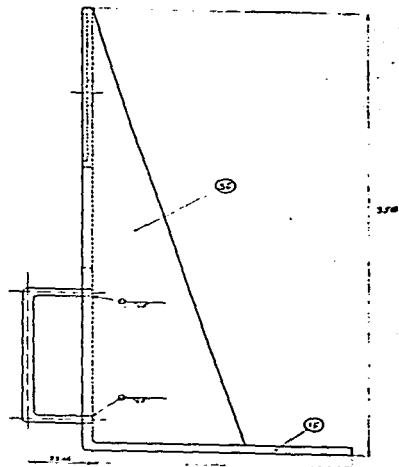
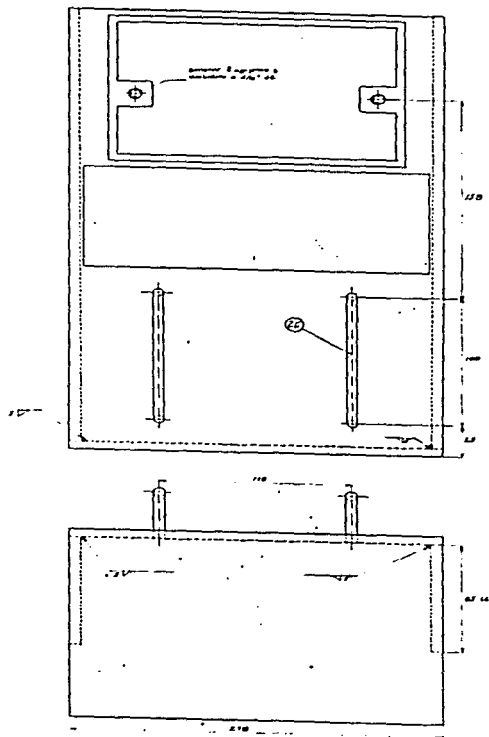
*Nota: Tolerancias generales = 0.125 y
radios de 0.125 o menor que se
indican sin coma.*

CB	I	Cuerpo de Saco	Longitud 121.30	Aluminio
Altera	Refinado	Superficie	Alumina	Clasificación
Sección	en	de	de	de
Sección: 2.1	de	de	de	de
		Cuerpo de Saco		de
de	de	Cuerpo de Saco		de



*Nota: Tolerancia general de ± 0.125 y
 rasgado de ± 0.17 en norma que se
 indique otra cosa.*

CB	1	Grupo Base del	Item No. 121-37	Dimensiones
Numero	Part. del	Material	Material	Dimensiones
Fabricado en Estacion de Mantenimiento de la Base				
Escala: 1:1	Material: mm	Fecha: Octubre	Diseño del S. 121-37	
		Grupo de Dispositivo		Diseño del S. 121-37
Ejec. de Base del				Fecha: Octubre 1957



Seite 1 der Zeichnung zu sehen an
 Fig. 10 des Anhangs.

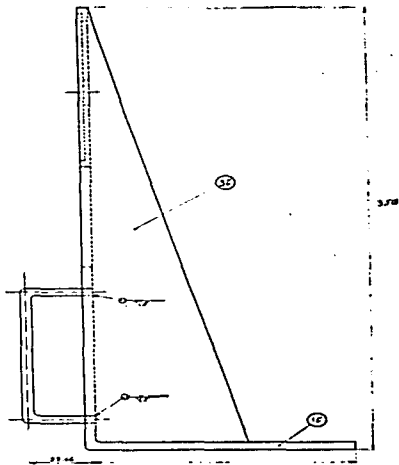
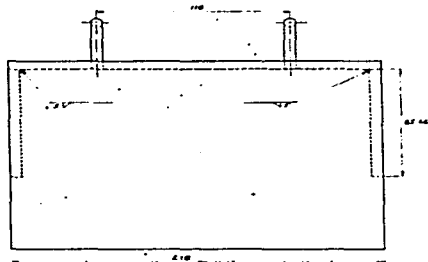
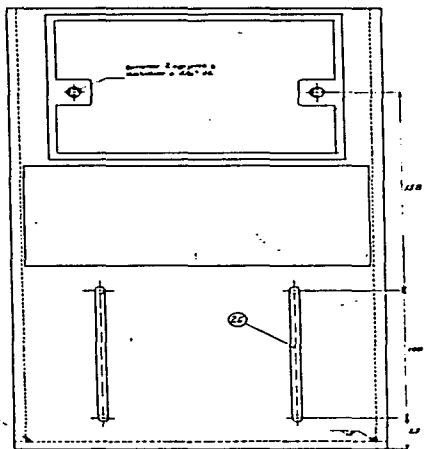
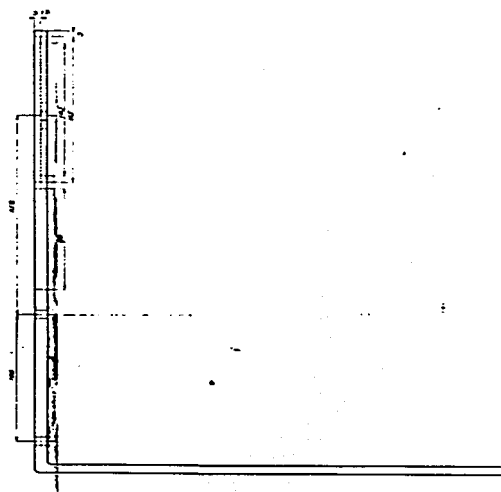
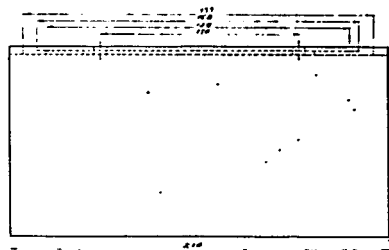
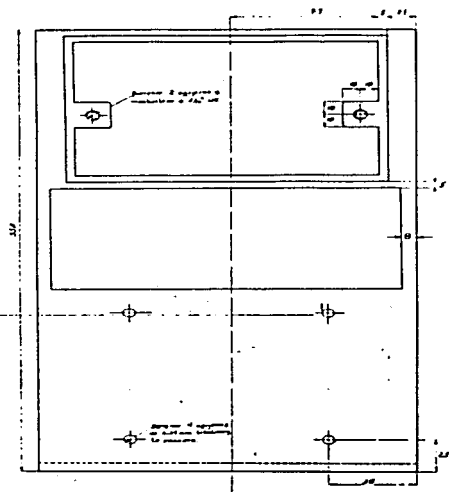
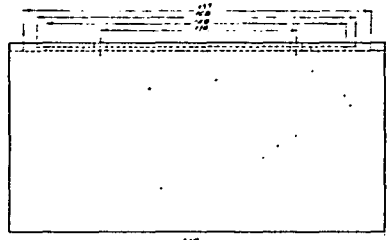
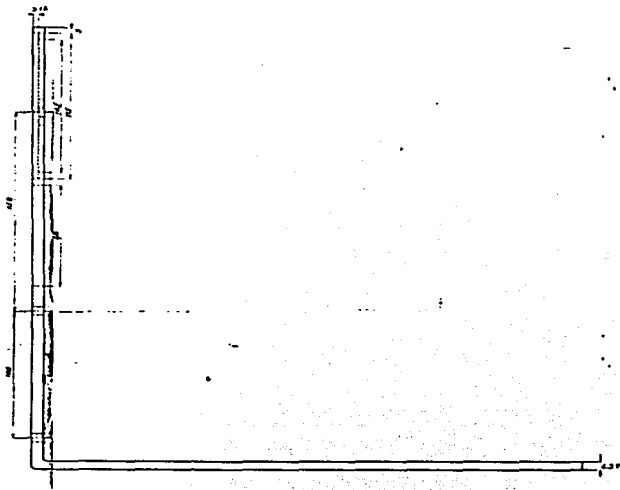
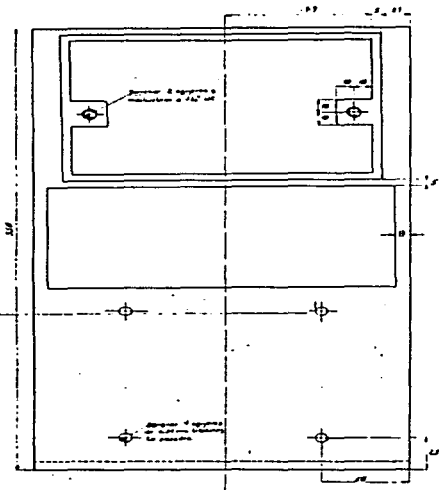


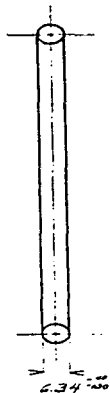
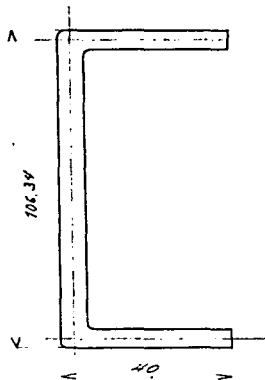
Table 1 des dimensions en centimètres
for all items see drawing.

21	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
22	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
23	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
24	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
25	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
26	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
27	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
28	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
29	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
30	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
31	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
32	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
33	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
34	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
35	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
36	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
37	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
38	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
39	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
40	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
41	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
42	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
43	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
44	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
45	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
46	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
47	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
48	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
49	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
50	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
51	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
52	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
53	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
54	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
55	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
56	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
57	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
58	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
59	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
60	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
61	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
62	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
63	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
64	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
65	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
66	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
67	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
68	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
69	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
70	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
71	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
72	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
73	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
74	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
75	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
76	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
77	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
78	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
79	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
80	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
81	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
82	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
83	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
84	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
85	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
86	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
87	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
88	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
89	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
90	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
91	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
92	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
93	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
94	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
95	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
96	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
97	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
98	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
99	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18
100	1	Dimensions	1.18	1.18	1.18





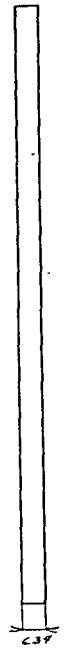
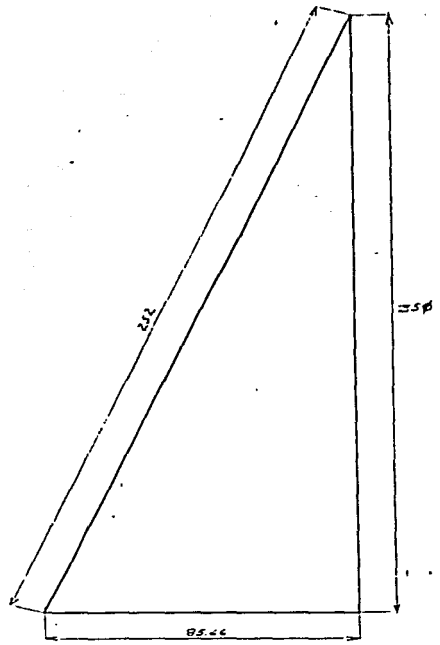


№	Имя	Содержание	Дата	Подпись
1	Иванов	Составлено	1950	Иванов
2	Петров	Проверено	1950	Петров
3	Сидоров	Составлено	1950	Сидоров
4	Климов	Проверено	1950	Климов
5	Васильев	Составлено	1950	Васильев
6	Попов	Проверено	1950	Попов
7	Смирнов	Составлено	1950	Смирнов
8	Мухоморов	Проверено	1950	Мухоморов
9	Иванов	Составлено	1950	Иванов
10	Петров	Проверено	1950	Петров



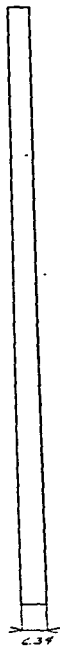
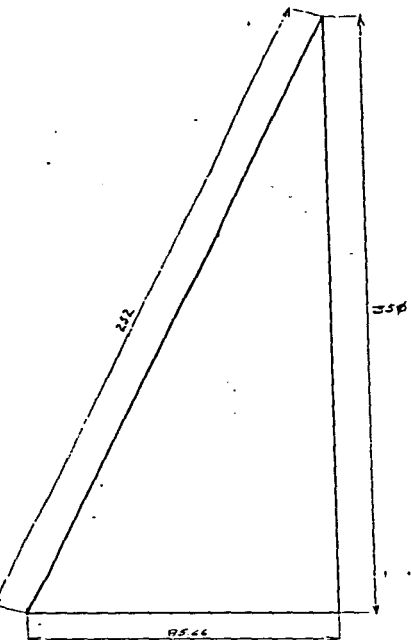
*Nota: Tolerancias generales ± 0.125
a menos que se indique otro caso.*

2 E	2	Taladros	Aero SAE 1010	Acabado
Número	Cantidad	Designación	Material	Observaciones
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan				UNAM
Escala: 1:1	Acotación: mm	Fecha: Septiembre/95	Revisó: M. C. Pérez S.	
		Taladros para superficie de aluminicio		Dibujo: Viteri Paz F. Costa Jiménez J. J. Lamina No.: 18
Tipo Profesional				



35	2	Cartabones
Número	Cantidad	Designación
Facultad de Estudios S.		Facultad de Estudios S.
Escuela: Si		Escuela: Si
		Cartabon de Si
Frais Profesional		

Nota: Tolerancias generales ± 0.125
a menos que se indique otro
caso.



36	2	Carbones	Acero SAE 1010	Observaciones
Número	Cantidad	Designación	Materiales	Observaciones
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan		UNAM		
Escuela: Sin	Edificación: mm	Fecha: 24/04/1977	Diseño: M. E. Rojas	
	Carbón para soporte de dispositivo			Dibujo: V. L. Rojas
Fecha: Profesional				Lamina No.: 17

VI.2 PROCESO DE CONSTRUCCION

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN-UNAM

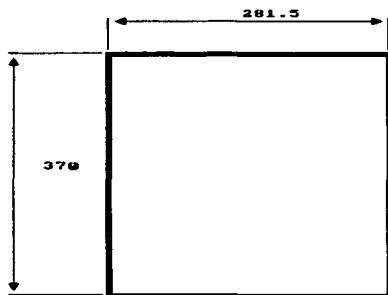
PROCESO DE CONSTRUCCION

HOJA DE PROCESO No.: TPD-001 | DESCRIPCION: CUERPO DE DISPOSITIVO

No. DE PARTE: TP-C001 | AREA: MAQUINAS | OPERACION: CORTE

CROQUIS No.: 001 | PAGINA: 1 DE: 1 | REVISOR: M. C. A. REYES SOLIS

ELABORO: UILCHIS PAZ FELIPE Y COSTA JIMENEZ JUAN CARLOS



ACOTACION EN: mm

PARTES:

HOJA DE ACERO INOXIDABLE
ACEROS FORTUNA 12A
(AISI/NOM(APROX.) 310)
CALIBRE 16 (1.52 mm)

INSTRUCCIONES:

CORTAR DE LA HOJA LA SECCION QUE
SE INDICA EN EL CROQUIS 001.

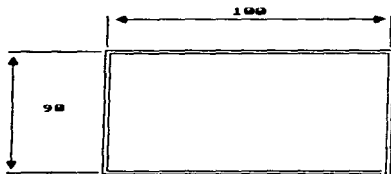
EQUIPO:

CIZALLA CINCINNATI
SERIE 26319 3.5 x 350

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN-UNAM

PROCESO DE CONSTRUCCION

HOJA DE PROCESO No. 1 TPD-002 | DESCRIPCION: CUERPO DE DISPOSITIVO
 No. DE PARTE: TP-CDO01 | AREA: MAQUINAS | OPERACION: DOBLADO
 CROQUIS No. 1 002 | PAGINA: 1 DE: 1 | REVISOR: M. C. A. REYES SOLIS
 ELABORO: UILCHIS PAZ FELIPE Y COSTA JIMENEZ JUAN CARLOS



DESARROLLO:	- 90.00	
	1.32	
	88.68	
	+100.00	TRAZO
	-183.88	
	1.32	
	185.44	TRAZO
	+90.00	
	-273.44	
	3.04	
	272.40	TRAZO
	+100.00	
	-372.40	
	3.04	
	369.36	TOTAL

PARTES:

CUERPO DE DISPOSITIVO TP-E001

INSTRUCCIONES:

TRAZAR CON ESCANTILLON EN DONDE SE RA EL DOBLEZ.
 QUIANDOSE EN EL TRAZO DOBLAR LAS -
 ESQUINAS DEL ENUOLVENTE PARA OBTENER EL CUERPO DEL DISPOSITIVO VISTO EN EL CROQUIS 002.

EQUIPO:

DOBLADORA CINCINNATI SERIE 31206
 135 TONS.

HERRAMENTAL:

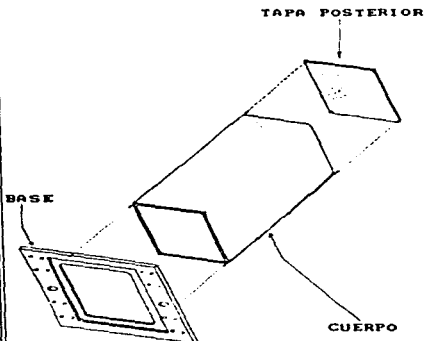
DADO TD-HD004

ACOTACION EN: mm

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN-UNAM

PROCESO DE CONSTRUCCION

HOJA DE PROCESO No.: TPD-003 | DESCRIPCION: CUERPO DE DISPOSITIVO
No. DE PARTE: TP-CD001 | AREA: SUB-ENSAMBLE | OPERACION: PUNTEADO
CROQUIS No.: 003 | PAGINA: 1 DE: 2 | REVISOR:M.C. A. REYES SOLIS
ELABORO: VILCHIS PAZ FELIPE Y COSTA JIMENEZ JUAN CARLOS



PARTES:

CUERPO DE DISPOSITIVO TP-E001
TAPA POSTERIOR C. D. TP-E002
BASE PARA TAPA DE C. D. TP-E003

INSTRUCCIONES:

CON AYUDA DE ESCUADRAS Y PRENSAS SE CIERRA EL CUERPO DEL DISPOSITIVO PARA SER PUNTEADO. CON ESTO LOGRAMOS FIJAR EL CUERPO DEL DISPOSITIVO PARA PODER COLOCAR ADECUADAMENTE TANTO LA TAPA POSTERIOR, COMO LA BASE PARA LA TAPA DEL DISPOSITIVO COMO LO MUESTRA EL CROQUIS 003. LA TAPA, EL CUERPO Y LA BASE SE PUNTEARAN EN LAS ZONAS DONDE MUESTRA EL CROQUIS 004.

EQUIPO:

MID-STATES MODELO ML-TOA
SERIE L0511175
PLANTA SOLDADORA CHAMPION HOBART
MODELO IMPARC-300

HERRAMIENTA:

PRENSA DE 8" y (2)
ESCUADRA 12" y 24"

MATERIAL:

GAS ARGON
ELECTRODO DE TUNGSTENO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN-UNAM

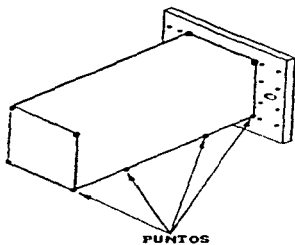
PROCESO DE CONSTRUCCION

HOJA DE PROCESO No.: TPD-003 | DESCRIPCION: CUERPO DE DISPOSITIVO

No. DE PARTE: TP-CD001 | AREA: SUB-ENSAMBLE | OPERACION: PUNTEADO

CROQUIS No.: 004 | PAGINA: 2 DE: 2 | REVISO: M.C. A. REYES SOLIS

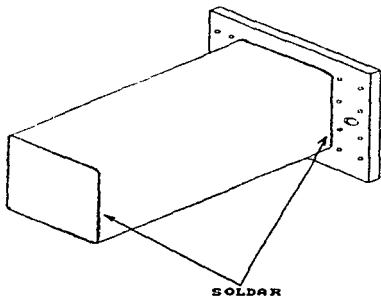
ELABORO: UILCHIS PAZ FELIPE Y COSTA JIMENEZ JUAN CARLOS



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN-UNAM

PROCESO DE CONSTRUCCION

HOJA DE PROCESO No.: TPD-004 / DESCRIPCION: CUERPO DE DISPOSITIVO
No. DE PARTE: TP-C001 / AREA: SOLDADURA GRAL. / OPERACION: SOLDADURA
CROQUIS No.: 005 / PAGINA: 1 DE: 1 / REVISO: M.C. A. REYES SOLIS
ELABORO: UILCHIS PAZ FELIPE Y COSTA JIMENEZ JUAN CARLOS



SOLDAR

PARTES:

CUERPO DE DISPOSITIVO TP-E001
TAPA POSTERIOR C. D. TP-E002
BASE PARA TAPA DE C. D. TP-E003

INSTRUCCIONES:

CON AYUDA DEL EQUIPO DE SOLDADURA -
CON ATMOSFERA CONTROLADA SE SOLDA -
LA PERIFERIA DE LA TAPA POSTERIOR -
DEL CUERPO DEL DISPOSITIVO. LA BASE -
DE LA TAPA DEL DISPOSITIVO Y LA COS -
TILLA DEL CUERPO DEL DISPOSITIVO CO -
MO LO MUESTRA EL CROQUIS 005.

EQUIPO:

MID-STATES MODELO ML-10A
SERIE L0511173
PLANTA SOLDADORA CHAMPION HOBART
MODELO INPARC-300

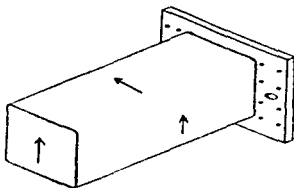
MATERIAL:

GAS ARGON
ELECTRODO DE TUGSTENO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN-UNAM

PROCESO DE CONSTRUCCION

HOJA DE PROCESO No.: TPD-005 | DESCRIPCION: CUERPO DE DISPOSITIVO
No. DE PARTE: TP-CD001 | AREA: TERMINADO Y LIMP. | OPERACION: PULIDO
CROQUIS No.: 006 | PAGINA: 1 DE: 1 | REVISOR: M. C. A. REVES SOLIS
ELABORO: UILCHIS PAZ FELIPE Y COSTA JIMENEZ JUAN CARLOS



PARTES:

CUERPO DE DISPOSITIVO TP-E001
TAPA POSTERIOR C. D. TP-E002
BASE PARA TAPA DE C. D. TP-E003

INSTRUCCIONES:

SE DESBASTA EL CUERPO DEL DISPOSITIVO CON UNA LIJA DE GRANO MUY FINO SOLO PARA QUITAR MANCHAS PRODUCIDAS POR EL PROCESO DE SOLDADURA Y POSIBLES RAYONES EN EL MANEJO -- DEL MISMO. ESTE DESBASTE SE REALIZARA COMO SE MUESTRA EL CROQUIS -- 005. SE LIMPIA CON THINNER PARA ELIMINAR LA GRASA.

EQUIPO:

ESMERIL RECTO MD BOSCH 1207
6305 RPM 1.5 HP

MATERIAL:

MANTA
THINNER

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN-UNAM

PROCESO DE CONSTRUCCION

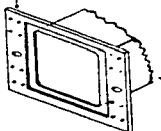
HOJA DE PROCESO No.: TPD-006 | DESCRIPCION: CUERPO DE DISPOSITIVO

No. DE PARTE: TP-CD001 | AREA: PINTURA Y ARMADO. | OPERACION: PINTURA

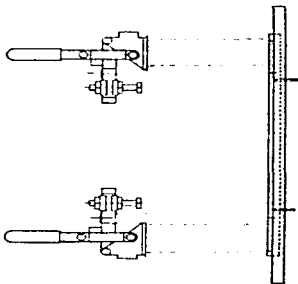
CROQUIS No.: 007 | PAGINA: 1 DE: 1 | REVISOR: M. C. A. REYES SOLIS

ELABORO: VILCHIS PAZ FELIPE Y COSTA JIMENEZ JUAN CARLOS

BASE



SUJECCIONES RAPIDAS



PARTES:

CUERPO DE DISPOSITIVO	TP-E001
TAPA POSTERIOR C. D.	TP-E002
BASE PARA TAPA DE C. D.	TP-E003
SUJECCIONES RAPIDAS (4)	TP-R001
TORNILLOS 5/32" (16)	TP-T001
EMPAQUE (SELLO)	TP-S001

INSTRUCCIONES:

SE PINTA UNICAMENTE LA BASE PARA -
LA TAPA DEL DISPOSITIVO DE COLOR -
PLATA Y SE DEJA SECAR.
EN SEGUIDA SE PROCEDE A COLOCAR CA -
DA SUJECION CON SUS RESPECTIVOS -
TORNILLOS.
SE COLOCA EMPAQUE PARA LA TAPA DEL
DISPOSITIVO.
TODO LO ANTERIOR COMO LO MUESTRA -
EL CROQUIS 007.

EQUIPO:

PISTOLA DE ALTA PRESION FRE-FRO
MODELO 593.

MATERIAL:

PINTURA COLOR PLATA
SOLVENTE

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN-UNAM

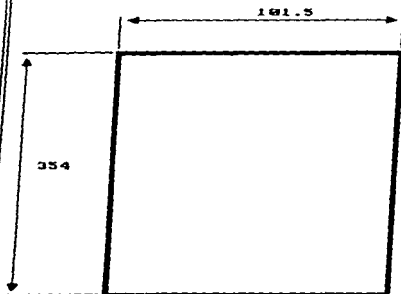
PROCESO DE CONSTRUCCION

HOJA DE PROCESO No.: TPD-001 | DESCRIPCION: TAPA DE DISPOSITIVO

No. DE PARTE: TP-TD001 | AREA: MAQUINAS | OPERACION: CORTE

CROQUIS No.: 008 | PAGINA: 1 DE: 1 | REVISOR: M.C. A. REYES SOLIS

ELABORO: VILCHIS PAZ FELIPE Y COSTA JIMENEZ JUAN CARLOS



ACOTACION EN: MM

PARTES:

HOJA DE ACERO INOXIDABLE
ACEROS FORTUNA 12A
(AISI/NOM (APROX.) 316)
CALIBRE 16 (1.52 MM)

INSTRUCCIONES:

CORTAR DE LA HOJA LA SECCION QUE
SE INDICA EN EL CROQUIS 008.

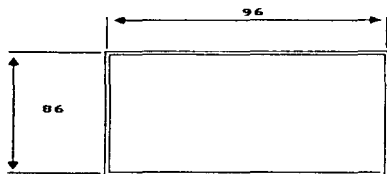
EQUIPO:

CIZALA CINCINNATI
SERIE 26319 3.5 x 350

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN-UNAM

PROCESO DE CONSTRUCCION

HOJA DE PROCESO No. 1 TPD-0021 DESCRIPCION: TAPA DE DISPOSITIVO
 No. DE PARTE: TP-TD001 | AREA: MAQUINAS | OPERACION: DOBLADO
 CROQUIS No. 1 009 | PAGINA: 1 DE: 1 | REVISOR: H.C. A. REYES SOLIS
 ELABORO: WILCHIS PAZ FELIPE Y COSTA JIMENEZ JUAN CARLOS



DESARROLLO:	-	86.00	
	+	86.00	TRAZO
	-	18.48	
	-	3.04	
	+	122.44	TRAZO
	+	86.00	
	-	263.04	
	+	260.40	TRAZO
	+	36.00	
	-	356.40	
	-	3.04	
		353.36	TOTAL

ACOTACION EN: MM

PARTES:

CUERPO DE DISPOSITIVO TP-E004

INSTRUCCIONES:

TRAZAR CON ESCANTILLON EN DONDE SE-
 RA EL DOBLEZ.
 QUANDOSE EN EL TRAZO DOBLAR LAS ES-
 QUINAS DEL ENVOLVENTE PARA OBTENER
 EL CUERPO DEL DISPOSITIVO VISTO EN
 EL CROQUIS 009.

EQUIPO:

DOBLADORA CINCINNATI SERIE 31206
 135 TONS.

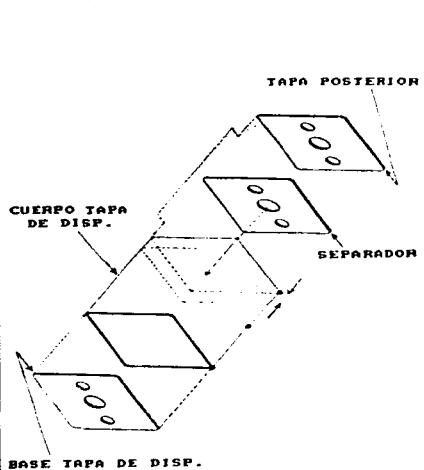
HERRAMENTAL:

DADO ID-HD004

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN-UNAM

PROCESO DE CONSTRUCCION

HOJA DE PROCESO No. 1 TPD-0031 DESCRIPCION: TAPA DE DISPOSITIVO
 No. DE PARTE: TP-10001 | AREA: SUR-ENSABLE | OPERACION: PUNTEADO
 CROQUIS No. 1 010 | PAGINA: 1 | DE: 2 | REVISOR: M.C. A. REYES SOLIS
 ELABORO: VILCHIS PAZ FELIPE Y COSTA JIMENEZ JUAN CARLOS



PARTES:

CUERPO TAPA DE DISP.	TP-E004
TAPA POSTERIOR C. T. Y	
SEPARADORES (2).	TP-E005
BASE TAPA DE DISP.	TP-E006
TUBO DE 3/8" (GAS)	TP-E007
TUBO DE 1/2"	TP-E008
TUBO DE 3/8"	TP-E009
AISLANTE	TP-A001

INSTRUCCIONES:

CON AYUDA DE ESCUADRAS Y PRENSAS SE CIERRA EL CUERPO DE LA TAPA PARA PODER PUNTEARLO. CON ESTO LOGRAMOS FIJAR EL CUERPO DE LA TAPA DEL DISPOSITIVO Y ASI COLOCAR ADECUADAMENTE EL SEPARADOR FRONTAL Y EL INTERNO. SE SOLDA EL SEPARADOR INTERNO EN TODA SU PERIFERIA. SE COLOCAN LOS TUBOS Y SE SOLDAN COMO LO MUESTRAN -- LOS CROQUIS 010 Y 011.
 EN SEGUIDA SE RELLENA CON AISLANTE Y SE COLOCA LA TAPA FRONTAL.
 SE COLOCA LA BASE Y SE PUNTEA.
 NOTA: TODAS LAS INDICACIONES DE PUNTEADO SE HARAN DE ACUERDO A -- LOS CROQUIS 003 Y 004.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN-UNAM

PROCESO DE CONSTRUCCION

HOJA DE PROCESO No. 1 TPD-0031 DESCRIPCION: TAPA DE DISPOSITIVO

No. DE PARTE: TP-TD001 | AREA: SUB-ENSAMBLE | OPERACION: PUNTEADO

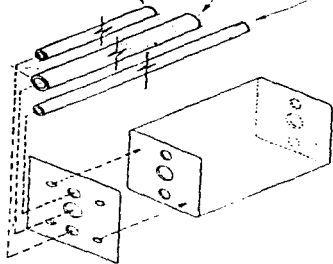
CROQUIS No. 1 011 | PAGINA: 2 DE: 2 | REVISOR: M.C. A. REYES SOLIS

ELABORO: UILCHIS PAZ FELIPE Y COSTA JIMENEZ JUAN CARLOS

TUBO DE 3/8" (GAS)

TUBO DE 1/2"

TUBO DE 3/8"



EQUIPO:

MID-ETRIETS MODELO ML-TOA
SERIE LOS11175
PLANTA SOLDADORA CHAMPION HOBART
MODELO INFARC-300

MATERIAL:

GAS ARGON
ELECTRODO DE TUNGSTENO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN-UNAM

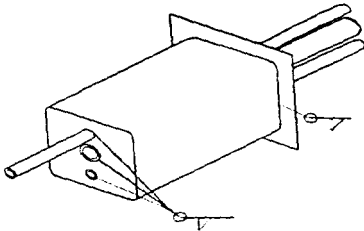
PROCESO DE CONSTRUCCION

HOJA DE PROCESO No.: TPD-C03 | DESCRIPCION: TAPA DE DISPOSITIVO

No. DE PARTE: TP-TD001 | AREA: SOLDADURA GENERAL | OPERACION:

CROQUIS No.: 012 | PAGINA: 1 | DE: 1 | REVISOR: M. C. A. REYES SOLIS

ELABORO: UILCHIS PAZ FELIPE Y COSTA JIMENEZ JUAN CARLOS



PARTES:

CUERPO TAPA DE DISP.	TP-E004
TAPA POSTERIOR C. T. Y	
SEPARADORES (2).	TP-E005
BASE TAPA DE DISP.	TP-E006
TUBO DE 3/8" (GAS)	TP-E007
TUBO DE 1/2"	TP-E008
TUBO DE 3/8"	TP-E009
AISLANTE	TP-A001

INSTRUCCIONES:

CON AYUDA DEL EQUIPO DE SOLDADURA -
CON ATMOSFERA CONTROLADA SE SOLDA -
LA PERIFERIA DE LA TAPA POSTERIOR -
DEL CUERPO DE LA TAPA, LA COSTILLA. -
LA BASE DE LA TAPA SOLO EN LOS PUN-
TOS INDICADOS (CROQUIS 011) Y LOS -
TUBOS EN LA ZONA POSTERIOR DE LA -
TAPA COMO SE MUESTRA EN EL CROQUIS -
012.

EQUIPO:

MID-STATES MODELO ML-10A
SERIE LCS11173

PLANTA SOLDADORA CHAMPION HOBART
MODELO INPARC-380

MATERIAL:

GAS ARGON
ELECTRODO DE TUGSTENO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN-UNAM

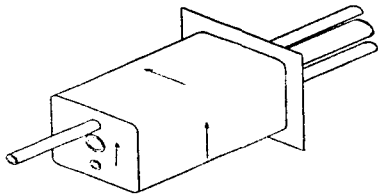
PROCESO DE CONSTRUCCION

HOJA DE PROCESO No.: TPD-003 | DESCRIPCION: TAPA DE DISPOSITIVO

No. DE PARTE: TP-TD001 | AREA: TERMINADO Y LIMP. | OPERACION: LIMPIEZA

CROQUIS No.: 013 | PAGINA: 1 DE 1 | REVISOR: M. C. A. REYES SOLIS

ELABORO: WILCHIS PAB FELIPE Y COSTA JIMENEZ JUAN CARLOS



INSTRUCCIONES:

SE DESBASTA EL CUERPO DE LA TAPA DEL DISPOSITIVO CON UNA LIJA DE GRANO MUY FINO SOLO PARA QUITAR MANCHAS PRODUCIDAS POR EL PROCESO DE SOLDADURA Y POSIBLES RAYONES EN EL MANEJO DE MATERIALES. ESTE DESBASTE SE REALIZARA COMO LO MUESTRA EL CROQUIS .
POR ULTIMO SE LIMPIA CON THINNER PARA LIBRARLO DE GRASAS .

EQUIPO:

ESMERIL RECTO HP BOSCH 1207
6500 RPM 1.5 HP

MATERIAL:

MANTE
THINNER

CONCLUSIONES

Este trabajo se desarrolló con la intención de dar a conocer dentro de los tratamientos termoquímicos el de cementación.

Los resultados expuestos a través de este trabajo muestran la complejidad del fenómeno de la cementación gaseosa en atmósfera controlada, estudiada muy poco en nuestro país y por lo tanto poco conocida, aunque en pleno desarrollo principalmente en la industria automotriz.

El contenido de éste se basa en dar a conocer las características de los aceros como composición, clasificación y aplicación.

Se describen los tratamientos térmicos, debido a que cualquier acero que sea cementado debe tratarse con un revenido posterior a éste.

Se describen y detallan los tratamientos termoquímicos de cementación, nitruración y carbonitruración, las características a cuidar para su desarrollo, así como una descripción de los aceros ideales para la cementación.

El tratamiento termoquímico por cementación, generalmente se desarrolla en hornos cuyas cargas son a granel y en algunos casos cuentan con dispositivos que hacen girar las piezas, pero estas corren el peligro de sufrir daños al golpearse, además que el resultado es que la cementación no es uniforme.

En estos hornos industriales los parámetros a cuidar son el tiempo, el punto de rocío y la temperatura.

Se presentó el diseño del dispositivo en lo general. Se hizo el cálculo de la velocidad del calor para determinar el espesor de la placa del dispositivo.

Se describió en detalle cada componente del dispositivo y la construcción se desarrolló en la empresa Htroquelados y Dobleces, S.A. con la ayuda del personal (áreas de máquinas y soldadura).

Se definió el proceso de ensamble y armado del dispositivo, así como la receta de flujo.

El cálculo del sistema eléctrico deberá efectuarse para condiciones de operación y montaje de equipo.

El comportamiento del incremento y derrame de la temperatura del aceite es de vital importancia para poder controlar y realizar los procesos de temple, con mayor eficacia (en diez y seis minutos el aceite alcanza los 110° centígrados y en catorce minutos disminuye a 66° centígrados).

Los análisis realizados sobre los caudales en operaciones hidráulicas, deberán llevarse a cabo en primera instancia con la capacidad que necesita para el temple correcto.

El diseño final deberá revisarse por el cálculo de sus operaciones para aumentar sus eficiencias.

Debe señalar que el presente trabajo se diseñó y se fabricó en su totalidad y que por condiciones de tiempo y magnitudes del mismo, no se pudieron realizar pruebas del mismo para cuantificar su eficiencia; estos tipos de ensayos bien merecen un trabajo especial para la conclusión del trabajo desarrollado.

BIBLIOGRAFIA:

MATERIALES DE INGENIERIA Y SUS APLICACIONES

RICHARD A. PLINN PAUL E. TROJAN
EDITORIAL MC. GRAW HILL.

TRANSFERENCIA DE CALOR

JOSE A. HANRIQUE
EDITORIAL HARLA.

MARKS MANUAL DEL INGENIERO MECANICO

DR. THEODOSE BAUMEISTER
EUGENE A. AVALLONE
EDITORIAL MC. GRAW HILL.

MECANICA VECTORIAL PARA INGENIEROS

(ESTATICA)
FERDINAND P. BEER E. ROSELL JONHTON
EDITORIAL MC. GRAW HILL.

MAQUINAS HERRAMIENTAS Y MANEJO DE MATERIALES

ELERMAN O. POLLACK
EDITORIAL PRENTICE HALL INTERNATIONAL

TRATAMIENTOS TERMICOS DE LOS ACEROS

LLANE STUDEMAM, TRADUCE ALFREDO DIAZ B.
EDITORIAL URNO DE EDICIONES ESPAÑA

NOTAS Y NORMAS DE DIBUJO TECNICO 1

NORMA MEXICANA PARA LA INDUSTRIA MECANICA Y CONEXAS
NORMA PUBLICADA EN EL DIARIO OFICIAL DEL 12-12-1970
(D.G.N.-7-B-1970)
ESTABLECIDA POR BASE EN LA RECOMENDACION ISO R-129-1969.

TERMODINAMICA
VIRGIL MORRIS FIREL
EDITORIAL UTELSA.

ACERO
FASCICULO 1 RESUMEN DE NORMAS MEXICANAS SOBRE EL ACERO
INGENIERO ARMANDO ALONSO A.

A. M. S. SOCIEDAD AMERICANA DE SOLDADURA
MANUAL DE SOLDADURA

METALS HANDBOOK VOL. 8
A. S. M. 1964.

PRACTICA METALGRAFICA
KENL GEORGE
CUARTA EDICION 1963.

MAKING, SHAPING AND TREATING OF STEEL
U. S. A. STEEL
OCTAVA EDICION 1964.

METAL PROGRESS
F. E. HARRIS
1943.

SERIE MUNDIAL
FESTO PNEUMATIC

RATE OF DIFFUSION OF CARBON IN AUSTENITE IN PLAIN CARBON IN NICKEL IN MANGANESE STEELS
WELLS C. AND MEHL R.
METALS TECHNOLOGY 1940.