



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

**“Diseño de un Tunel de Termocontracción para Películas  
Termoencogibles usado en el Embalaje de Productos”**

**TESIS DE GRADO**

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERO MECANICO**

Presentada por:

**Ronald Estid Mayancela Córdova**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**Año: 2004**

---

## **AGRADECIMIENTO**

**Al Ing. Ernesto Martínez.**

**Director de Tesis de grado**

**por su ayuda y colaboración**

**para la realización de este**

**trabajo.**

## **DEDICATORIA**

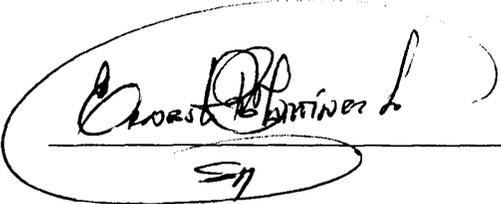
**A MIS PADRES TELMO Y EXENIA.**

**A MIS HERMANOS MAURICIO, JOHN,  
MARÍA JOSÉ Y JUAN FRANCISCO.**

## TRIBUNAL DE GRADUACION

---

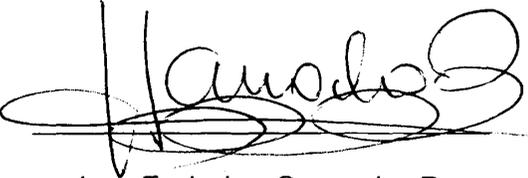
Ing. Eduardo Rivadeneira P.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE



---

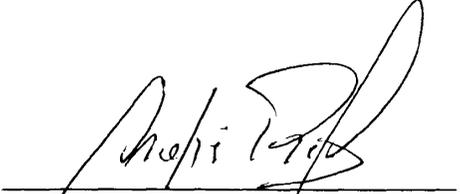
Ernesto Martínez L.

Ing. Ernesto Martínez L.  
DIRECTOR DE TESIS



---

Ing. Federico Camacho B.  
VOCAL



---

Ing. Andrés Rigail C.  
VOCAL

---

## DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

A handwritten signature in black ink, reading "Ronald E. Mayancela Córdova", written over a horizontal dashed line.

Ronald E. Mayancela Córdova

## RESUMEN

En la actualidad en las pequeñas o grandes industrias ecuatorianas es más común notar que en la mayoría de estas, se utiliza el proceso de embalaje mediante películas termoencogibles el cual les permite de esta forma tener un fácil embalaje de sus productos, ya que este les brinda mayor protección, fácil manejo, fácil movilización y le da mayor estética al producto al momento de ser vendidos.

El proceso de embalaje mediante películas termoencogibles consiste en envolver el paquete de productos en una de estas películas y luego hacerlo pasar en un tunel denominado tunel de termocontracción el cual mediante calor contrae esta película y le ofrece al paquete el embalaje requerido por cada industria.

Una de las industrias que utiliza este proceso es una industria de embotellado de agua de mesa de la ciudad de Machala la cual debido a su crecimiento requiere adquirir un equipo de termocontracción pero ha encontrado problemas económicos por adquirir el mencionado equipo por su costo, por lo que en su afán de buscar otras alternativas se decidió por la construcción de un tunel de termocontracción que pueda ser realizado con ingeniería local a un menor costo que aquellos construidos en el exterior y con esto fomentar el desarrollo industrial en el Ecuador.

El objetivo principal de esta tesis es el de diseñar un tunel de termocontracción para películas termoencogibles que permita su construcción a nivel local de similares condiciones a los producidos en el exterior.

Para lo cual se visitó varias industrias y después de algunas observaciones se estableció un modelo similar, donde se dan las condiciones o especificaciones a considerar en el diseño del Tunel de Termocontracción entre los cuales se tiene producción en N° paquetes/minuto y dimensiones del paquete, velocidad de transportación y características del material de operación lo que determinará la dimensión final.

Luego se elaborará el diseño de forma de los elementos constituyentes del Tunel de Termocontracción que son el horno y sistema de transportación. Después se realizará el diseño del Tunel el cual se hará en base al análisis térmico del horno, se analizará y se seleccionará cada elemento que forma parte tanto del horno como del sistema de transportación.

Se elaborará un cronograma de construcción en base a los planos y se presupuestará los costos del equipo.

Con este diseño se espera optimizar la operación de este tipo de equipos tanto en consumo de energía y calidad de embalaje permitiendo de esta forma ser construidos a nivel local a bajo costo y poder así ser competidores de iguales equipos traídos del exterior, con lo cual se generará una fuente de trabajo.

# INDICE GENERAL

RESUMEN .....	VI
INDICE GENERAL.....	IX
INDICE DE FIGURAS.....	XII
INDICE DE TABLAS.....	XIV
INDICE DE PLANOS.....	XV
ABREVIATURAS.....	XVI
ANTECEDENTES.....	1

## CAPITULO I

1. GENERALIDADES.....	3
1.1. Descripción de Procesos de Embalaje .....	3
1.2. Descripción de la Teoría de Termocontracción.....	5
1.3. Descripción del Túnel de Termocontracción.....	8

## CAPITULO 2

2. DISEÑO DE FORMA DEL TUNEL DE TERMOCONTRACCION.....	11
2.1. Consideraciones y Especificaciones en el Diseño .....	11
2.1.1. Producción Requerida en N° paquetes/minuto .....	12
2.1.2. Dimensiones del Paquete .....	12
2.1.3. Velocidad de Transportación .....	14

---

2.1.4. Características del Material de Operación.....	15
2.2. Dimensiones del Túnel de Termocontracción.....	19
2.3. Bosquejo del Túnel de Termocontracción.....	22

### CAPITULO 3

3. DISEÑO DEL TUNEL DE TERMOCONTRACCION.....	23
3.1. Análisis Térmico del Horno.....	23
3.1.1. Calor Entregado al Paquete.....	28
3.1.2. Perdidas por Paredes.....	36
3.1.3. Perdidas por Radiación.....	45
3.1.4. Perdidas por Aberturas de Cortinas.....	50
3.1.5. Calor Entregado al Flujo de Aire de la Turbina.....	52
3.2. Cálculo y Selección de las Resistencias Eléctricas.....	56
3.3. Cálculo y Selección de Turbina de Aire y Motor.....	66
3.4. Diseño de Sistema de Transportación.....	74
3.4.1. Cálculo y Selección de Banda Transportadora.....	74
3.4.2. Cálculo y Selección de Motor y Caja Reductora.....	80
3.5. Cálculo y Selección de Ventilador de Enfriamiento.....	82

### CAPITULO 4

4. CRONOGRAMA DE CONSTRUCCION.....	85
------------------------------------	----

CAPITULO 5

5. COSTO DEL TUNEL DE TERMOCONTRACCION.....92

CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....95

APENDICES

PLANOS

BIBLIOGRAFÍA

## ABREVIATURAS

Kg	Kilogramo
$C_p$	Calor Específico a Presión Constante
T	Temperatura
$\rho$	Densidad
W	Watts
$^{\circ}\text{C}$	Grados Centígrados
$^{\circ}\text{K}$	Grados Kelvin
$h_c$	Coefficiente Convectivo
k	Conductividad Térmica
$\mu$	Viscosidad Dinámica
$\text{m}^2$	Metro Cuadrado
$\text{m}^3$	Metro Cúbico
$\nabla$	Volumen
m	Metro
$\dot{m}$	Flujo másico
Q	Calor
E	Energía
$\epsilon$	Emisividad
$\sigma$	Constante de Stefan-Boltzmann
$\dot{\nabla}$	Flujo Volumétrico
P	Potencia
l	Litros
J	Joules
g	Gramo
s	Segundo
$D_h$	Diámetro Hidráulico
f	Coefficiente de Fricción
Re	Reynolds
$\Delta P$	Caída de Presión
Kw	Kilo watts
t	Tiempo
N	Newton

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Gráfico General del Proceso de Embalaje .....	3
Figura 1.2	Gráfico de Proceso de Embalaje Mediante Películas Termoencogibles.....	4
Figura 1.3	Correlación entre la Retracción y la Fuerza de Retracción .....	7
Figura 1.4	Vista lateral del Túnel de Termocontracción de los Existentes en el mercado .....	10
Figura 2.1	Dimensiones del Paquete de Mayores dimensiones .....	14
Figura 2.2	Dimensiones del Paquete para determinar la Aitura del Túnel.....	20
Figura 2.3	Dimensiones de Paquete para determinar Ancho del Túnel....	20
Figura 3.1	Pared Compuesta de tres capas.....	36
Figura 3.2	Esquema de condiciones en el Recinto del Horno.....	47
Figura 3.3	Representación en red del recinto en el interior del túnel.....	47
Figura 3.4	Factor de forma para rectángulos paralelos con una orilla común.....	49
Figura 3.5	Diagrama del movimiento de cortinas al ingreso de paquetes.....	50
Figura 3.6	Mordazas de apriete.....	57
Figura 3.7	Roldanas de contacto.....	58
Figura 3.8	Disposición típica de resistencias de calentamiento indirecto.....	59
Figura 3.9	Alambre en espiral y pletina delgada sobre soportes cerámicos.....	60
Figura 3.10	Calentador de aire tipo puercoespín.....	60
Figura 3.11	Tubo radiante con resistencia de alambre en espiral sobre soporte cerámico.....	61
Figura 3.12	Resistencias blindadas .....	61
Figura 3.13	Sección de resistencia blindada típica.....	62
Figura 3.14	Resistencia Blindada.....	64
Figura 3.15	Batería de resistencias de aletas.....	64
Figura 3.16	Diversos tipos de calentadores de líquidos.....	65
Figura 3.17	Horno de convección, circulación vertical, ventilador centrífugo.....	67

Figura 3.18	Horno de convección, circulación horizontal, Ventilador centrífugo.....	68
Figura 3.19	Horno de convección, circulación horizontal, Ventilador centrífugo.....	69
Figura 3.20	Horno de convección, circulación horizontal-vertical, Ventilador centrífugo.....	69
Figura 3.21	Horno de convección, Ventilador axial, piezas alargadas.....	70
Figura 3.22	Curvas Características típicas de Ventilador centrífugo.....	71
Figura 3.23	Características caudal-presión del Ventilador y el circuito de aire para una temperatura dada.....	72

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Dimensiones de paquetes con botellas de agua.....	13
Tabla 2	Dimensiones con paquetes de botellas de gaseosas.....	13
Tabla 3	Propiedades de termoplásticos usados en el embalaje de productos.....	19
Tabla 4	Factores de forma entre las superficies del recinto del túnel de Termocontracción.....	48
Tabla 5	Resultados de variables utilizadas en las ecuaciones de balance de energía.....	55
Tabla 6	Resultados de perdidas de calor.....	55
Tabla 7	Especificaciones del Túnel de Termocontracción.....	97

## INDICE DE PLANOS

Plano 1	Diseño de Forma
Plano 2	Vista en Corte del Túnel Termocontracción
Plano 3	Vista de Corte A del Túnel Termocontracción
Plano 4	Vista de parte anterior Sistema de Transportación
Plano 5	Vista B parte anterior Sistema de Transportación
Plano 6	Vista Superior de Parte Anterior de Sistema de Transportación
Plano 7	Vista de corte A de parte Anterior Sistema de Transportación
Plano 8	Vista parte posterior Sistema de Transportación
Plano 9	Vista de A de parte Posterior de Sistema de Transportación
Plano 10	Vista de C parte posterior de Sistema de Transportación
Plano 11	Vista Superior de parte posterior de Sistema de Transportación
Plano 12	Primera Estructura de Caldería Interior
Plano 13	Segunda Estructura de Caldería Interior
Plano 14	Plancha Vertical de Caldería Exterior
Plano 15	Plancha Horizontal Inferior de Caldería Exterior
Plano 16	Tapa Cubre Resistencias Eléctricas
Plano 17	Plancha Superior Caldería Exterior
Plano 18	Plancha Anterior y Posterior de Caldería Exterior
Plano 19	Plancha Superior Conductora de Aire de Recirculación
Plano 20	Deflector de Aire
Plano 21	Soporte de Caldería Interior
Plano 22	Soportes Transversales de Guía Base de Cadena Superior
Plano 23	Guía Simple Superior de la Cadena
Plano 24	Guía Simple Inferior de la Cadena
Plano 25	Guía Base Superior
Plano 26	Guía Base Inferior
Plano 27	Eje Principal de Entrada al Túnel
Plano 28	Eje Secundario Anterior, Principal Posterior y Secundario Posterior
Plano 29	Soportes Base Verticales
Plano 30	Soportes Base Horizontales

Plano 31	Soporte Principal Longitudinal C
Plano 32	Soporte Secundario Longitudinal
Plano 33	Soporte de Eje Entrada del Túnel
Plano 34	Soportes Verticales de Estructura del Horno
Plano 35	Soportes Horizontales de Estructura del Horno
Plano 36	Acoples de Viga C a Soportes Base
Plano 37	Vista Lateral de Acoples de Vigas C a Soportes Base
Plano 38	Acople de Chumaceras a Vigas C
Plano 39	Acople de Piñones a Eje Principal de Entrada
Plano 40	Acople de Piñones a Eje Secundario y Principal posterior
Plano 41	Acople de Soportes Transversales Anterior a Viga C
Plano 42	Acople de Soportes Transversales Posterior a Viga C
Plano 43	Acople de Soporte de Eje entrada Principal
Plano 44	Acople de Eje Secundario Anterior con Piñones a Chumaceras
Plano 45	Acople de Ejes con Piñones Posteriores a Chumaceras
Plano 46	Acople de Guías Base a Soportes Transversales
Plano 47	Acople de Tubo Soporte de Pared Inferior a Viga Secundaria
Plano 48	Acople de Tubo Soporte de Paredes Verticales a Viga Secundaria
Plano 49	Acople de Calderías y Resistencias Eléctricas
Plano 50	Detalle de Sujeción de Turbina de Aire y Motor
Plano 51	Ventilador de Enfriamiento a la Salida del Túnel
Plano 52	Acople de Motor y Reductor
Plano 53	Vista Lateral Sistema Transportación
Plano 54	Vista Superior Sistema de Transportación

## ANTECEDENTES

La idea de desarrollar el presente proyecto surge debido a la necesidad de una empresa de embotellado de agua de mesa de la ciudad de Machala de incrementar su producción, para lo cual se vio obligado en adquirir un mayor número de equipos en cada uno de sus procesos. Uno de estos equipos es un túnel de termo contracción utilizado en el proceso de embalaje de botellas de agua.

Debido al costo del equipo comprado en el exterior no ha sido posible su adquisición por lo que se ha solicitado la factibilidad de construirlo en el país.

Al realizar el diseño del Túnel de termo contracción con ingeniería local se espera adecuarlo a las necesidades de la empresa tanto en producción diaria así como en el costo de adquisición y operación, que en equipos importados especialmente en lo que respecta a producción son de demasiada capacidad para la demanda que tiene la empresa.

Satisfaciendo estos requerimientos se espera ser competidores de equipos similares traídos del exterior.

Para el desarrollo del "Diseño del Túnel de termo contracción" se visitaron varias empresas que poseían estos equipos y luego de varias observaciones

se estableció un modelo similar en el cual se consideran los requerimientos y especificaciones del túnel.

# CAPITULO 1

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 Descripción de Procesos de Embalaje

Dentro de los procesos de embalaje en el mercado son conocidos los siguientes procesos:

- Proceso mediante fundas termoencogibles.
- Proceso mediante películas termoencogibles.

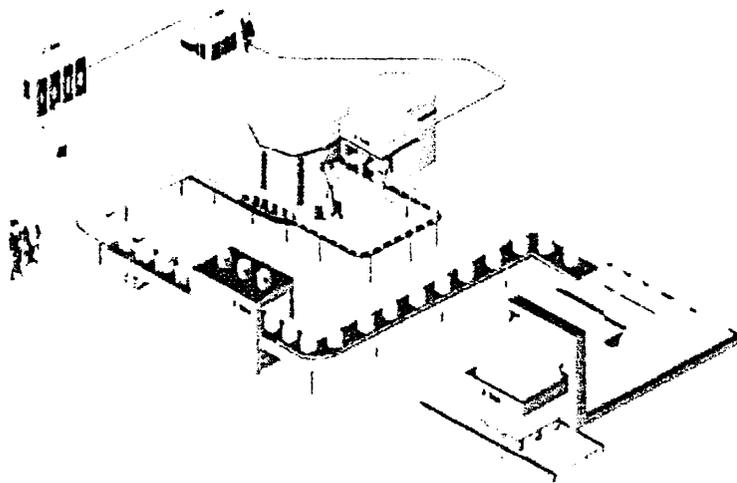


FIGURA 1.1 GRAFICO GENERAL DE PROCESO DE EMBALAJE

### **-Proceso Mediante Fundas Termoencogibles.**

Este tipo de proceso se basa en colocar las botellas conteniendo el agua manualmente dentro de fundas termoencogibles las cuales vienen en dimensiones previamente solicitadas, para luego ser pasados a través del túnel de termo contracción, donde adquiere la contracción requerida.

### **-Proceso Mediante Películas Termoencogibles.**

En el túnel de termo contracción el producto previamente embalado en una selladora Tipo L o en una selladora Frontal se desplaza sobre una cinta transportadora de acción continua a través de una cámara, en la cual el aire es forzado mediante ventiladores a través de resistencias eléctricas, generando así un flujo de aire a la temperatura necesaria para realizar la termo contracción del film con el cual se ha hecho el embalaje.

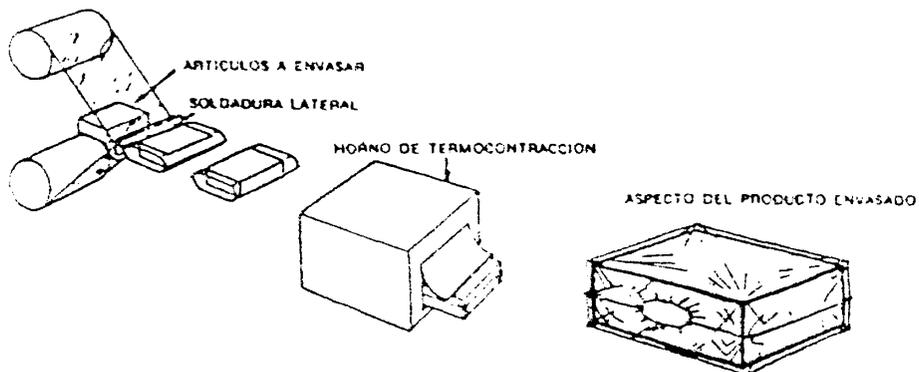


FIGURA 1.2 GRAFICO DE PROCESO DE EMBALAJE MEDIANTE PELICULAS TERMOENCOGIBLES.

## **1.2. Descripción de la Teoría de Termocontracción**

El sistema de envase en termocontraible se fundamenta en la utilización de un material termoplástico que se caracteriza por variar sus dimensiones y adecuarse a la forma del objeto a envolver, cuando se lo somete a una determinada temperatura.

El fenómeno de termocontracción (también llamado de retracción) se produce como consecuencia de las tensiones residuales existentes en el film, las cuales fueron obtenidas durante el proceso de fabricación de la película y que resultan liberadas cuando el material alcanza la temperatura adecuada. Estas tensiones, llamadas contracción longitudinal y contracción transversal, son regulables durante el proceso de fabricación del film y para cada tipo de envoltorio que se desea obtener se pueden especificar los valores necesarios. El fenómeno de contracción se desarrolla de acuerdo a las siguientes etapas:

**ETAPA 1: Ablandamiento del film:** cuando se alcanza la temperatura de 100°C aproximadamente. Se observa que el film se ablanda y sufre alargamiento en ambas direcciones (Transversal y longitudinal), este fenómeno se debe a la dilatación térmica del material.

ETAPA 2: Retracción del film: superados los 100°C comienza la retracción acelerada del film, alcanzándose un desplazamiento importante  $R_c$  que constituye el 90% aproximadamente de la retracción total.

ETAPA 3: Estabilización: una vez alcanzado el desplazamiento  $R_c$  el material deja de contraer, aun cuando permanezca a la temperatura de contracción o superior a ella.

ETAPA 4: Enfriamiento: En esta etapa, el material completa su retracción mientras se enfría. Esta etapa del proceso es importante, no tanto por el mayor porcentaje de contracción que se alcanza sino por el incremento de fuerza de contracción del material.

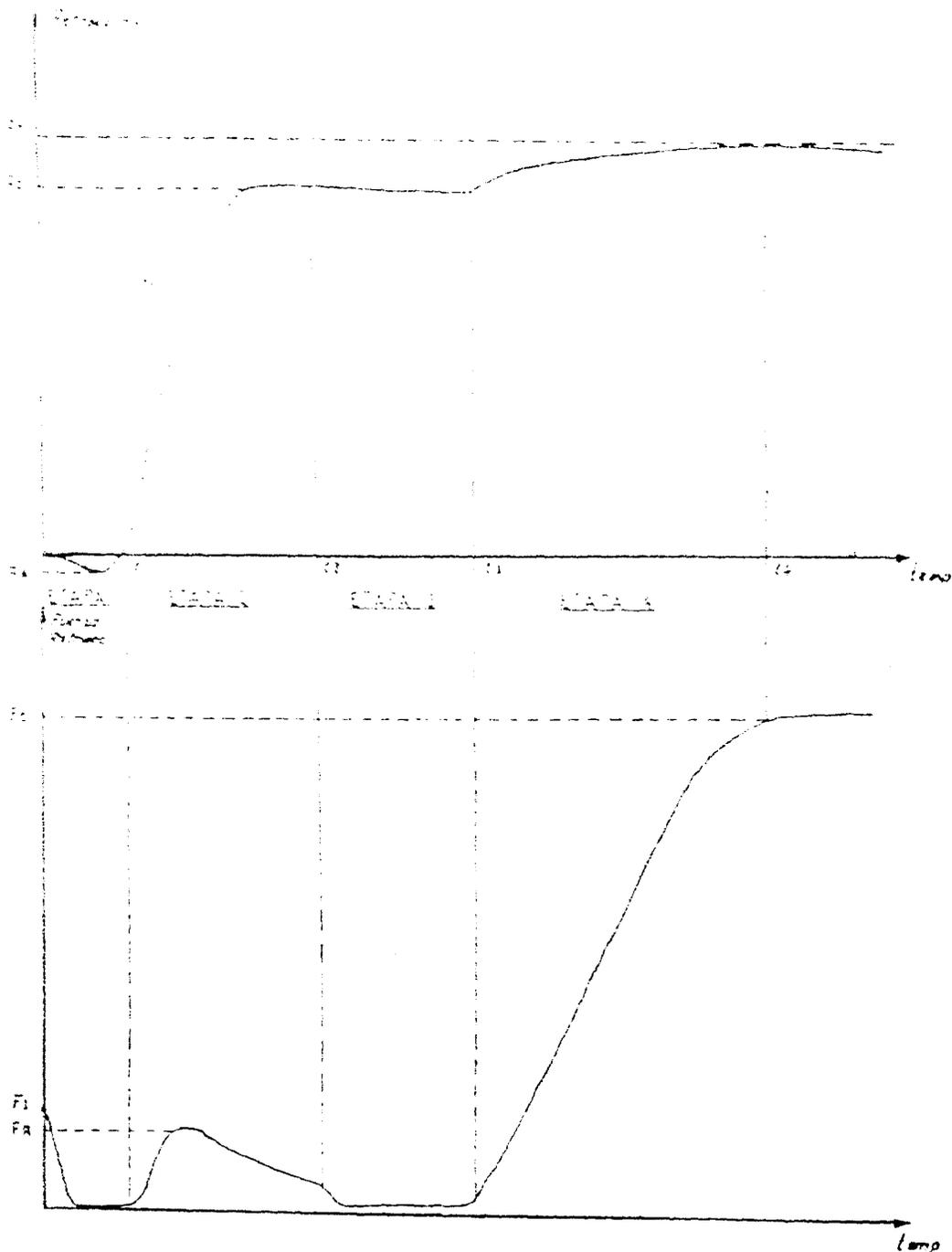


FIGURA 1.3 CORRELACIÓN ENTRE LA RETRACCIÓN Y LA FUERZA DE RETRACCIÓN (1).

### **1.3. Descripción del Túnel de Termocontacción**

El recinto del horno esta formado por la caldería exterior y el aislamiento térmico en cuyo interior se disponen las resistencias de calentamiento y la carga .El calor en el recinto se genera aplicando tensión a estas resistencias que se encuentran uniformemente distribuidas a lo largo del horno.

El aire se calienta a su paso por estos grupos, separados del recinto por convectores y deflectores y se hace circular, a una velocidad previamente determinada mediante grupo motor-ventilador que se encargan de repartirlo de forma homogénea. De esta manera, el calor se transmite a la carga la cual debe alcanzar una determinada temperatura que debe mantenerse durante un tiempo establecido.

El intercambio térmico en el interior del túnel se realiza mediante una corriente de aire a elevada temperatura que cede calor a la carga mediante convección.

En la parte exterior del túnel se encuentra un ventilador de enfriamiento cuya función es la de enfriar el paquete que sale del túnel permitiéndole de esta forma recuperar sus propiedades originales.

## **Características generales**

-Cartería exterior estructura construida en acero inoxidable y unida totalmente por medio pernos.

-Resistencias calefactoras blindadas, aletadas, metalizadas en aluminio., ubicadas en ambos laterales de la cámara de termo contracción.

-Turbina de circulación interna del aire caliente, de alto rendimiento, construida en acero galvanizado y balanceada electrónicamente

-Aislación térmica de lana de vidrio.

-Aberturas protegidas con cortinas dobles de fibra de vidrio impregnadas con elastómeros de siliconas.

-Fluido del calor, los túneles pueden funcionar con vapor o aire caliente.

-Velocidad de línea de envasado, dependiendo de la velocidad de la línea de envasado se pueden necesitar túneles más largos o bien varios túneles en serie.

-Transportador Mediante Banda de rodillos aluminio o malla metálica con tratamiento galvánico, montado sobre ruedas dentadas.

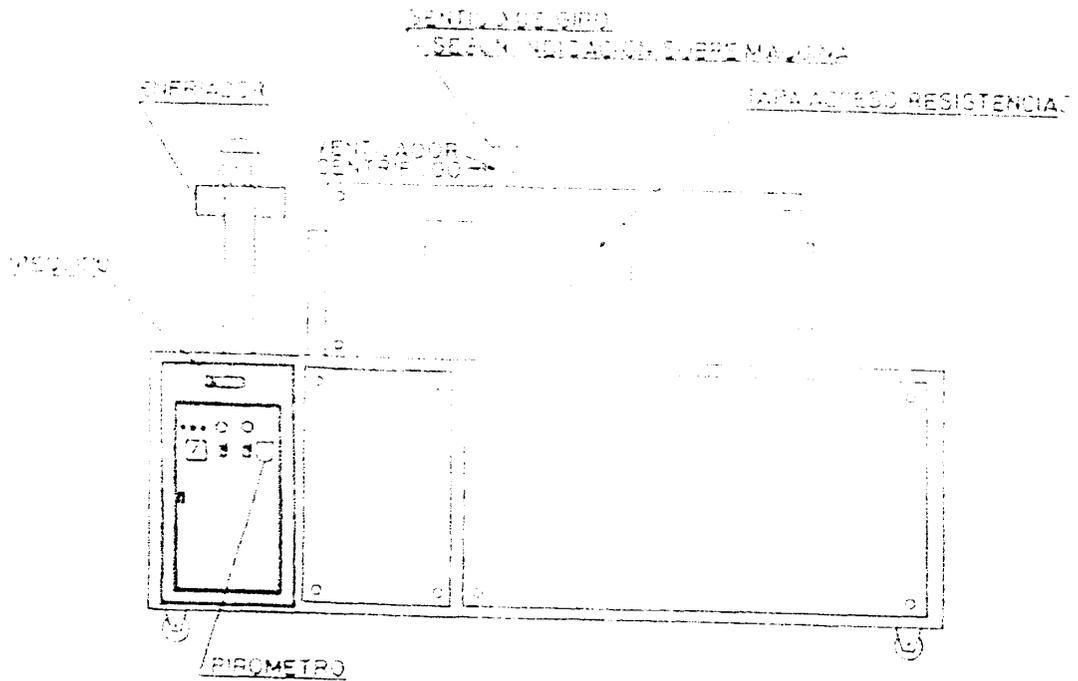


FIGURA 1.4 VISTA LATERAL DEL TÚNEL DE TERMOCONTRACCIÓN DE LOS EXISTENTES EN EL MERCADO.

# CAPITULO 2

## 2. DISEÑO DE FORMA DEL TUNEL DE TERMOCONTRACCION.

### 2.1. Consideraciones y especificaciones en el diseño.

Para realizar el presente diseño como ya se dijo se tuvo que visitar varias industrias las cuales utilizan este túnel en sus procesos de embalaje y luego de varias observaciones se estableció un modelo en el cual se consideraran los siguientes puntos:

-Producción requerida (Nº paquetes/minuto).

-Dimensiones del paquete.

-Velocidad de transportación.

-Características del material de operación:

-Temperatura de contracción

-Tiempo de contracción bajo cierta temperatura.

### **2.1.1. Producción requerida N° Paquetes/minuto.**

En la actualidad en el mercado nacional normalmente se venden túneles con una capacidad superior a los 30 paquetes por minuto la cual en muchos casos es demasiado alta para pequeñas industrias interesadas en adquirir este producto.

Consultando a varias industrias y a personas interesadas en este producto se estableció el rango de producción que ellos necesitan y este se dio en 15 a 20 paquetes por minuto.

Luego de haber establecido este rango para el diseño del Túnel se considerará la máxima capacidad solicitada que es de 20 paquetes/minuto que es la capacidad que el túnel tendrá finalmente.

### **2.1.2. Dimensiones del paquete.**

Para la determinación de las dimensiones del paquete se considerará los posibles productos a embalar entre los cuales se tiene:

**A. Botellas de agua:** se tiene botellas con capacidad para 2 litros, 1 litro, ½ litro.

Dentro de los arreglos que se pueden presentar tenemos los siguientes:

TABLA 1

DIMENSIONES DE PAQUETES CON BOTELLAS DE AGUA

DESCRIPCION	ARREGLO(Botellas)	DIMENSIONES(mm)
B. de 2 litros	3 x 2	270 x 180 x 330
B. de 1 litro	3 x 2	240 x 160 x 300
B. de ½ litro.	5 x 3	300 x 180 x 210

De la tabla 1 se puede observar que las mayores dimensiones que se pueden presentar en este tipo de productos son el paquete de botellas de agua de 2 litros que nos da 270 x 180 x 330 mm.

**B. Botellas de gaseosas:** se tiene botellas con capacidad para 3 litros, 2 litros, 1 litro, ½ litro.

TABLA 2

DIMENSIONES CON PAQUETES DE BOTELLAS DE GASEOSAS

DESCRIPCION	ARREGLO (Botellas)	DIMENSIONES(mm)
B. de 3 litros	3 x 2	330 x 220 x 360
B. de 2 litros	3 x 2	270 x 180 x 360
B. de 1 litro	3 x 2	240 x 160 x 330
B. de ½ litro.	4 x 3	240 x 180 x 240

De la tabla 2 se puede observar que las mayores dimensiones que se pueden presentar en este tipo de productos son para el paquete de botellas de gaseosas de 3 litros cuyas medidas son 330 x 220 x 360 mm.

### 2.1.3. Velocidad de Transportación

El rango típico de velocidades de transportación para este tipo de equipos varía entre 0 y 10 m/min.

Para determinar la velocidad de transportación se basará en el requerimiento de paquetes/minuto que se menciona, para los paquetes de mayor longitud tanto de los de agua en la tabla 1 como de los de cola de la tabla 2.

Se partirá escogiendo de entre estos dos paquetes el de mayor longitud que en este caso dio el de las botellas de gaseosa de 3 litros el cual tiene las siguientes dimensiones: 330x220x360mm

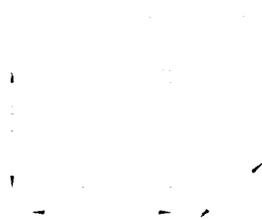


FIGURA 2.1 DIMENSIONES DE PAQUETE DE MAYORES DIMENSIONES.

Además se considerará un espaciamiento entre paquetes de 8 cm.

Considerando la profundidad de 22 cm más el espaciamiento entre paquetes de 8 cm nos da una longitud total de 30cm/paquete.

Para una producción de 20 paquetes / minuto y una longitud de paquete de 30 cm / paquete, tenemos:

$$V = (P \times L) / 100 \quad \text{ec 2.1}$$

Donde,

V= velocidad de sistema de transportación (m/min.)

P=Producción requerida (Nº paquetes /minuto).

L=Longitud total del paquete (cm /paquete).

Entonces:

$$V = (20 \text{ paquetes/min.} \times 30 \text{ cm /paquete}) / 100$$

$$V = 6 \text{ m/min.}$$

La velocidad que utilizare para el cálculo de la longitud del horno será de 6 m / min.

#### **2.1.4. Características del Material de Operación**

##### **Termoplásticos**

Los plásticos termoplásticos se pueden fundir y refundir varias veces para darle forma, por lo tanto son reciclables. Los termoplásticos al ser calentados aumentan la energía de sus moléculas y se reducen las

fuerzas de atracción entre ellas, de esta forma se vuelven más deformables o plásticos.

Una vez enfriados recuperan sus propiedades mecánicas. Algunos tipos de plásticos termoplásticos son:

### **A. Polietileno**

El polietileno de alta densidad (PEHD ó HDPE), está formado por cadenas de moléculas rectas, sin bifurcaciones, por lo que la fuerza de atracción entre moléculas es alta, dando como resultado un plástico duro y resistente y estable, con el se fabrican, cajas para botellas de cerveza, leche y refrescos, algunos envases de productos lácteos y detergentes líquidos.

El polietileno de baja densidad (PE LD ó LDPE) por el contrario está formado por cadenas de moléculas con bifurcaciones, por lo tanto es un material menos resistente y mas flexible, se ablanda con el calor; con el se fabrican juguetes, bolsas de plástico, barreños, etc.

### ***-Películas Polietileno***

Por su naturaleza requiere de más temperatura que el PVC u otros materiales, por lo que las resistencias están preparadas para alcanzar rangos

de temperatura de 200 a 250° centígrados en una cabina de largo de 90 a 120 cm, dando tiempos promedios de entre 8 a 12 s.

Otra característica del polietileno es que desarrolla la memoria de encogimiento cuando el material sale caliente del horno de la cabina de temperatura. Empieza a cambiar al enfriarse de un estado cristalino a un estado lechoso así como también reconoce su estado original y se contrae en sus medidas, dejando ajustado a los productos que envuelve.

Generalmente esta película por ser gruesa se usa para envoltura de paquetes pesados como empaques en cajas de cartón tipo charola conteniendo botellas con agua, sólo que el proceso es un poco diferente a los anteriores, en muchos casos se usa la selladora de cortina para unir la película plana de dos bobinas, o bien se usan fundas u otras bolsas selladas.

Sin embargo, el polietileno no encoge cuando se calienta, sólo se vuelve más cristalino y flexible (cuando está dentro de la cabina del túnel) y al salir cuando se enfría se contrae en su tamaño ajustando los productos que se contienen en su empaque hasta dejarlos totalmente inmóviles.

## **B. Cloruro de polivinilo (PVC)**

Es un material originalmente rígido pero se puede hacer más flexible añadiendo plastificantes. Se emplea en tuberías, gomas de riego, maletas, impermeables, cubiertas de cables, etc. Debido a que resulta tóxico últimamente se ha dejado de emplear en botellas de agua y refrescos y se ha prohibido en la fabricación de juguetes para bebés.

Este tipo de plástico es altamente contaminante por lo que se debe declinar su uso y si se lo emplea, es menester depositarlo en contenedores de reciclaje.

Otros nombres por los que se conoce este plástico son: poli cloruro de vinilo, o poli cloruro de polivinilo.

### ***-Películas de PVC***

La contracción del film de PVC, a diferencia de otros plásticos, como el PE (Polietileno), se logra a temperaturas desde (90°C), característica importante para el empaque de productos sensibles al calor.

En General la exposición del envase al flujo térmico es solo de 3 a 5 segundos, por lo que es posible aplicarlo en envases de Polietileno de Alta

Densidad, Polipropileno y otros, sin que sufran deformación ni afecte el contenido (producto).

TABLA 3  
PROPIEDADES DE TERMOPLÁSTICOS USADOS EN EL EMBALAJE DE  
PRODUCTOS

Termoplástico	Rango de temperatura Contracción (° C)	Rango de tiempos (s)
Polietileno	120 – 250	8 - 12
PVC	90 -120	3 - 5

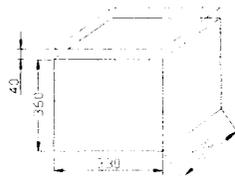
## 2.2. Dimensiones del Túnel de termo contracción

Para determinar las dimensiones del túnel de termo contracción se basará en las dimensiones del paquete para establecer el ancho y la altura del túnel y en la velocidad de transportación con el mayor tiempo contracción requerido por los termoplásticos para determinar la longitud del túnel.

Se comenzará determinando el ancho y la altura del túnel para lo cual considero el paquete de mayores dimensiones que tiene las siguientes medidas: 330 x 220 x 360 mm:

### **Altura del túnel.**

Como la altura del paquete de mayores dimensiones que se utilizará en este túnel es de 360mm se considerará un espaciado de 40mm por lo que la altura del túnel será de 400mm.



**FIGURA 2.2 DIMENSION DE PAQUETE PARA DETERMINAR ALTURA DEL TUNEL.**

### **Ancho del túnel.**

Como el ancho del paquete de mayores dimensiones es de 330mm se considerará un espaciado de 35mm por lado, el cual permitirá al operario tener mayor libertad para colocar los paquetes sobre la banda transportadora por lo que el ancho del túnel será de 400mm.



**FIGURA 2.3 DIMENSION DE PAQUETE PARA DETERMINAR ANCHO DEL TUNEL.**

## Longitud del Túnel.

Para determinar la longitud del túnel de termo contracción consideraremos la velocidad de transportación requerida la cual fue de 6 m/min. y el mayor tiempo de contracción requerido por los termoplásticos que en este caso fue el polietileno que a un rango de temperaturas entre 200 a 250 °C necesita tiempos promedios de 8 a 12 s , de este rango de tiempos escogeré un tiempo promedio de 10 s ,por lo que la longitud del túnel será:

$$l = (V \times t) / 60 \quad \text{ec. 2.2}$$

$l$  = longitud del túnel (m)

$V$  = velocidad de sistema de transportación (m/min.)

$t$  = tiempo promedio (s)

entonces,

$$l = (6\text{m/min.} \times 10\text{s}) / 60$$

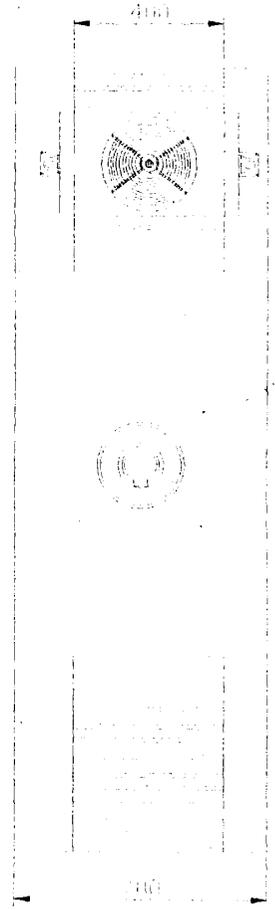
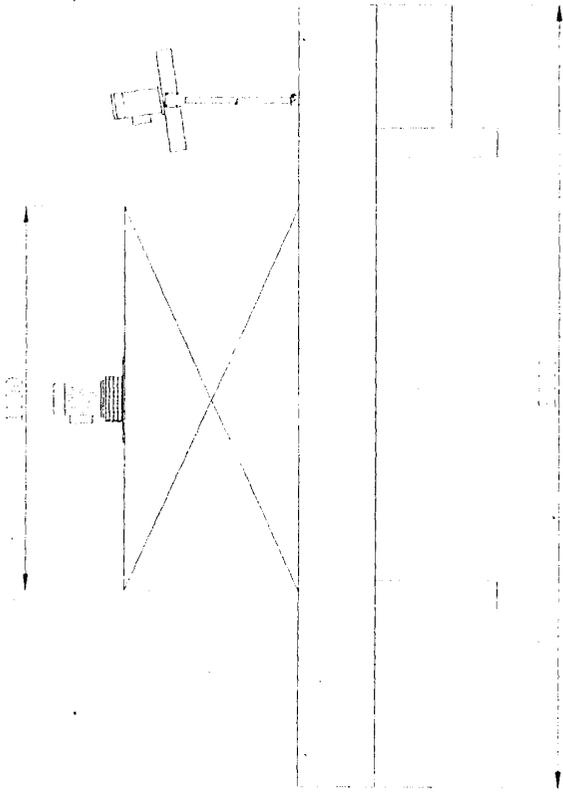
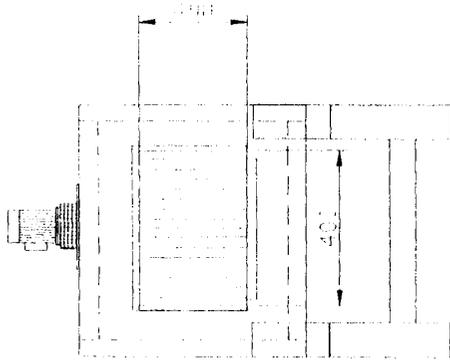
$$l = 1\text{m}$$

Por lo que la longitud requerida para el túnel será de 1m. Las medidas que el túnel tendrá serán:

Boca del Túnel: 400 x 400 mm

Largo del Túnel: 1000 mm.

### 2.3 Bosquejo del Túnel de termo contracción



# CAPITULO 3

## 3. DISEÑO DEL TUNEL DE TERMOCONTRACCION

### 3.1. Análisis Térmico del Horno

El balance energético de un horno varía fundamentalmente de un horno continuo a un horno intermitente. En los continuos interviene la producción en Kg/h o en t/h, mientras que en los intermitentes es mas importante la carga producida en cada operación en Kg o en t.

La temperatura en los hornos continuos es prácticamente constante en cada zona a lo largo del tiempo, y la temperatura de la carga varia a lo largo del horno desde la entrada hasta la salida. En los hornos intermitentes la temperatura de la carga varía a lo largo del tiempo, pero se mantiene relativamente constante en todo el horno en un instante dado.

*En los hornos continuos, además de la producción horaria en Kg/h es interesante destacar la producción específica en  $\text{Kg/m}^2\text{-h}$ , referida*

a la superficie total de solera o a la superficie de solera realmente ocupada por la carga. En los hornos intermitentes, además de la carga introducida en Kg, interesa conocer la capacidad de calentamiento en Kg/h, teniendo en cuenta el tiempo de calentamiento y la capacidad específica en Kg /m<sup>3</sup> –h, referida al volumen útil interior del horno o al volumen realmente ocupado por la carga.

El consumo de energía de un proceso en un horno industrial es una de sus características principales. Se determina calculando los componentes del balance energético, cuando se trata del diseño de un horno, o midiéndolos en su funcionamiento real, cuando se trata de un horno construido.

El balance energético se establece tomando como base la producción horaria, en los hornos continuos, y el ciclo completo de una carga, en los hornos intermitentes. Sin embargo, es frecuente que muchos hornos continuos funcionen únicamente durante uno o dos turnos de trabajo al día , por lo que las pérdidas de calor, etc, durante las horas de parada del horno deben de tenerse en cuenta. En todo balance energético es fundamental que las condiciones al final del período en que se hacen las mediciones sean las mismas que al comienzo. Por ello en los hornos intermitentes las mediciones cubren una carga completa o un ciclo completo, y en los hornos continuos las condiciones de trabajo deben ser lo suficientemente constantes como para

que las pequeñas variaciones que se produzcan sean despreciables. Entre los componentes de un balance energético se distinguen los que suponen aportación de calor al proceso y los receptores.

### **A. Balance energético en funcionamiento estable**

Denominamos funcionamiento estable de un horno al que es repetitivo a lo largo del tiempo en cuanto a las condiciones de trabajo sin paradas o cambios importante en el proceso, sobre todo de temperatura. En un horno continuo supone constancia en las cargas, temperaturas de regulación de las diferentes zonas, velocidades de avance o tiempos de tratamientos constantes a lo largo de un periodo prolongado sin paradas durante la noche, fines de semana, etc.

En un horno discontinuo, que opera por ciclos con enfriamiento del horno, dichos ciclos se repiten sucesivamente sin cambios en las cargas y temperaturas de proceso. Tiene especial importancia el calor almacenado en el revestimiento, del cual una parte importante se pierde en cada ciclo.

En los hornos intermitentes de fusión o de mantenimiento, se mantienen constantes las temperaturas del proceso, siendo irrelevantes en el balance energético las pérdidas por calor almacenado.

En el funcionamiento de un horno debe verificarse:

$$\text{Calor aportado} = \text{Calor absorbido}$$

### **B. Balance energético en funcionamiento real**

El balance energético en funcionamiento estable (producción nominal del horno sin variar las condiciones de trabajo) es aplicable a unos períodos no muy extendidos en el tiempo, ya que en su funcionamiento real es frecuente:

- Un cambio en las condiciones del proceso.
- Operar con diferentes cargas o producciones de trabajo.
- Realizar paradas por modificaciones en los procesos posteriores al horno, exigencias de mantenimiento, funcionamiento en uno o dos turnos de trabajo en lugar de continuo, paradas de fin de semana, en que el horno se desconecta o se mantiene a temperatura reducida, etc.

Un cambio de los parámetros de funcionamiento del horno puede suponer un considerable aumento de la energía consumida. Si es preciso elevar las temperaturas de regulación de las distintas zonas que componen el horno, es necesario, por una parte, calentar el horno a las mayores temperaturas, lo que requiere energía, y además parar la producción del horno hasta que se alcance el nuevo régimen, lo que da lugar a pérdidas de calor sin producción.

La energía requerida para calentar el horno y las pérdidas de calor, durante el tiempo de calentamiento sin producción, pueden elevar considerablemente el consumo específico medio.

Si el horno va a operar a un régimen de temperaturas inferior al anterior, es preciso destinar un tiempo de enfriamiento sin producción, durante el que las pérdidas de calor se mantienen prácticamente constantes y que deberán tenerse en cuenta en el balance energético correspondiente.

Los tiempos de calentamiento o enfriamiento antes citados son reducidos en hornos con aislamiento en base a fibras cerámicas, pero pueden ser de varias horas cuando se han utilizado ladrillos u hormigones refractarios y aislantes.

El consumo en los periodos de mantenimiento a temperatura tiene una gran importancia en el consumo energético medio correspondiente a un periodo prolongado.

Además deben considerarse los períodos de parada total (vacaciones, mantenimiento anual de la instalación, fines de semana en que se desconecte el horno, averías en el interior del horno que obliguen a un enfriamiento para su reparación, etc) a los que sigue un calentamiento del

## Longitud del Túnel.

Para determinar la longitud del túnel de termo contracción consideraremos la velocidad de transportación requerida la cual fue de 6 m/min. y el mayor tiempo de contracción requerido por los termoplásticos que en este caso fue el polietileno que a un rango de temperaturas entre 200 a 250 °C necesita tiempos promedios de 8 a 12 s , de este rango de tiempos escogeré un tiempo promedio de 10 s ,por lo que la longitud del túnel será:

$$l = (V \times t) / 60 \quad \text{ec. 2.2}$$

$l$  = longitud del túnel (m)

$V$  = velocidad de sistema de transportación (m/min.)

$t$  = tiempo promedio (s)

entonces,

$$l = (6\text{m/min.} \times 10\text{s}) / 60$$

$$l = 1\text{m}$$

Por lo que la longitud requerida para el túnel será de 1m. Las medidas que el túnel tendrá serán:

Boca del Túnel: 400 x 400 mm

Largo del Túnel: 1000 mm.

horno hasta su puesta a temperatura de régimen que exige una gran cantidad de energía y que, para evitar daños en el revestimiento, debe hacerse a una velocidad adecuada.

Es frecuente que el cálculo del balance energético en funcionamiento estable se haga con meticulosidad, desglosando en detalle todos sus componentes, mientras que el cálculo de los consumos energéticos en los períodos de mantenimiento y de parada parcial o total se realice de una forma aproximada y poca minuciosa, lo que puede conducir a una estimación del consumo energético medio, por ejemplo mensual, muy inferior al real.

Para realizar el análisis térmico se tiene que cumplir el siguiente balance de energía:

$$E_{paquete} + E_{perdidas} = E_{aire}$$

### 3.1.1. Calor Entregado al Paquete

El calor útil requerido para calentar la carga., si la carga entra fría al horno será:

$$Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_s - T_e) \quad \text{ec 3.1}$$

$\dot{m}$  = flujo de masa de la carga (Kg/s)

$C_p$  = calor específico (J/Kg .°K)

$T_s$ = Temperatura salida (°K)

$T_e$ = Temperatura entrada (°K)

A partir de este momento se realizará el cálculo de la energía que requiere el paquete para el siguiente caso:

.Paquete más grande de botellas de gaseosa asumiendo propiedades del agua.

El paquete está formado por:

-Líquido (agua o gaseosa)

-Envase (PET)

-Película termoplástico: el material termoplástico que utilizare para mi análisis será el que requiera mayor temperatura que en este caso son las películas de polietileno que dentro del mercado para el embalaje de botellas bebidas se venden en espesores de 60 a 80 micras siendo la mayor temperatura de contracción de 235 ° C a un tiempo promedio de 10 segundos (Tabla 3).

### Paquete de botellas

El paquete de botellas de agua a analizar tiene las siguientes dimensiones:

330 x 220 x 360 mm y está formado por 6 botellas en un arreglo de 3x2.

La temperatura previo al ingreso al túnel de cada componente del paquete es:

T agua=25°C

T envase = T ambiente =25°C

Por lo que la temperatura de la película a la entrada del túnel en este caso será:

T entrada película =25 ° C.

La temperatura a la salida del túnel será igual a la temperatura de contracción para la película de polietileno de espesor 80 micras que es de 235 ° C (Ver Apéndice A).

Para determinar la masa de cada componente del paquete se tienen los siguientes datos:

-Película polietileno: espesor= 80 micras, largo= 1170 mm , ancho =460 mm.

$$\rho_{\text{promedio polietileno}} = 0.9375 \text{ g / cm}^3$$

$$m = \rho * V$$

$$m = 0.9375 \text{ g / cm}^3 * (117 \text{ cm} * 46 \text{ cm} * 0.008 \text{ cm})$$

$$m = 36,915 \text{ Kg / paquete}$$

$$m = 0.037 \text{ Kg / paquete}$$

Para determinar el flujo másico se tiene la producción requerida que son 20 paquetes/minuto, entonces tenemos:

$$\dot{m} = m * P$$

$$\dot{m} = 0.037 \frac{Kg}{paquete} * 20 \frac{paquetes}{minuto} * \frac{1 minuto}{60s}$$

$$\dot{m} = 0.012305 Kg/s$$

-Botellas de PET : espesor =1mm , D= 110mm ,h= 360mm

$$\rho_{promedio PET} = 1.35 g / cm^3$$

$$m = \rho * \forall$$

$$m = 1.35 g / cm^3 * (\pi * 11cm * 36cm * 0.1cm) * 6$$

$$m = 970.2g / paquete$$

Para determinar el flujo másico se tiene la producción requerida que son 20 paquetes/minuto, entonces tenemos:

$$\dot{m} = m * P$$

$$\dot{m} = 970.2 \frac{Kg}{paquete} * 20 \frac{paquetes}{minuto} * \frac{1 minuto}{60s}$$

$$\dot{m} = 0.3234 Kg/s$$

-Líquido (Agua) son botellas de 3 litros para una densidad de 1000 Kg/m<sup>3</sup>, se tiene una masa de :

$$m = \rho * \forall$$

$$m = 1000 Kg / m^3 * 18l * \frac{1m^3}{1000l}$$

$$m = 18 Kg / paquete$$

Para determinar el flujo másico se tiene la producción requerida que son 20 paquetes/minuto, entonces tenemos:

$$\dot{m} = m * P$$

$$\dot{m} = 18 \frac{Kg}{paquete} * 20 \frac{paquetes}{min\ u\ to} * \frac{1\ min\ u\ to}{60}$$

$$\dot{m} = 6Kg/s$$

Para determinar la temperatura de salida de cada componente del paquete se considerará el siguiente balance de energía

$$Q_{convección/conducción} = Q_{almacenado}$$

$$\frac{A_{componente} * \left( T_{horno} - \frac{T_{componente} + T_{o\ componente}}{2} \right)}{R} = \dot{m} * C_{p\ componente} * (T_{componente} - T_{o\ componente})$$

R= Resistencia Térmica, donde:

$$R_{Total} = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \left( \frac{e}{K} \right)_{pelicula} + \left( \frac{\ln(r_e / r_i)}{2 * \pi * k * L} \right)}$$

$r_e$  =radio externo botella PET,  $r_i$ =Radio interno botella PET, L=altura de la botella despejando la temperatura final de cada componente se tiene:

$$T_{componente} = \frac{\left( T_{horno} - \frac{T_{o\ componente}}{2} \right) * \left( \frac{A_{componente}}{R_{Total}} \right) + \dot{m} * C_p * T_{o\ componente}}{\left( \dot{m} * C_p + \frac{A_{componente}}{2 * R_{componente}} \right)} \quad \text{ec } 3.2$$

donde :

$$T_{componente} \rightarrow f(R_{componente}) \rightarrow f(h_t) \rightarrow f(\dot{m})$$

Como datos se tiene:

-Película Polietileno

$$T_{horno} = 225^{\circ}C$$

$$\dot{m} = 0.012305 Kg/s$$

$$C_p = 1900 J / Kg.^{\circ}K$$

$$T_o = 25^{\circ}C$$

$$A_{convección} = 1.714 m^2$$

-Botella PET

$$T_{horno} = 225^{\circ}C$$

$$\dot{m} = 0.3234 Kg/s$$

$$C_p = 1300 J / Kg.^{\circ}K$$

$$T_o = 25^{\circ}C$$

$$A_{transferencia} = 1.06 m^2$$

-Agua

$$T_{horno} = 225^{\circ}C$$

$$\dot{m} = 6 Kg/s$$

$$C_p = 4180 J / Kg.^{\circ}K$$

$$T_o = 25^{\circ}C$$

$$A_{transferencia} = 1.06 m^2$$

De la ec 3.1 la energía que adquiere cada componente del paquete está en función de la temperatura del componente a la salida del horno de la ec 3.2:

$$Q = \dot{m} * C_p * (T_{componente} - T_{o,componente})$$

Luego de iterar mediante las ecuaciones 3.2 y 3.8 para un

$\dot{m}_{aire} = 0.1195 \text{ Kg} / \text{s}$  se obtuvieron los siguientes resultados:

$$T_{polietileno} = 237^\circ \text{C}$$

$$T_{PET} = 38.47^\circ \text{C}$$

$$T_{agua} = 25.23^\circ \text{C}$$

-Para el polietileno de la ecuación 3.1 el calor requerido para contraer la película será:

$$Q_{pelicula} = m.C_p.(T_s - T_e)$$

$$Q_{pelicula} = 0.0120305 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} * 1900 \frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot ^\circ \text{K}} * (510 - 298)^\circ \text{K}$$

$$Q_{pelicula} = 4957.01 \text{W}$$

-Para las Botellas de PET de la ecuación 3.1 el calor almacenado será:

$$Q_{Botella} = m.C_p.(T_s - T_e)$$

$$Q_{Botella} = 0.323 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} * 1300 \frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot ^\circ \text{K}} * (311.42 - 298)^\circ \text{K}$$

$$Q_{Botella} = 5658.7 \text{W}$$

-Para el agua el calor almacenado será:

$$Q_{Botella} = m \cdot C_p \cdot (T_s - T_e)$$

$$Q_{Botella} = 6 \frac{Kg}{s} * 4180 \frac{J}{Kg \cdot ^\circ K} * (298.22 - 298)^\circ K$$

$$Q_{Botella} = 5740 W$$

Para determinar la temperatura recirculación se realizará el siguiente balance de energía:

$$E_{paquete} = E_{aire}$$

$$\sum \left[ m^{\circ} C_p * (T_{componente} - T_{o\ componente}) \right]_{componentes} = \left[ m^{\circ} C_p * (T_{horno} - T_{recirculación}) \right]_{aire}$$

$$T_{recirculación} = T_{horno} - \frac{\sum \left[ m^{\circ} C_p * (T_{componente} - T_{o\ componente}) \right]_{componentes}}{\left[ m^{\circ} C_p \right]_{aire}} \quad \text{ec 3.3}$$

$$T_{recirculación} \rightarrow f(T_{componente}, m_{aire}^{\circ})$$

$$T_{recirculación} = 225 - \frac{16355}{\left[ m^{\circ} 1018.2 \right]_{aire}}$$

$$T_{recirculación} = 225 - \frac{16.0146}{m_{aire}^{\circ}}$$

$$T_{recirculación} = 225 - \frac{16.06}{m_{aire}^{\circ}} \quad (^\circ C)$$

Luego de iterar mediante la ecuación 3.2 para un  $m_{aire}^{\circ} = 0.1195 Kg/s$  se obtuvo el siguiente resultado:

$$T_{recirculación} = 90.626^\circ C$$

### 3.1.2. Pérdidas por Paredes

Para realizar el cálculo de las pérdidas por conducción se considerará lo siguiente:

- Condiciones de estado estable.
- Conducción unidimensional.
- Intercambio de radiación entre el aire y la superficie de la cardería interior insignificante.
- Coeficiente convectivo constante y uniforme.

#### . Conducción a través de paredes

FIGURA 3.1 PARED COMPUESTA DE TRES CAPAS

Las paredes del túnel estarán compuestas por:

-La cardería interior por una plancha de acero inoxidable AISI 347 de espesor 2 mm.

-Aislamiento de fibra de vidrio con espesor a ser determinado.

-La cardería exterior por una plancha de acero inoxidable AISI 347 de espesor 2mm.

Las condiciones de temperatura en el exterior del recinto de las resistencias serán:

-T ambiente= 25 ° C

-Asumo T cardería exterior debe ser menor de 50° C por razones de seguridad.

De la ec 3.3 se obtuvo que la temperatura de recirculación fue de

$$T_{recirculación} = 90.626^{\circ}C$$

Para determinar la temperatura a la entrada del recinto de las resistencias se realizará el siguiente balance de energía:

$$Q_{aire} = Q_{perdida\ pared\ horizontal\ superior}$$

$$T_{entrada\ recinto\ resistencias} = T_{recirculación} - \frac{A(T_{recirculación} - T_4)}{\left[ \frac{1}{h_i} + (2 * e / k)_{acero} + (e / k)_{aislamiento} \right] m^* C_p_{aire}} \quad ec\ 3.4$$

$$T_{entrada\ recinto\ resistencias} \rightarrow f(m_{aire}^o, h_i, T_{recirculación})$$

Luego de iterar mediante las ecuaciones 3.2 , 3.8 y 3.9 para un  $\dot{m}_{aire} = 0.1195 \text{ Kg/s}$  se obtuvieron los siguientes resultados:

Temperatura de entrada al recinto de las resistencias que es igual a  $T_{ao} = 90.11 \text{ }^\circ\text{C}$  y una temperatura al final del recinto igual a la temperatura requerida en el horno que es  $T_a = 225$ , por lo que la temperatura promedio será :

$$\bar{T}_a = \frac{T_{ao} + T_a}{2}$$

$\bar{T}_a$  = Temperatura promedio del aire en el recinto de las resistencias.

$T_{ao}$  = Temperatura aire inicial en el recinto de las resistencias.

$T_a$  = Temperatura aire final en el recinto de las resistencias.

$T_a = 225^\circ\text{C}$  , por lo que:

$$\bar{T}_a = \frac{90.11 + 225}{2} =$$

$$\bar{T}_a = 157.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

Dada la ecuación 3.4 se obtiene la Temperatura promedio del aire dentro del recinto de las resistencias que se usará para determinar el coeficiente convectivo entre el aire a ser calentado y las paredes del recinto de las resistencias mediante la ecuación de Hotel y Mc Adams (3) para flujos en donde  $Re > 2300$

$$\frac{h_c * D}{k} = 0.023 * \left( \frac{\rho * V * D}{\mu} \right)^{0.8} * \left( \frac{\mu * C_p}{k} \right)^{0.4} \quad \text{ec. 3.5}$$

donde  $\mu$ ,  $C_p$ ,  $k$  y  $\rho$  se evalúan a la temperatura promedio del aire, además hay que considerar que el recinto de las resistencias es un ducto rectangular por lo que el diámetro a remplazar en la ecuación anterior será igual al diámetro hidráulico:

$$D_h = \frac{4 * A_c}{P} \quad \text{ec. 3.6}$$

donde :  $A_c$  = Área de la sección transversal

$P$  = Perímetro mojado

El flujo másico a través del ducto está dado por:

$$\dot{m} = \rho * v * A \quad \text{ec 3.7}$$

donde ;  $v$  = velocidad del aire dentro del horno

$A$  = área evaluada en el  $D_h$

$\rho$  = densidad del fluido evaluada a  $\bar{T}_a$

Despejando de la ecuación 3.5 el coeficiente convectivo  $h_i$  y de la ec. 3.7 la velocidad ( $v$ ) se tiene:

$$h_i = 0.023 \left( \frac{4 * \frac{\dot{m}}{2}}{\pi * D_h * \mu} \right)^{0.8} \left( \frac{\mu * C_p}{k} \right)^{0.4} * \left( \frac{k}{D_h} \right) \quad \text{ec 3.8}$$

$$h_i \rightarrow f(\dot{m})$$

Se tienen los siguientes datos:

$$D_h = 0.095m$$

Para una temperatura  $\bar{T}_a = 157,5^\circ \text{C}$  las propiedades del aire son:

$\bar{T}_a$  ( $^\circ\text{K}$ )

	<b>P(Kg/ m<sup>3</sup>)</b>	<b>Cp(J/Kg.K)</b>	<b>u(N.s/ m<sup>2</sup>)</b>	<b>V (m<sup>2</sup>/s)</b>	<b>k (W/m.K)</b>	
	430,555	0,81176219	1018,2777	2,43E-05	3,01E-05	3,59E-02

$$h_i = 0.023 \left( \frac{4 \cdot \frac{m}{2}}{\pi \cdot 0.095 \cdot 2.42E-05} \right)^{0.8} \left( \frac{2.42E-05 \cdot 1018.2}{3.59E-02} \right)^{0.4} \cdot \left( \frac{3.59E-02}{0.095} \right)$$

$$h_i = 168.31 \cdot m^{0.8} \quad (W / m^2 \cdot ^\circ K)$$

Para determinar el espesor de la pared realizamos el siguiente balance de energía:

$$E_{\text{Entra}} = E_{\text{Sale}}$$

donde:

$$E_{\text{Entra}} = q = \frac{(\bar{T}_a - T_4) \cdot A}{\sum R}$$

$$E_{\text{Sale}} = q = h_o \cdot A \cdot (T_4 - T_{am}) + A \cdot F_{1-2} (T_4^4 - T_{am}^4)$$

De la referencia 2 tenemos que la energía que sale de las paredes hacia el exterior es igual a:

$$E_{salv} = a * (T_4 - T_{am})^{1.25} + 5.67 * \epsilon * \left[ \left( \frac{T_4 + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{am} + 273}{100} \right)^4 \right] \quad W / m^2$$

donde:

a=coeficiente que depende de la velocidad del aire .Para aire en calma se toma 2,71 para pared horizontal hacia arriba; 1,04 pared horizontal hacia abajo, y 2,09 pared vertical. Como valor medio se puede tomar a=2,2 .

ε=emisividad total de la cardería .Varía entre 0,4 para pintura al aluminio en buen estado y 0,9 para exterior en mal estado.

$$E_{intra} = E_{salv}$$

$$\frac{\bar{T}_a - T_4}{\left( \frac{1}{h_i} + \frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3} \right)} = a * (T_4 - T_{am})^{1.25} + 5.67 * \epsilon * \left[ \left( \frac{T_4 + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{am} + 273}{100} \right)^4 \right]$$

Despejando el espesor del aislamiento  $e_2$  , tenemos:

$$e_2 = k_2 \left[ \frac{(\bar{T}_a - T_4)}{a * (T_4 - T_a)^{1.25} + 5.67 * \epsilon * \left[ \left( \frac{T_4 + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_a + 273}{100} \right)^4 \right]} - \frac{1}{h_i} + \frac{e_1}{k_1} + \frac{e_3}{k_3} \right] \quad \text{ec. 3.9}$$

$$e_2 \rightarrow f(h_i)$$

Se asumirá un valor promedio de a =2,2 y emisividad ε =0,4 ;  $\bar{T}_a = 157.5 \text{ } ^\circ \text{C}$  ,  $T_4 = 50 \text{ } ^\circ \text{C}$ .

La caldería interior será de acero inoxidable AISI 347 de espesor  $e_1 = 2\text{mm}$  con conductividad térmica de  $k_1 = 14,2 \text{ W/ m.}^\circ\text{K}$ .

El material del aislamiento será lana de vidrio con conductividad térmica de  $k_2 = 0,038 \text{ W/m} \cdot \text{°K}$ .

La cardería exterior será de acero inoxidable AISI 347 de espesor  $e_2 = 2\text{mm}$  con conductividad térmica de  $k_2 = 14,2 \text{ W/m} \cdot \text{°k}$ .

$$e_2 = 0.038 \left[ \frac{(157.5 - 50)}{2.2 * (50 - 25)^{1.25} + 5.67 * 0.4 * \left[ \left( \frac{50 + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{25 + 273}{100} \right)^4 \right]} - \frac{1}{h_i} + \frac{2E - 03}{14.2} + \frac{2E - 03}{14.2} \right]$$

$$e_2 = 0.0201 - \frac{0.038}{h_i} \quad (m)$$

Las pérdidas de calor totales por pared está dado por:

$$Q_{\text{perdidas pared}} = 2 * Q_{\text{perdidas vertical}} + Q_{\text{perdida horizontal superior}} + Q_{\text{perdida horizontal inferior}}$$

siendo la pérdida por pared igual a:

$$Q_{\text{perdidas pared}} = \frac{\left( \bar{T}_a - T_4 \right) * A}{\frac{1}{h_i} + \frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3}} \quad (W) \quad \text{ec 3.10}$$

$$Q_{\text{perdidas pared}} \rightarrow f(h_i, e_2)$$

Se debe de tener en cuenta que para el cálculo de las perdidas por paredes el área A tendrá dos diferentes valores que son uno para las paredes verticales y otro para las paredes horizontales.

De la referencia 2 se tiene que el área a considerar para el cálculo de pérdidas en hornos grandes es el área exterior, mientras que en los

pequeños y medianos debe tenerse en cuenta el mayor efecto aislante de aristas y vértices, tomándose una superficie media calculada por la fórmula:

$$A_m = \sqrt{A_e * A_i} \quad (2) \quad \text{ec 3.11}$$

donde:  $A_m$  = Área media de cálculo

$A_e$  = Área exterior

$A_i$  = Área interior

Para pared vertical el área  $A_i = 0.4 \text{ m}^2$ ,  $A_e = 0.66 \text{ m}^2$  lo que nos da una área media  $A_m = 0.51 \text{ m}^2$

$$Q_{\text{perdidas}} = \frac{(157 - 50) * 0.51}{\frac{1}{h_i} + \frac{2E - 03}{14.2} + \frac{e_2}{0.038} + \frac{2E - 03}{14.2}}$$

$$Q_{\text{perdidas}} = \frac{54.57}{\frac{1}{h_i} + \frac{e_2}{0.038} + 2.8169E - 04}$$

Para pared horizontal el área  $A_i = 0.4 \text{ m}^2$ ,  $A_e = 0.6 \text{ m}^2$  lo que nos da una área media  $A_m = 0.48 \text{ m}^2$

$$Q_{\text{perdidas inferior}} = \frac{(225 - 50) * 0.48}{\frac{1}{h_i} + \frac{2E - 03}{14.2} + \frac{e_2}{0.038} + \frac{2E - 03}{14.2}}$$

$$Q_{\text{perdidas inferior}} = \frac{84}{\frac{1}{h_i} + \frac{e_2}{0.038} + 2.8169E - 04}$$

$$Q_{\text{perdidas superior}} = \frac{(90.62 - 50) * 0.48}{\frac{1}{h_i} + \frac{2E - 03}{14.2} + \frac{e_2}{0.038} + \frac{2E - 03}{14.2}}$$

$$Q_{\text{perdidas superior}} = \frac{18.72}{\frac{1}{h_i} + \frac{e_2}{0.038} + 2.8169E-04}$$

Las pérdidas de calor totales de pared serán:

$$Q_{\text{perdidas pared}} = 2 * Q_{\text{perdidas vertical}} + Q_{\text{perdida horizontal superior}} + Q_{\text{perdida horizontal inferior}}$$

$$Q_{\text{perdidas pared}} = 2 * \frac{54.57}{\frac{1}{h_i} + \frac{e_2}{0.038} + 2.8169E-04} + \frac{84}{\frac{1}{h_i} + \frac{e_2}{0.038} + 2.8169E-04} + \frac{18.72}{\frac{1}{h_i} + \frac{e_2}{0.038} + 2.8169E-04}$$

$$Q_{\text{perdidas pared}} = \frac{157.29}{\frac{1}{h_i} + \frac{e_2}{0.038} + 2.8169E-04} \quad (W)$$

Luego de iterar mediante las ecuaciones 3.8 y 3.9 para un

$\dot{m}_{\text{aire}} = 0.1195 \text{ Kg/s}$  se obtuvieron los siguientes resultados:

$$e = 0.0214 \text{ m}$$

$$Q_{\text{perdida pared vertical izquierda}} = 92.715W$$

$$Q_{\text{perdida pared vertical derecha}} = 92.715W$$

$$Q_{\text{perdida pared horizontal inferior}} = 143.83W$$

$$Q_{\text{perdida pared horizontal superior}} = 33.39W$$

### 3.1.3. Pérdidas por Radiación

Para realizar el cálculo de pérdidas por radiación se considerará lo siguiente:

- Existen condiciones de estado estable.
- Los efectos de convección son insignificantes en paredes rerradiantes
- Las superficies de la cardería interior se comportan como superficies rerradiantes.

La figura 3.2 muestra las condiciones de temperatura para las paredes rerradiantes, la banda transportadora y la del ambiente.

Para las superficies rerradiantes se asume la temperatura en el interior del túnel que es de 225 ° C .

Para determinar la temperatura de salida de la banda Transportadora haremos el siguiente balance de energía:

$$Q_{convección} = Q_{almacenado\ banda}$$
$$\frac{A_{convección} * \left( T_{horno} - \frac{T_{banda} + T_{o\ banda}}{2} \right)}{\frac{1}{h_i}} = \dot{m} * C_{p\ banda} * (T_{banda} - T_{o\ banda})$$

despejando la temperatura final de la banda se tiene:

$$T_{banda} = \frac{\left( T_{horno} - \frac{T_{o\ banda}}{2} \right) * \left( \frac{A_{convección}}{1/h_i} \right) + m_{banda} * C_{p\ banda} * T_{o\ banda}}{\left( m_{banda} * C_{p\ banda} + \frac{A_{convección}}{2 * 1/h_i} \right)}$$

ec 3.12

donde :

$$T_{banda} \rightarrow f(h_i) \rightarrow f(\overset{\circ}{m}_{aire})$$

Como datos se tiene:

La banda transportadora será de rodillos aluminio aleación 2219 cuya emisividad es 0,03 ; A convección=0.366 m<sup>2</sup> , Cp=903J/Kg.°K ,  
 $\overset{\circ}{m}$  =0.2992Kg/s.

Luego de iterar mediante la ecuación 3.12 y 3.8 para un  $\overset{\circ}{m}_{aire} = 0.1195Kg/s$  se obtuvo la siguiente temperatura:

La temperatura de salida T =62° C y la temperatura a la entrada igual a la del ambiente que es T=25° C, lo que nos da una temperatura de 43.5° C.

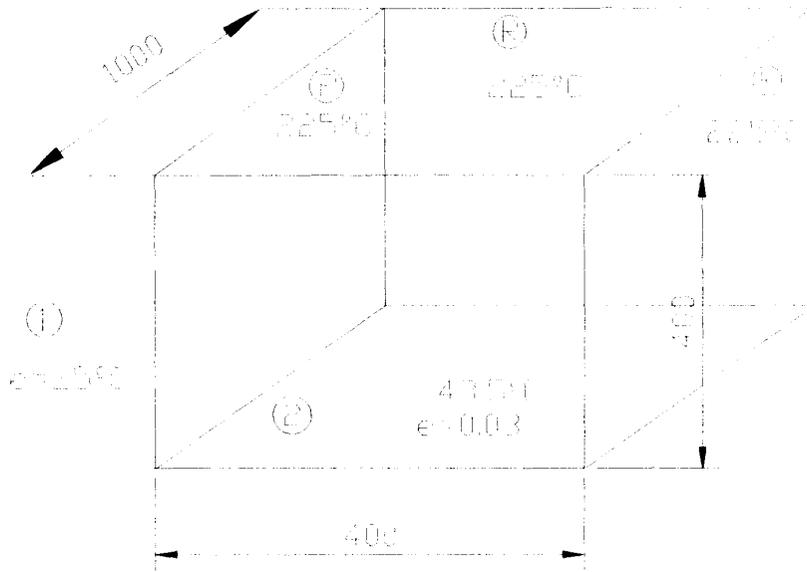


FIGURA 3.2 ESQUEMA DE CONDICIONES EN EL RECINTO DEL HORNO.

A continuación en la Fig. 3.3 se muestra la representación en red del recinto en el interior del túnel.

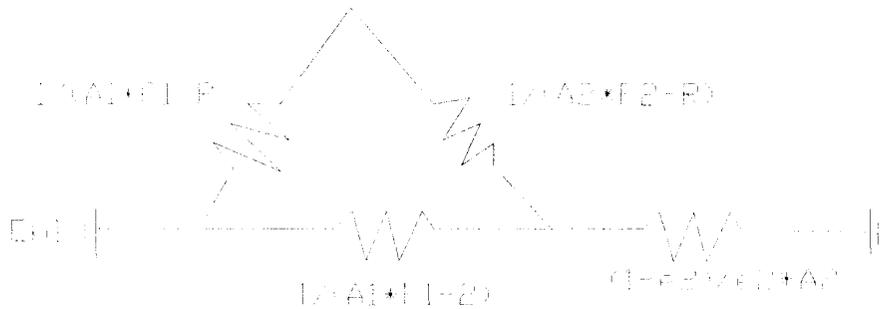


FIGURA 3.3 REPRESENTACIÓN EN RED DEL RECINTO EN EL INTERIOR DEL TÚNEL.

Entonces el flujo de calor entre las superficies 2 y 1 estará dado por:

$$Q_{2-1} = A_2 * \sigma_{2-1} * (Eb_2 - Eb_1)$$

$$Q_{2-1} = \frac{1}{\frac{1 - \epsilon_2}{\epsilon_2 * A_2} + \frac{1}{A_2 * F_{2-1}} + \frac{1}{\frac{1}{A_2 * F_{2-R}} + \frac{1}{A_1 * F_{1-R}}}} * (Eb_2 - Eb_1) \quad \text{ec. 3.13}$$

Se tienen los siguientes datos:  $A_1 = 0.148 \text{ m}^2$ ,  $A_2 = 0.366 \text{ m}^2$ ,  $A_R = 1.14 \text{ m}^2$ ,  $T_2 = 130^\circ \text{ C}$ ,  $T_1 = 25^\circ \text{ C}$ ,  $\sigma = 5,67 \text{ E-08 W/m}^2 \cdot \text{°K}^4$ .

Se comenzara determinando los factores de forma requeridos entre las superficies mediante la figura 3.3 que da los factores de forma para rectángulos paralelos con una orilla en común lo que da:

TABLA 4

FACTORES DE FORMA ENTRE LAS SUPERFICIES DEL RECINTO DEL  
TÚNEL DE TERMOCONTRACCIÓN

Superficies	Entre 2 y 1	Entre 2 y R
Z/X	0.925	0.37
Y/X	2.5	0.4
Factor de forma	0,1	0.25

El factor de forma  $F_{1-R}$  se lo determinara de la siguiente ecuación:

$$F_{1-R} = 1 - F_{1-2}$$

$$F_{1-2} = \frac{A_2 * F_{2-1}}{A_1}$$

$$F_{1-2} = 0.271$$

$$F_{1-R} = 1 - 0.271$$

$$F_{1-R} = 0.729$$

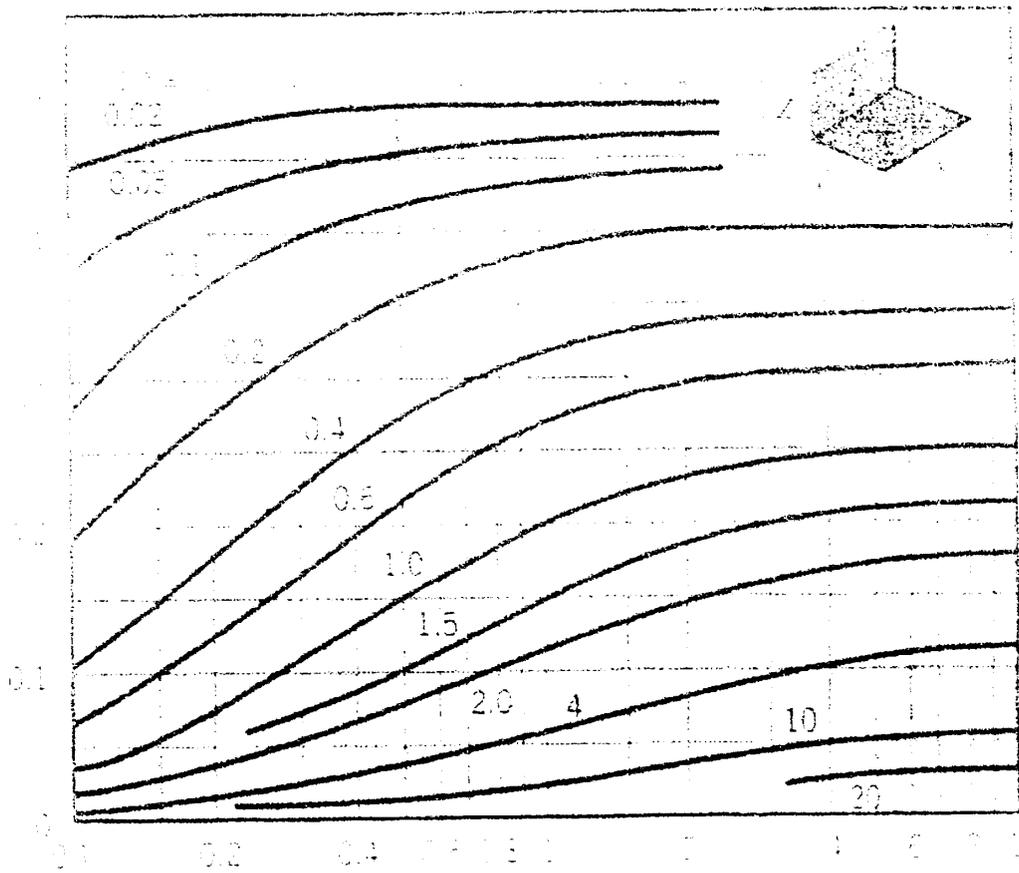


FIGURA 3.4 FACTOR DE FORMA PARA RECTÁNGULOS PARALELOS CON UNA ORILLA COMÚN (3).

$$Q_{2-1} = 2.9W$$

$$Q_{radiación} = 2 * Q_{2-1} \quad \text{ec. 3.14}$$

$$Q_{radiación} = 5.8W$$

### 3.1.4. Pérdidas por Aberturas de Cortinas

Para determinar las pérdidas por aberturas de cortinas se considerará lo siguiente:

-La presión en el interior es igual a la presión atmosférica.

En el ingreso de cada paquete las cortinas se desplazan hacia el interior y luego de entrar completamente el paquete estas retornan a su posición inicial desplazando un volumen de aire hacia el exterior, de igual manera al salir el paquete estas ingresan un volumen de aire hacia el interior

El volumen desplazado al ingreso y a la salida del paquete será:

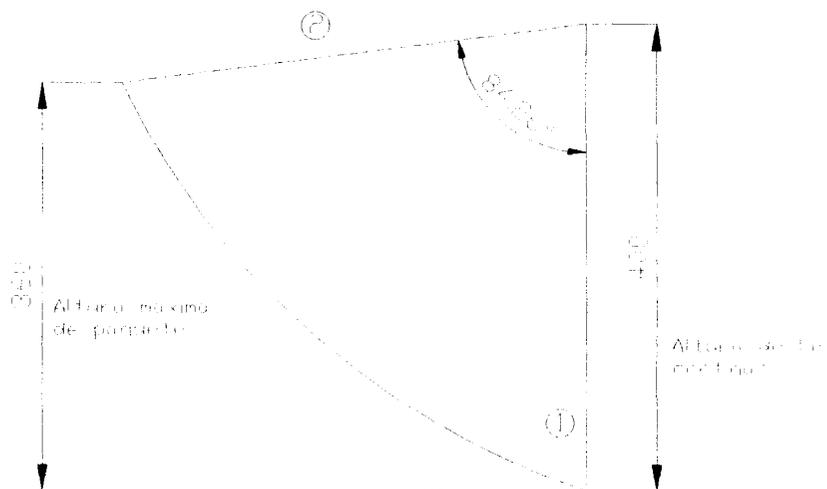


FIGURA 3.5 DIAGRAMA DEL MOVIMIENTO DE CORTINAS AL INGRESO DE PAQUETES.

En la Figura 3.4 se puede observar el desplazamiento de la cortina desde la posición 1 hasta la posición 2 una vez que el paquete ha ingresado totalmente estas retornan desplazando un volumen de aire hacia el exterior que será igual a:

$$\forall = A_{\text{arco}} * w_{\text{paquete}} \quad \text{ec. 3.15}$$

$A_{\text{arco}}$  = área del arco ( $m^2$ )

$w_{\text{paquete}}$  = ancho del paquete (m)

$$\forall = A_{\text{arco}} * w_{\text{paquete}}$$

$$\forall = \frac{\pi * h^2 * \theta}{360} * w_{\text{paquete}}$$

$$\forall = 0.03465 m^3$$

El flujo volumétrico se determinará en base a la producción requerida que es de 20 paquetes/ minuto:

$$\overset{\circ}{\forall} = 0.033 \frac{m^3}{\text{paquete}} * 20 \frac{\text{paquetes}}{\text{minuto}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

$$\overset{\circ}{\forall} = 0.011 m^3 / s$$

La energía que se pierde al desplazar los volúmenes de aire a la entrada y a la salida serán:

$$Q = \overset{\circ}{\forall} * (\rho_{\text{temperatura ambiente}} - \rho_{\text{temperatura horno}}) * C_p * (T_{\text{horno}} - T_{\text{ambiente}}) \quad \text{ec. 3.16}$$

donde  $C_p$  se evalúa a la temperatura ambiente.

$$Q = 0.011 * (1.183 - 0.6964) * 1007 * (225 - 25) \text{ (W)}$$

$$Q = 1157,2 \text{ W}$$

La caída de presión en los ductos estará dada por

$$\Delta P = f * \frac{\rho * u_m^2}{2 * D_h} * H \quad \text{ec. 3.17}$$

el coeficiente de fricción estará en función del número de Reynolds:

$$f = (0.79 \ln Re_D - 1.64)^{-2} \quad 3000 \leq Re_D \leq 5 \times 10^6 \quad \text{ec 3.18}$$

$$Re_D = \frac{4 * \dot{m}}{\pi * D_h * \mu} \quad \text{ec 3.19}$$

$$Re_D \rightarrow f(\dot{m})$$

### 3.1.5. Calor Entregado al Flujo de Aire de la Turbina

Para determinar el calor que se entregará al flujo de aire se tiene el siguiente grupo de ecuaciones que luego mediante una hoja de cálculo se iterará hasta que cumplan con el balance de energía

De este análisis tenemos las siguientes ecuaciones con las cuales luego se iterará en base al flujo másico de aire que se asuma hasta que se cumpla el balance de energía.

$$E_{\text{paquete}} + E_{\text{perdidas}} = E_{\text{aire}}$$

$$Q = \dot{m} * C_p * (T_{\text{componente}} - T_{o \text{ componente}}) \quad \text{ec. 3.1}$$

$$T_{componente} = \frac{\left( T_{horno} - \frac{T_{o\ componente}}{2} \right) * \left( \frac{A_{convección}}{R_{total}} \right) + m * C_p * T_{o\ componente}}{\left( m * C_p + \frac{A_{convección}}{2 * R_{componente}} \right)}$$

ec. 3.2

$$T_{componente} \rightarrow f(R_{componente}) \rightarrow f(h_i) \rightarrow f(m)$$

$$T_{recirculación} = T_{horno} - \frac{\sum \left[ m * C_p * (T_{componente} - T_{o\ componente}) \right]_{componentes}}{\left[ m * C_p \right]_{aire}}$$

ec 3.3

$$T_{recirculación} \rightarrow f(T_{componente}, m_{aire})$$

$$T_{entrada\ recinto\ resistencias} = T_{recirculación} - \frac{A(T_{recirculación} - T_4)}{\frac{1}{h_i} + (2 * e/k)_{acero} + (e/k)_{aislamiento}} \cdot \frac{1}{\left[ m * C_p \right]_{aire}}$$

ec 3.4

$$T_{entrada\ recinto\ resistencias} \rightarrow f(m_{aire}, h_i, T_{recirculación})$$

$$h_i = 0.023 \left( \frac{4 * m}{\pi * D_h * \mu} \right)^{0.8} \left( \frac{\mu * C_p}{k} \right)^{0.4} * \left( \frac{k}{D_h} \right)$$

ec 3.8

$$h_i \rightarrow f(m)$$

$$e_2 = k_2 \left[ \frac{(T_a - T_4)}{a * (T_4 - T_a)^{1.25} + 5.67 * e * \left[ \left( \frac{T_4 + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_a + 273}{100} \right)^4 \right]} - \frac{1}{h_i + \frac{e_1}{k_1} + \frac{e_3}{k_3}} \right] \text{ ec. 3.9}$$

$$e_2 \rightarrow f(h_i)$$

$$Q_{\text{perdidas pared}} = \frac{(T_a - T_1) * A}{\frac{1}{h_i + \frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3}}} \quad (W) \text{ ec 3.10}$$

$$Q_{\text{perdidas pared}} \rightarrow f(h_i, e_2)$$

$$\Delta P = f * \frac{\rho * u_m^2}{2 * D} * L \text{ ec. 3.17}$$

$$f = (0.79 \ln \text{Re}_D - 1.64)^{-2} \quad 3000 \leq \text{Re}_D \leq 5 \times 10^6 \text{ ec 3.18}$$

$$\text{Re}_D = \frac{4 * \frac{\dot{m}}{2}}{\pi * D_h * \mu} \text{ ec 3.19}$$

$$\text{Re}_D \rightarrow f(m)$$

Con este grupo de ecuaciones se iteró mediante el uso de una hoja de cálculo se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA 5

RESULTADOS DE VARIABLES UTILIZADAS EN LAS ECUACIONES DE  
BALANCE DE ENERGÍA

<b>Variables</b>	<b>Valores</b>
Flujo de aire (Kg/s)	0,1195
hi (W/m <sup>2</sup> .°K)	30.77
espesor aislamiento (mm)	22
Velocidad (m/s)	10.35
T recirculación (°C)	90.626
Reynolds	32954.6
factor de fricción	0,0229
Caída de presión (Pa)	16.88

-Con estos valores las perdidas serán:

TABLA 6

RESULTADOS DE PERDIDAS DE CALOR.

<b>Q perdidas</b>	<b>Valor</b>
Q paredes (W)	362.65
Q aberturas cortinas (W)	1157.18
Q radiación (W)	5,819
TOTAL (W)	1525.67

Entonces la Energía requerida para el flujo de aire será:

$$Q_{aire} = Q_{perdidas} + Q_{paquetes}$$

$$Q_{aire} = 1525.67 + 16356.62$$

$$Q_{aire} = 17883.10 \text{ W}$$

### 3.2. Cálculo y Selección de Resistencias Eléctricas

El calentamiento de piezas por resistencias eléctricas puede ser directo, cuando la corriente eléctrica pasa por las piezas, o indirecto, cuando las piezas se calientan por radiación, convección o una combinación de ambas, procedente de las resistencias propiamente dichas dispuestas en las proximidades de las piezas.

En la Figura 3.6 y 3.7 se muestran dos tipos de equipos de calentamiento por resistencia directa. La pieza se somete a una corriente eléctrica de baja tensión, tomada del secundario de un transformador provisto de varias tomas para adaptarse a diferentes secciones y/o distintos materiales o aleaciones. El de la izquierda es de funcionamiento intermitente, aplicándose sobre las piezas unas mordazas de contacto para paso de la corriente eléctrica a la pieza. El de la derecha es de funcionamiento continuo para calentamiento de varillas, alambres, etc., aplicándose sobre la pieza unas roldanas de cobre, normalmente refrigeradas por agua,

que conducen la corriente eléctrica a la pieza e, incluso, pueden servir de elemento de arrastre continuo del material.

El calentamiento por resistencia directa es adecuado para piezas metálicas de gran longitud y sección pequeña y uniforme, tales como barras, palanquillas, varillas, alambres y pletinas. Como se obtienen tiempos de calentamiento muy cortos, pueden acoplarse los equipos a la cadencia de laminación, forja o conformado en caliente.

La distribución de temperatura en la sección de la pieza se puede ajustar por el tiempo de calentamiento, y es posible obtener en el centro una temperatura ligeramente superior a la de la superficie. Durante el corto tiempo de calentamiento la oxidación superficial es despreciable y tampoco se produce una descarburación superficial que afecte a la calidad.

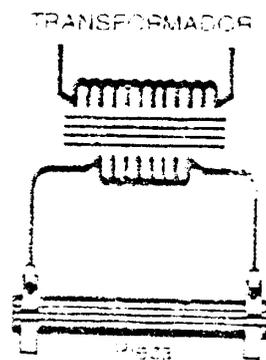


FIGURA 3.6 MORDAZAS DE APRIETE

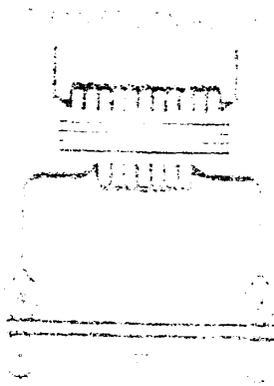


FIGURA 3.7 ROLDANAS DE CONTACTO

En la industria es mucho más frecuente el calentamiento indirecto por resistencias eléctricas. Dichas resistencias pueden ser:

1. Barras, varillas, alambres o pletinas, dispuestos en las paredes de la cámara de calentamiento del horno, transmitiendo calor a las piezas por radiación.
2. Paquetes de resistencias de los mismos materiales que transmiten el calor por convección al aire o gases, y de éstos, también por convección, a las piezas.
3. Los mismos materiales, dispuestos en el interior de tubos radiantes, cuando la atmósfera interior del horno sea perjudicial para una vida razonable de las resistencias expuestas directamente.

4. Resistencias blindadas, dispuestas en el interior de fundas metálicas de pequeño diámetro con un material cerámico de llenado de las fundas metálicas. Se adquieren de fabricantes especializados y, normalmente, se aplican a temperaturas inferiores a las de las anteriores.

En la Figura 3.8 se muestra una disposición típica de resistencias de alambre o pletina en las paredes laterales de un horno de carro para tratamientos térmicos hasta una temperatura máxima de 1.100 °C. Las resistencias van dispuestas en las paredes laterales y están construidas con varillas gruesas debidamente plegadas y colgadas de ganchos. El horno dispone de una zona única de regulación de temperatura.

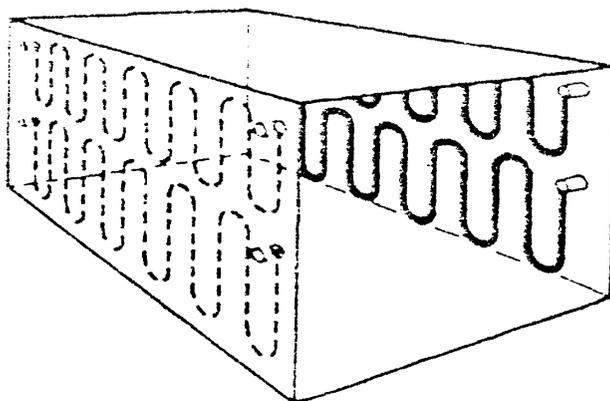


FIGURA 3.8 DISPOSICIÓN TÍPICA DE RESISTENCIAS DE CALENTAMIENTO INDIRECTO.

Las resistencias metálicas de alambre en espiral o pletina plegada, como se muestra en la Figura 3.9, se colocan frecuentemente sobre soportes cerámicos adecuados.



FIGURA 3.9 ALAMBRE EN ESPIRAL Y PLETINA DELGADA SOBRE SOPORTES CERÁMICOS.

El calentamiento por convección de aire o gases, para transmitir después calor a las piezas, también por convección, se realiza en calentadores con las resistencias de alambre o pletina dispuestas en bastidores metálicos con los soportes cerámicos correspondientes, o en calentadores tipo puercoespín, tal como se muestran en la Figura 3.10.

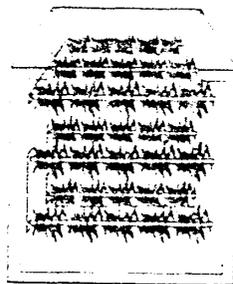


FIGURA 3.10 CALENTADOR DE AIRE TIPO PUERCOESPÍN.

Alcanzan temperaturas de  $700^{\circ}\text{C}$  en un tiempo muy reducido, requiriendo, para la misma potencia, un espacio mucho menor que con bastidores de resistencias.

En la Figura 3.11 se representa en sección un tubo radiante típico de acero refractario, en cuyo interior se dispone la resistencia eléctrica de alambre arrollado en espiral, colocada sobre un soporte cerámico. Los tubos radiantes van colocados en la bóveda del horno.



FIGURA 3.11 TUBO RADIANTE CON RESISTENCIA DE ALAMBRE EN ESPIRAL SOBRE SOPORTE CERÁMICO.

Finalmente, en la Figura 3.12 se muestran resistencias blindadas comerciales, típicas para calentamiento de líquidos en baños, tanques de temple, precalentadores de combustión, etc. que en el caso de calentamiento de gases van provistos, normalmente, de aletas para aumentar la superficie de intercambio.

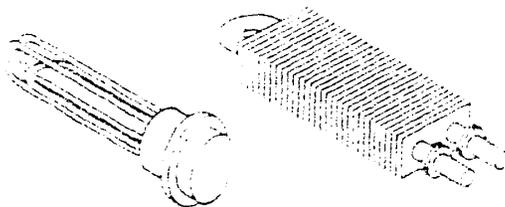


FIGURA 3.12 RESISTENCIAS BLINDADAS

En resumen, de lo que antecede se deduce la clasificación de las resistencias de calentamiento indirecto en:

- metálicas,
- no metálicas,
- tubos radiantes y
- resistencias blindadas.

### **A. Selección de Resistencias Eléctricas.**

Para el túnel se seleccionarán resistencias blindadas con aletas para aumentar la superficie de intercambio dado que son utilizadas para hornos a bajas temperaturas.

#### **Resistencias Blindadas.**

Son esencialmente diferentes, en su concepción y en su comportamiento, de las resistencias metálicas y no metálicas anteriores e, incluso, de los tubos radiantes. Una resistencia blindada se muestra esquemáticamente en la Figura 3.13.

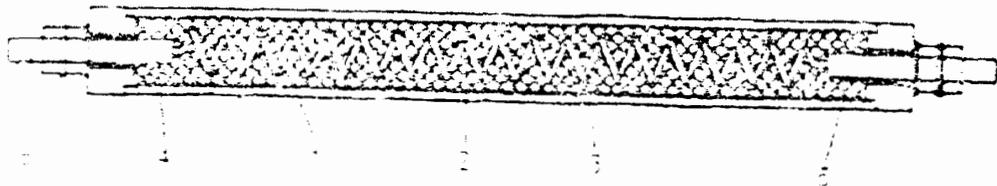


FIGURA 3.13 SECCIÓN DE RESISTENCIA BLINDADA TÍPICA.

La resistencia propiamente dicha (3) está embebida en una masa refractaria (2) de magnesia electro fundida dentro de una funda metálica (1), completándose con los terminales (4) y los elementos de cierre estanco (5) y de aislamiento (6).

En hornos se emplean únicamente para bajas temperaturas, ya que la potencia eléctrica de la resistencia debe pasar por conducción a través de la masa cerámica y de la funda metálica y, por convección y/o radiación del exterior de la funda metálica a la carga o interior del horno.

Las fundas metálicas suelen ser de latón, acero al carbono, inoxidable o refractario y, en casos especiales, de titanio. También pueden ser cerámicas de pirex.

Además de magnesia electro fundida, en los últimos años se han desarrollado resistencias blindadas de nitruro de boro que tiene una débil conductividad eléctrica pero una buena conductividad térmica, lo que permite emplear cargas específicas superficiales diez veces superiores a las resistencias blindadas convencionales. Se ha llegado en el calentamiento de sodio líquido hasta 450 °C a cargas de 250 W/cm<sup>2</sup>.

Para calentamiento de aire o gases se utilizan resistencias blindadas provistas de aletas que aumentan considerablemente la superficie de intercambio (véase Figura 3.14), pero debe asegurarse la ausencia de polvo o

condensados que se depositen entre aletas, lo que daría lugar a una rápida destrucción de la resistencia.



FIGURA 3.14 RESISTENCIA BLINDADA.

La carga específica varía de 1 a 4 W/cm<sup>2</sup> para aire forzado dependiendo de la temperatura del horno o equipo de calentamiento. Su potencia unitaria máxima es de unos 4 kW.

Es frecuente, en hornos de baja temperatura, disponer de baterías de resistencias de aletas (véase Figura 3.15), que deben estar provistas de elementos de control que limiten la temperatura máxima de la batería con independencia de la temperatura del horno. Pueden alcanzar potencias elevadas.

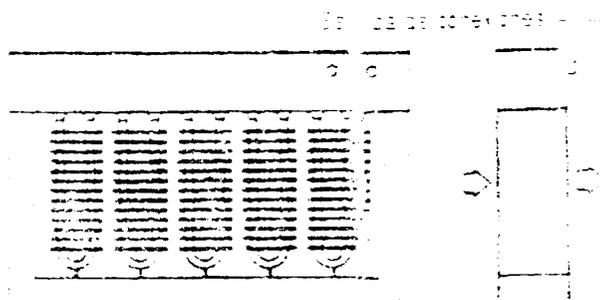


FIGURA 3.15 BATERÍA DE RESISTENCIAS DE ALETAS.

Para calentamiento de líquidos se emplean los diversos tipos de resistencias blindadas que se muestran en la Figura 3.16.

Para agua se puede llegar a cargas específicas de  $10-15 \text{ W/cm}^2$ , por lo que conviene que las fundas sean de acero inoxidable y las resistencias fácilmente desmontables.

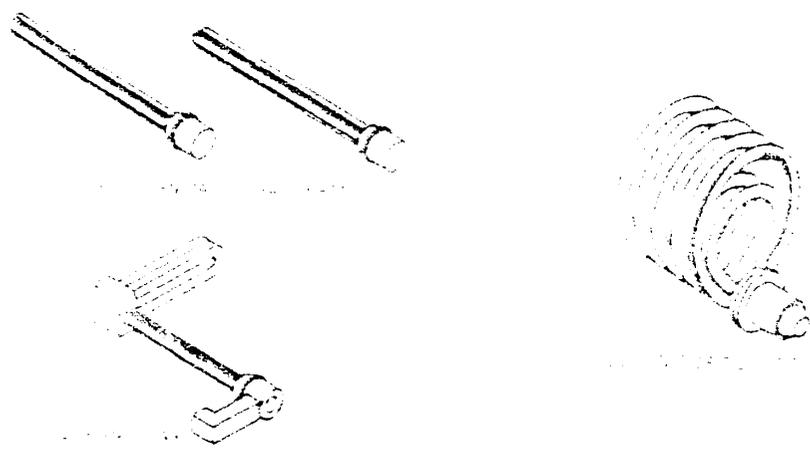


FIGURA 3.16 DIVERSOS TIPOS DE CALENTADORES DE LÍQUIDOS.

En baños de lavado, muy empleados en línea con hornos de tratamientos térmicos, la carga se reduce a  $3-6 \text{ W/cm}^2$  y aún es menor en tanques de temple en aceite ( $2-4 \text{ W/cm}^2$  para aceite a  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $1,5-2 \text{ W/cm}^2$  para aceite caliente a  $180-200 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Estos mismos tipos de resistencias blindadas se utilizan en el calentamiento de alquitranes, breas y fuel óleo (equipos de precalentamiento del combustible a  $100-180 \text{ }^\circ\text{C}$  previo a la atomización en los quemadores). La carga específica es de  $1-2 \text{ W/cm}^2$ .

## **B. Cálculo de Resistencias eléctricas.**

La energía que proporcionarán las resistencias debe ser:

$$E_R \geq 17884W$$

Del Apéndice C buscando uniformidad de entrega de energía en ambos lados del túnel y con la energía requerida se seleccionarán las resistencias de 1500 W por lo que el número de resistencias será:

$$N = \frac{E_R}{E_r} = \frac{17884}{1500} = 11.9$$

Del resultado obtenido el número de resistencias requerido para el Túnel de termo contracción serán 12 distribuidas 6 en cada lado.

## **3.3. Cálculo y Selección de Turbina de Aire y Motor**

### **Disposiciones de la Ventilación forzada.**

El aire o la atmósfera protectora se hace circular en el interior del horno mediante grupos motor-ventilador adecuados, a la velocidad previamente determinada a través de la carga, realizándose el calentamiento del aire o gas protector a su paso por las resistencias, normalmente separadas de la cámara útil del horno mediante la interposición de deflectores y convectores.

Es muy importante que el reparto del caudal de aire sea uniforme dentro de la carga, lo que obliga, por parte del constructor, a instalar los elementos adecuados en el horno y, por parte del usuario, a cargar el horno adecuadamente, sin zonas muertas que den lugar a cortocircuitos de aire, ni excesiva densidad de la carga que impida el paso del aire por falta de presión adecuada en el ventilador.

En las Figuras 3.17 a 3.21 se muestran disposiciones típicas en hornos de circulación forzada.

Figura 3.17. Circulación vertical, ventilador centrífugo, típicos de un horno de pozo con las piezas colgadas (se requiere deflector metálico) o en cestas que deben impedir el cortocircuito superior mediante el apoyo sobre la cesta superior de la pantalla situada debajo del ventilador.

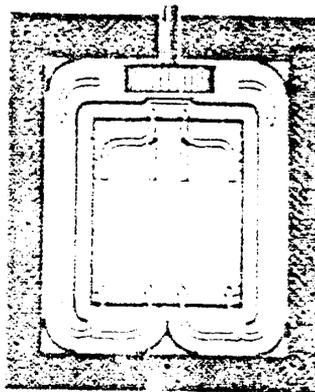


FIGURA 3.17 HORNO DE CONVECCIÓN ,CIRCULACIÓN VERTICAL,  
VENTILADOR CENTRÍFUGO.

Figura 3.18. Muy adecuada para el calentamiento de placas y chapas gruesas de aleación de aluminio. Es fundamental un reparto uniforme entre las diferentes capas de la carga, lo que se consigue ajustando los deflectores desde el exterior y colocando soportes de carga idénticos entre placas. Además, es necesario tener en cuenta el mayor calentamiento por radiación de las cargas superior e inferior.

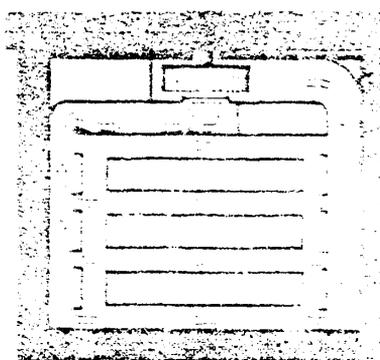


FIGURA 3.18 HORNO DE CONVECCIÓN, CIRCULACIÓN HORIZONTAL  
,VENTILADOR CENTRÍFUGO.

Figura 3.19. Típica del calentamiento de redondos de aluminio para extrusión. Algunos constructores emplean con ventaja ventiladores axiales situados en la cámara superior del horno los cuales permiten la circulación del aire en los dos sentidos, con la consiguiente reducción del tiempo de calentamiento.

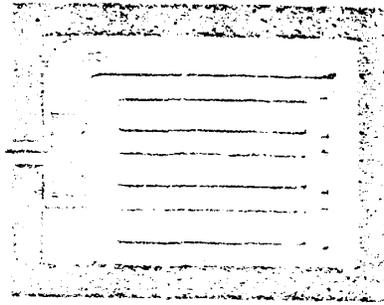


FIGURA 3.19 HORNO DE CONVECCIÓN, CIRCULACIÓN HORIZONTAL,  
VENTILADOR CENTRÍFUGO.

Figura 3.20. La circulación del aire o gas protector es horizontal hacia el interior de la cámara útil, y vertical a través de las piezas dispuestas en bandejas o contenedores. Es difícil evitar con cargas densas que las partes extremas de las bandejas tengan una circulación sensiblemente inferior a las centrales, lo que exige una carga cuidadosa de los contenedores.

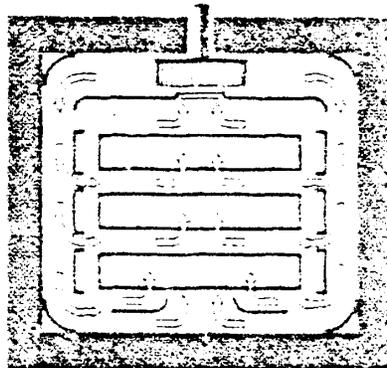


FIGURA 3.20 HORNO DE CONVECCIÓN ,CIRCULACIÓN HORIZONTAL-  
VERTICAL, VENTILADOR CENTRÍFUGO.

Figura 3.21. Características de hornos de tratamiento de perfiles extruidos de aleación ligera. La turbina puede ser helicoidal, por la débil pérdida de carga del circuito de aire, y la circulación hacerse en los dos sentidos, aunque los caudales no serán idénticos. El horno puede disponerse verticalmente, colocando la carga colgada, u horizontalmente, en cuyo caso ésta debe hacerse cuidadosamente para llenar uniformemente la cámara del horno.

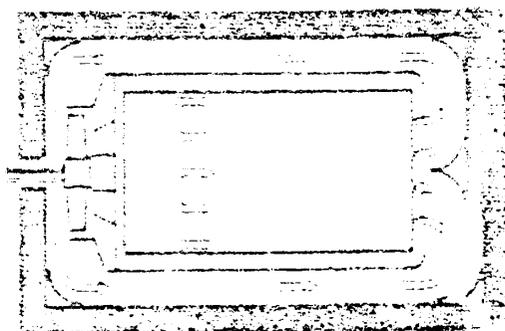


FIGURA 3.21 HORNO DE CONVECCIÓN, VENTILADOR AXIAL, PIEZAS ALARGADAS.

### Ventiladores de recirculación

Los ventiladores utilizados en hornos se clasifican en dos tipos: centrífugos (de alabes rectos, curvados hacia adelante o curvados o rectos hacia atrás), y axiales. Un ventilador está definido por su curva característica que relaciona el caudal en abscisas con la presión estática en ordenadas. Se suelen añadir curvas que dan el rendimiento y la potencia absorbida (véase Figura 3.22).

Corresponden a una velocidad de giro determinada, y se representan diferentes familias de curvas para diversas r. p. m. (revoluciones por minuto).

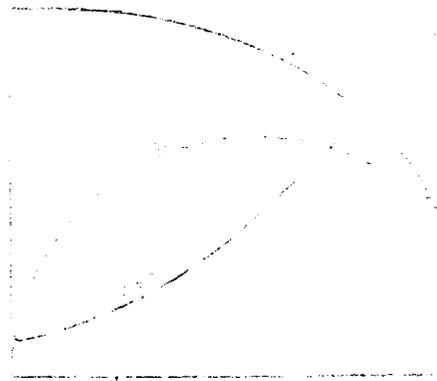


FIGURA 3.22 CURVAS CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE VENTILADOR CENTRÍFUGO.

Tan importante como la curva característica del ventilador es la curva caudal-presión del circuito interior del horno para diferentes condiciones de la carga. Como la pérdida de presión es proporcional al cuadrado de la velocidad, al aumentar el caudal, aumenta mucho más la presión requerida en el circuito, la cual debe corresponder a la presión estática dada por el ventilador.

Se combinan ambas curvas (horno y ventilador) como se muestra en la Figura 3.23. Si la curva correspondiente a una carga es  $B$  y la del ventilador  $A$ , el punto de funcionamiento es el  $P$ . Si para el mismo ventilador la carga es más densa (curva  $B'$ ), el punto de funcionamiento es el  $P'$ . Si para la carga anterior

(curva B) se utiliza otro ventilador o el mismo a otras r.p.m. (curva A'), el nuevo punto de funcionamiento será el  $P''$ .

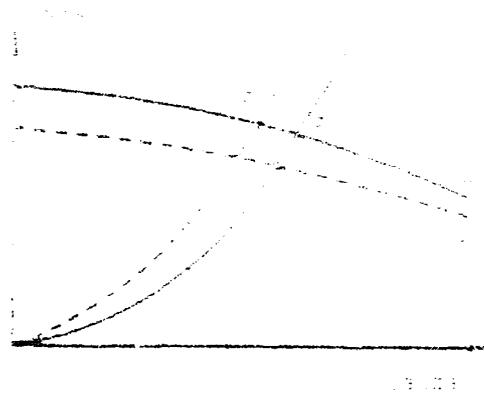


FIGURA 3.23 CARACTERÍSTICAS CAUDAL-PRESIÓN DEL VENTILADOR Y EL CIRCUITO DE AIRE PARA UNA TEMPERATURA DADA.

### Selección de Turbina de aire

Para seleccionar la turbina de aire se tiene para el túnel el siguiente caudal y caída de presión:

Flujo de aire (m <sup>3</sup> /h)	611.89
Caída de presión (Pa)	16.8

Entonces del Apéndice D se escogerá una turbina SE 200 x 82 con un punto de máximo rendimiento a 1500 rpm donde maneja un caudal de 750 m<sup>3</sup>/h y una caída de presión de de 400 Pa.

Esta turbina tiene las siguientes características:

-Construidas en acero galvanizado.

-Rotación horaria Standard.

-Temperatura de utilización de hasta 300 °C



### **Cálculo del motor de la Turbina**

Para seleccionar el motor requerido se tiene los siguientes datos de la turbina seleccionada:

SE 200 x 82 con un punto de máximo rendimiento a 1500 rpm donde maneja un caudal de 750 m<sup>3</sup>/h y una caída de presión de de 400 Pa.

La potencia del motor será:

$$P = C * \Delta P$$

$$P = 750 * 400$$

$$P = 83.33 \text{ W}$$

Considerando una eficiencia del motor del 70 % entonces la potencia requerida por el motor será:

$$P = \frac{83.33}{0.7}$$

$$P = 119 \text{ W}$$

$$P = 0.16 \text{ HP}$$

Entonces para el túnel se utilizará un motor de 0.119Kw.

### 3.4. Diseño de Sistema de Transportación

#### 3.4.1. Cálculo y Selección de Banda Transportadora

El sistema que se utilizará es un transportador de mediante banda de rodillos (ver planos), el requerimiento del sistema es :

$$V=6 \text{ m/min.}$$

La potencia de transportación viene dada por:

$$P = c * f * l * (q_g * v + Q_m * g)$$

P=Potencia motriz

c=Coeficiente de perdidas por fricción fricción de cojinetes ,cadena,etc, c depende de la longitud del transportador (APENDICE E).

$l$  = longitud de transporte

$f$  = Coeficiente de fricción , (APENDICE F)

$q_g$  = peso de la banda por metro de transporte

$v$  = velocidad de la banda

$Q_m$  = Gasto de masa

$g$  = aceleración gravitacional

Se comenzará determinando las cargas que actúan sobre el transportador:

-Carga debida al peso de los paquetes:

Con  $Q_m = 6.3353 \text{ Kg/s}$ , la capacidad máxima será:

$$m_{\text{paquete}} = m_{\text{paquete}} \cdot t$$

$$m_{\text{paquete}} = 6.3353 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} \cdot 20 \text{s}$$

$$m_{\text{paquete}} = 126.71 \text{ Kg}$$

-Carga de Banda de rodillos:

Se considerará las siguientes dimensiones de los rodillos:  $\phi_{\text{externo}} = 2 \text{ cm}$  ,  $e = 3 \text{ mm}$  ,  $L = 40 \text{ cm}$  ; el espaciamiento entre rodillos será de  $s = 3 \text{ cm}$  y el material es Aluminio aleación 2219 con  $\rho = 2702 \text{ Kg/m}^3$ .

$$m_{\text{rodillo}} = V \cdot \rho$$

$$m_{\text{rodillo}} = (\pi \cdot \phi \cdot L \cdot e) \cdot \rho$$

$$m_{\text{rodillo}} = (\pi \cdot 0.02 \cdot 0.4 \cdot 0.003) \cdot 2702$$

$$m_{\text{rodillo}} = 0.204 \text{ Kg}$$

El número de rodillos será:

$$N_{\text{rodillos}}^{\circ} = \frac{L}{\phi + s}$$

$$N_{\text{rodillos}}^{\circ} = \frac{3.86}{(0.02 + 0.03)}$$

$$N_{\text{rodillos}}^{\circ} = 78 \text{ rodillos}$$

$$W_{\text{rodillos}} = N_{\text{rodillos}}^{\circ} * m_{\text{rodillo}} * g$$

$$W_{\text{rodillos}} = 90 * 0.204 \text{ Kg} * 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$W_{\text{rodillos}} = 156 \text{ N}$$

Para una longitud aproximada de 3.83l peso de la cinta por metro de transporte será:

$$q_G = \frac{156}{3.83}$$

$$q_G = 41 \text{ N/m}$$

Del Apéndice E el valor de c es c=9.

Del Apéndice F el valor de f es f=0.27

La longitud del transportador es de 2m.

$$P = 9 * 0.27 * 2 * (41 * 0.1 + 6.34 * 9.81)$$

$$P = 323 \text{ W}$$

Del Apéndice G el factor de servicio para Transportadores de carga variable de servicio normal es 1.3 la potencia requerida será:

$$P = 0.323 * 1.3$$

$$P = 0.42 \text{ Kw}$$

Cálculo de la máxima tensión que la cadena soportará

$$P = F * v$$

$$F = \frac{P}{v}$$

$$F = \frac{420}{0.1}$$

$$F = 4200N$$

Cálculo de las revoluciones del piñón conducido se asume un diámetro de 40 mm :

$$v = \frac{\pi * D * n}{60}$$

$$n = \frac{60 * v}{\pi * D}$$

$$n = \frac{60 * 0.1}{\pi * 0.04}$$

$$n = 48 \text{ rpm}$$

Ahora se determinará el diámetro mínimo del eje de transmisión:

El torque máximo será:

$$T = F * D / 2$$

$$T = 4200 * 0.04 / 2$$

$$T = 84N.m$$

Considerando un material SAE 1018 para el eje y un factor de seguridad  $n=1.5$  el esfuerzo máximo será:

$$\tau_{\max} = \frac{0.5 * S_y}{n}$$

$$\tau_{\max} = \frac{0.5 * 220 \text{MPa}}{1.5}$$

$$\tau_{\max} = 73.33 \text{MPa}$$

De la ecuación elástica de torsión tenemos que:

$$\frac{J}{c} = \frac{T}{\tau_{\max}}$$

Y el momento polar de inercia para un eje de radio c es:

$$\frac{J}{c} = \frac{\pi * c^3}{2}$$

Iguando estas dos ecuaciones determinamos el radio mínimo requerido por el eje.

$$\frac{T}{\tau_{\max}} = \frac{\pi * c^3}{2}$$

$$c^3 = \frac{2 * T}{\tau_{\max} * \pi}$$

$$c^3 = \frac{2 * 84 \text{N.m}}{73.33 \times 10^6 * \pi}$$

$$c^3 = 7.37 \times 10^{-7}$$

$$c = 9 \text{ mm}$$

Entonces el diámetro mínimo del eje es  $d=18\text{mm}$ , en este diseño se considerará un diámetro de 20 mm.

Con esto se procederá a seleccionar las chumaceras de apoyo del eje, para ello se tiene los siguientes datos:

$$\Phi_{\text{eje}} = 20\text{mm}$$

$$w = 48 \text{ r.p.m}$$

$$F=1385 \text{ N}$$

Se considerará lo siguiente:

Del Apéndice H,  $f_h$  para transportes está en el rango 2-3 por lo que se escogerá  $f_h=2.5$ ,  $L_{10}=7813$  horas

Como solo existe carga radial, los rodamientos serán rígidos de bolas, del Apéndice I tenemos que  $p=3$ .

Como  $F_a=0$  entonces  $P=Fr=F$

Del apéndice H Se tiene la siguiente expresión para calcular la capacidad básica de carga dinámica.

$$C = \left( \frac{L_{10} \cdot 60 \cdot n}{10^6} \right)^{1/p} * P$$

$$C = \left( \frac{7813 * 60 * 48}{10^6} \right)^{1/3} * 1385$$

$$C = 3910 \text{ N}$$

Como son rodamientos para carga radial  $C_r = C = 4000 \text{ N}$ , del Apéndice K y con el diámetro del eje se determinará el rodamiento adecuado, así como la chumacera correspondiente del Apéndice J, las cuales serán del tipo C-F por permitir un fácil montaje.

Rodamiento tipo abierto 6804, con  $C_r = 4000 \text{ N}$

Chumacera UCFL204D1.

### 3.4.2 Cálculo y Selección de Motor y Caja Reductora

El motor y reductor debe cumplir con las siguientes características:

$$P=0.42 \text{ Kw}$$

Del Apéndice L seleccionamos una caja reductora H-100, 0.42Kw ,900 r.p.m relación 1:10, con 90 rpm de salida.

Se seleccionarán los piñones para ello se tienen los siguientes datos:

$$W_{\text{reductor}} = 90 \text{ rpm}$$

$$w_{\text{piñon}} = 48 \text{ rpm}$$

$$P_{\text{motor}} = 0.42 \text{ Kw}$$

La relación de velocidades será:

$$r = \frac{W_{\text{reductor}}}{W_{\text{piñon}}}$$
$$r = \frac{90}{48}$$
$$r = 1.875$$

Del Apéndice M con  $P_{\text{motor}} = 0.42\text{Kw}$  y  $W_{\text{piñon conductor}} = 90 \text{ rpm}$  se seleccionará un piñón conductor Tipo BS N° 40 -1 ,1/2" paso con 19 dientes.

Con la relación de velocidades el número de dientes del piñón conducido será:

$$N_{\text{piñon conducido}} = r * N_{\text{piñon conductor}}$$
$$N_{\text{piñon conducido}} = 1.875 * 19$$
$$N_{\text{piñon conducido}} = 36 \text{ dientes}$$

Del Apéndice N se seleccionará un piñón Tipo BS N° 40-1 ,1/2" paso con 36 dientes.

Del Apéndice N se seleccionarán los piñones para la banda transportadora que son del Tipo BS N° 40-1 , 1/2" paso con 9 dientes .

Se procederá a determinar el largo de la cadena para la Banda transportadora y luego el largo de cadena para el piñón conductor y el piñón conducido para ello tenemos los siguientes datos:

-Cadena Banda Transportadora

En base al Plano N° 53  $L_{\text{cadena rodillos}} = 3826\text{mm}$ .

Se necesitará una cadena N° 40-1 (paso =1/2"=12.7mm) con una longitud total de 3826 mm.

-Cadena de Piñones conductor y conducido

$W_{\text{piñon conductor}} = 90 \text{ rpm}$

$P_{\text{motor}} = 0.42 \text{ Kw} = 0.56\text{Hp}$

Del Apéndice O tenemos la siguiente fórmula para determinar el largo de la cadena L :

$$L = 2C + \frac{N+n}{2} + \frac{A}{C}$$

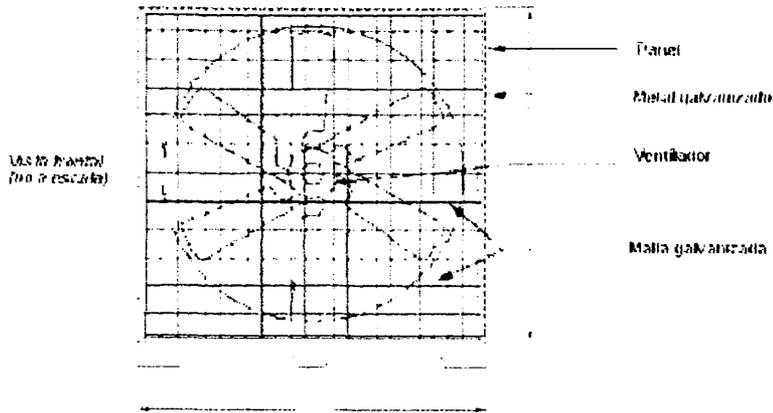
Con  $N-n=17$  entonces  $A=7.32$ , se considerará una distancia entre centros de  $C=0.35 \text{ m} = 13.77''$ , número de dientes piñón conducido  $N=36$ , número de dientes de piñón conductor  $n=19$ , la longitud de la cadena será:

$$L = 2C + \frac{N+n}{2} + \frac{A}{C}$$
$$L = 2 * 13.77 + \frac{36+19}{2} + \frac{7.32}{9.84}$$
$$L = 55.8''$$
$$L = 1418\text{mm}$$

Se necesitará una cadena N° 40-1 (paso =  $1/2'' = 12.7\text{mm}$ ) con una longitud total de 1418mm.

### 3.5. Selección de Ventilador de Enfriamiento

A la salida de la cabina del túnel se tendrá un ventilador el cuál estará enfriando al termoplástico en esta etapa, el material completa su retracción mientras se enfría. Esta etapa del proceso es importante, no tanto por el mayor porcentaje de contracción que se alcanza sino por el incremento de fuerza de contracción del material.



Para determinar la potencia del ventilador se realizará el siguiente balance de energía sobre el paquete para con esto calcular el flujo másico necesario:

$$E_{\text{salida}} = E_{\text{aire}}$$

$$- \dot{m} C_p (T_{\text{ambiente}} - T_{\text{contracción}}) = \left[ \dot{m} C_p (\Delta T) \right]_{\text{aire}}$$

Para aire a  $T_{\text{ambiente}} = 25^{\circ}\text{C}$  el  $C_p = 1007 \text{ J/Kg} \cdot ^{\circ}\text{K}$  y un gradiente de temperatura del aire de  $20^{\circ}\text{C}$  el flujo másico será:

$$\dot{m}_{\text{aire}} = \frac{4957}{1007 * 20} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}}$$

$$\dot{m}_{\text{aire}} = 886.1 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Del Apéndice P Seleccionamos un ventilador modelo SAE300-AA01 con los siguientes datos técnicos:

Diámetro de Hélice (mm)	300
Potencia(W)	95
Velocidad(rpm)	1350
Caudal (m <sup>3</sup> /h )	1690

Se asume una eficiencia del motor del 70 %entonces la potencia requerida por el motor será:

$$P = \frac{95}{0.7}$$

$$P = 0.135 Kw$$

$$P = 0.18 HP$$

Para el ventilador de enfriamiento se utilizará un motor de 0.135 Kw.

# CAPITULO 4

## 4. CRONOGRAMA DE CONSTRUCCIÓN

Para realizar el cronograma de construcción del Túnel de termo contracción se considerará las siguientes etapas dentro del proceso de construcción:

- 1.-Adquisición de materiales y componentes.
- 2.-Construcción de elementos.
- 3.-Ensamble
- 4.-Operación y regulación

### -Adquisición de materiales y componentes

En esta primera etapa los materiales y componentes a considerar son:

<b>Material /Componente</b>	<b>Especificaciones /Medidas</b>	<b>Cantidad</b>
Resistencias Eléctricas	1500W	12u

<b>Material /Componente</b>	<b>Especificaciones</b>	<b>Cantidad</b>
	<b>/Medidas</b>	
Motor eléctrico	0.119Kw	1 u
Motor eléctrico	0.135Kw	1 u
Turbina de aire	SE 200 x 82	1 u
Ventilador de enfriamiento	SAE 300-AA01	1 u
Motor y reductor	H-100 ;0.42Kw ,W <sub>salida</sub> =90rpm	1u
Piñón	Tipo BS N°40- 1,12.7mm 19 dientes	1u
Piñón	Tipo BS N°40- 1,12.7mm 36 dientes	1u
Piñón	Tipo BS N°40- 1,12.7mm 9 dientes	8u
Chumaceras	Chumacera UCFL204D1	6u
Cadena	N° 40 -1, paso 12.7mm	1.45m
Banda transportadora	Rodillos D=2cm aluminio,	3.83m

<b>Material /Componente</b>	<b>Especificaciones /Medidas</b>	<b>Cantidad</b>
Plancha de acero inoxidable AISI 347	Estándar	3u
Lana de vidrio	e =4cm	3m
Perfil	L15 ,e =2mm	1 u
Perfil	C 200	1 u
Perfil	U doble 100	1 u
Perfil	L 30 ,e =3mm	1 u
Guía simple	20 x 20	1 u
Tubo cuadrado	90 x 90	1 u
Tubo cuadrado	40 x 40	1 u
Tubo cuadrado	30 x 30	1u
Eje SAE 1018	D= 30	3m
Barra rectangular	20 x 20	0.15m
Pernos	Varias medidas	156

Para realizar la adquisición de estos materiales y componentes se considerará un tiempo de 3 días.

## -Construcción de elementos

Para estimar el tiempo de construcción del Túnel de termo contracción se lo divide en dos sistemas generales con sus respectivos planos de construcción que son:

-Horno.

-Sistema de Transportación.

A. Horno: Dentro del horno se tiene los siguientes elementos con el tiempo estimado de construcción:

Elemento	Nº Plano	Cantidad	t construcción (h)
Primera estructura de cardería interior	12	1	3
Segunda estructura de cardería interior	13	1	3
Plancha vertical cardería exterior	14	2	2
Plancha Horizontal inferior cardería exterior	15	1	2
Plancha Horizontal superior cardería exterior	17	1	2
Planchas cubre resistencias	16	2	3
Plancha anterior y posterior de	18	2	3

cardería exterior

Plancha superior conductora de aire de recirculación	19	1	1
Deflector de aire	20	2	1
Soporte de cardería interior	21	2	2
			TOTAL 22

B. Sistema transportación: Dentro del sistema de transportación tenemos los siguientes elementos con el tiempo estimado de construcción:

Elemento	Nº Plano	Cantidad	t construcción (h)
Soportes Transversales de guía de cadena de rodillos	22	3	1
Guía simple superior cadena	23 y 24	4	1
Guía superior e inferior de cadena de rodillos	25 y 26	4	1
Eje principal de entrada	27	1	1
Eje secundarios	28	3	3
Soportes base verticales	29	4	1
Soportes base horizontales	30	2	0.5
Soporte principal longitudinal C	31	2	0.5
Soporte secundario longitudinal	32	2	0.5
Soporte de eje entrada Túnel	33	1	1.5
Soporte estructura del horno	34 y 35	8	1.5

TOTAL 12.5

El número total de horas para la construcción es 34.5 horas considerando jornadas de 8 horas diarias el número de días requerido para la construcción de los elementos será de 4 días y medio.

### **-Ensamble**

Para esta etapa del proceso de construcción se considerará el siguiente orden de ensamble con su respectivo tiempo.

<b>Elemento</b>	<b>Nº Plano</b>	<b>t ensamble (h)</b>
Acople de vigas C a soportes base	36 y 37	3
Acople de chumaceras a vigas C	38	2
Acople de piñones a ejes	39 y 40	1.5
Acople de ejes con piñones a chumaceras	44 y 45	2
Acople de soportes transversales a vigas C	41 y 42	2
Acople de guías base a soportes transversales	46	1
Acople de pared inferior del horno a viga secundaria C	47	1
Acople de paredes verticales a viga secundaria C	48	2



# CAPITULO 5

## 5. COSTO DEL TUNEL DE TERMOCONTRACCION

Para realizar el costo del túnel a continuación presentamos detalladamente el costo de producción de cada una de las partes constitutivas del equipo, para determinar el precio total que costará en el mercado nuestro Túnel de termo contracción.

Descripción	Cantidad	Valor UNIT(\$).	Valor TOT(\$).
Resistencias Eléctricas 2000W.	10 u	55	550
Motor eléctrico 0.119Kw.	1 u	55	55
Motor eléctrico 0.135Kw.	1 u	60	60
Turbina de aire SE 200 x 82.	1 u	297	297
Ventilador de enfriamiento SAE 300- AA01.	1 u	65	65

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor UNIT(\$).</b>	<b>Valor TOT(\$).</b>
Motor y reductor H-100; 0,42 Kw , w salida =90rpm.	1u	370	370
Piñón Tipo BS N°40-1,12.7mm paso 19 dientes.	1u	15	15
Piñón Tipo BS N°40-1,12.7mm paso 36 dientes.	1u	19	19
Piñón Tipo BS N°40-1,12.7mm paso 9 dientes.	8u	12	96
Chumaceras UCFL204D1.	6u	18	108
Cadena N° 40 -1, 12.7mm paso.	1.45m	22	20
Banda transportadora rodillos aluminio ,D=2cm.	3.83m	300	1149
Plancha de acero inoxidable Estándar, e=2 mm .	3u	160	480
Lana de vidrio , e =4cm.	3m	3	9
Perfil L 15, e =3mm.	6m	1.33	8
Perfil C 200.	6m	3	18
Perfil U doble100.	6m	2.5	15
Perfil L 30, e =3mm.	6m	1.66	10
Guía simple 20 x 20.	6m	10	60

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor UNIT(\$).</b>	<b>Valor TOT(\$).</b>
Tubo cuadrado 90 x 90.	6m	2.5	15
Tubo cuadrado 40 x 40.	6m	2	12
Tubo cuadrado 30 x 30.	6m	1.83	11
Eje D= 30.	3m	50	150
Barra acero 20 x 20	0.15m	80	12
Pernos	158	0.3	48
Automatización y Control	1	500	500
Soldadura .	5 Kg	2	10
Pintura.	2 GlS	10	20
Horas maquinado.	35	10	350
Horas soldadura.	2	2	4
Horas de ensamble y puesta a punto.	41	15	615
Gastos Administrativos	1	300	300
Dirección Técnica (Ingenieros)	1	1000	1000
Utilidad	1	2000	2000
<b>Costo total del Túnel termo contracción</b>			<b>\$8451</b>

# CAPITULO 6

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El diseño del Túnel de Termocontracción realizado en este proyecto de grado se lo realizó haciendo un enfoque a optimizar el consumo de energía, específicamente para el embalaje de botellas conteniendo agua o gaseosa pero que a la vez puede ser utilizado en otros productos considerando las características de dicho producto para que no se afecte el contenido del mismo, pudiendo ser construidos con ingeniería local.

Para ello se enfatizó un realizar un completo análisis térmico del Horno que forma parte del Túnel buscando seleccionar bajo este análisis los materiales y dimensiones adecuados para minimizar las pérdidas de calos, con ello construir un equipo a precio conveniente, de buena calidad y presentación.

En lo que respecta a material para calderías tanto interiores como exteriores se eligió acero inoxidable AISI 347 que es un material que para el equipo tendrá un costo inicial mayor a que si se eligiera otros materiales pero que a largo plazo es más conveniente dado que gracias a sus propiedades no se corroerá y brinda una mejor presentación.

Para la construcción de ejes se eligió acero SAE 1018 debido a las bajas cargas a las cuales trabajará el mismo no es necesario la utilización de acero de mayor modulo de resistencia y así minimizar los costos del equipo.

Para la Banda transportadora de rodillos se eligió aluminio aleación 2219 para con ello minimizar el peso a ser desplazado por el sistema de transportación, lo que significaría motores de menor potencia ,con lo cual el precio del Túnel disminuirá.

Dada la utilización de este tipo de equipos que operan con resistencias eléctricas dentro de la industria, se tiene la ventaja de que se mejora las condiciones ambientales en los alrededores donde el equipo trabaja.

Se tiene una mayor adaptabilidad dentro de las líneas de Producción dentro de las industrias que utilizan este método de embalaje.

El tiempo estimado de construcción para el Túnel será de 10 días, para un equipo similar importado el tiempo de entrega es de por lo menos 30 días lo que brindará una gran ventaja para las empresas que tengan daños de sus

equipos utilizando este proceso de embalaje, teniendo la facilidad de adquirirlo en menor tiempo.

El precio promedio de este tipo de equipos traídos del exterior en el mercado es de \$12000, construyéndolo localmente el equipo costará \$8500 por lo que existirá un ahorro del 29%.

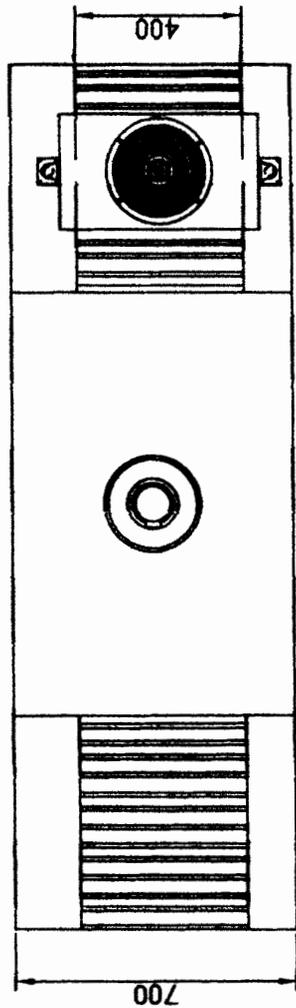
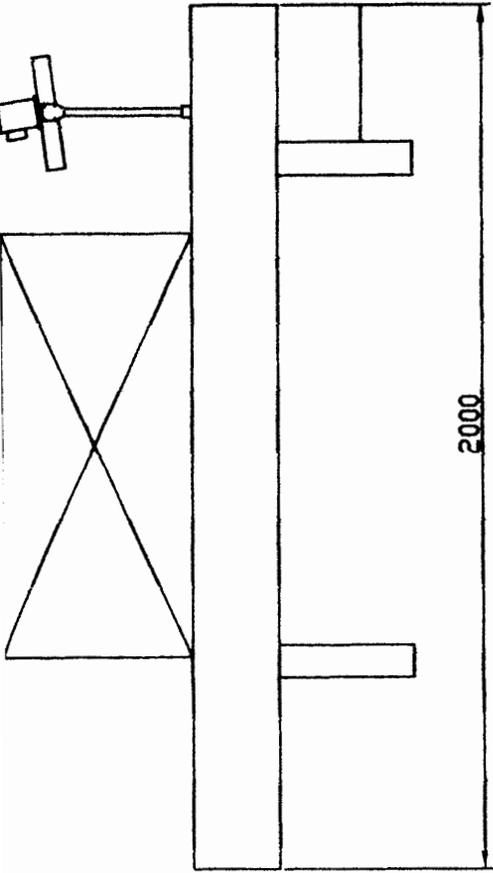
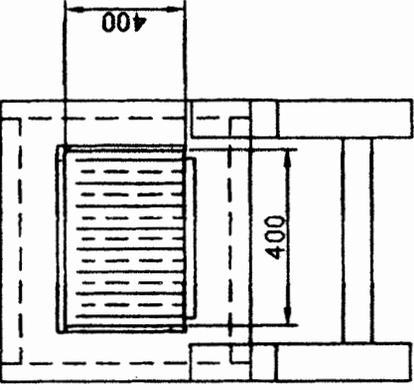
El túnel deberá de trabajar en zonas libres de partículas de tamaños mayores a 40 um que puedan ingresar y al acumularse obstruir el correcto funcionamiento del mismo.

El Túnel de Termocontracción tendrá las siguientes especificaciones:

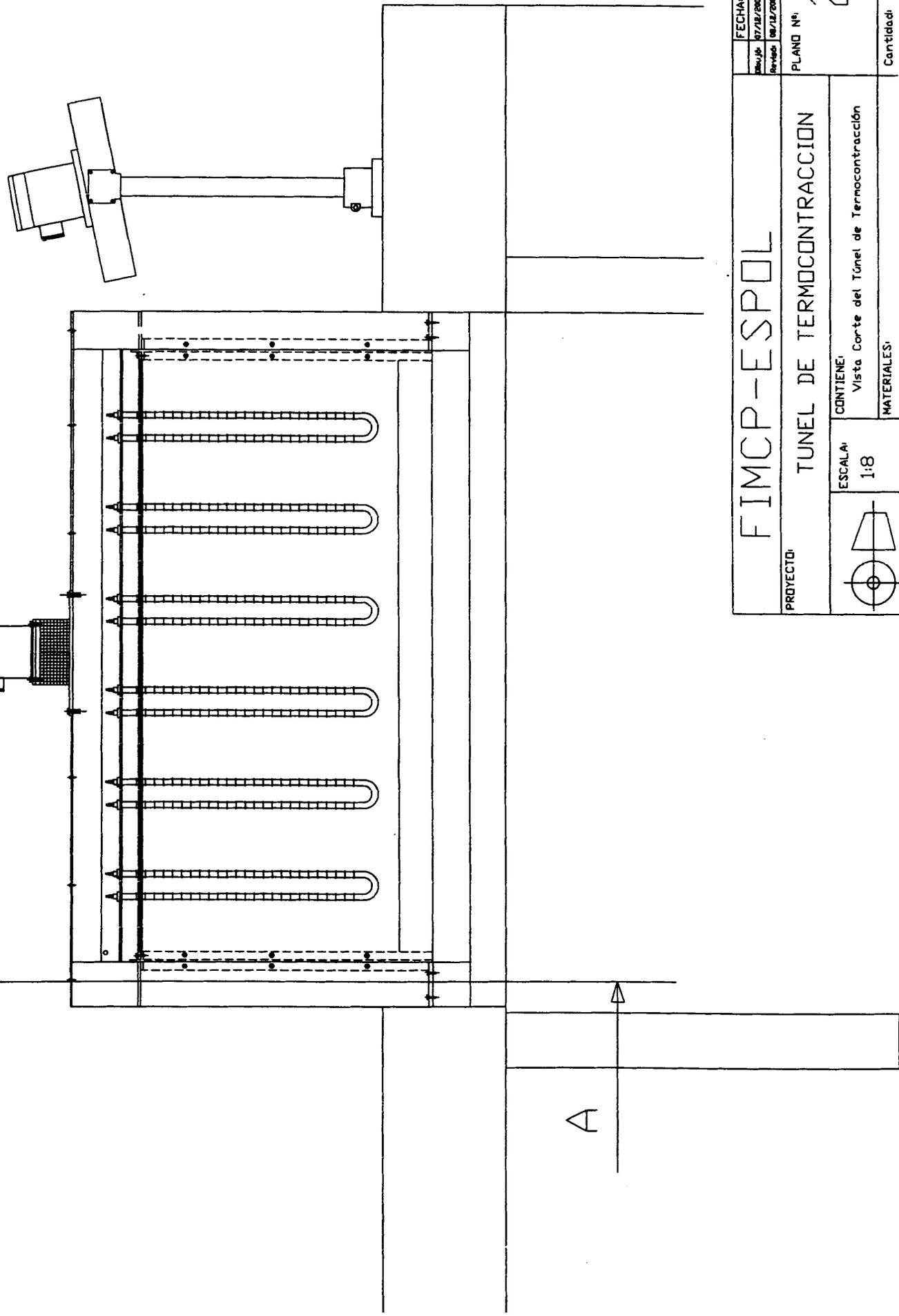
TABLA 7

ESPECIFICACIONES DEL TUNEL DE TERMOCONTRACCIÓN

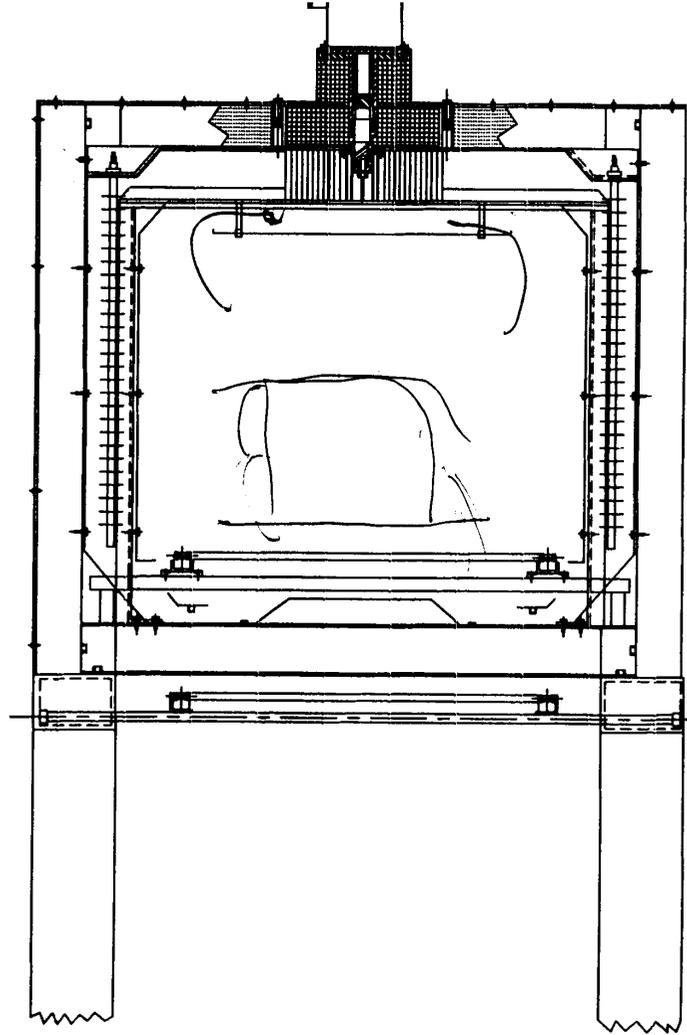
Dimensiones exteriores	2000 x 700 x 1600 mm
Máxima Dimensión del paquete	220 x 330 x 360 mm.
Energía	220 V
Consumo	18000 W
Temperatura Máxima	225 ° C
Velocidad Banda Transportadora	6 m / min
Peso	700 Kg
Precio (\$)	8451

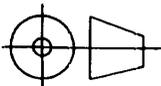


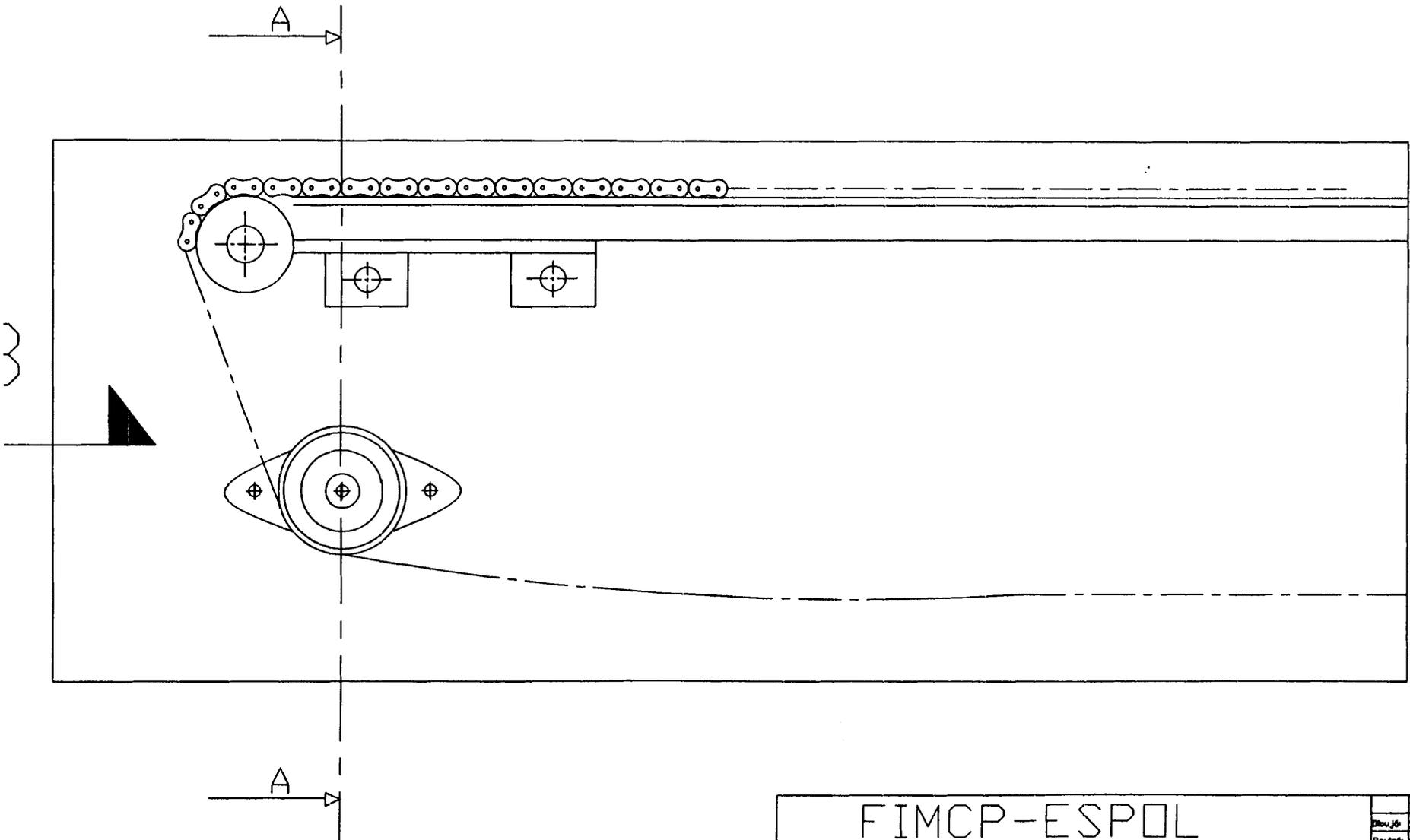
FECHA		NOMBRE	
19/08/2014	19/08/2014	19/08/2014	19/08/2014
PROYECTO		PLANO Nº	
FIMCP-ESPOL		1	
TUNEL DE TERMOCONTRACCION		CONTIENE:	
ESCALA:		Diseño de Forma	
1:22		MATERIALES:	
		Cantidad:	



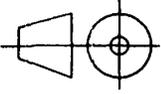
<b>FECHA:</b> 07/12/2004 <b>Revisó:</b> 08/12/2004		<b>NOMBRE:</b> R. Mayanola <b>Proj.:</b> Murtinez	
<b>PLANO N°</b> 2			
<b>PROYECTO:</b> FIMCP-ESPOL			
<b>TUNEL DE TERMOCONTRACCION</b>			
<b>CONTIENE:</b> Vista Corte del Túnel de Termocontracción		<b>ESCALA:</b> 1:8	
		<b>MATERIALES:</b>	
			<b>Cantidad:</b>

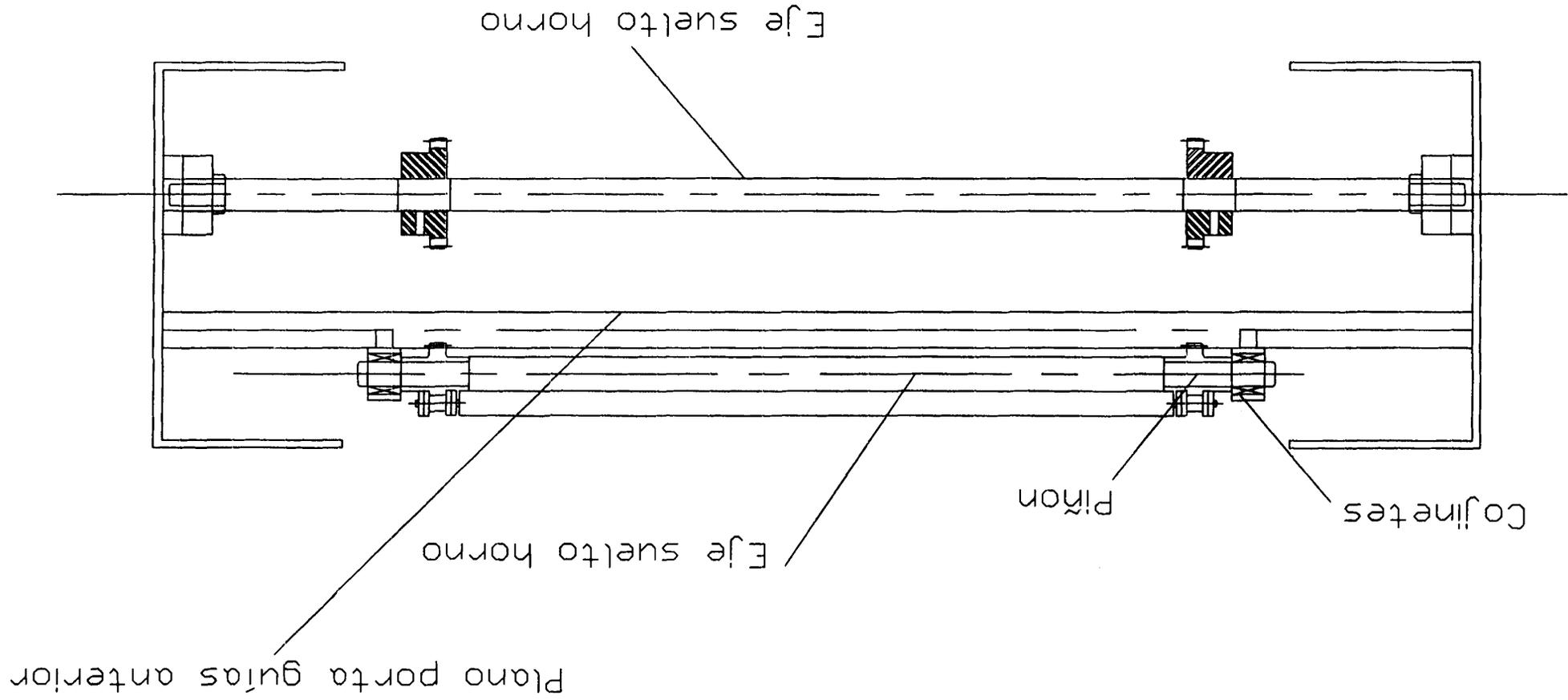


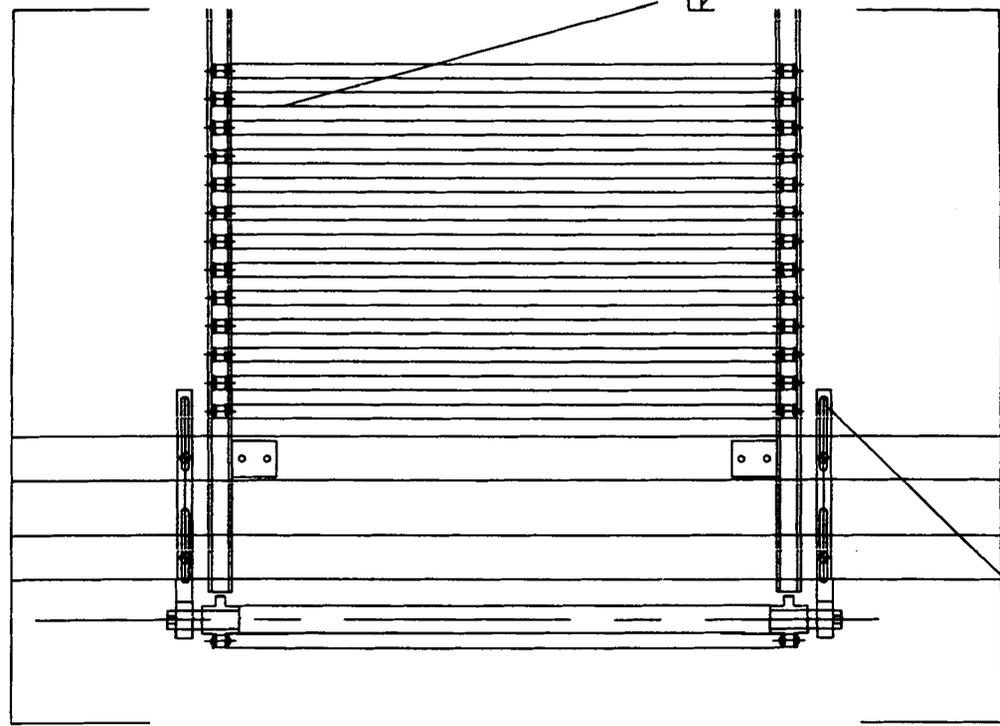
FIMCP-ESPOL		FECHA:	NOMBRE:
		Dibujo:	Ing. Mayacela
PROYECTO: TUNEL DE TERMOCONTRACCION		Revisó:	Ing. Martínez
		PLANO N°: 3	
	ESCALA:	CONTIENE:	
	1:8	Vista de Corte A del Tunel Termocontracción	
MATERIALES:		Cantidad:	



<h1 style="text-align: center;">FIMCP-ESPOL</h1>		FECHA:	NOBRE:	
		Dibujo:	07/12/2004	R. Mayanceta
PROYECTO:		Revisó:	08/12/2004	Ing. Martínez
		PLANO N°:		
		4		
ESCALA:	CONTIENE:	Cantidad:		
1:2	Vista parte anterior sistema trasnportación			
MATERIALES:				

Cantidad:		MATERIALES:		ESCALA: 1:3			
PLANO N°: S		CONTIENE: Vista B parte anterior Sistema de Transportación		ESCALA: 1:3			
PROYECTO:		TUNEL DE TERMOCONTRACCION					
FECHA:		FIMCP-ESPOL					
NOMBRE:							
FECHA:		07/12/2004					
DISEÑO:		R. Hernandez					
REVISÓ:		08/12/2004					
ING. MSTR:							





Rodillos sistema transportación

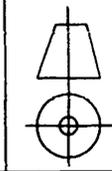
Soporte eje entrada horno

# FIMCP-ESPOL

PROYECTO: TUNEL DE TERMOCONTRACCION

CONTIENE:  
Vista Superior de parte anterior Sistema  
Transportación

ESCALA:  
1:5

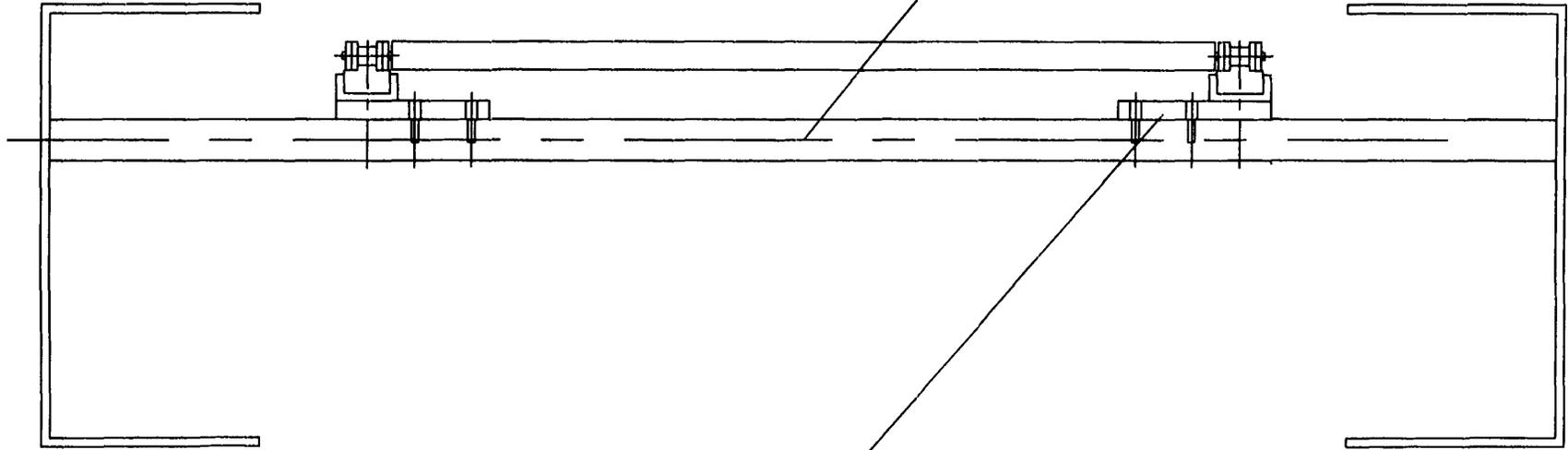


MATERIALES:

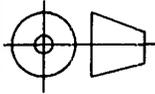
FECHA:	07/12/2004	NOMBRE:	E. Hernández
Dibujó:	08/12/2004	Revisó:	Eng. Martínez
PLANO N°		6	
Cantidad:			

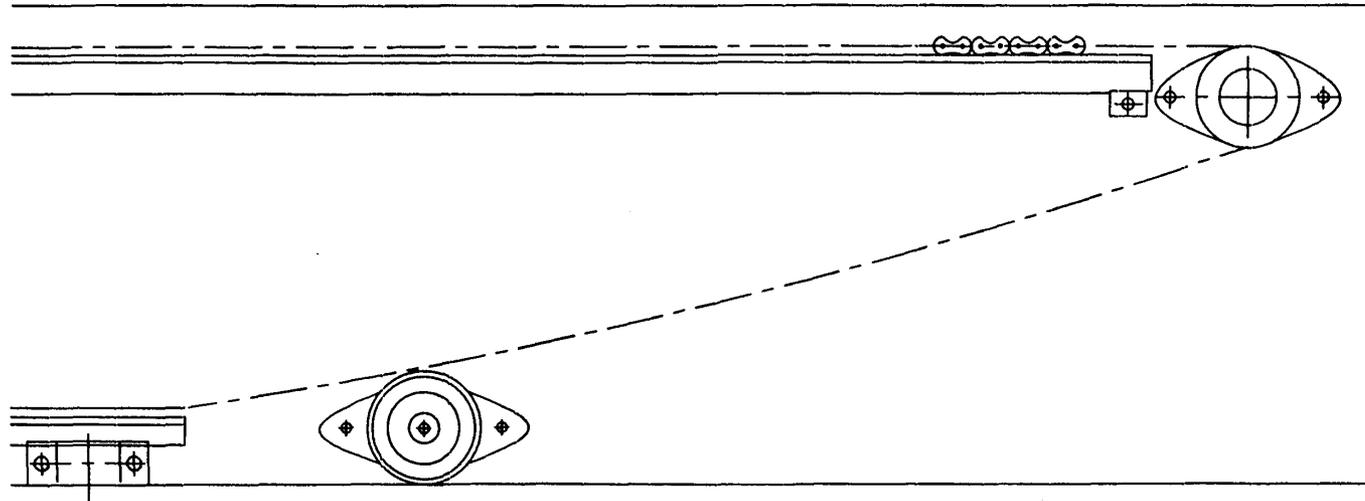
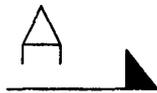
V T S V A C L E T T

Plano porta guías anterior

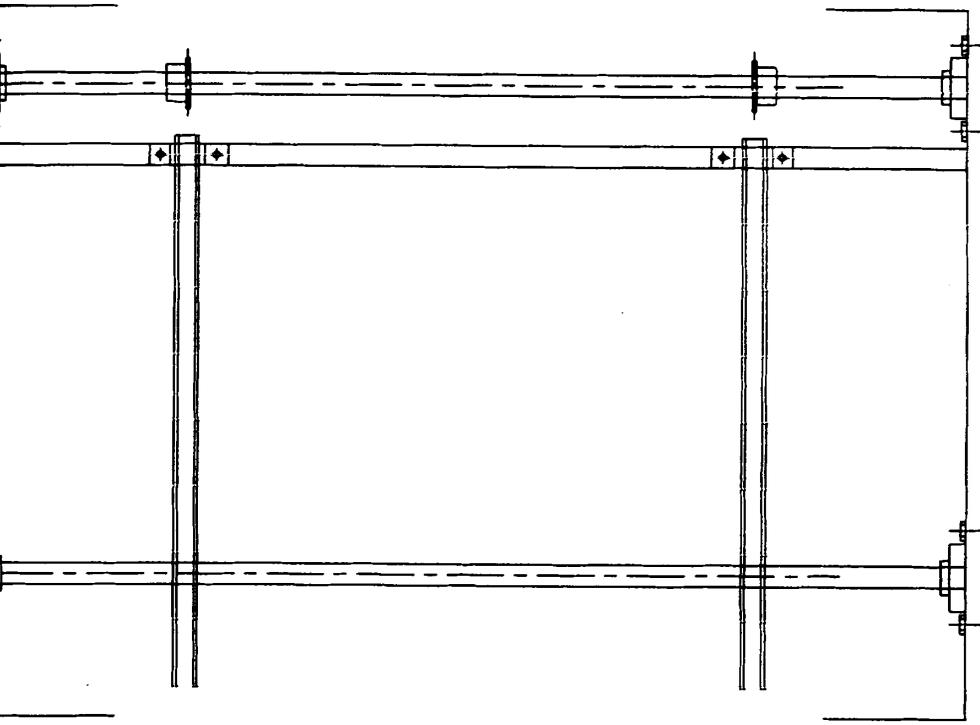


Plano Fijación de la guía

FIMCP-ESPOL		FECHA:	NOMBRE:
		Dibujó: 07/12/2004 E. Mayancola	Revisó: 08/12/2004 Ing. Martínez
PROYECTO:		TUNEL DE TERMOCONTRACCION	
		ESCALA:	CONTIENE:
		1:3	Vista de corte A parte anterior Sistema Transportación
MATERIALES:		PLANO N°: 7	
		Cantidad:	



<h1 style="text-align: center;">FIMCP-ESPOL</h1>		FECHA:	NOMBRE:
		Dibujó:	07/12/2004 R. Mayencela
PROYECTO: TUNEL DE TERMOCONTRACCION		Revisó:	08/12/2004 Ing. Martínez
	ESCALA:	CONTIENE:	
	1:3	Vista parte posterior sistema transportación.	
MATERIALES:		PLANO N°:	
		8	
		Cantidad:	



FIMCP-ESPOL		FECHA:	NOMBRE:
PROYECTO:		07/12/2004	R. Hoyosola
TUNEL DE TERMOCONTRACCION		Revisó:	08/12/2004
PLANO N°:		11	
CONTIENE:	Vista Superior parte posterior del sistema de transpor-tación.		
ESCALA:	1:5		
MATERIALES:	Cantidad		

Guía Simple

Cadena del horno

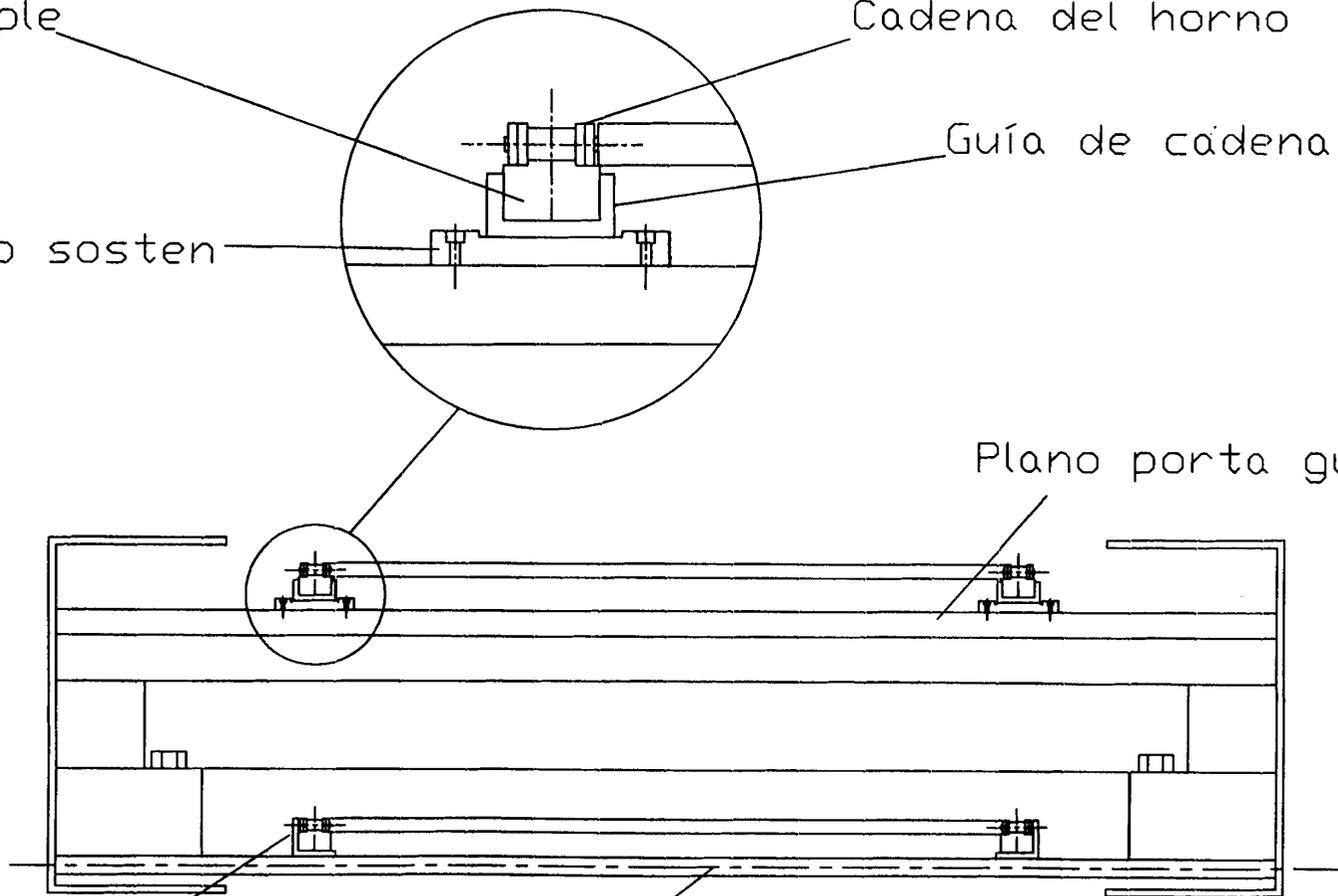
Guía de cadena superior

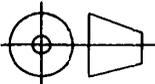
Plano sosten

Plano porta guías posterior

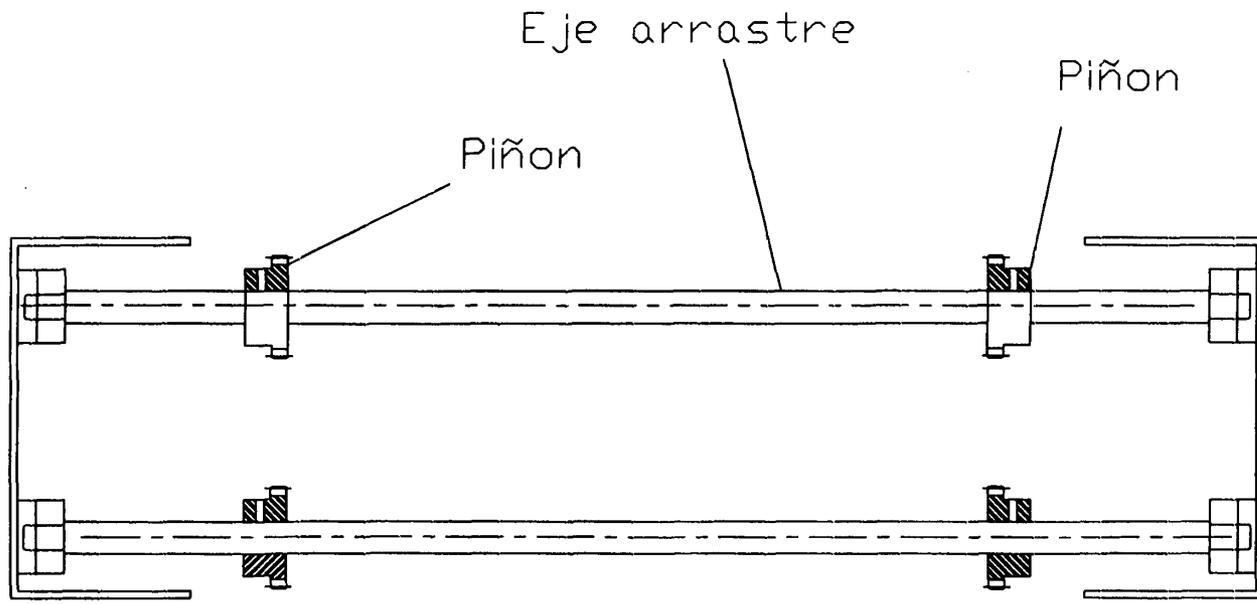
Guía derecha e izquierda

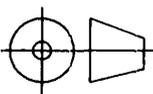
Plano porta guías

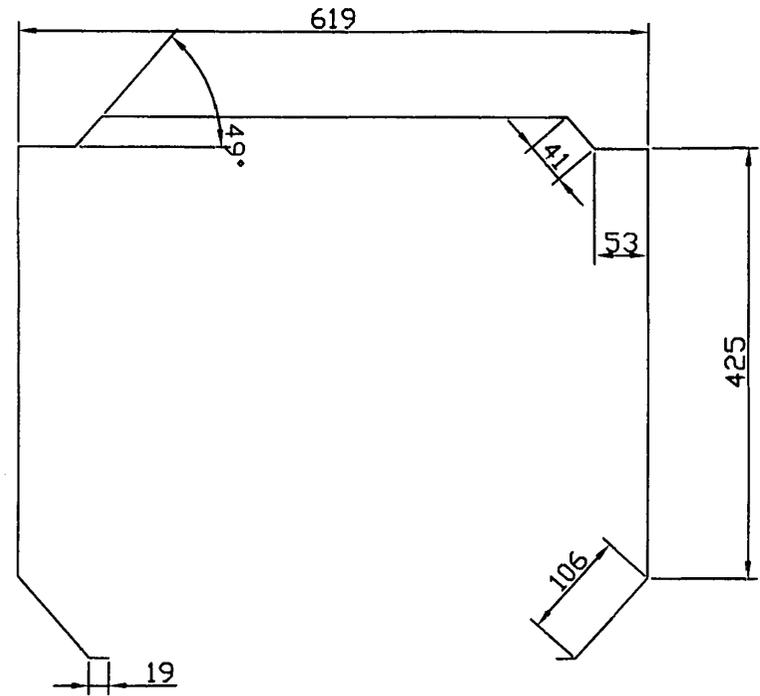
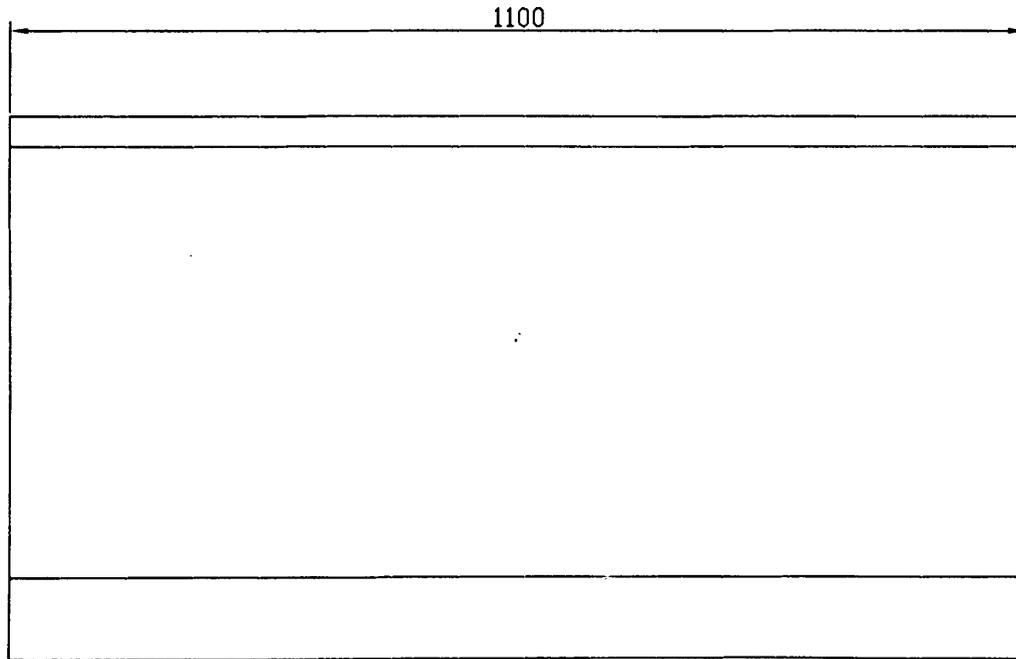


<p style="text-align: center; font-size: 24px; margin: 0;">FIMCP-ESPOL</p>		FECHA:	NOMBRE:
		Dibujo: 07/12/2004	R. Mayanceta
PROYECTO: TUNEL DE TERMOCONTRACCION		Revisó: 08/12/2004	Ing. Martinez
		ESCALA:	CONTIENE: Vista de A de parte posterior de sistema de Transportación
		1:4	
			PLANO N°: <div style="font-size: 48px; text-align: center; margin: 10px 0;">9</div>
			Cantidad:

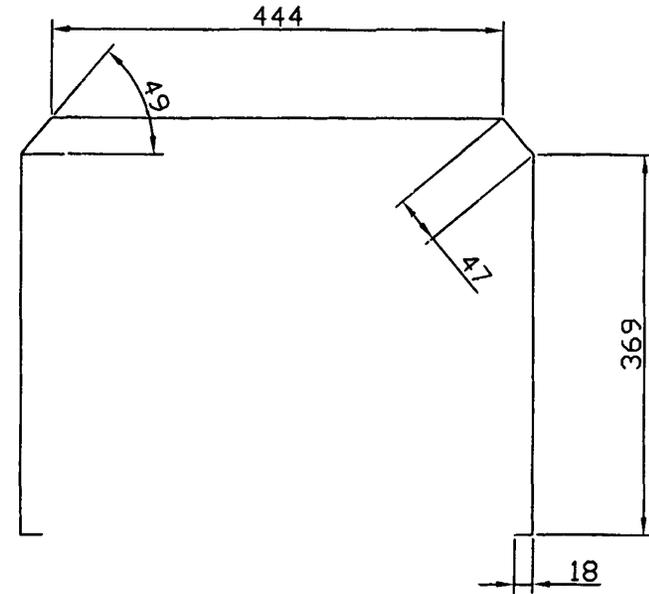
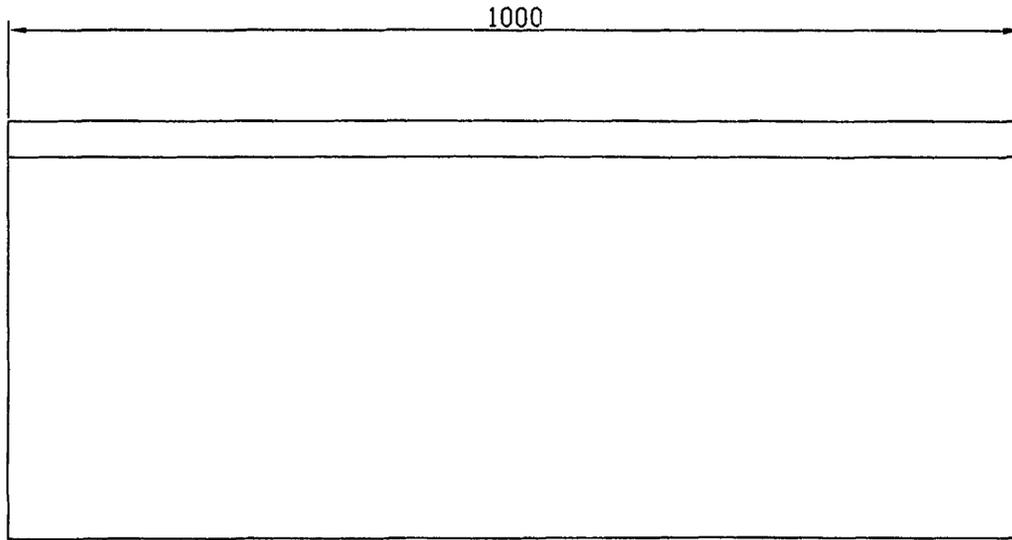
# VISTA DE L



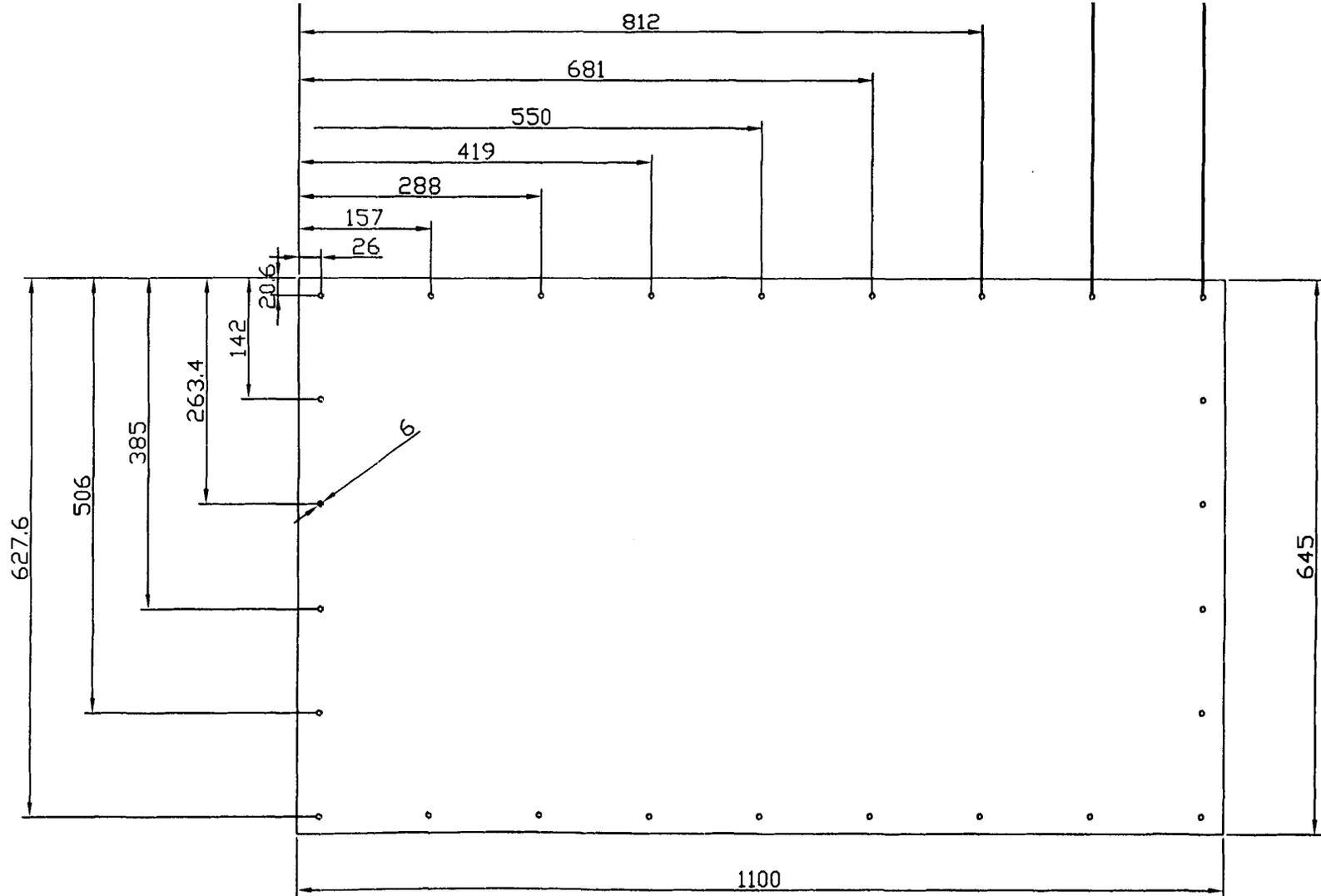
FIMCP-ESPOL		FECHA:	NOMBRE:
		Dibujó: 07/12/2004	R. Mayancola
PROYECTO:		Revisó: 08/12/2004	Ing. Martínez
TUNEL DE TERMOCONTRACCION		PLANO N°:	
		ESCALA:	CONTIENE: Vista de C de parte posterior Sistema de transportación.
		1:4	
MATERIALES:		Cantidad:	
		10	



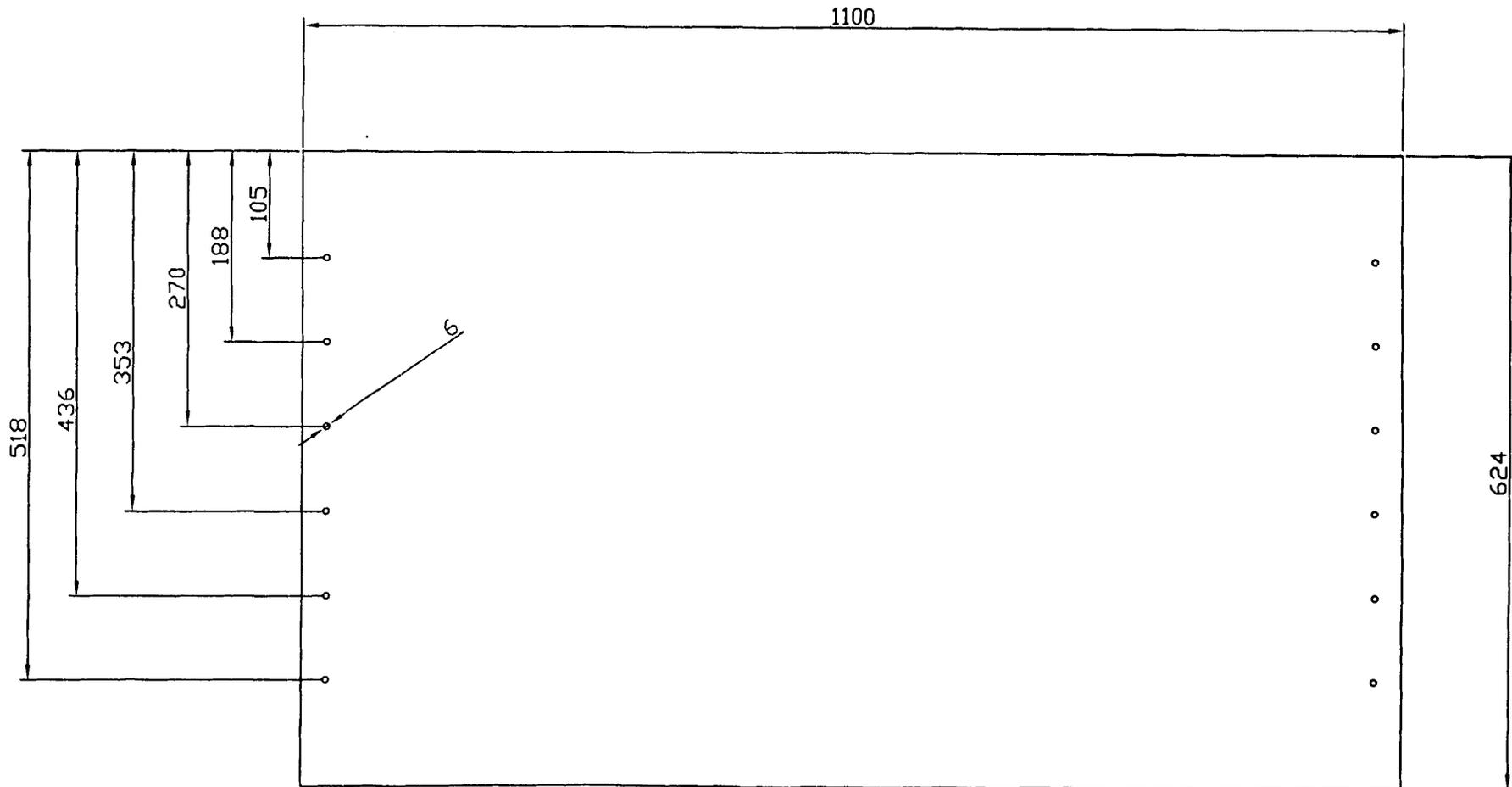
FIMCP-ESPOL		FECHA:	NOM:
		Dibujo: 07/12/2004 E. May	
PROYECTO:		Revisó: 08/12/2004 Ing. M.	PLANO N°:
TUNEL DE TERMOCONTRACCION			12
	ESCALA:	CONTIENE:	Cantidad:
	1:7	Primera estructura de caldería Interior	
		MATERIALES:	1
		Acero Inoxidable AISI 347	



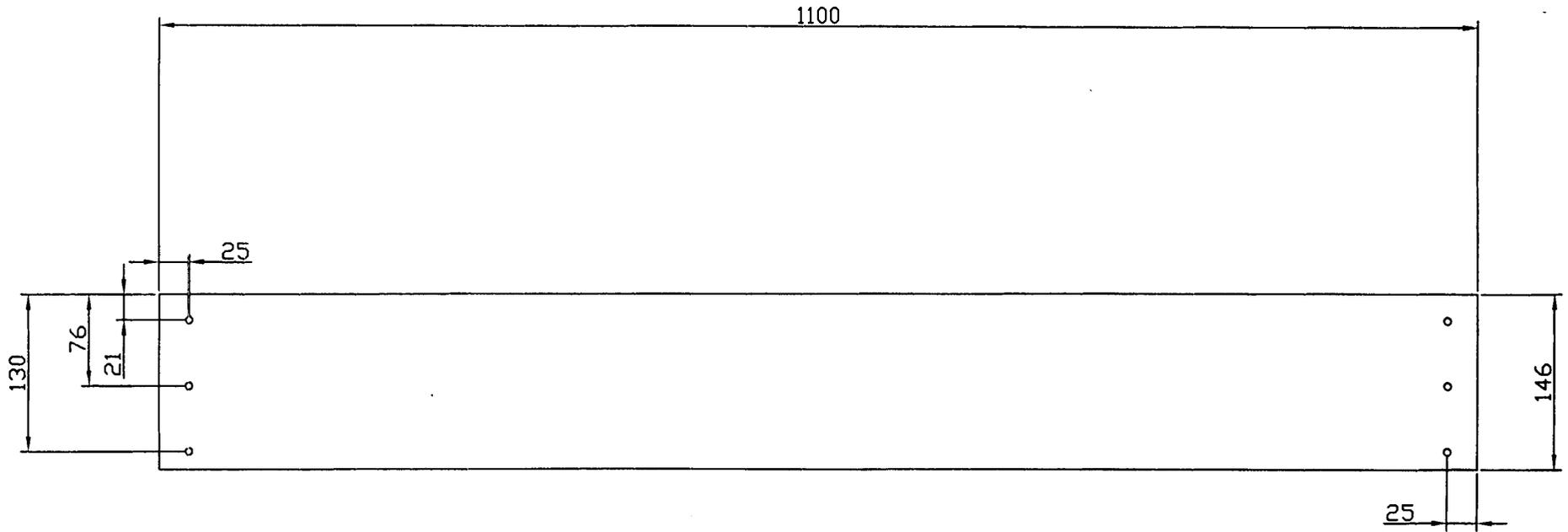
<h1 style="text-align: center;">FIMCP-ESPOL</h1>		FECHA:	NDM:
		Dibujó: 07/12/2004 R. May	Revisó: 08/12/2004 Ing. No
PROYECTO: TUNEL DE TERMOCONTRACCION		PLANO N°: <h2 style="text-align: center;">13</h2>	
	ESCALA: 1:7	CONTIENE: Segunda estructura caldería interior	
	MATERIALES:		Cantidad:



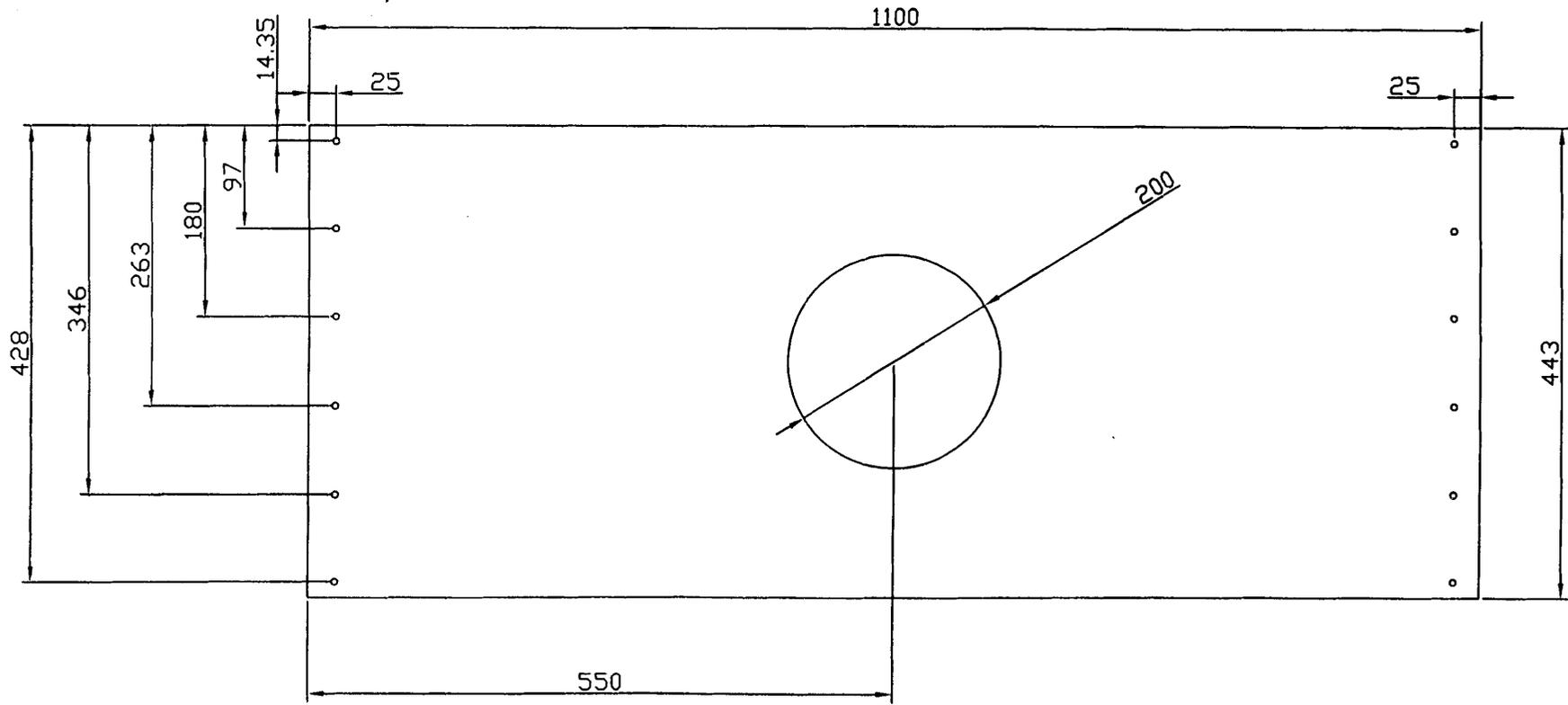
<h1 style="text-align: center;">FIMCP-ESPOL</h1>		FECHA:	NOMB
		Dibujo:	07/12/2004 R. Mayra
PROYECTO:		Revisó:	08/12/2004 Ing. Mar
<h2>TUNEL DE TERMOCONTRACCION</h2>		PLANO N°:	
		ESCALA:	CONTIENE:
		1:7	Plancha vertical calderia exterior
MATERIALES:		Cantidad:	
		<h1 style="font-size: 2em;">14</h1>	



FIMCP-ESPOL		FECHA:	NOMB
Dibujo:	07/12/2004	R. Mayra	
Revisó:	08/12/2004	Eng. Mar	
PROYECTO:	TUNEL DE TERMOCONTRACCION	PLANO N°:	15
	ESCALA:	CONTIENE:	Cantidad:
	1:6	Plancha horizontal inferior calderia exterior	
MATERIALES:			



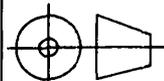
FIMCP-ESPOL		FECHA:	NOME
		Dibujo:	07/12/2004 R. Mayo
PROYECTO:		Revisión:	08/12/2004 Ing. P...
TUNEL DE TERMOCONTRACCION		PLANO N°:	16
	ESCALA:	CONTIENE:	Cantidad:
	1:5	Tapa superior cobre resistencias Eléctricas	
MATERIALES:		Acero inoxidable AISI 347	

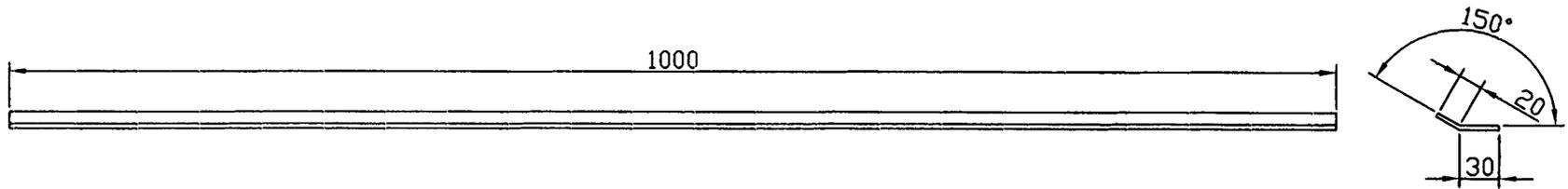


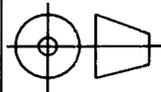
<h1>FIMCP-ESPOL</h1>		FECHA:	NOMB
		Dibujó:	07/12/2004 R. Hoyas
PROYECTO: <h2>TUNEL DE TERMOCONTRACCION</h2>		Revisó:	08/12/2004 Ing. Mar
		PLANO N°: <h1>17</h1>	
	ESCALA:	CONTIENE:	
	1:6	Plancha superior caldería exterior	
MATERIALES:		Cantidad:	

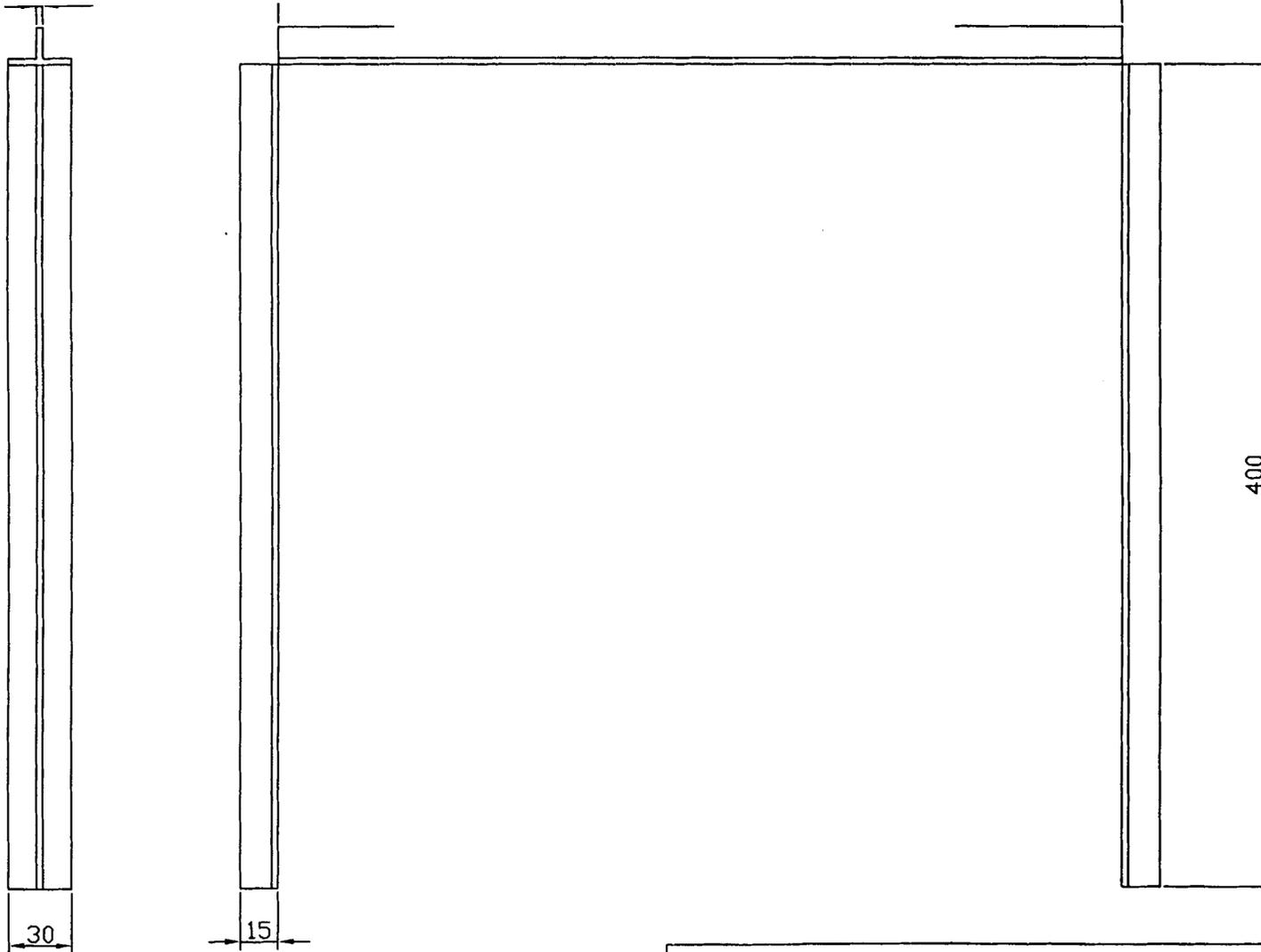




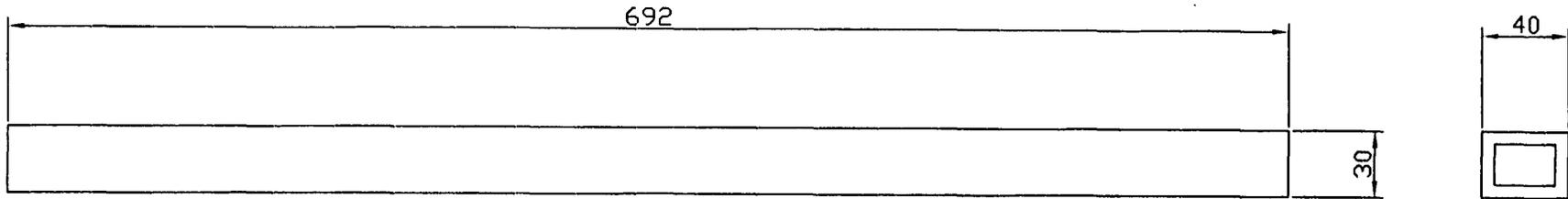
FIMCP-ESPOL		FECHA:	NOMBRE:
		Dibujó: 07/12/2004	R. Mayan
PROYECTO:		Revisó: 08/12/2004	Ing. Mar
TUNEL DE TERMOCONTRACCION		PLANO N°:	
		ESCALA:	CONTIENE:
1:6		Plancha superior conductora aire recirculación	
MATERIALES:		Cantidad:	
Acero inoxidable AISI 317			

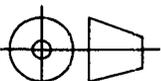


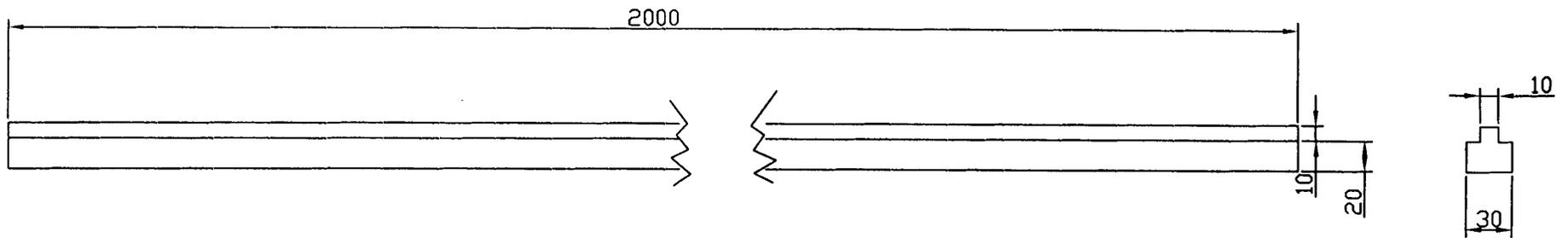
FIMCP-ESPOL		FECHA:	NOMB
		Dibujó:	07/12/2008 R. Mayas
PROYECTO:		Revisó:	08/12/2008 Eng. Har
TUNEL DE TERMOCONTRACCION		PLANO N°:	
	ESCALA:	CONTIENE:	20
	1:5	Deflector de aire	
MATERIALES:		Cantidad:	
Acero inoxidable AISI 347		?	



<h1 style="text-align: center;">FIMCP-ESPOL</h1>		FECHA:	NOMBRE:
		Dibujó:	07/12/2004
PROYECTO: <h2 style="text-align: center;">TUNEL DE TERMOCONTRACCION</h2>		Revisó:	08/12/2004
	ESCALA:	CONTIENE:	
	1:3	Soporte caldería interior	
MATERIALES:		PLANO N°:	
		21	
		Cantidad:	

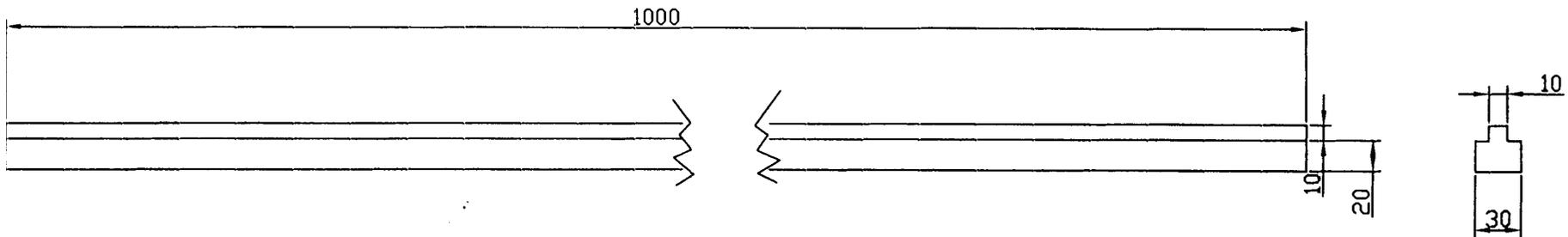


<h1 style="text-align: center;">FIMCP-ESPOL</h1>		FECHA:	NDNB
		Dibujó:	07/12/2004 R. Meyer
PROYECTO: <h2 style="text-align: center;">TUNEL DE TERMOCONTRACCION</h2>		Revisó:	08/12/2004 Ing. Mar
		ESCALA:	PLANO N°:
1:3		CONTIENE:	22
MATERIALES:		Soportes Transversales de gufa base cadena superior	
		Cantidad:	

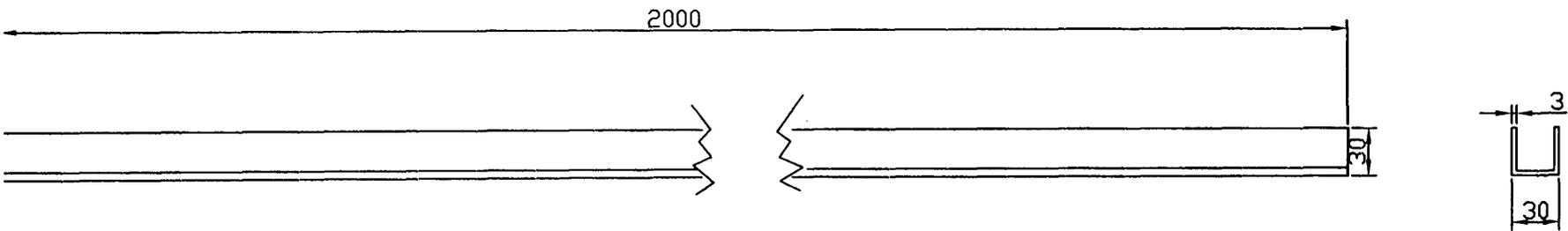


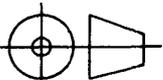
<h1 style="text-align: center;">FIMCP-ESPOL</h1>		FECHA:	NOMBRE:
		Dibujó:	07/12/2004
PROYECTO:		Revisó:	08/12/2004
<h2>TUNEL DE TERMOCONTRACCION</h2>		PLANO N°:	
		ESCALA:	CONTIENE:
		1:4	Gufa simple superior de la cadena
MATERIALES:		Cantidad:	

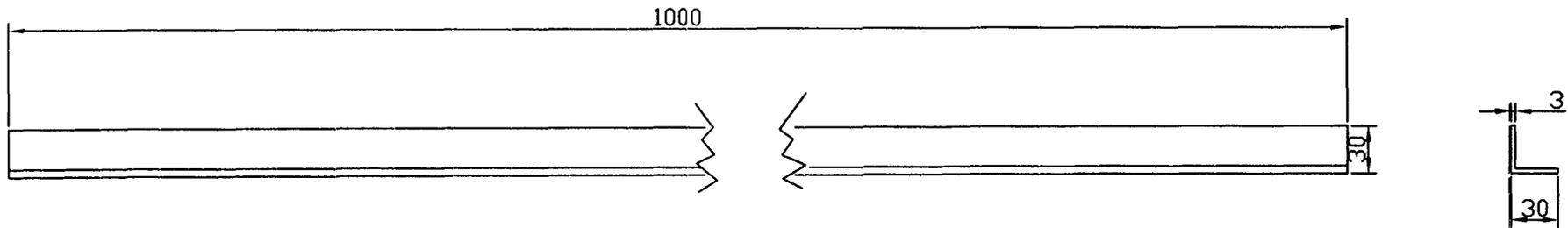
23



<h1 style="text-align: center;">FIMCP-ESPOL</h1>		FECHA:	NOMB
		Diseñó: 07/12/2004 Revisó: 08/12/2004	R. Mayo Ing. Mar
PROYECTO:		<h2>TUNEL DE TERMOCONTRACCION</h2>	
	ESCALA: 1:4	CONTIENE: Guía simple inferior de la cadena	PLANO N°: <h1 style="font-size: 2em;">24</h1>
	MATERIALES: Acero estructural A 36		

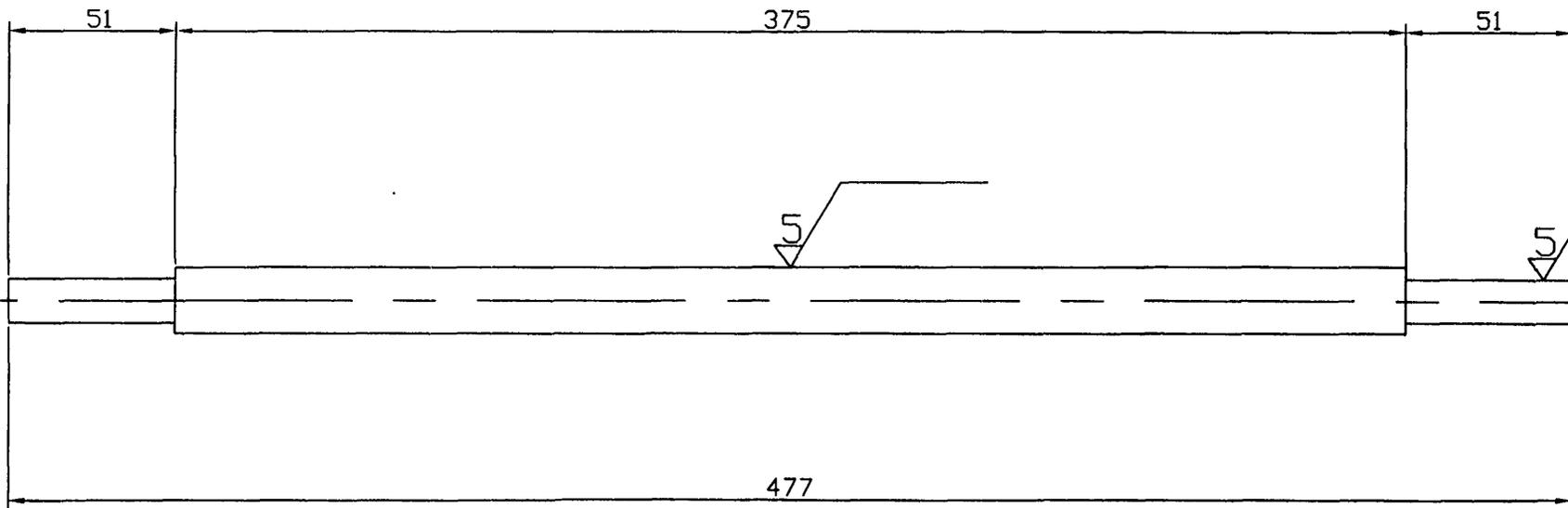


<h1 style="text-align: center;">FIMCP-ESPOL</h1>		FECHA:	NOMBRE:
		Dibujó:	07/12/2004
PROYECTO: <h2 style="text-align: center;">TUNEL DE TERMOCONTRACCION</h2>		Revisó:	08/12/2004
ESCALA: <h3 style="text-align: center;">1:4</h3>		PLANO N°:	25
		CONTIENE:	Gufa base superior
MATERIALES:		Cantidad:	

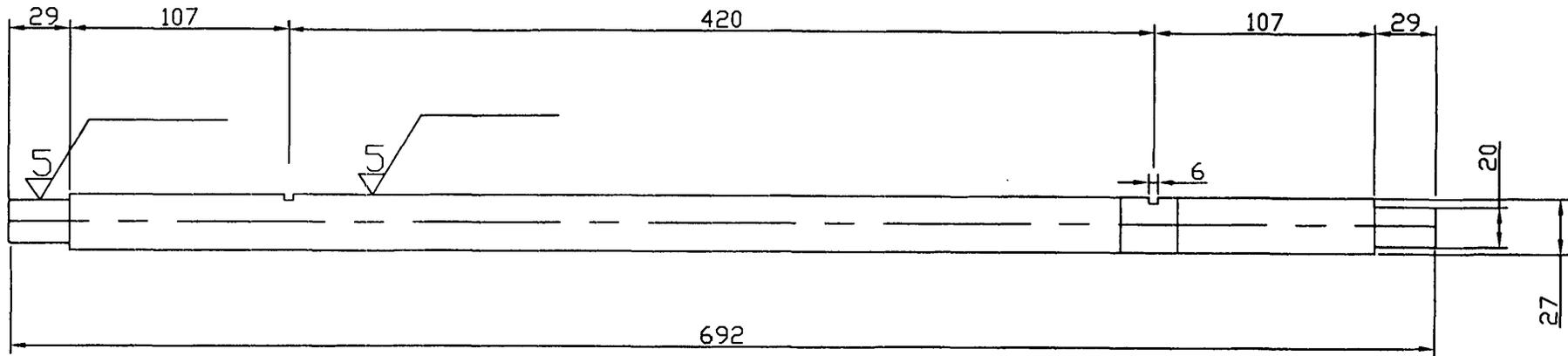


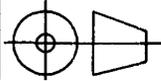
FIMCP-ESPOL		FECHA:	NOMBRE:
		Diseño:	07/18/2004 R. Meyer
PROYECTO:		Revisión:	08/18/2004 Ing. Mar
TUNEL DE TERMOCONTRACCION		PLANO N°:	
		ESCALA:	CONTIENE:
1:4		Gufa base inferior	
MATERIALES:		Cantidad:	

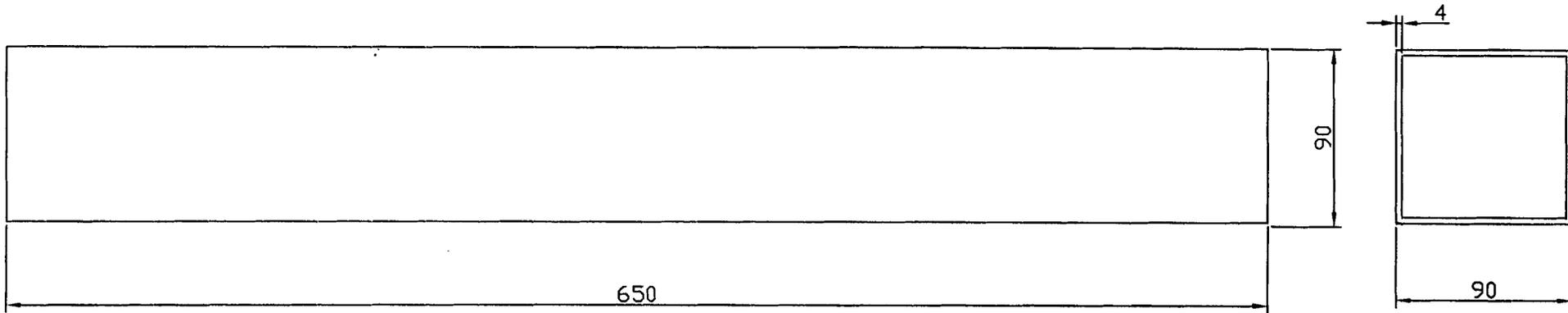
26

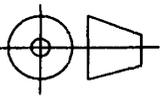


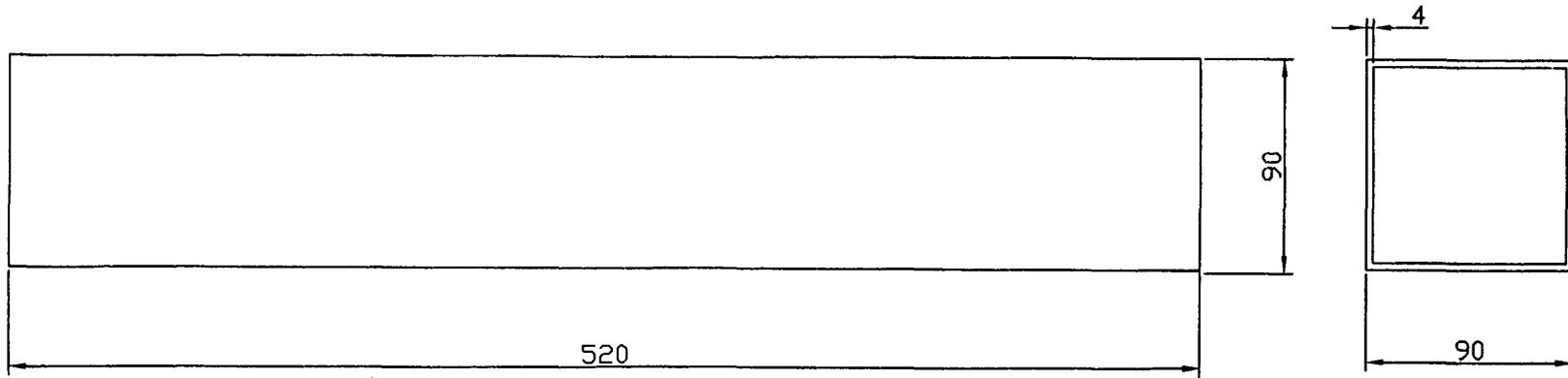
FIMCP-ESPOL		FECHA:	NOMB
		Dibujó: 07/12/2004	R. Hoya
PROYECTO:		Revisó: 08/12/2004	Ing. Mar
TUNEL DE TERMOCONTRACCION		PLANO N°:	
		ESCALA:	CONTIENE:
		1:2	Eje principal entrada del tunel
MATERIALES:		Cantidad:	
		27	

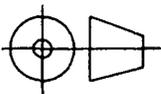


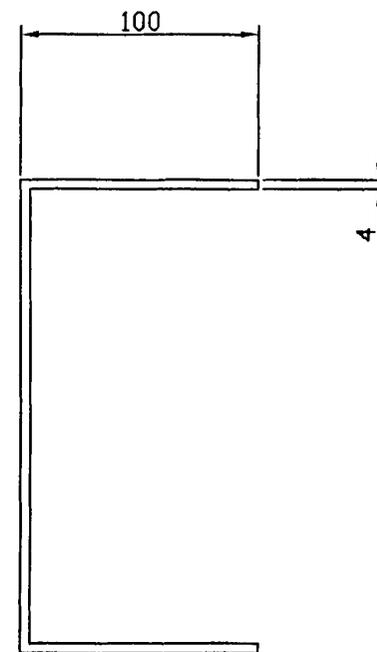
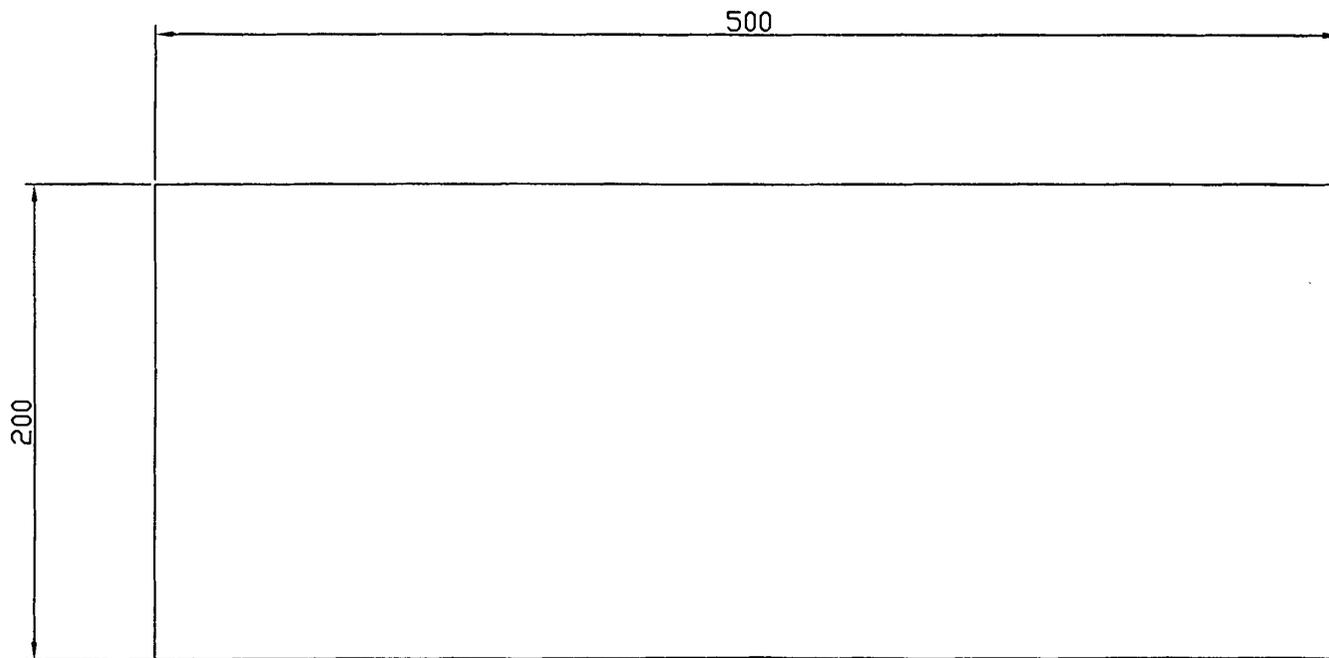
<h1 style="text-align: center;">FIMCP-ESPOL</h1>		FECHA:	NOM:
		Dibujó:	07/12/2004
PROYECTO: <h2 style="text-align: center;">TUNEL DE TERMOCONTRACCION</h2>		Revisó:	08/12/2004
ESCALA:  1:3		CONTIENE: Eje secundario anterior ,principal posterior,secundario posterior.	
MATERIALES:		PLANO N°: <h1 style="font-size: 2em;">28</h1>	
		Cantidad:	



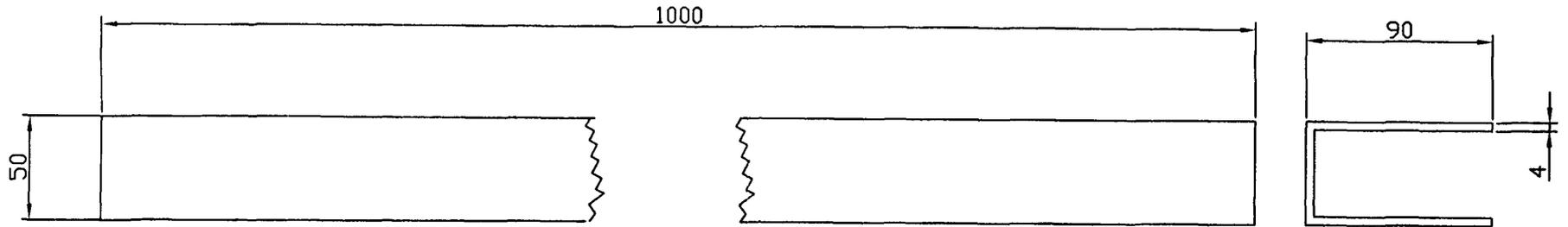
<h1 style="text-align: center;">FIMCP-ESPOL</h1>		FECHA:	NOBR
		Dibujo: 07/12/2004	R. Mayan
PROYECTO: TUNEL DE TERMOCONTRACCION		Revisi: 08/12/2004	Ing. Mar
	ESCALA:	CONTIENE:	
	1:3	soportes base verticales	
MATERIALES:		PLANO N°:	
Acero estructural A 36		29	
		Cantidad:	
		4	



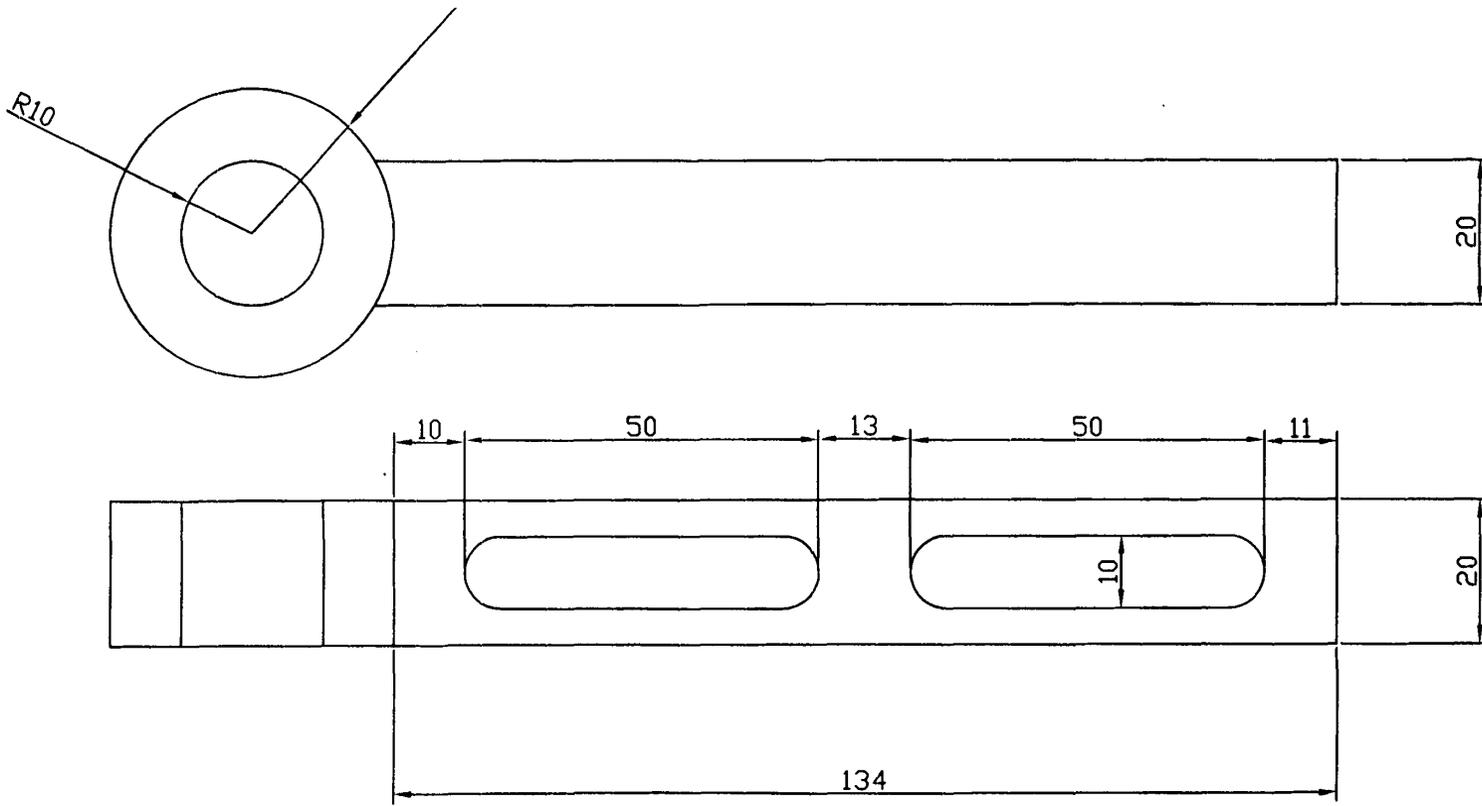
<h1 style="text-align: center;">FIMCP-ESPOL</h1>		FECHA:	NOMB
		Dibujó:	07/12/2004 R. Mayu
PROYECTO: TUNEL DE TERMOCONTRACCION		Revisó:	08/12/2004 Ing. Mar
	ESCALA:	PLANO N°:	
	1:3	30	
CONTIENE: Soportes base horizontales		Cantidad:	
MATERIALES: Acero estructural A 36		2	

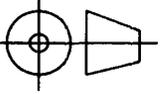


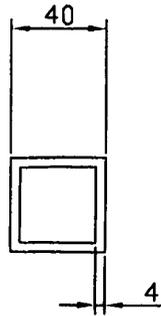
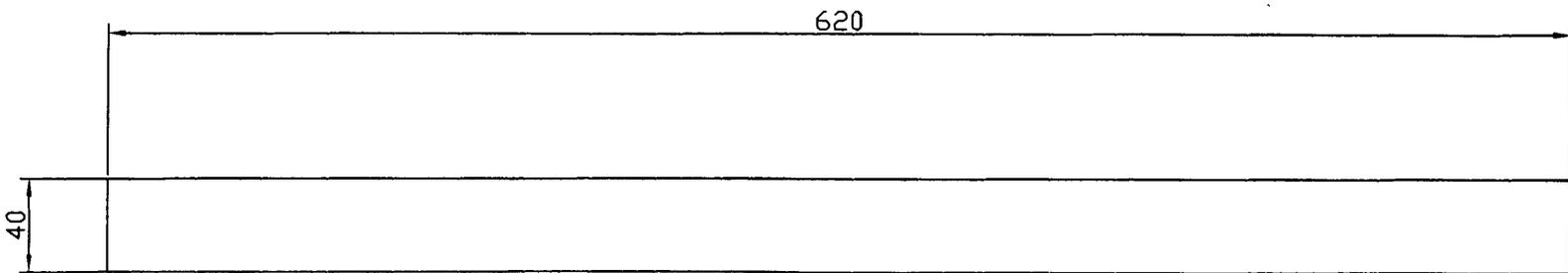
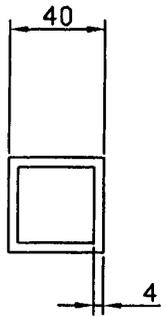
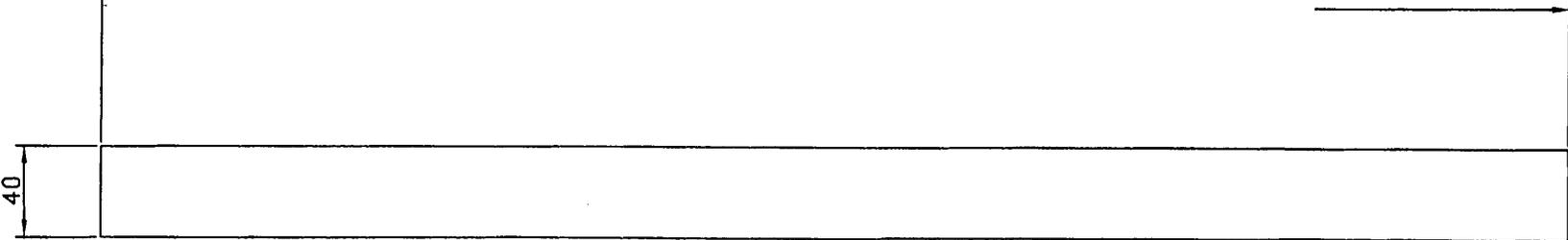
<h1 style="text-align: center;">FIMCP-ESPOL</h1>		FECHA:	NOMBRE:
		Dibujó:	07/12/2004
PROYECTO: <h2 style="text-align: center;">TUNEL DE TERMOCONTRACCION</h2>		Revisó:	08/12/2004 Ing. Marti
	ESCALA:	CONTIENE:	
	1:3	Soporte principal longitudinal C	
MATERIALES:		PLANO Nº: <h1 style="text-align: center;">31</h1>	
		Cantidad:	



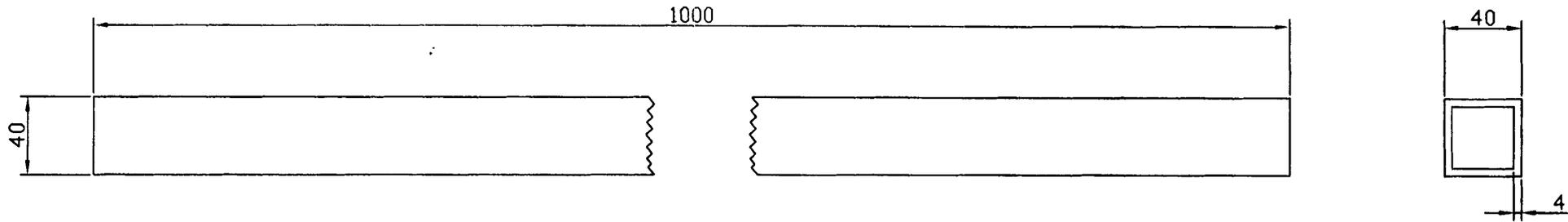
FIMCP-ESPOL		FECHA:	NOMBRE:
		Dibujo:	07/12/2004
PROYECTO:		Revisó:	08/12/2004
TUNEL DE TERMOCONTRACCION		PLANO N°:	
ESCALA:		32	
CONTIENE:		Cantidad:	
1:3		Soporte secundario longitudinal	
MATERIALES:			



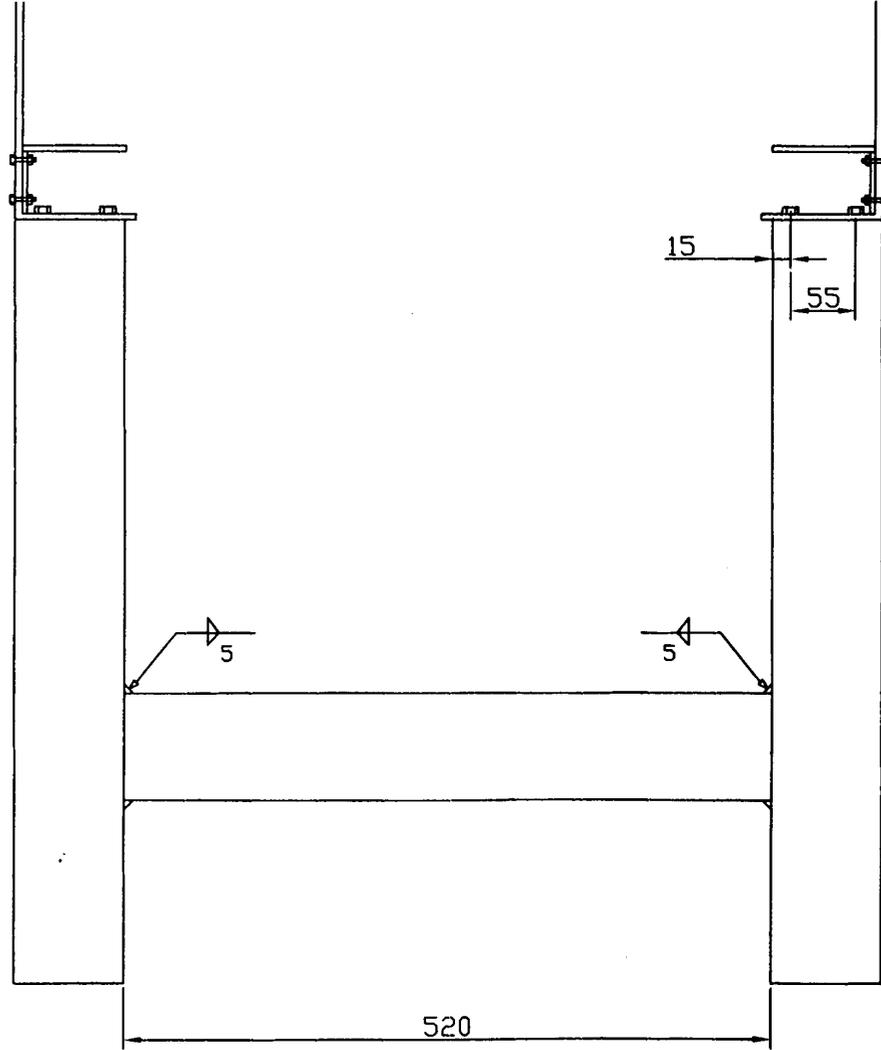
<h1 style="text-align: center;">FIMCP-ESPOL</h1>		FECHA:	NOBRE:	
		Dibujó:	07/18/2004	R. Mayan
PROYECTO: <h2 style="text-align: center;">TUNEL DE TERMOCONTRACCION</h2>		Revisó:	08/12/2004	Ing. Harri
		ESCALA:	PLANO N°:	
CONTIENE: Soporte eje entrada del Túnel		1:1	33	
MATERIALES: Acero inoxidable A 304			Cantidad:	
			2	

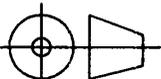


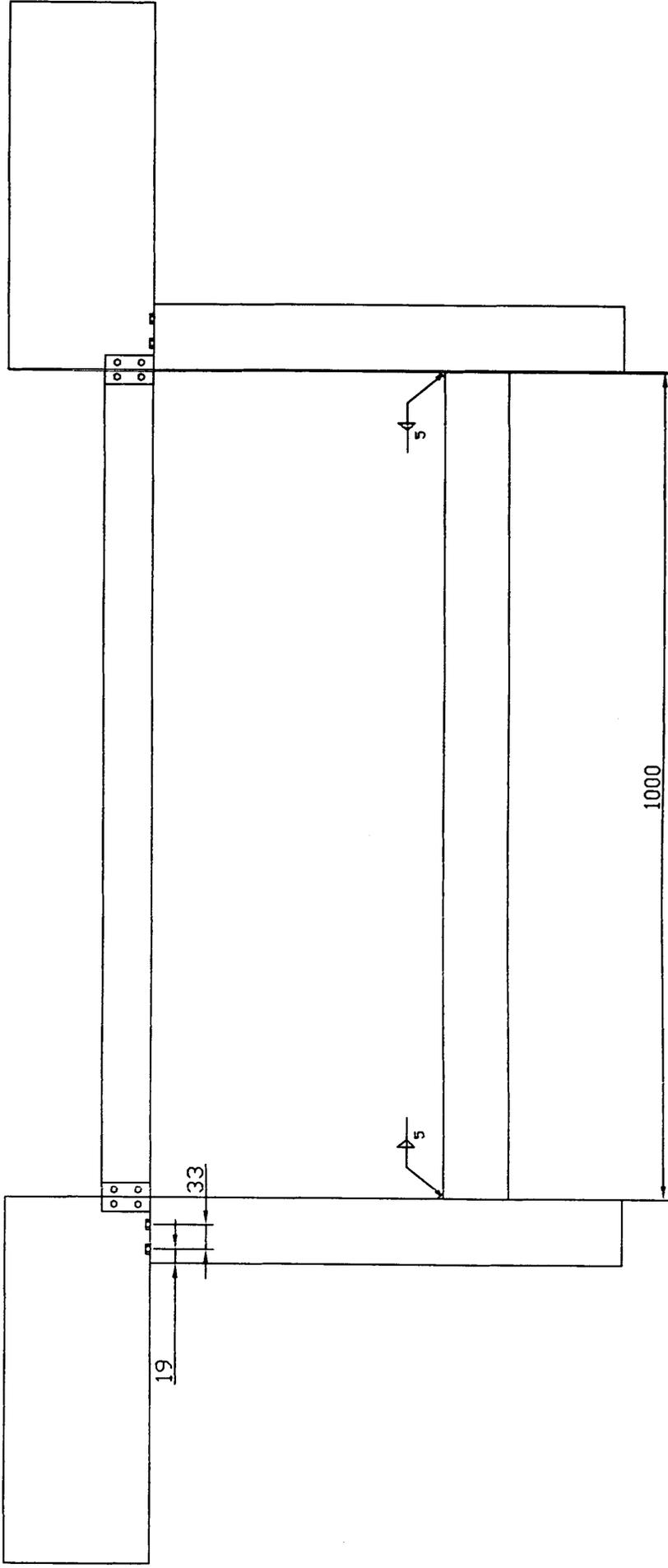
<h1 style="text-align: center;">FIMCP-ESPOL</h1>		FECHA:	NOMBRE:
		Dibu. Jd:	07/12/2004
PROYECTO: <h2 style="text-align: center;">TUNEL DE TERMOCONTRACCION</h2>		Revisd:	08/12/2004
	ESCALA:	PLANO N°:	
	1:3	CONTIENE:	34
		MATERIALES:	Cantidad:
		Acero estructural A 36	4



<h1 style="text-align: center;">FIMCP-ESPOL</h1>		FECHA:	NOMBR
		Dibujó:	07/12/2004 R. Moyano
PROYECTO:		Revisó:	08/12/2004 Ing. Martí
<h2>TUNEL DE TERMOCONTRACCION</h2>		PLANO N°: <span style="font-size: 2em;">35</span>	
	ESCALA: <span style="font-size: 1.5em;">1:3</span>	CONTIENE: Soporte Horizontales estructura del horno	
	MATERIALES: Acero estructural A 36		Cantidad: <span style="font-size: 1.5em;">4</span>

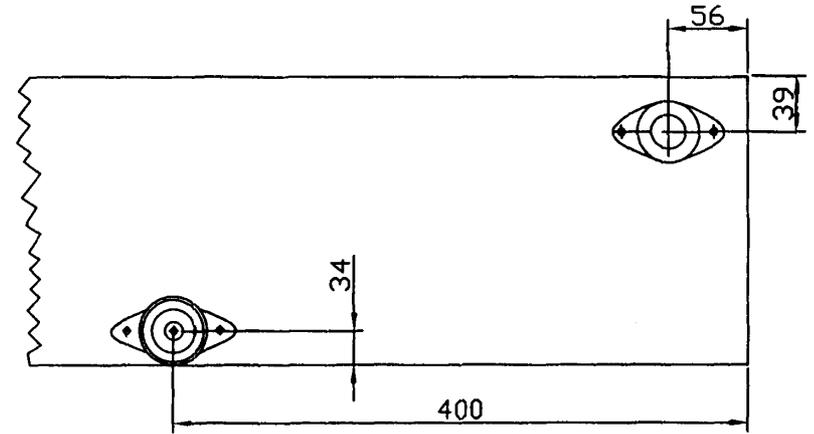
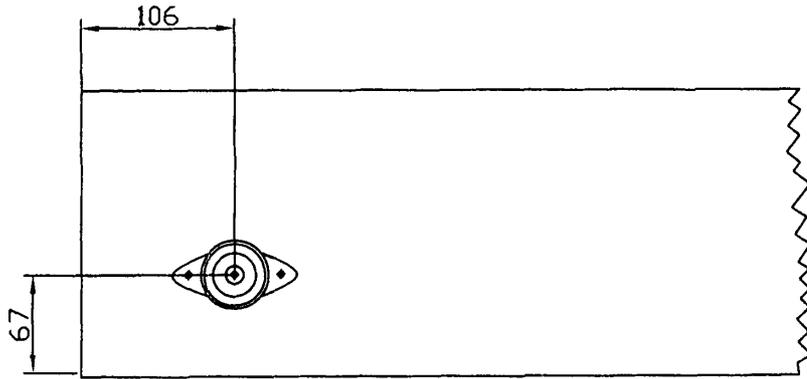


<h1 style="text-align: center;">FIMCP-ESPOL</h1>		FECHA:	NOMBRE:
		Dibu. Jd:	07/12/2004
PROYECTO: <h2 style="text-align: center;">TUNEL DE TERMOCONTRACCION</h2>		Revisd:	08/12/2004
ESCALA:  1:6		PLANO N°: <h1 style="font-size: 2em;">3E</h1>	
CONTIENE: Acople de Vigas C a soportes de base		Cantidad:	
MATERIALES:			

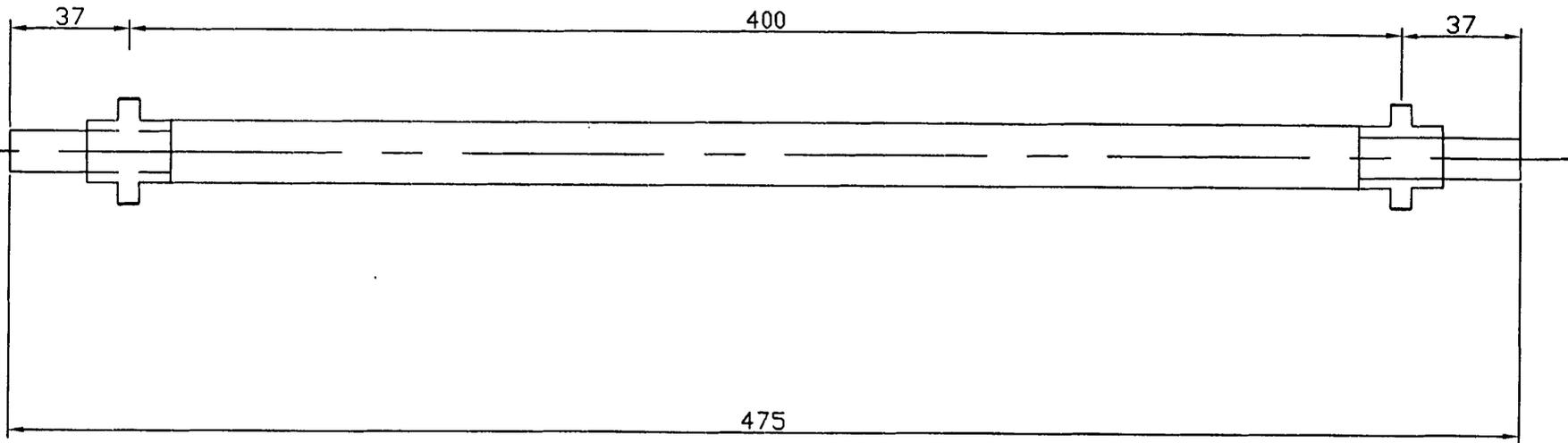


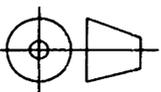
FECHA:	07/02/2004	NOMBRE:	E. Mayana
Revisó:	08/12/2004	Exp. No.:	37
PLANO N°:			
PROYECTO:			
FIMCP-ESPOL			
TUNEL DE TERMOCONTRACCION			
CONTIENE:	Vista Lateral de Acople de Vigas C a soportes base		
ESCALA:	1:8		
MATERIALES:			
Cantidad:			

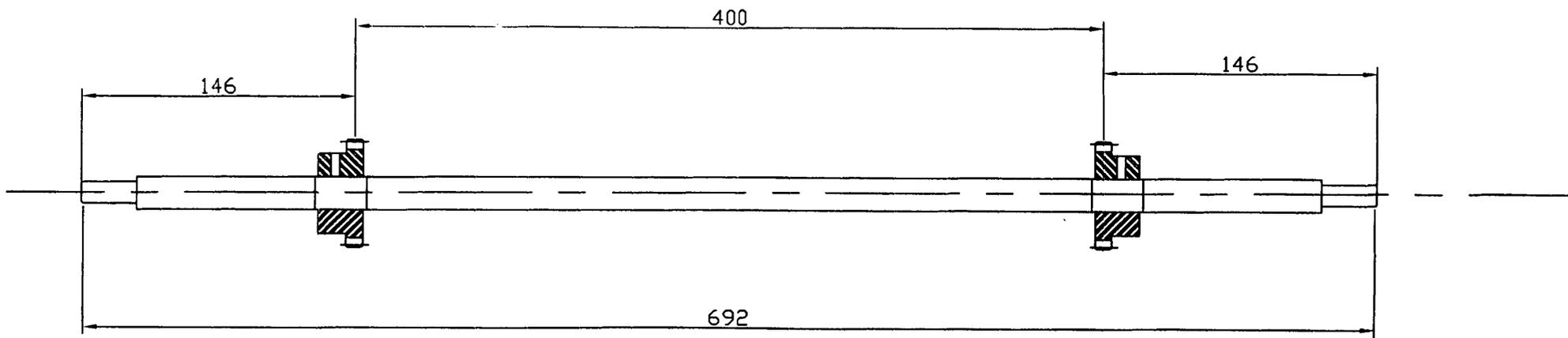




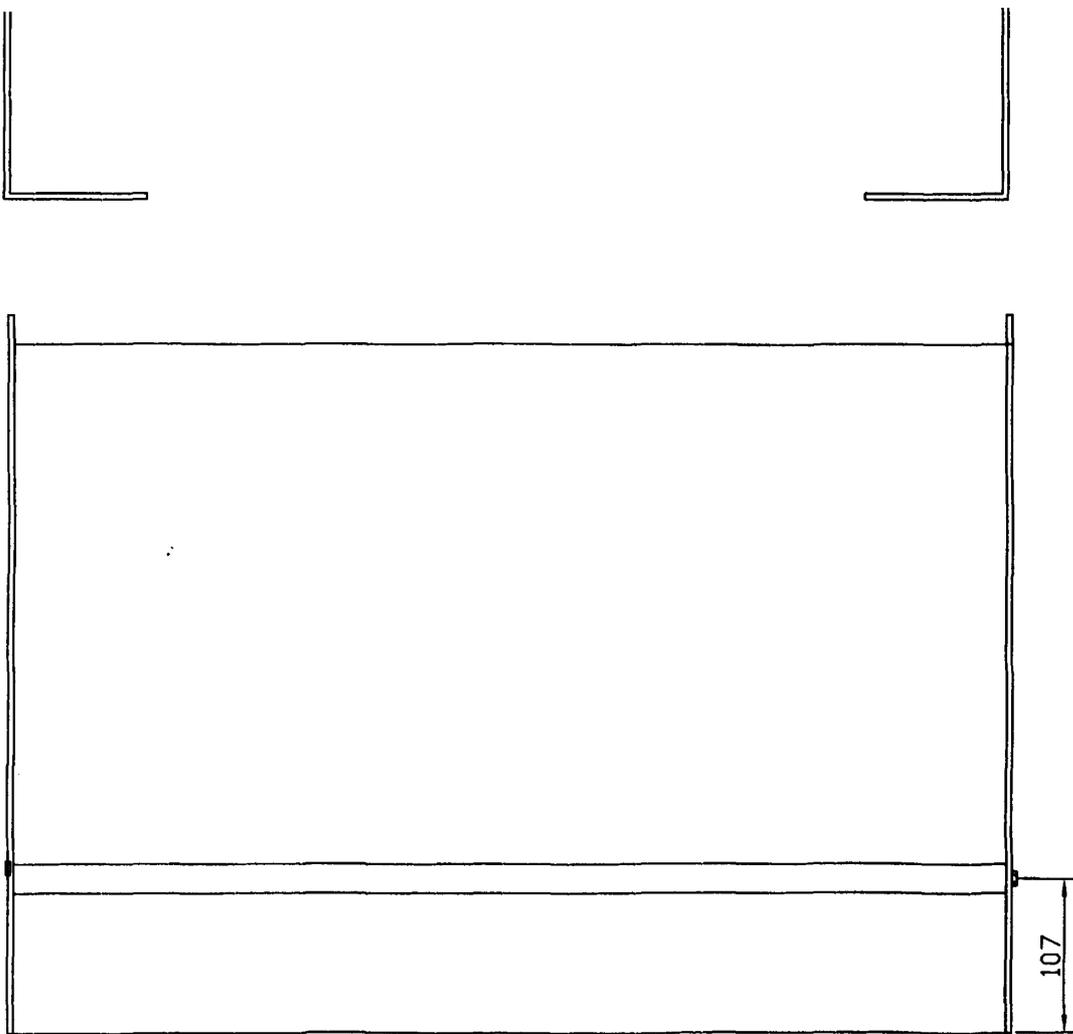
<h1 style="text-align: center;">FIMCP-ESPOL</h1>		FECHA:	NOMBRE:
		Dibujó:	07/12/2004
PROYECTO:		Revisó:	08/12/2004
<h2>TUNEL DE TERMOCONTRACCION</h2>		PLANO N°:	
		<h1>38</h1>	
	ESCALA:	CONTIENE:	
	1:5	Acople de chumaceras a viga C	
MATERIALES:		Cantidad:	

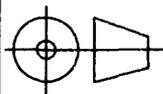


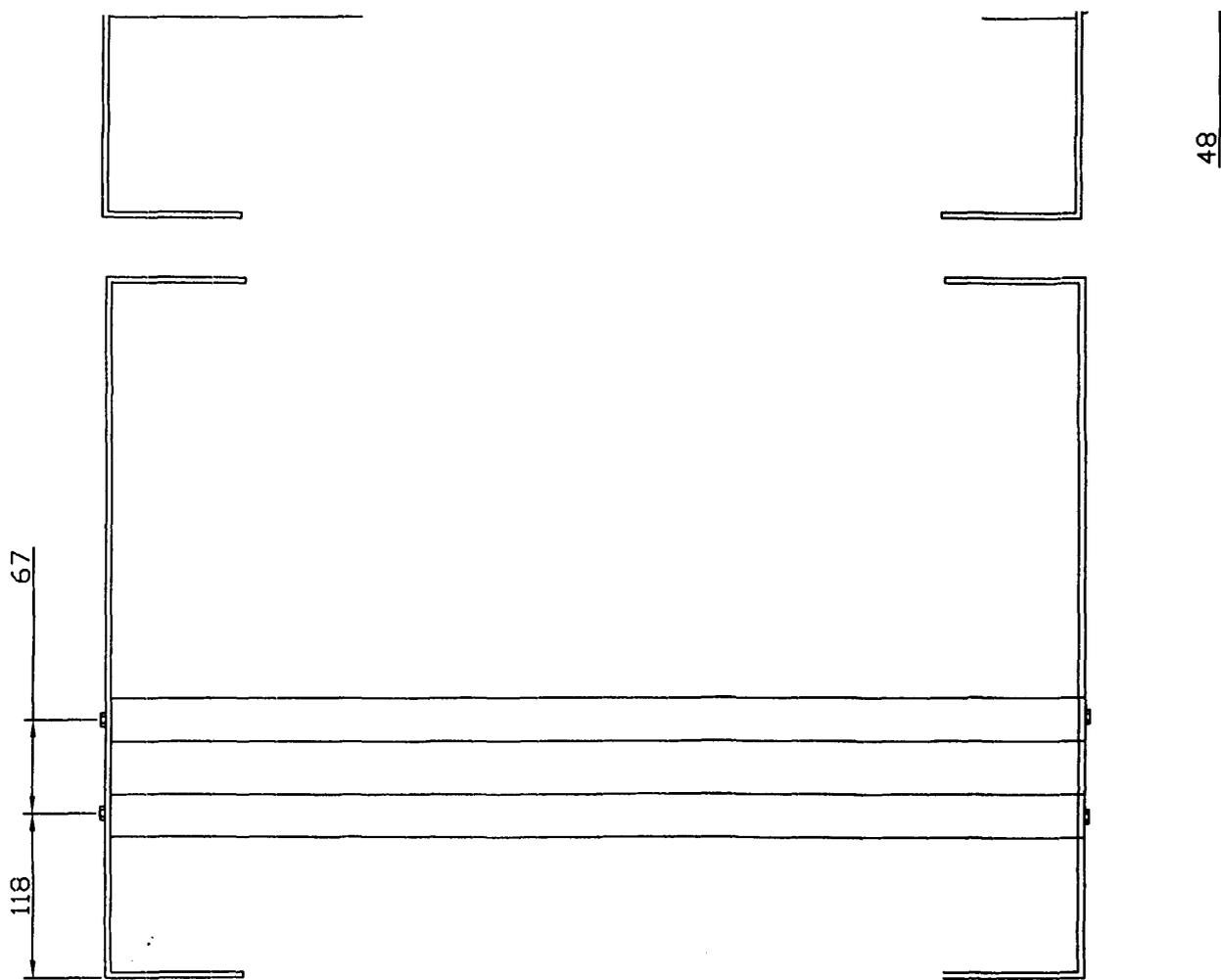
<h1 style="text-align: center;">FIMCP-ESPOL</h1>		FECHA:	NOMBI
		Dibujo:	07/12/2004 R. Meyer
PROYECTO: <h2 style="text-align: center;">TUNEL DE TERMOCONTRACCION</h2>		Revisó:	08/12/2004 Ing. Mar
		ESCALA:	PLANO N°:
		1:2	35
		CONTIENE:	Cantidad:
		Acople de pñones a eje principal de entrada	
		MATERIALES:	



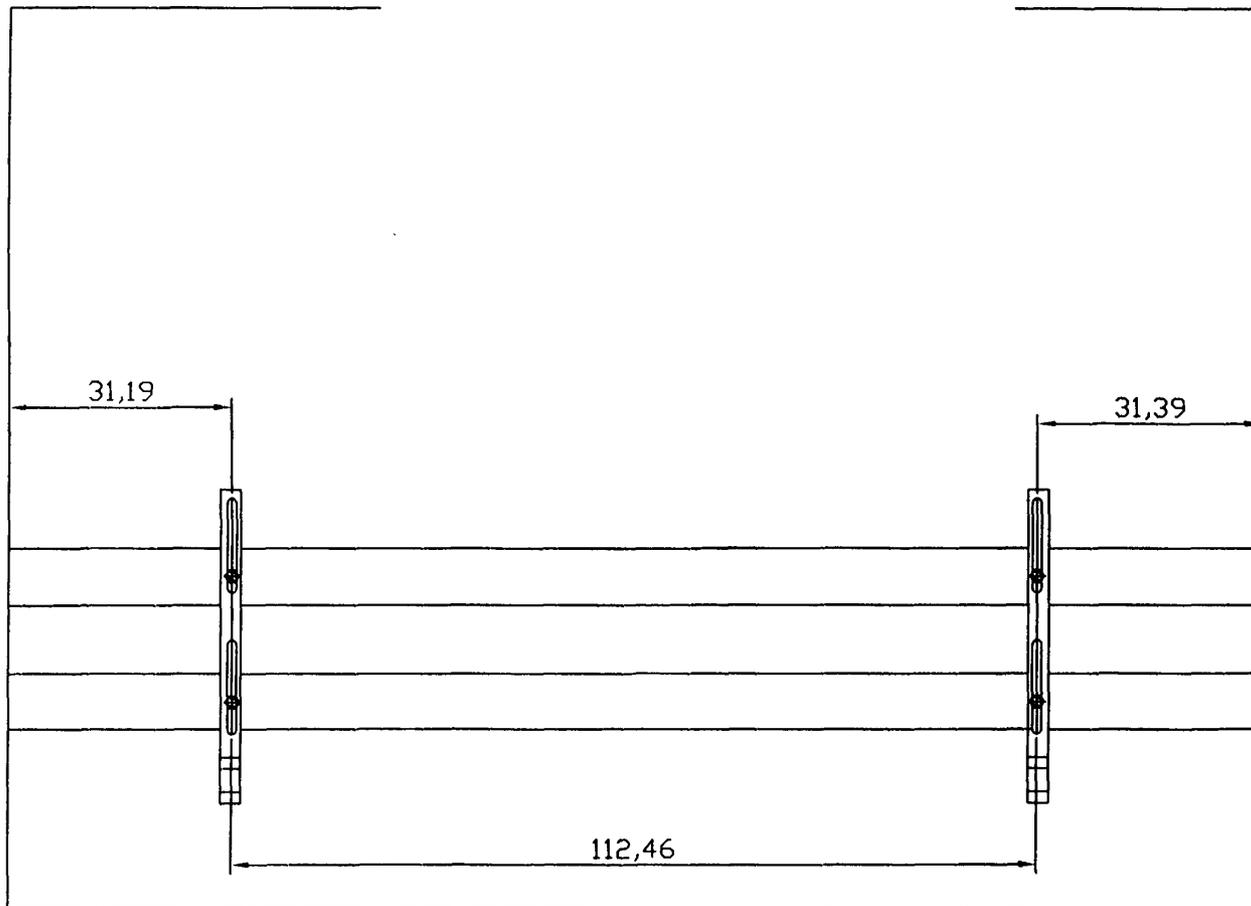
<h1>FIMCP-ESPOL</h1>		FECHA:	NOMBRE:
		Dibujó:	07/12/2004 R. Meyer
<b>PROYECTO:</b> TUNEL DE TERMOCONTRACCION		Revisó:	08/12/2004 Ing. R...
		PLANO Nº: <span style="font-size: 2em;">40</span>	
	ESCALA:	<b>CONTIENE:</b> Acople de de pifones a ejes secundarios y principal posterior	
	1:3		
<b>MATERIALES:</b>		Cantidad:	

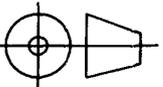


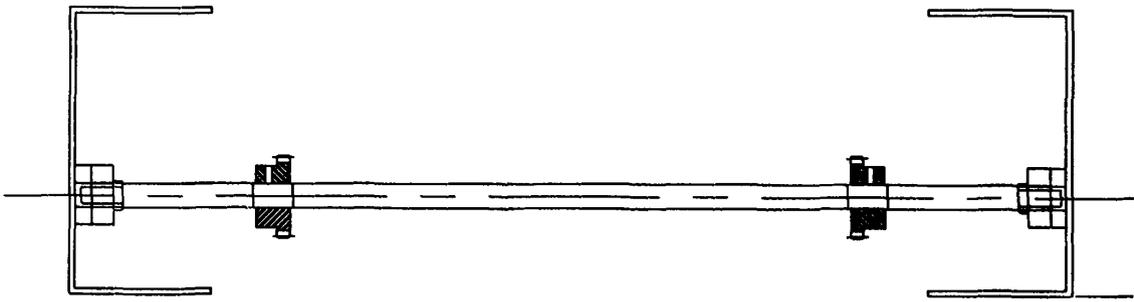
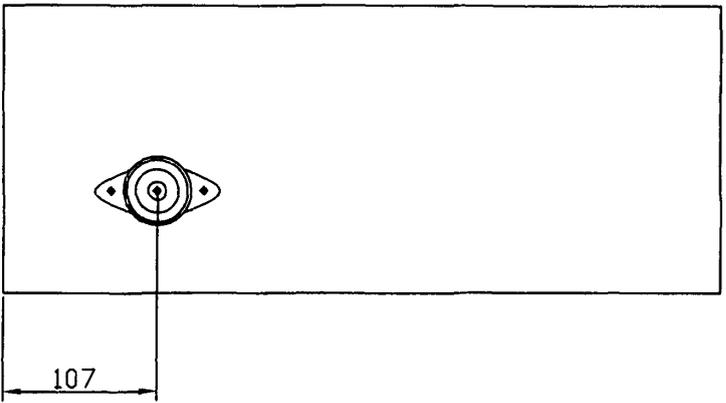
<p style="text-align: center; font-size: 24px; margin: 0;">FIMCP-ESPOL</p>		FECHA:	NOMB
		Dibujo: 07/12/2004	R. Mayra
PROYECTO: TUNEL DE TERMOCONTRACCION		Revisó: 08/12/2004	Ing. Mar
ESCALA: 1:5		CONTIENE: Acople de soporte transversal posterior a viga C	
		PLANO N°: <div style="font-size: 48px; text-align: center;">41</div>	
MATERIALES:		Cantidad:	



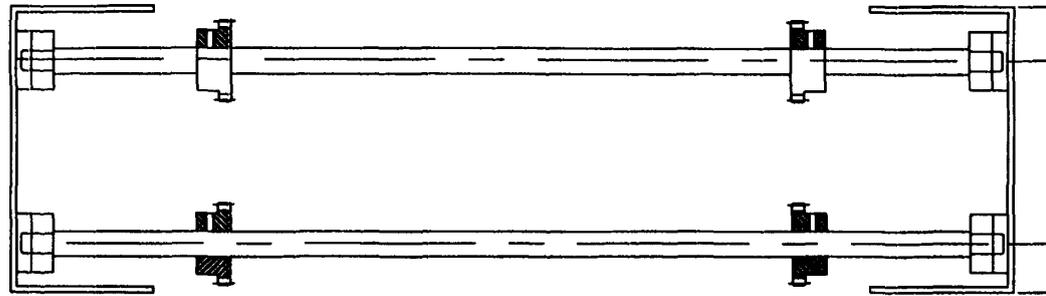
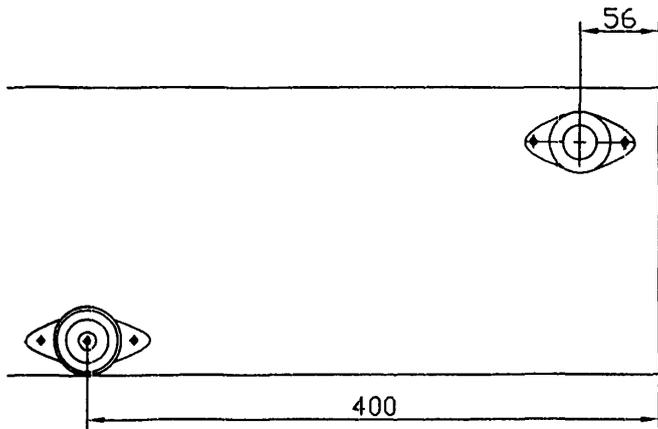
<h1 style="text-align: center;">FIMCP-ESPOL</h1>		FECHA:	NOMB
		Dibujo:	07/12/2004 R. Naya
		Revisó:	08/12/2004 Ing. Mar
PROYECTO: <h2 style="text-align: center;">TUNEL DE TERMOCONTRACCION</h2>		PLANO N°: <h1 style="text-align: center;">4E</h1>	
	ESCALA: <h3 style="text-align: center;">1:5</h3>	CONTIENE: Acople de soporte Transversales posterior a viga C	
	MATERIALES:		Cantidad:



FIMCP-ESPOL		FECHA:	NOMBRE:
Dibujó:	07/12/2004	R. Mayan	
Revisó:	08/12/2004	Eng. Martí	
PROYECTO:	TUNEL DE TERMOCONTRACCION		PLANO Nº:
			43
	ESCALA:	CONTIENE:	Cantidad:
	1:4	Acople de de soporte de eje entrada principal.	
MATERIALES:			



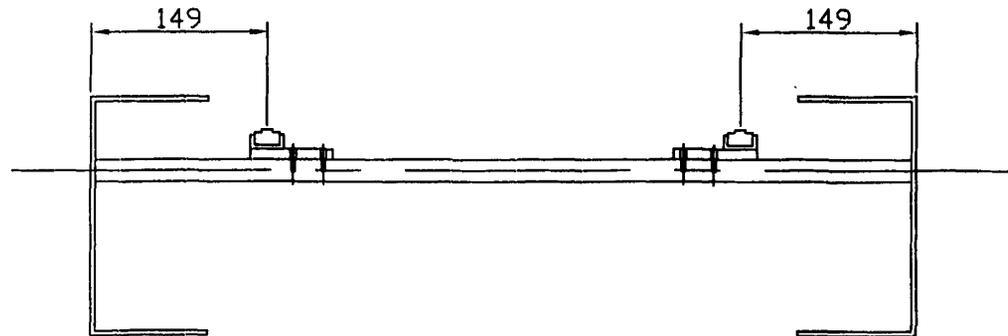
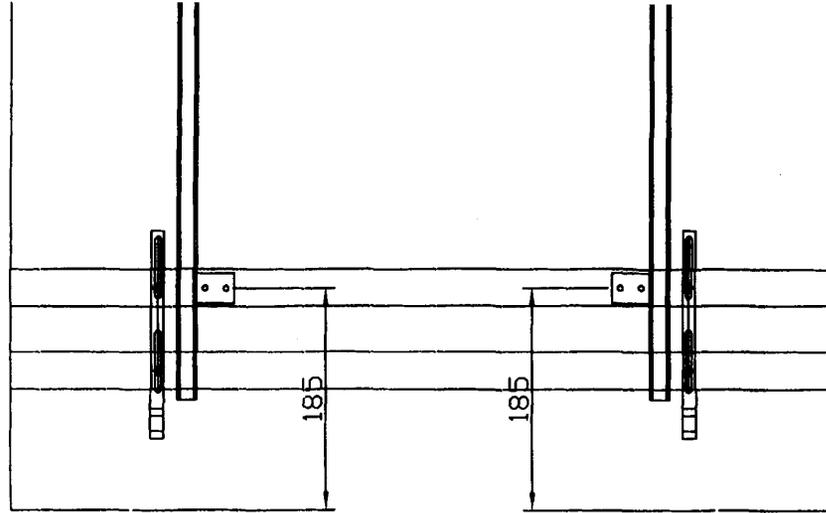
<h1 style="text-align: center;">FIMCP-ESPOL</h1>		FECHA:	NOMB
		Dibujó:	07/12/2004
PROYECTO:		Revisó:	08/12/2004
<h2>TUNEL DE TERMOCONTRACCION</h2>		PLANO N°:	44
	ESCALA:	CONTIENE:	
	1:5	Acople de eje secundario anterior con piones a chunaceras	
MATERIALES:		Cantidad:	



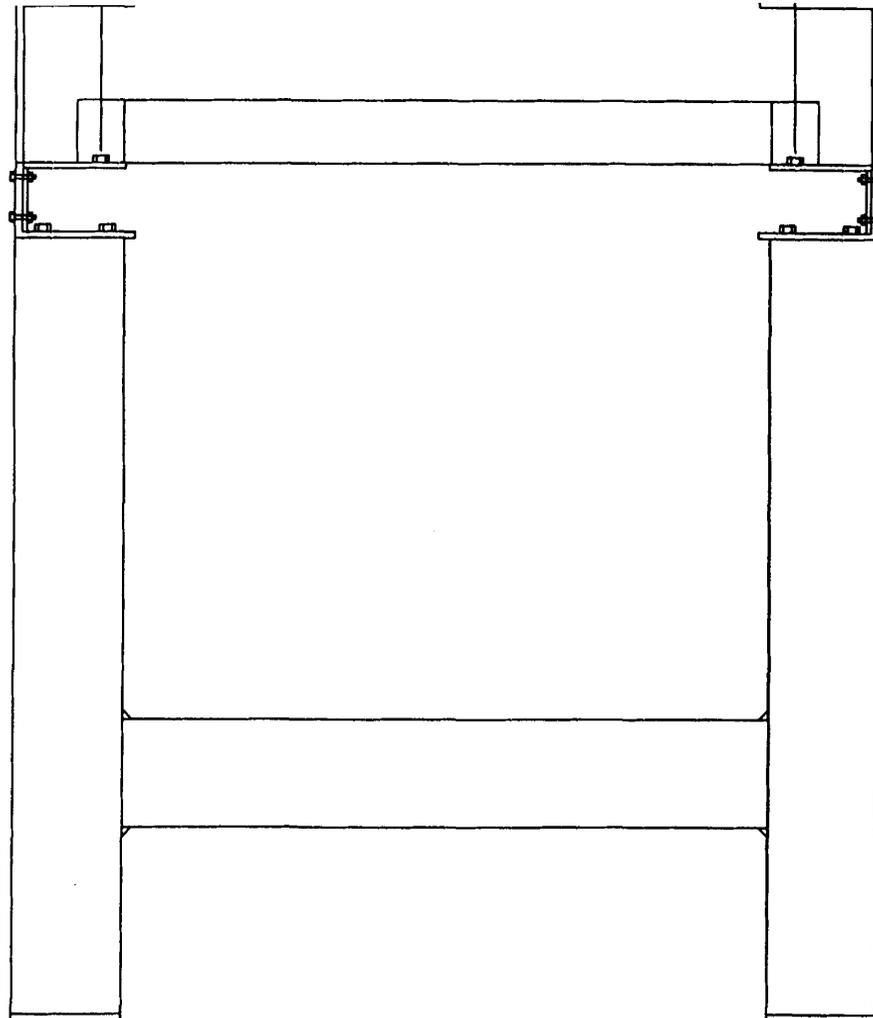
39

34

<h1 style="text-align: center;">FIMCP-ESPOL</h1>		FECHA:	NOMBRE:
		Dibujo: 07/12/2004 R. Meyer	Revisado: 08/12/2004 Ing. Har
PROYECTO: TUNEL DE TERMOCONTRACCION		PLANO N° 45	
	ESCALA: 1:5	CONTIENE: Acople de ejes con piones posteriores a chumaceras	
	MATERIALES:		Cantidad:

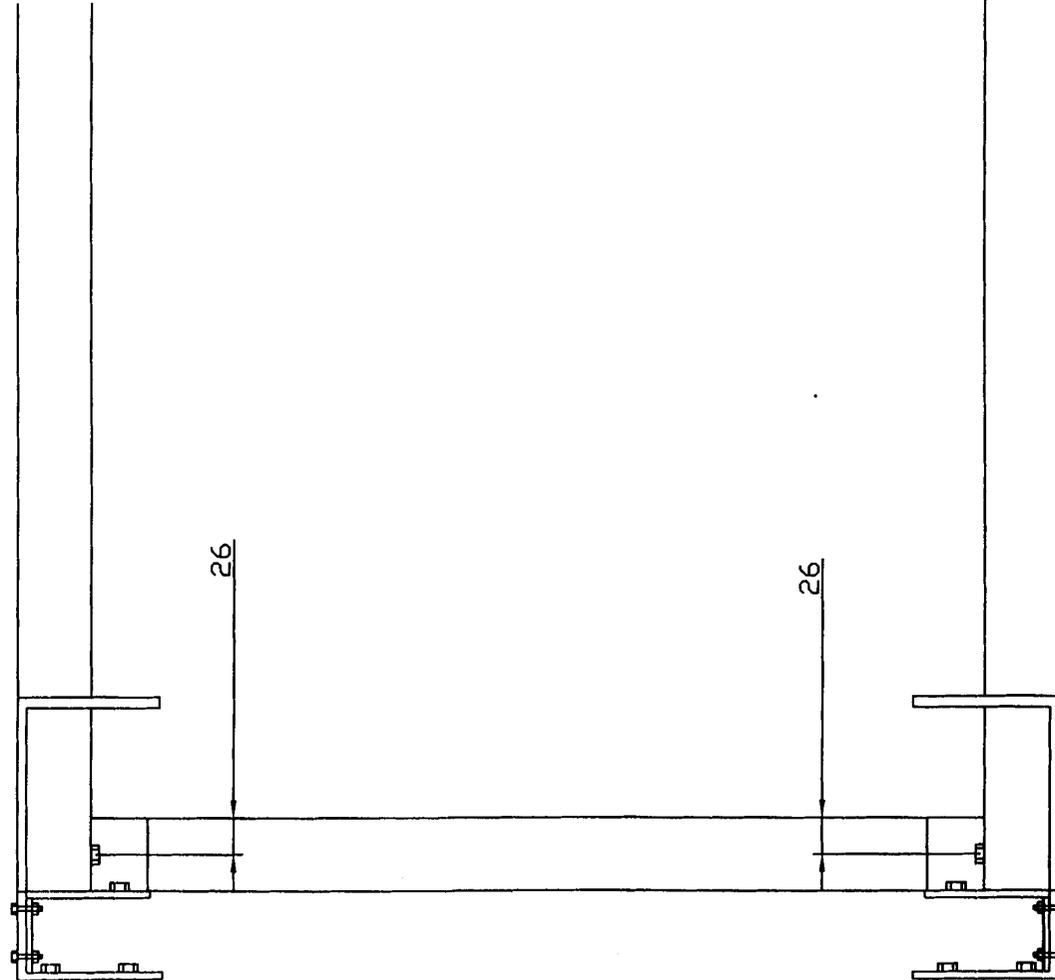


<h1 style="text-align: center;">FIMCP-ESPOL</h1>		FECHA:	NDM
		Revisión:	R. No.
PROYECTO:		07/12/2004	08/12/2004
<h2>TUNEL DE TERMOCONTRACCION</h2>		PLANO N°:	
	ESCALA: 1:6	CONTIENE: Acople de guías base a soportes transversales	
	MATERIALES:		Cantidad:
		4 €	

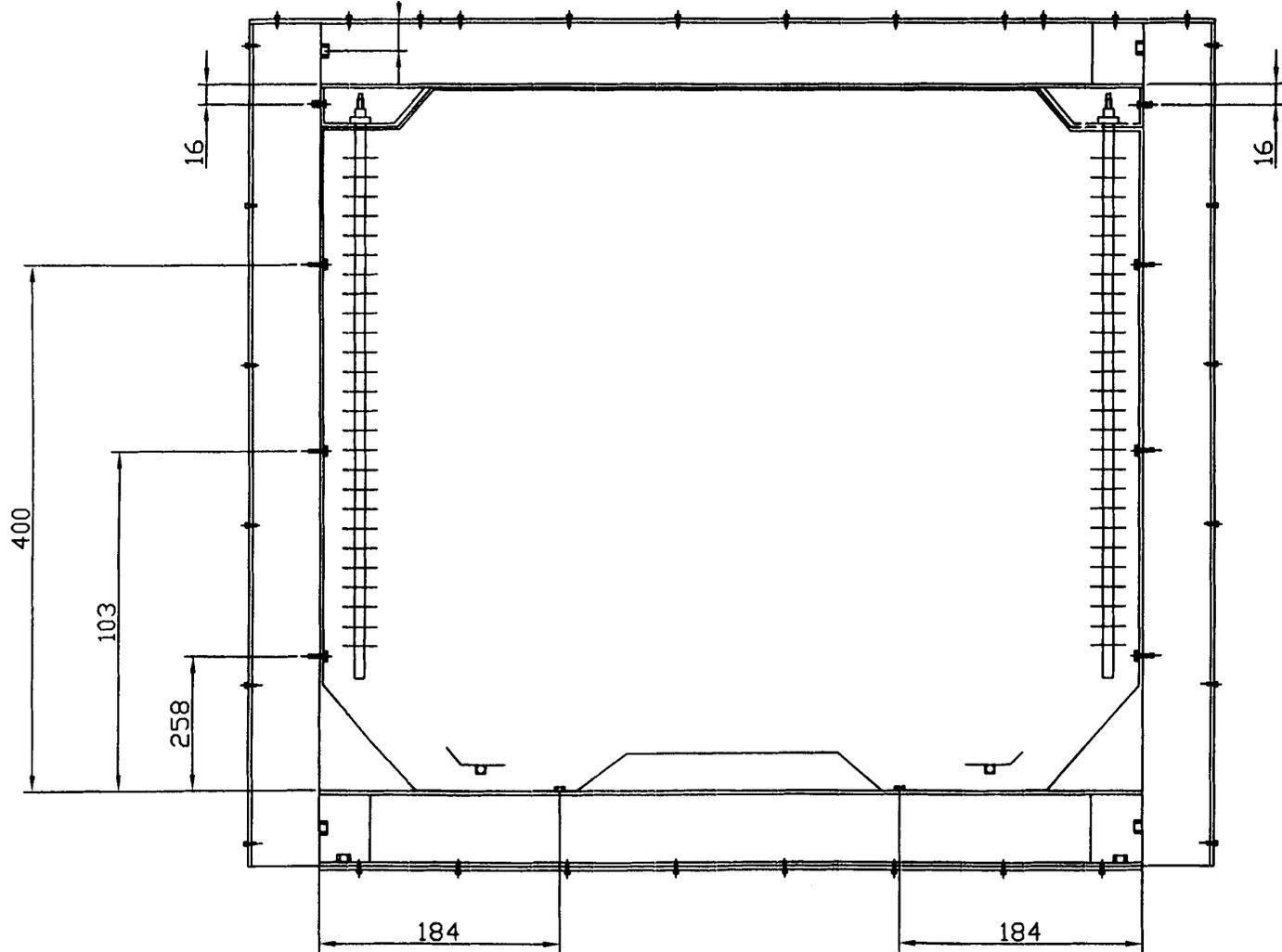


<h1 style="text-align: center;">FIMCP-ESPOL</h1>		FECHA:	NOMBRE:
		Dibujó:	07/12/2004
PROYECTO:		Revisó:	08/12/2004
<h2>TUNEL DE TERMOCONTRACCION</h2>		PLANO Nº:	
	ESCALA: 1:5	CONTIENE: Acople de tubo soporte de pared inferior a viga secundaria	
	MATERIALES:		Cantidad:

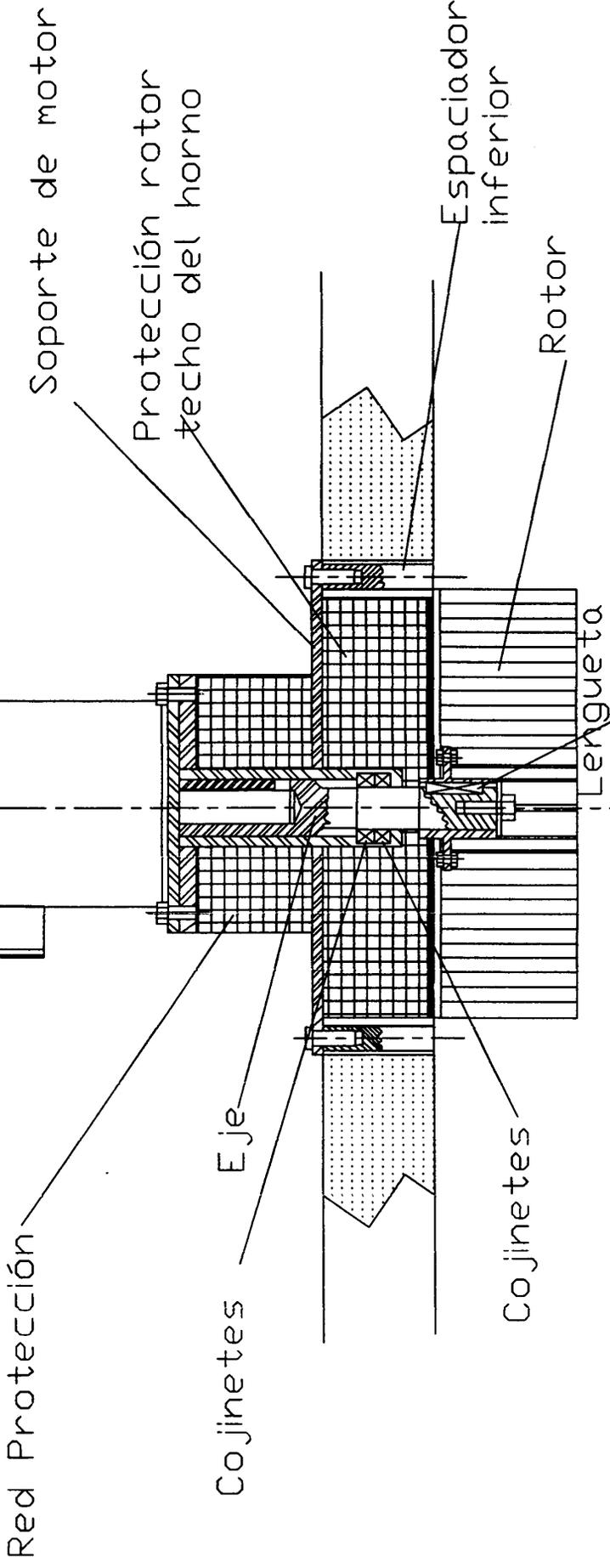
47



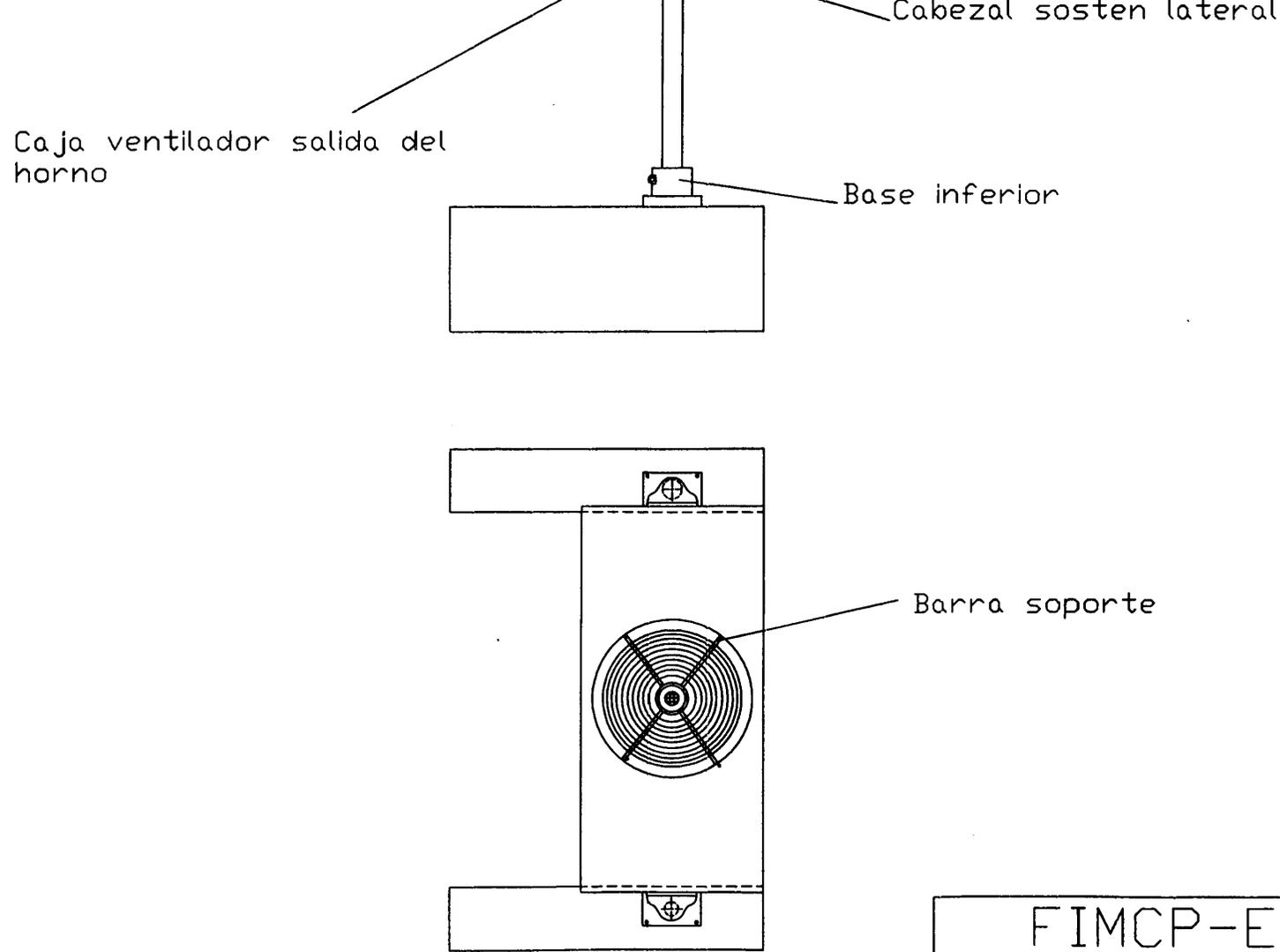
<h1 style="text-align: center;">FIMCP-ESPOL</h1>		FECHA:	NOMB
		Diseñó: 07/12/2004 R. Meyer Revisó: 08/12/2004 Ing. Mar	
PROYECTO: <h2 style="text-align: center;">TUNEL DE TERMOCONTRACCION</h2>		PLANO N°: <h1 style="text-align: center;">48</h1>	
	ESCALA: <h2 style="text-align: center;">1:5</h2>	CONTIENE: Acople de tubos soporte de paredes verticales a viga secundaria.	
	MATERIALES:		Cantidad:

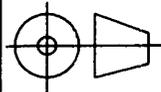


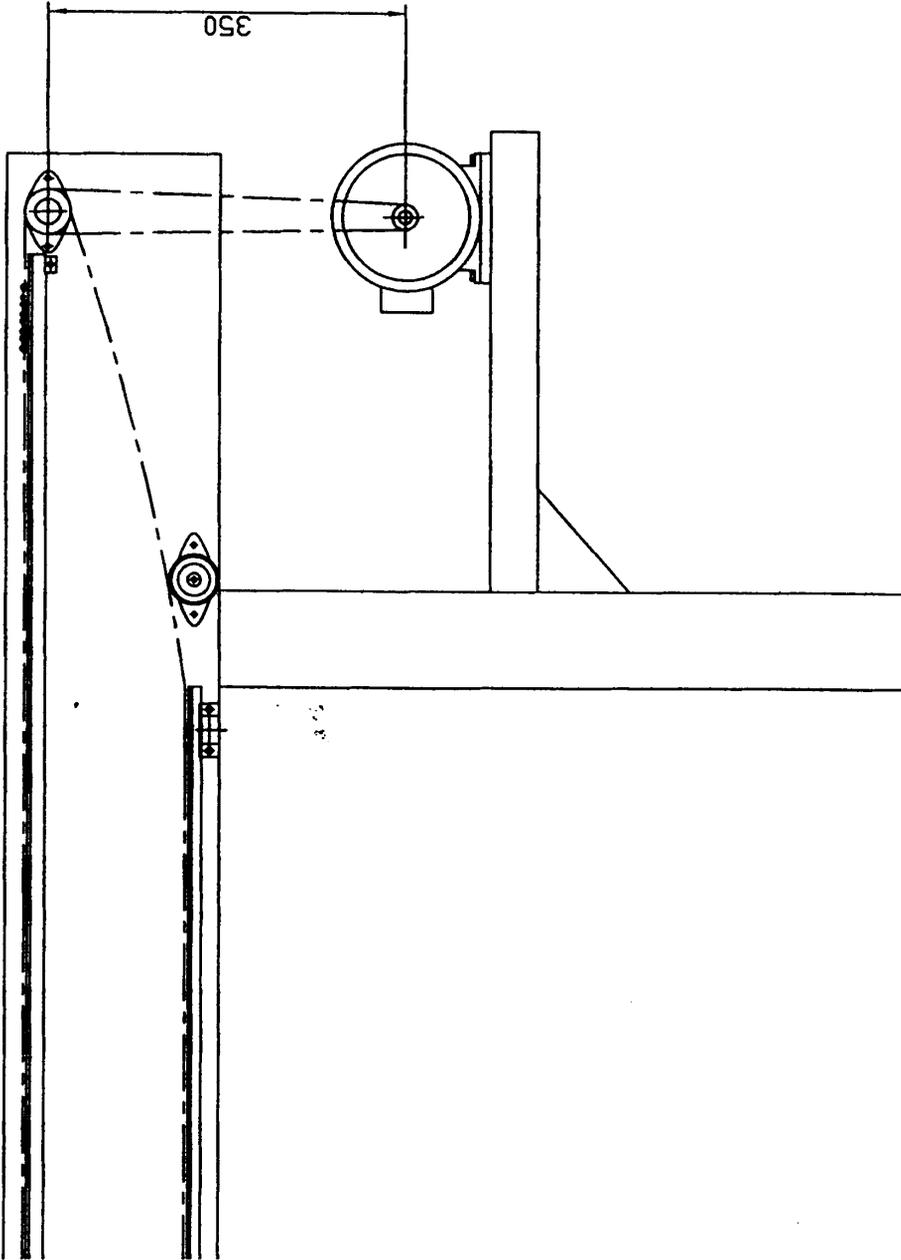
<h1 style="text-align: center;">FIMCP-ESPOL</h1>		FECHA:	NOMBRE:
		Dibujo:	07/12/2004 R. Rojas
PROYECTO: <h2 style="text-align: center;">TUNEL DE TERMOCONTRACCION</h2>		Revisado:	08/12/2004 Ing. Mar
 	ESCALA:	CONTIENE:	
	1:5	Acople de calderías exterior, 1ª caldería interior y resistencias eléctricas	
MATERIALES:		PLANO N°:	
		45	
		Cantidad:	



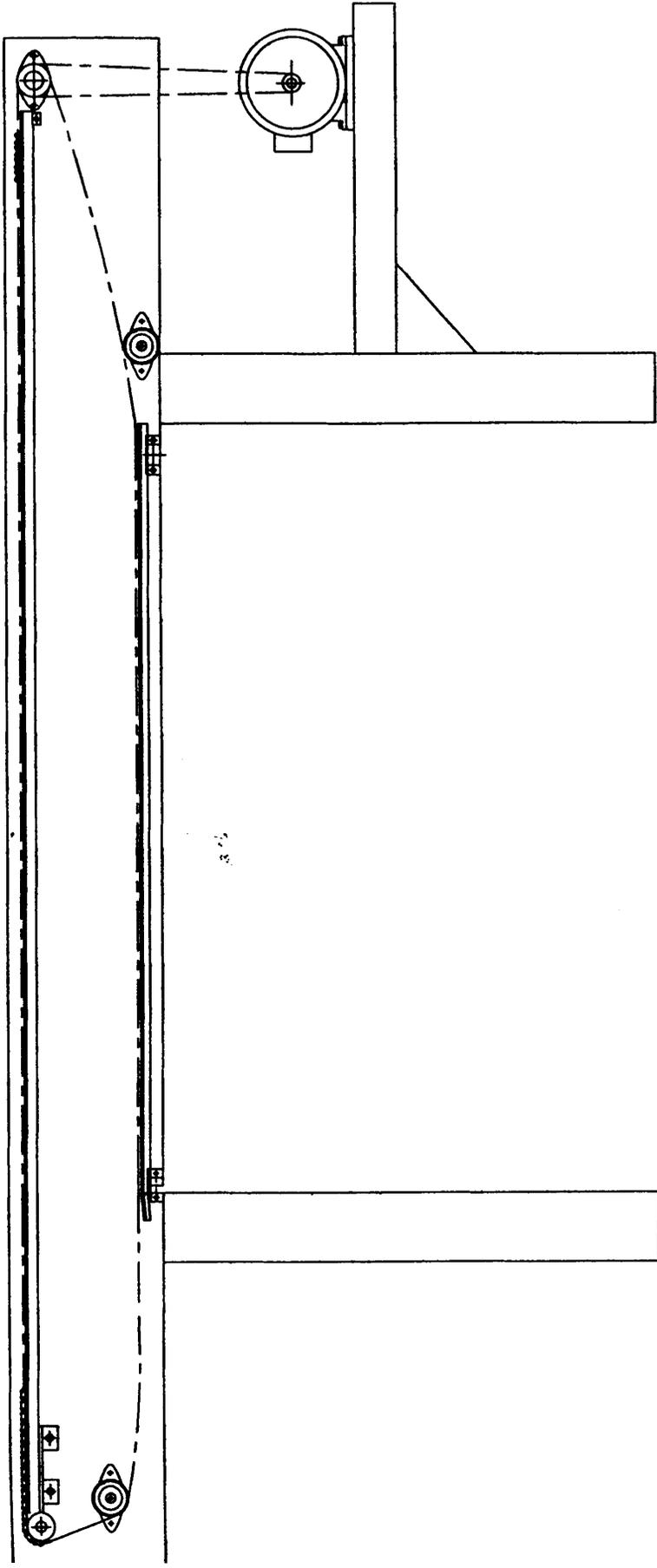
FECHA	INDICE	50
07/10/2004	R. Mayor	
Revisó	08/12/2004	Ing. Noe
PROYECTO:		PLANO Nº
FIMCP-ESPOL		TUNEL DE TERMOCONTRACCION
ESCALA:	CONTIENE:	Detalle sujeción Turbina de aire y motor
1:2	MATERIALES:	
		Cantidad:



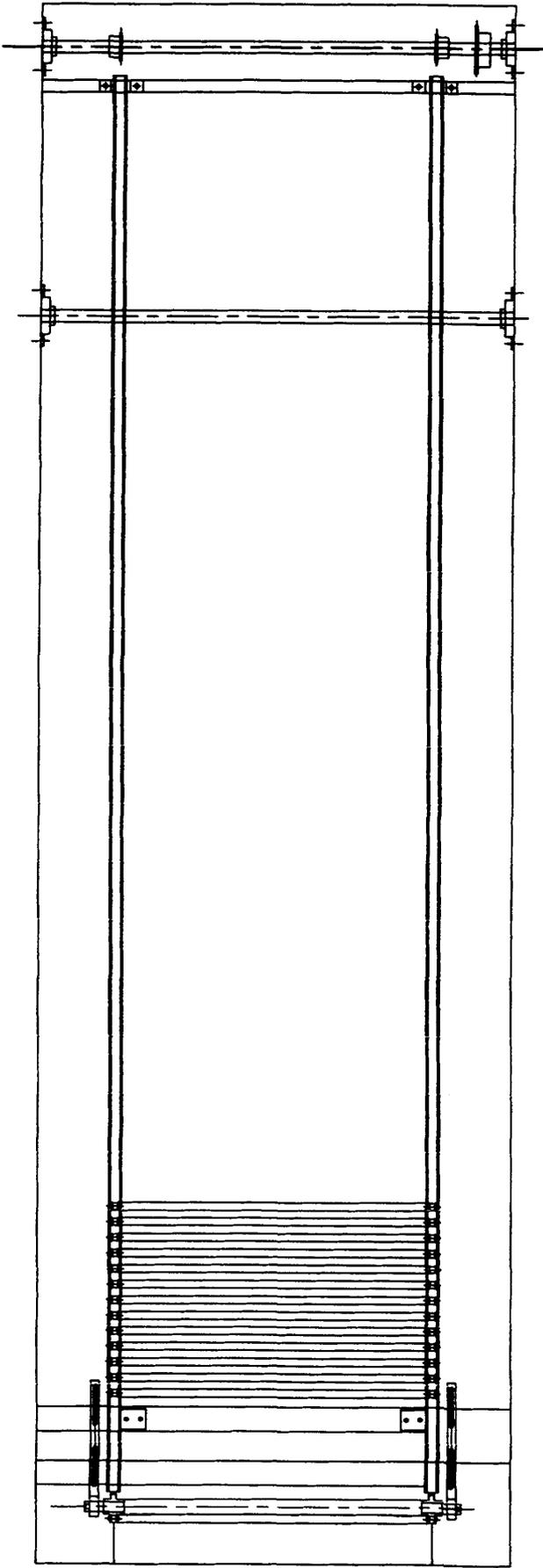
<p style="text-align: center; font-size: 24px; margin: 0;">FIMCP-ESPOL</p>		FECHA:	NOMB
		Dibujo: 07/12/2004 R. Mayra	
PROYECTO: TUNEL DE TERMOCONTRACCION		Revisado: 08/12/2004 Ing. Mar	PLANO N°
		ESCALA:	51
		1:10	
CONTIENE: Ventilador de enfriamiento a la salida del Túnel		MATERIALES:	Cantidad:



FECHA / NOMBRE		PLANO N° <b>52</b>	Cantidad	
Revisó	07/10/2004			R. Hoyoseda
Revisó	08/10/2004			Eng. Har-stein
PROYECTO:		TUNEL DE TERMOCONTRACCION		
CONTIENE:		Acople de motor y reductor		
MATERIALES:				
ESCALA:	1:7			



FIMCP-ESPOL		FECHA:	NOMBRE:
TUNEL DE TERMOCONTRACCION		07/12/2004	E. Hernandez
PROYECTO:		08/12/2004	Ing. Hernandez
CONTIENE:		PLANO N°	
Vista Lateral Sistema Transportación		53	
ESCALA:	MATERIALES:	Cantidad:	
1:7			



FECHA: MONBI		54	PLANO Nº	Cantidad:
Revisó	07/12/2004 E. Mayor			
PROYECTO:		TUNEL DE TERMCONTRACCION		
ESCALA:		CONTIENE:	MATERIALES:	
1:7		Vista Superior Sistema de Transportación		
				

## **APÉNDICES**

# **APENDICE A**

## **DATOS TÉCNICOS DE TERMOPLÁSTICOS VENDIDOS EN EL MERCADO NACIONAL**

**PRODUCTO:** Lámina termoencogible  
**USO:** Envoltura para colas  
**DESCRIPCIÓN:** PEBD natural  
**ESTRUCTURA:** PEBD NAT. (Monocapa)  
**CLIENTE:** BEBIDAS DEL PACÍFICO  
**FECHA:** Noviembre 4 del 2004

PE-ASG-FR-024

VARIABLE	UNIDAD	ESTANDAR	TOLERANCIA
Espesor de la película PEBD Natural	micras	65	+/-10%
Gramaje de la película PEBD Natural	g/m <sup>2</sup>	60.13	+/-10%
Peso del rollo	Kg	30	+/-1
Ancho de lámina	mm	460	+/-3
Largo de lámina	metros	1050	+2
Diámetro del rollo	mm	330	+/-10
Diámetro externo del núcleo	mm	90	+/-2
Diámetro interno del núcleo	mm	76	+/-2
Rango de temperatura de sellado	°C		205-220

**ASEGURAMIENTO DE CALIDAD**

Nivel de Aceptación de Calidad (A.Q.L.)

Defectos críticos	1%
Defectos mayores	2.50%
Defectos menores	6.50%

**DEFINICIONES**

**Defectos críticos:** Defectos que hacen inútil el uso del empaque.  
**Defectos mayores:** Afecta apariencia del empaque, pero no reduce mayormente su utilidad  
**Defectos menores:** No afectan mayormente a la apariencia de empaque  
**Nivel de inspección:** Normal

**ROTULADO:** Los rollos son empacados, con una etiqueta de APROBADO con los siguientes datos:

O. Pedido	Cliente	Peso Neto	Ancho	Máquina	Operador	Fecha
Producto	Código	Peso Bruto	No. rollo	Turno	Inspector	

**FORMA DE PRESENTACIÓN:**

**Rollos:** Cada unidad es protegida con gorro de polietileno natural  
**Empacado:** Envuelto en polietileno  
**Tipo de pallet:** 1.2 x 1.0 m Identificados "PLASTIEMPAQUES"  
**Rollos por piso:** 9 rollos por piso  
**Pisos por pallet:** 2 pisos por pallet

**ALMACENAMIENTO:** Los rollos se deben almacenar en un lugar techado, cerrado, bien ventilado  
evitar el sol directo, la humedad, el excesivo calor, evitar colocar cerca de productos con aroma o suciedad  
se debe almacenar a temperatura ambiente que no exceda a los 40°C, se estiban en pallet de dos pisos  
en posición vertical

Aprobado por

Jefe Aseg. Calidad

Aprobado por

Gerente de Producción

**PRODUCTO:** Laminado termoencogible  
**USO:** Envoltura para colas  
**DESCRIPCIÓN:** PEBD natural  
**ESTRUCTURA:** PEBD NAT. (Monocapa)  
**CLIENTE:** BEBIDAS DEL PACÍFICO  
**FECHA:** Noviembre 4 del 2004

PE-ASG-FR-024

VARIABLE	UNIDAD	ESTANDAR	TOLERANCIA
Espesor de la película PEBD Natural	micras	75	+/-10%
Gramaje de la película PEBD Natural	g/m <sup>2</sup>	69.38	+/-10%
Peso del rollo	Kg	30	+/-1
Ancho de lámina	mm	460	+/-3
Largo de lámina	metros	909	+2
Diámetro del rollo	mm	330	+/-10
Diámetro externo del núcleo	mm	90	+/-2
Diámetro interno del núcleo	mm	76	+/-2
Rango de temperatura de sellado	°C		195-220

**ASEGURAMIENTO DE CALIDAD**

Nivel de Aceptación de Calidad (A.Q.L.)

Defectos críticos	1%
Defectos mayores	2.50%
Defectos menores	6.50%

**DEFINICIONES**

**Defectos críticos:** Defectos que hacen inútil el uso del empaque.  
**Defectos mayores:** Afecta apariencia del empaque, pero no reduce mayormente su utilidad  
**Defectos menores:** No afectan mayormente a la apariencia de empaque  
**Nivel de inspección:** Normal

**ROTULADO:** Los rollos son empacados, con una etiqueta de APROBADO con los siguientes datos:

O. Pedido	Cliente	Peso Neto	Ancho	Máquina	Operador	Fecha
Producto	Código	Peso Bruto	No. rollo	Turno	Inspector	

**FORMA DE PRESENTACIÓN:**

**Rollos:** Cada unidad es protegida con gorro de polietileno natural  
**Empacado:** Envuelto en polietileno  
**Tipo de pallet:** 1.2 x 1.0 m Identificados "PLASTIEMPAQUES"  
**Rollos por piso:** 9 rollos por piso  
**Pisos por pallet:** 2 pisos por pallet

**ALMACENAMIENTO:** Los rollos se deben almacenar en un lugar techado, cerrado, bien ventilado evitar el sol directo, la humedad, el excesivo calor, evitar colocar cerca de productos con aroma o suciedad se debe almacenar a temperatura ambiente que no exceda a los 40°C, se estiban en pallet de dos pisos en posición vertical

Aprobado por

Jefe Aseg. Calidad

Aprobado por

Gerente de Producción

**ESPECIFICACIÓN DE EMPAQUES FLEXIBLES**

**PRODUCTO:** Lámina termoencogible  
**USO:** Envoltura para colas  
**DESCRIPCIÓN:** PEBD natural  
**ESTRUCTURA:** PEBD NAT. (Monocapa)  
**CLIENTE:** BEBIDAS DEL PACÍFICO  
**FECHA:** Noviembre 4 del 2004

PE-ASG-FR-024

VARIABLE	UNIDAD	ESTANDAR	TOLERANCIA
Espesor de la película PEBD Natural	micras	80	+/-10%
Gramaje de la película PEBD Natural	g/m <sup>2</sup>	74.00	+/-10%
Peso del rollo	Kg	30	+/-1
Ancho de lámina	mm	460	+/-3
Largo de lámina	metros	857	+2
Diámetro del rollo	mm	330	+/-10
Diámetro externo del núcleo	mm	90	+/-2
Diámetro interno del núcleo	mm	76	+/-2
Rango de temperatura de sellado	°C		220-235

**ASEGURAMIENTO DE CALIDAD**

Nivel de Aceptación de Calidad (A.Q.L.)

Defectos críticos	1%
Defectos mayores	2.50%
Defectos menores	6.50%

**DEFINICIONES**

**Defectos críticos:** Defectos que hacen inútil el uso del empaque.  
**Defectos mayores:** Afecta apariencia del empaque, pero no reduce mayormente su utilidad  
**Defectos menores:** No afectan mayormente a la apariencia de empaque  
**Nivel de inspección:** Normal

**ROTULADO:** Los rollos son empacados, con una etiqueta de APROBADO con los siguientes datos:

O. Pedido	Cliente	Peso Neto	Ancho	Máquina	Operador	Fecha
Producto	Código	Peso Bruto	No. rollo	Turno	Inspector	

**FORMA DE PRESENTACIÓN:**

**Rollos:** Cada unidad es protegida con gorro de polietileno natural  
**Empacado:** Envuelto en polietileno  
**Tipo de pallet:** 1.2 x 1.0 m Identificados "PLASTIEMPAQUES"  
**Rollos por piso:** 9 rollos por piso  
**Pisos por pallet:** 2 pisos por pallet

**ALMACENAMIENTO:** Los rollos se deben almacenar en un lugar techado, cerrado, bien ventilado evitar el sol directo, la humedad, el excesivo calor, evitar colocar cerca de productos con aroma o suciedad se debe almacenar a temperatura ambiente que no exceda a los 40°C, se estiban en pallet de dos pisos en posición vertical

Aprobado por



Jefe Aseg. Calidad

Aprobado por



Gerente de Producción



# **APENDICE B**

## **PROPIEDADES DE TERMOPLÁSTICOS**

# POLIETILENO BAJA DENSIDAD

## Descripción General:

Termoplástico comercial, semicristalino (un 50% típicamente), blanquecino, blando, flexible y tenaz - incluso a temperaturas bajas - con excelentes propiedades eléctricas pero una resistencia a las temperaturas débil. Su resistencia química también es muy buena pero es propenso al agrietamiento bajo carga ambiental, su resistencia a los rayos UV es mediocre y tiene propiedades de protección débiles, salvo con el agua.

Sus aplicaciones incluyen contenedores, recubrimientos químicamente resistentes, películas (transparentes cuando son delgadas) para el embalaje etc. así como aislamientos de cables eléctricos y núcleos de cables UHF.

### *Propiedades Eléctricas*

Constante Dieléctrica @1MHz	2,2-2,35
Factor de Disipación a 1 MHz	$1-10 \times 10^{-4}$
Resistencia Dieléctrica ( kV mm <sup>-1</sup> )	27
Resistividad Superficial ( Ohm/sq )	$10^{13}$
Resistividad de Volumen ( Ohmcm )	$10^{15}-10^{18}$

### *Propiedades Físicas*

Absorción de Agua - en 24 horas ( % )	<0,015
Densidad ( g cm <sup>-3</sup> )	0,92
Indice Refractivo	1,51
Indice de Oxígeno Limite ( % )	17
Inflamabilidad	HB
Resistencia a la Radiación	Aceptable
Resistencia a los Ultra-violetas	Mala

### *Propiedades Mecánicas*

Alargamiento a la Rotura ( % )	400
Dureza - Rockwell	D41-46 - Shore
Módulo de Tracción ( GPa )	0,1-0,3
Resistencia a la Tracción ( MPa )	5-25
Resistencia al Impacto Izod ( J m <sup>-1</sup> )	>1000

### ***Propiedades Térmicas***

Calor Específico ( J K <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup> )	1900
Coefficiente de Expansión Térmica ( x10 <sup>-6</sup> ζ <sup>-1</sup> )	100-200
Conductividad Térmica a 23C ( W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	0,33
Temperatura Máxima de Utilización ( C )	50-90
Temperatura Mínima de Utilización ( C )	-60
Temperatura de Deflección en Caliente - 0,45MPa ( C )	50
Temperatura de Deflección en Caliente - 1,8MPa ( C )	35

### ***Resistencia Química***

Acidos - concentrados	Buena-Aceptable
Acidos - diluidos	Buena
Alcalis	Buena
Alcoholes	Buena
Cetonas	Buena-Aceptable
Grasas y Aceites	Buena-Aceptable
Halógenos	Aceptable-Buena
Hidro-carbonios halógenos	Aceptable-Buena
Hidrocarburos Aromáticos	Aceptable-Buena

### **Propiedades para Película de Polietileno - Baja Densidad**

<b>Propiedad</b>		<b>Valor</b>
Alargamiento a la Rotura	%	100-700
Factor de Disipación @1 MHz		0,0003
Permeabilidad al Agua @25C	x10 <sup>-13</sup> cm <sup>3</sup> . cm cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> Pa <sup>-1</sup>	70
Permeabilidad al Agua @38C	x10 <sup>-13</sup> cm <sup>3</sup> . cm cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> Pa <sup>-1</sup>	120
Permeabilidad al Dióxido de Carbono @25C	x10 <sup>-13</sup> cm <sup>3</sup> . cm cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> Pa <sup>-1</sup>	10
Permeabilidad al Hidrógeno @25C	x10 <sup>-13</sup> cm <sup>3</sup> . cm cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> Pa <sup>-1</sup>	8
Permeabilidad al Nitrógeno @25C	x10 <sup>-13</sup> cm <sup>3</sup> . cm cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> Pa <sup>-1</sup>	0,7
Permeabilidad al Oxígeno @25C	x10 <sup>-13</sup> cm <sup>3</sup> . cm cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> Pa <sup>-1</sup>	2
Resistencia Dieléctrica a 25µm de grosor	kV mm <sup>-1</sup>	200
Resistencia al Desgarro Inicial	g µm <sup>-1</sup>	1,2-10,3
Temperatura de Sellado en Caliente	C	120-204

# POLIETILENO ALTA DENSIDAD

## Descripción General:

Termoplástico comercial semicristalino (un 70-80% típicamente) blanquecino, semiopaco con propiedades similares a las del PEBD pero mucho más sólido y rígido con una resistencia química superior. Su resistencia al impacto es bastante alta y se mantiene a temperaturas bajas, aunque la del PEBD es mucho más alta. Sus propiedades eléctricas, particularmente en frecuencias elevadas son muy buenas pero las del PEBD son aún mejores. Sus propiedades de protección, aunque indiferentes, son mejores que las del PEBD.

Sus aplicaciones incluyen una amplia gama de contenedores, botellas sopladas para uso alimenticio, toberas y películas de embalaje.

## Propiedades Eléctricas

Constante Dieléctrica a 1MHz	2,3-2,4
Factor de Disipación a 1 MHz	$1-10 \times 10^{-4}$
Resistencia Dieléctrica ( kV mm <sup>-1</sup> )	22
Resistividad Supeficial ( Ohm/sq )	$10^{13}$
Resistividad de Volumen ( Ohmcm )	$10^{15}-10^{18}$

## Propiedades Físicas

Absorción de Agua - en 24 horas ( % )	<0,01
Densidad ( g cm <sup>-3</sup> )	0,95
Indice Refractivo	1,54
Indice de Oxígeno Límite ( % )	17
Inflamabilidad	HB
Resistencia a la Radiación	Aceptable
Resistencia a los Ultra-violetas	Mala

## Propiedades Mecánicas

Coefficient de Fricción	0,29
Dureza - Rockwell	D60-73 - Shore
Módulo de Tracción ( GPa )	0,5-1,2
Relación de Poisson	0,46
Resistencia a la Tracción ( MPa )	15-40
Resistencia al Impacto Izod ( J m <sup>-1</sup> )	20-210

### **Propiedades Térmicas**

Calor Específico ( J K <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup> )	1900
Coefficiente de Expansión Térmica ( x10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> )	100-200
Conductividad Térmica a 23C ( W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	0,45-0,52
Temperatura Máxima de Utilización ( C )	55-120
Temperatura de Deflección en Caliente - 0.45MPa ( C )	75
Temperatura de Deflección en Caliente - 1.8MPa ( C )	46

### **Resistencia Química**

Acidos - concentrados	Buena-Aceptable
Acidos - diluidos	Buena
Alcalis	Buena
Alcoholes	Buena
Cetonas	Buena-Aceptable
Grasas y Aceites	Buena-Aceptable
Halógenos	Aceptable-Buena
Hidro-carbonios halógenos	Aceptable-Buena
Hidrocarburos Aromáticos	Aceptable

## **Propiedades para Película de Polietileno - Alta Densidad**

<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>
Permeabilidad al Agua @25C	x10 <sup>-13</sup> cm <sup>3</sup> . cm cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> Pa <sup>-1</sup> 10
Permeabilidad al Agua @38C	x10 <sup>-13</sup> cm <sup>3</sup> . cm cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> Pa <sup>-1</sup> 40
Permeabilidad al Dióxido de Carbono @25C	x10 <sup>-13</sup> cm <sup>3</sup> . cm cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> Pa <sup>-1</sup> 0,3/2
Permeabilidad al Hidrógeno @25C	x10 <sup>-13</sup> cm <sup>3</sup> . cm cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> Pa <sup>-1</sup> 2
Permeabilidad al Nitrógeno @25C	x10 <sup>-13</sup> cm <sup>3</sup> . cm cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> Pa <sup>-1</sup> 0,1
Permeabilidad al Oxígeno @25C	x10 <sup>-13</sup> cm <sup>3</sup> . cm cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> Pa <sup>-1</sup> 0,4

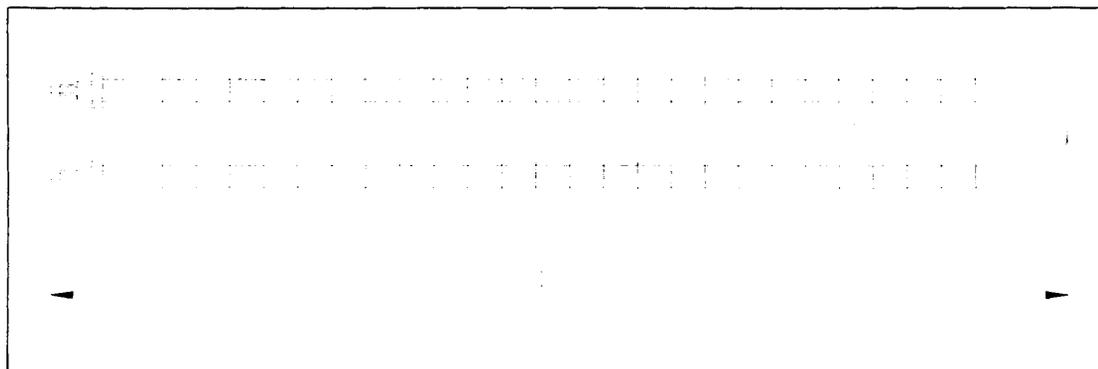
# APENDICE C

## RESISTENCIAS ELÉCTRICAS

### -Resistencias con aletas de aluminio (Tipo aire forzado)

Temperatura máxima del aire 250° C, mínima velocidad de aire de 3 m/s, densidad de carga 6 W/cm<sup>2</sup>.

Aplicaciones: Para hornos industriales, construcción de baterías, estufas, climatización, etc.



Ref.	W	V	W/cm <sup>2</sup>
2118A	100	230	2
2018A	100	230	1
2019A	200	230	2.5
1240A	500	230	3
1241A	600	230	3
1242A	800	230	3
1243A	1000	230	2.5
1244A	1250	230	2.5
1245A	1500	230	2.5
1246A	2000	230	3

# APENDICE D

## TURBINAS CENTRIFUGAS



Modelo	Velocidad	Punto de máximo rendimiento a					
	máxima rpm	3000 rpm m3/h	3000 rpm Pa	1500 rpm m3/h	1500 rpm Pa	1000 rpm m3/h	1000 rpm Pa
SE 120x60	6300	0350	0500	0180	0110	-	-
SE 133x60	5100	0500	0700	0240	0150	-	-
SE 140x60	4800	0600	0750	0300	0180	-	-
SE 146x70	4600	0750	0800	0350	0200	0220	070
SE 160x62	4700	0800	0900	0400	0230	0250	110
SE 180x72	4250	1300	1200	0600	0300	0400	150
SE 200x82	3820	1600	1500	0750	0400	0500	150
SE 225x92	3400	2500	1900	1200	0500	0800	220
SE 250x102	3050	3000	2000	1800	0600	1000	250
SE 280x114	2730	-	-	2400	0700	1500	350
SE 315x128	2420	-	-	3100	1000	2200	500
SE 355x143	2100	-	-	5000	1300	3200	600
Modelo		1000 rpm		750 rpm		500 rpm	
SE 400x163	1900	07000	1500	04500	0700	02200	0180
SE 450x183	1700	10000	2000	07000	1000	03200	0220
SE 500x204	1490	10000	1300	07000	0600	04500	0300
SE 560x229	1210	12000	1400	09500	0800	06000	0350
SE 630x254	1100	16000	1700	13000	1100	09500	0500
SE 710x284	0850	-	-	20000	1200	14000	0600
SE 800x319	0790	-	-	28000	1700	19000	0800
SE 900x359	0690	-	-	-	-	28000	1000
SE 1000x404	0600	-	-	-	-	35000	1100

## APENDICE E

VALOR DE CONSTANTE DE FRICCIÓN  $c$   
(4)

**Coeficiente  $c$  en dependencia de la longitud de transporte  $l$**

$l$ [m]	3	10	20	25	50	80	100	160
$c$	9	4,5	3,2	2,9	2,2	1,85	1,74	1,53
$l$ [m]	200	320	500	1000	2000			
$c$	1,45	1,29	1,19	1,10	1,05			

# APENDICE F

## VALOR FACTOR FRICCION

(CATALOGO MORSE)

Condition	Dry	Lubricated
Static*	0.33	0.24
Sliding	0.27	0.21

# APENDICE G

## FACTORES DE SERVICIO

### (CATALOGO MARTIN)

#### Carga Uniforme

Agitadores, Líquido	Generadores
Sopladores, Centrífugos	Ejes de Línea, Carga Uniforme
Transportadores, Carga Uniforme	Máquinas, Carga Uniforme No-Reversible
Elevadores, Carga Uniforme	Bombas, Centrífugas
Ventiladores, Centrífugos	

#### Carga de Choque Moderado

Agitadores	Ejes de Línea, Carga Irregular
Compresoras, Centrífugos	Máquinas, Carga Pulsante, No-Reversible
Transportadores, Carga Irregular	Bombas, Recíprocas, Triplex
Elevadores, Carga Irregular	Pantallas, Rotativas, Carga Uniforme
Molinos, Hornos Pulpa y Secadoras	Maquinaria para trabajo en Madera
Lavandería, Lavadoras y Secadoras	

#### Carga de Choque Pesado

Máquinas para Ladrillos	Molinos, Martillo, Laminador o Tirante
Compresores	Prensas
Recíprocos	Bombas, Recíprocas, Simplex o Duplex
Trituradores	
Máquinas, Cargas Reversibles o de Impacto	

CLASIFICACION DE SERVICIO	TIPO DE PODER DE ENTRADA		
	Motor de Combustión Interna con Transmisión Hidraulica	Motor Electrico o Turbina	Motor de Combustión Interna con Transmisión Mecanica
Carga Uniforme	1.0	1.0	1.2
Carga de Shock Moderado	1.2	1.3	1.4
Carga de Shock Pesado	1.4	1.5	1.7

# APENDICE H

## $f_h$ PARA RODAMIENTOS

### (CATALOGO NTN)

Clasificación de servicio	Factor de vida $f_h$ y aplicación de máquina				
	~2.0	2.0~3.0	3.0~4.0	4.0~5.0	5.0~
Maquinas usadas en periodos cortos o usadas ocasionalmente.	Herramientas electricas manuales Electrodomesticos	Maquinaria Agricola. Equipo de oficina			
Periodo corto intermitente pero con requerimientos de alta confiabilidad:	Equipo medico de medicion	Motores de aparatos de aire acondicionado domesticos. Equipo de construccion. elevadores. gruas	gruas (poleas)		
Maquinas en uso no-constante pero usado es por periodos largos	Automoviles Vehiculos de dos ruedas	Motores pequeños Buses/camiones Impulsores. Maquinaria de carpinteria	Husillos de maquinas industriales. Trituradores. Mallas Vibrantes	Reductores. Maq. P/Plastico y caucho Rodillos de Calendarios Maq. de impresion	
Maquinas en uso continuo mas que 8 horas al dia		Molinos de rodillos. Escaleras electricas. Transportadores. Centrifugas	Vehiculos de rieles Ejes fijos Aparatos de aire acondicionado. Motores grandes. Bombas Compresores	Ejes fijos de locomotoras. Motores de traccion. Elevadores de minas. Volantes a presion	Maquinas de fabricacion de papel Equipo de propulsion para vehiculos marinos
Operacion continua de 24 horas no interrumpible					Equipo para suministro de agua. Bombas. Ventiladores Equipo de generacion de energia

# APENDICE I

## VALOR DE $p$ PARA CALCULO DE CARGA PARA RODAMIENTOS

### (CATALOGO NTN)

donde:

- $\epsilon = 3$  ..... Para rodamientos de bolas
- $\epsilon = 10/3$  ..... Para rodamientos de rodillos
- $L_{10}$  Vida nominal basica, en  $10^6$  revoluciones
- $C$  Capacidad basica de carga dinamica, N  
( $C_r$  para rodamientos radiales,  $C_a$  para rodamientos axiales)
- $P$  Carga dinamica equivalente, N  
( $P_r$  para rodamientos radiales,  $P_a$  para rodamientos axiales)

La vida nominal basica puede expresarse tambien en terminos de horas de operacion (revoluciones), y se calcula como se muestra en la ecuacion 5.2

$$L_{10} = 500 L_{10} \dots \dots \dots (5.2)$$

$$L_{10} = L_{10} \left( \frac{C}{P} \right)^{\epsilon} \dots \dots \dots (5.3)$$

$$L_{10} = \left( \frac{33.3}{n} \right)^{\epsilon} \dots \dots \dots (5.4)$$

donde:

- $L_{10}$  Vida nominal basica, en horas
- $f_v$  Factor de vida
- $f$  Factor de velocidad
- $n$  Velocidad rotacional, r.p.m

La ecuacion 5.2 puede expresarse tambien como se muestra en la ecuacion 5.5

$$L_{10} = \frac{10^6}{60n} \left( \frac{C}{P} \right)^{\epsilon} \dots \dots \dots (5.5)$$

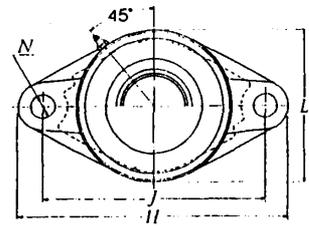
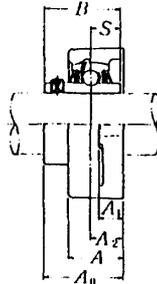
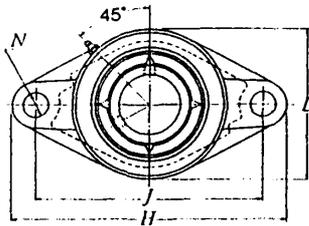
La relacion entre la velocidad rotacional  $n$  y el factor de velocidad  $f$ , asi como, la relacion entre la vida nominal basica  $L_{10}$  y el factor de vida  $f_v$ , se muestra en la figura 5.1

# APENDICE J

## CHUMACERAS

### (CATALOGO NTN)

Tipo brida ovalada, alojamiento de acero fundido  
Con tornillo de fijación (Prisionero)



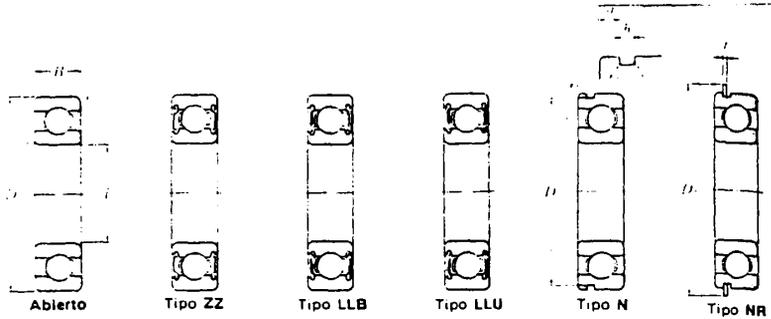
Tipo, con guardapolvo acero prensado.  
Extremo abierto: S-UCFL...D1  
Extremo cerrado: SM-UCFL...D1

Diámetro del eje mm pulg.	Número 1) de la chumacera	Dimensiones nominales										Tamaño del perno mm pulg.	Número del rodamiento
		mm											
		H	J	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A	N	L	A <sub>0</sub>	B	S		
12	UCFL201D1	113	90	15	11	25.5	12	60	33.3	31	12.7	M10	UC201D1
1/2	UCFL201-008D1	4 7/16	3 39/64	19/32	7/16	1	15/32	2 3/8	1 1/16	1.2205	0.500	3/8	UC201-008D1
15	UCFL202D1	113	90	15	11	25.5	12	60	33.3	31	12.7	M10	UC202D1
9/16	UCFL202-009D1	4 7/16	3 39/64	19/32	7/16	1	15/32	2 3/8	1 1/16	1.2205	0.500	3/8	UC202-009D1
5/8	UCFL202-010D1	4 7/16	3 39/64	19/32	7/16	1	15/32	2 3/8	1 1/16	1.2205	0.500	3/8	UC202-010D1
17	UCFL203D1	113	90	15	11	25.5	12	60	33.3	31	12.7	M10	UC203D1
1 1/16	UCFL203-011D1	4 7/16	3 39/64	19/32	7/16	1	15/32	2 3/8	1 1/16	1.2205	0.500	3/8	UC203-011D1
20	UCFL204D1	113	90	15	11	25.5	12	60	33.3	31	12.7	M10	UC204D1
3/4	UCFL204-012D1	4 7/16	3 39/64	19/32	7/16	1	15/32	2 3/8	1 1/16	1.2205	0.500	3/8	UC204-012D1
25	UCFL205D1	130	99	16	13	27	16	68	35.8	34.1	14.3	M14	UC205D1
13 7/16	UCFL205-013D1	5 1/8	3 57/64	5/8	1/2	1 1/16	5/8	2 11/16	1 13/32	1.3425	0.563	1/2	UC205-013D1
7/8	UCFL205-014D1	5 1/8	3 57/64	5/8	1/2	1 1/16	5/8	2 11/16	1 13/32	1.3425	0.563	1/2	UC205-014D1
15 1/16	UCFL205-015D1	5 1/8	3 57/64	5/8	1/2	1 1/16	5/8	2 11/16	1 13/32	1.3425	0.563	1/2	UC205-015D1
1	UCFL205-100D1	5 1/8	3 57/64	5/8	1/2	1 1/16	5/8	2 11/16	1 13/32	1.3425	0.563	1/2	UC205-100D1
30	UCFL206D1	148	117	18	13	31	16	80	40.2	38.1	15.9	M14	UC206D1
1 1/16	UCFL206-101D1	5 13/16	4 39/64	45/64	1/2	1 1/32	5/8	3 5/32	1 37/64	1.5000	0.626	1/2	UC206-101D1
1 1/8	UCFL206-102D1	5 13/16	4 39/64	45/64	1/2	1 1/32	5/8	3 5/32	1 37/64	1.5000	0.626	1/2	UC206-102D1
13 1/16	UCFL206-103D1	5 13/16	4 39/64	45/64	1/2	1 1/32	5/8	3 5/32	1 37/64	1.5000	0.626	1/2	UC206-103D1
1 1/4	UCFL206-104D1	5 13/16	4 39/64	45/64	1/2	1 1/32	5/8	3 5/32	1 37/64	1.5000	0.626	1/2	UC206-104D1
35	UCFL207D1	161	130	19	15	34	16	90	44.4	42.9	17.5	M14	UC207D1
1 1/4	UCFL207-104D1	6 11/32	5 1/8	3/4	19/32	1 11/32	5/8	3 17/32	1 3/4	1.6890	0.689	1/2	UC207-104D1
15 1/16	UCFL207-105D1	6 11/32	5 1/8	3/4	19/32	1 11/32	5/8	3 17/32	1 3/4	1.6890	0.689	1/2	UC207-105D1
1 3/8	UCFL207-106D1	6 11/32	5 1/8	3/4	19/32	1 11/32	5/8	3 17/32	1 3/4	1.6890	0.689	1/2	UC207-106D1
1 7/16	UCFL207-107D1	6 11/32	5 1/8	3/4	19/32	1 11/32	5/8	3 17/32	1 3/4	1.6890	0.689	1/2	UC207-107D1
40	UCFL208D1	175	144	21	15	36	16	100	51.2	49.2	19	M14	UC208D1
1 1/2	UCFL208-108D1	6 7/8	5 43/64	53/64	19/32	1 13/32	5/8	3 15/16	2 5/64	1.9370	0.748	1/2	UC208-108D1
19 1/16	UCFL208-109D1	6 7/8	5 43/64	53/64	19/32	1 13/32	5/8	3 15/16	2 5/64	1.9370	0.748	1/2	UC208-109D1
45	UCFL209D1	188	148	22	16	38	19	108	52.2	49.2	19	M16	UC209D1
1 3/8	UCFL209-110D1	7 13/32	5 53/64	55/64	5/8	1 1/2	3/4	4 1/4	2 1/16	1.9370	0.748	5/8	UC209-110D1
1 11/16	UCFL209-111D1	7 13/32	5 53/64	55/64	5/8	1 1/2	3/4	4 1/4	2 1/16	1.9370	0.748	5/8	UC209-111D1
1 3/4	UCFL209-112D1	7 13/32	5 53/64	55/64	5/8	1 1/2	3/4	4 1/4	2 1/16	1.9370	0.748	5/8	UC209-112D1

# APENDICE K

## RODAMIENTOS

### (CATALOGO NTN)



d 10~20 mm

Dimensiones principales (mm)				Capacidad básica de carga N		Velocidad límite r. p. m.			Numeros de rodamientos Tipo					
<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>r<sub>min</sub></i>	dinámica <i>C<sub>r</sub></i>	estática <i>C<sub>0r</sub></i>	grasa Z,ZZ LB,LLB	aceite Z,LB	LU,LLU	abierto	ZZ	LLB	LLU	N	NR
10	15	3	0.1	1 010	355	36 000	42 000	—	6700	—	—	—	—	—
	19	5	0.3	1 930	925	32 000	38 000	24 000	6800	ZZ	LLB	LLU	—	—
	22	6	0.3	2 700	1 270	30 000	36 000	21 000	6900	ZZ	LLB	LLU	N	NR
	26	8	0.3	4 550	1 960	29 000	34 000	21 000	6000	ZZ	LLB	LLU	—	—
	30	9	0.6	5 100	2 390	25 000	30 000	18 000	6200	ZZ	LLB	LLU	N	NR
	35	11	0.6	6 200	3 500	23 000	27 000	16 000	6300	ZZ	LLB	LLU	N	NR
12	18	4	0.2	1 070	655	32 000	38 000	—	6701	—	—	—	—	—
	21	5	0.3	1 920	1 040	29 000	35 000	20 000	6801	ZZ	LLB	LLU	—	—
	24	6	0.3	2 990	1 460	27 000	32 000	19 000	6901	ZZ	LLB	LLU	N	NR
	28	7	0.3	5 100	2 390	26 000	30 000	—	16001	—	—	—	—	—
	28	8	0.3	5 100	2 390	26 000	30 000	18 000	6001	ZZ	LLB	LLU	—	—
	32	10	0.6	6 100	2 750	22 000	26 000	16 000	6201	ZZ	LLB	LLU	N	NR
15	37	12	1	9 700	4 200	20 000	24 000	15 000	6301	ZZ	LLB	LLU	N	NR
	21	4	0.2	1 150	790	29 000	34 000	—	6702	—	—	—	—	—
	24	5	0.2	2 080	1 260	26 000	31 000	17 000	6802	ZZ	LLB	LLU	—	—
	28	7	0.3	4 100	2 060	24 000	28 000	16 000	6902B	ZZ	LLB	LLU	N	NR
	32	8	0.3	5 600	2 840	22 000	26 000	—	16002	—	—	—	—	—
	32	9	0.3	5 600	2 840	22 000	26 000	15 000	6002	ZZ	LLB	LLU	N	NR
17	35	11	0.6	7 750	3 600	19 000	23 000	15 000	6202	ZZ	LLB	LLU	N	NR
	42	13	1	11 400	5 450	17 000	21 000	12 000	6302	ZZ	LLB	LLU	N	NR
	23	4	0.2	1 200	365	26 000	31 000	—	6703	—	—	—	—	—
	26	5	0.3	2 810	1 720	24 000	28 000	15 000	6803A	ZZ	LLB	LLU	—	—
	30	7	0.3	4 650	2 580	22 000	26 000	14 000	6903	ZZ	LLB	LLU	N	NR
	35	8	0.3	6 800	3 350	20 000	24 000	—	16003	—	—	—	—	—
20	35	10	0.3	6 800	3 350	20 000	24 000	14 000	6003	ZZ	LLB	LLU	N	NR
	40	12	0.6	9 600	4 600	18 000	21 000	12 000	6203	ZZ	LLB	LLU	N	NR
	47	14	1	13 500	6 550	16 000	19 000	11 000	6303	ZZ	LLB	LLU	N	NR
	62	17	1.1	22 700	10 800	14 000	16 000	9 500	6403	—	—	—	—	—
	37	4	0.2	1 790	1 320	23 000	28 000	—	6704	—	—	—	—	—
	32	7	0.3	4 000	2 470	21 000	25 000	13 000	6804	ZZ	LLB	LLU	N	NR
20	37	9	0.3	6 400	3 700	19 000	23 000	12 000	6904	ZZ	LLB	LLU	N	NR
	42	8	0.3	7 900	4 500	18 000	21 000	—	16004	—	—	—	—	—
	42	12	0.6	9 400	5 050	18 000	21 000	11 000	6004	ZZ	LLB	LLU	N	NR
	47	14	1	12 800	6 650	16 000	18 000	10 000	6204	ZZ	LLB	LLU	N	NR
	52	15	1.1	15 900	7 900	14 000	17 000	10 000	6304	ZZ	LLB	LLU	N	NR

# APENDICE L

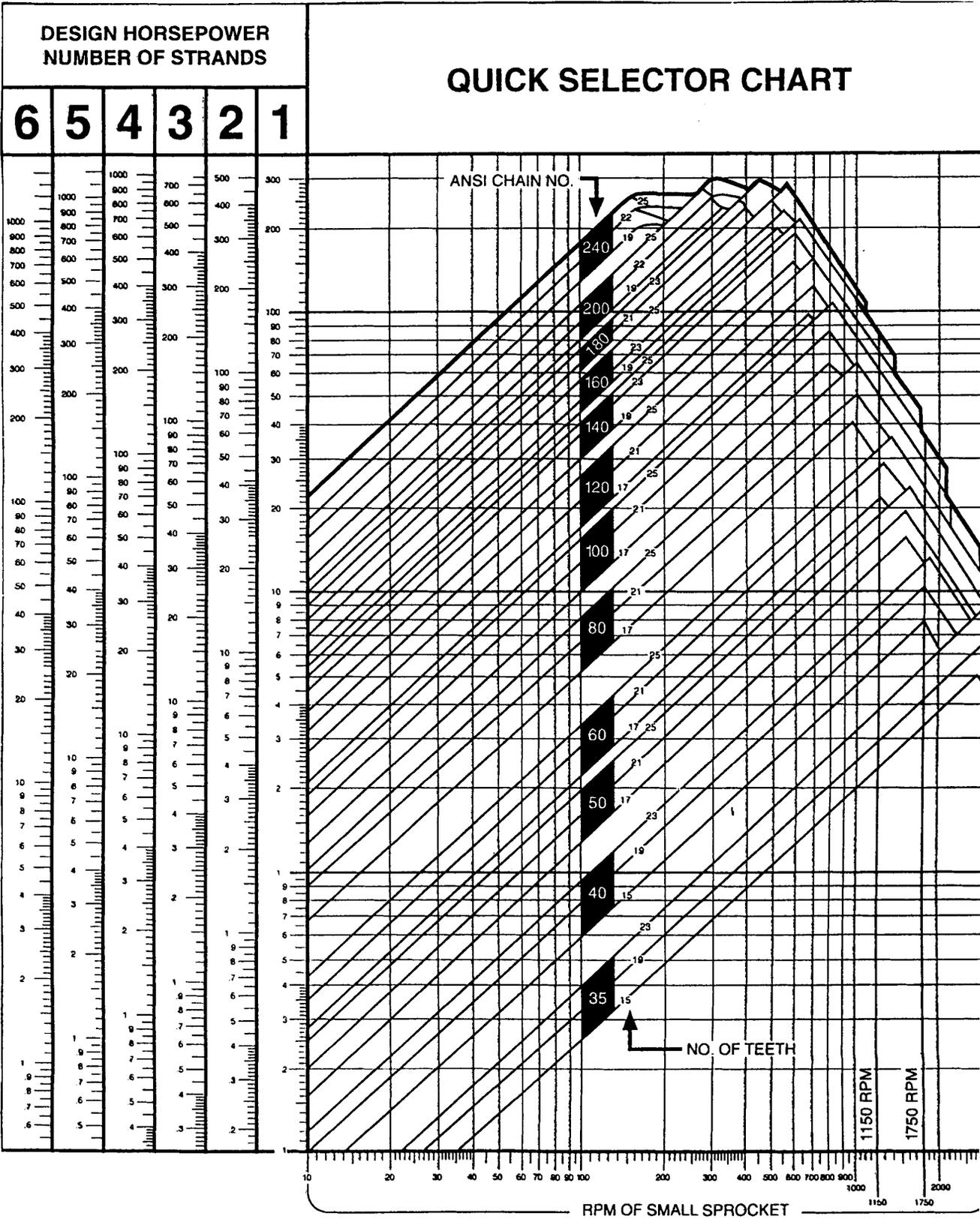
## CAJAS REDUCTORAS

H-100	1500	0.80	0.35	0.40	0.25	0.25
	1200	0.70	0.30	0.35	0.35	0.25
SIZE 40	900	0.60	0.30	0.30	0.25	0.20
H-200	1500	2.10	1.20	1	0.75	0.70
	1200	1.90	1	0.95	0.70	0.65
SIZE 60	900	1.60	0.85	0.80	0.60	0.50
H-400	1500	8	5	4	3	2.20
	1200	7	4.10	3.50	2.60	2
SIZE 100	900	6	3.50	3	2	1.70
H-500	1500	20	10	9	6.50	5.50
	1200	16	9	8	5.70	4.5
SIZE 135	900	14	8	7	5	3.70
H-600	1500	45	20	17.5	12.5	9
	1200	38	18.2	15.5	10.5	8.1
SIZE 175	900	32	15.5	13.1	9.1	6.8

# APENDICE M

## CARTA DE SELECCIÓN DE PIÑÓN CONDUCTOR

(CATALOGO MARTIN)



# APENDICE N

## CARTA DE PIÑON N 40-1

### (CATALOGO MARTIN)

#### Single-Type "BS"— 2 Setscrews — Bored To Size

No. Teeth	Catalog Number	Outside Diameter	Length Thru Bore	Weight Lbs. (Approx.)	Stock Finished Bore Includes Keyway and 2 Setscrews
9	40BS9	1.670	3/4	.16	*3/8 — 3/8
10	40BS10	1.840	3/4	.24	*3/8 — 3/8 — 3/8
11	40BS11	2.000	3/4	.28	*3/8 — 3/8 — 3/8 — 3/8
12	40BS12	2.170	3/4	.34	*3/8 — 3/8 — 3/8 — 3/8 — 1
13	40BS13	2.330	3/4	.45	*3/8 — 3/8 — 3/8 — 3/8 — 1
14	40BS14	2.490	3/4	.51	*3/8 — 3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8
15	40BS15	2.650	3/4	.53	*3/8 — 3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
16	40BS16	2.810	3/4	.66	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
17	40BS17	2.980	1	.88	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
18	40BS18	3.140	1	1.03	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
19	40BS19	3.300	1	1.17	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
20	40BS20	3.460	1	1.33	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
21	40BS21	3.620	1	1.53	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
22	40BS22	3.780	1	1.66	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
23	40BS23	3.940	1	1.92	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
24	40BS24	4.100	1	2.10	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
25	40BS25	4.260	1	2.22	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
26	40BS26	4.420	1	2.34	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
27	40BS27	4.580	1	2.42	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
28	40BS28	4.740	1	2.50	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
29	40BS29	4.900	1	2.60	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
30	40BS30	5.060	1	2.70	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
31	40BS31	5.220	1	2.88	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
32	40BS32	5.380	1	3.00	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
33	40BS33	5.540	1	3.03	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
34	40BS34	5.700	1	3.11	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
35	40BS35	5.860	1	3.20	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
36	40BS36	6.020	1	3.39	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
37	40BS37	6.180	1	3.45	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
38	40BS38	6.330	1	3.50	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
39	40BS39	6.490	1	4.00	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
40	40BS40	6.650	1 1/8	4.28	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
41	40BS41	6.810	1 1/8	4.58	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
42	40BS42	6.970	1 1/8	4.64	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
43	40BS43	7.130	1 1/8	4.80	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
44	40BS44	7.290	1 1/8	4.96	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
45	40BS45	7.450	1 1/8	5.06	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
46	40BS46	7.610	1 1/8	5.19	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
47	40BS47	7.770	1 1/8	5.26	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
48	40BS48	7.930	1 1/8	5.66	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
49	40BS49	8.090	1 1/8	5.72	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
50	40BS50	8.250	1 1/8	5.78	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
51	40BS51	8.410	1 1/8	5.90	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
52	40BS52	8.570	1 1/8	5.94	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
53	40BS53	8.730	1 1/8	6.12	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
54	40BS54	8.890	1 1/8	6.24	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
55	40BS55	9.040	1 1/8	6.66	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
56	40BS56	9.200	1 1/8	6.71	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
57	40BS57	9.360	1 1/8	6.94	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
58	40BS58	9.520	1 1/8	7.17	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
59	40BS59	9.680	1 1/8	7.38	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
60	40BS60	9.840	1 1/8	7.68	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
70	40BS70	11.430	1 1/8	10.80	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
72	40BS72	11.750	1 1/8	11.30	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
80	40BS80	13.030	1 1/8	13.20	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
84	40BS84	13.660	1 1/8	13.84	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
96	40BS96	15.570	1 1/8	17.44	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8
112	40BS112	18.120	1 1/8	22.45	3/8 — 3/8 — 3/8 — 1 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8 — 1 1/8

# APENDICE O

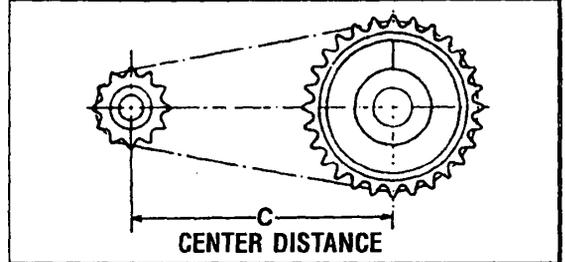
## TABLA PARA DETERMINAR LARGO DE LA CADENA

### Length Calculation

This equation may be used to determine the chain length required for any two-sprocket drive.

$$L = \frac{n + .1013(N-n)^2}{4C} \text{ or substituting A for } \frac{.1013(N-n)^2}{4}, L = 2C + \frac{N+n}{2} + \frac{A}{C}$$

- Shaft Center Distance in pitches,
- Length of chain in pitches,
- Number of teeth in larger sprocket,
- Number of teeth in smaller sprocket,
- 3.1416,
- Value from table below tabulated for values of N-n,
- Pitch of chain.



The method described with above table of constants is sufficiently accurate for practically all commercial chain drives. However, a high degree of precision is necessary, especially if the drive is vertical, the following formula is useful in determining exact centers for chain length already determined.

Location of shaft centers  
 This formula is useful in determining the exact centers in inches for chain lengths already determined.

$$C = \frac{P}{8} \left\{ 2L - N - n + \sqrt{(2L - N - n)^2 - 0.810(N - n)^2} \right\}$$

### Table A For Chain Length Calculation

A	N-n	A	N-n	A	N-n	A	N-n	A	N-n	A
.03	32	25.94	63	100.54	94	223.82	125	395.79	156	616.44
.10	33	27.58	64	103.75	95	228.61	126	402.14	157	624.37
.23	34	29.28	65	107.02	96	233.44	127	408.55	158	632.35
.41	35	31.03	66	110.34	97	238.33	128	415.01	159	640.38
.63	36	32.83	67	113.71	98	243.27	129	421.52	160	648.46
.91	37	34.68	68	117.13	99	248.26	130	428.08	161	656.59
1.24	38	36.58	69	120.60	100	253.30	131	434.69	162	664.77
1.62	39	38.53	70	124.12	101	258.39	132	441.36	163	673.00
2.05	40	40.53	71	127.69	102	263.54	133	448.07	164	681.28
2.53	41	42.58	72	131.31	103	268.73	134	454.83	165	689.62
3.06	42	44.68	73	134.99	104	273.97	135	461.64	166	698.00
3.65	43	46.84	74	138.71	105	279.27	136	468.51	167	706.44
4.28	44	49.04	75	142.48	106	284.67	137	475.42	168	714.92
4.96	45	51.29	76	146.31	107	290.01	138	482.39	169	723.46
5.70	46	53.60	77	150.18	108	295.45	139	489.41	170	732.05
6.48	47	55.95	78	154.11	109	300.95	140	496.47	171	740.68
7.32	48	58.36	79	158.09	110	306.50	141	503.59	172	749.37
8.21	49	60.82	80	162.11	111	312.09	142	510.76	173	758.11
9.14	50	63.33	81	166.19	112	317.74	143	517.98	174	766.90
10.13	51	65.88	82	170.32	113	323.44	144	525.25	175	775.74
11.17	52	68.49	83	174.50	114	329.19	145	532.57	176	784.63
12.26	53	71.15	84	178.73	115	334.99	146	539.94	177	793.57
13.40	54	73.86	85	183.01	116	340.84	147	547.36	178	802.57
14.59	55	76.62	86	187.34	117	346.75	148	554.83	179	811.61
15.83	56	79.44	87	191.73	118	352.70	149	562.36	180	820.70
17.12	57	82.30	88	196.16	119	358.70	150	569.93	181	829.85
18.47	58	85.21	89	200.64	120	364.76	151	577.56	182	839.04
19.86	59	88.17	90	205.18	121	370.86	152	585.23	183	848.29
21.30	60	91.19	91	209.76	122	377.02	153	592.96	184	857.58
22.80	61	94.25	92	214.40	123	383.22	154	600.73	185	866.93
24.34	62	97.37	93	219.08	124	389.48	155	608.56		

# APENDICE P

## VENTILADORES DE ENFRIAMIENTO

	Diámetro Hélice [mm]	D [mm]	Dirección de Flujo del Aire.	Alimentación Volt/Fase/Hz	Potencia W	Consumo [Amperes]	Velocidad RPM	Caudal Aire m <sup>3</sup> /h
2	250	300	(V) Aspirante	220/1/50-60	72	0.53	1400	870
1	300	360	(V) Aspirante	220/1/50-60	95	0.44	1350	1690
8	300	360	(A) Impelente	220/1/50-60	73	0.32	1390	1885
8	315	375	(V) Aspirante	220/1/50-60	102	0.52	1410	2440
16	350	422	(V) Aspirante	220/1/50-60	140	0.62	1390	2850
16	350	422	(A) Impelente	220/1/50-60	130	0.58	1400	3110
18	350	422	(V) Aspirante	380/3/50-60	115	0.33	1420	3140
06	400	470	(V) Aspirante	220/1/50-60	160	0.71	1360	3710
06	400	470	(V) Aspirante	380/3/50-60	160	0.39	1400	3770
12	400	470	(V) Aspirante	380/3/50-60	135	0.44	1450	4000

## **BIBLIOGRAFIA**

1. EDOS S.A. , Manual de Instrucciones para Uso y Mantenimiento, Buenos Aires, pp. 1-19.
2. URQUIZA J. ASTIGARRACA, Hornos Industriales de Resistencias, Mc Graw-Hill, Santafé de Bogota, 1995, pp.11 -195.
3. INCROPERA P. FRANK, Fundamentos de Transferencia de Calor, Cuarta Edición, Prentice Hall, México, 1996, pp. 417-460.
4. SANCHEZ T. "Diseño y Cálculo de un Transportador Elevador de Sacos" (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1996).
5. SUASNAVAS FRANCISCA, "Diseño de un Sistema de Transportación de Tabaco a través de Bandas desde la Secadora de Lámina hasta las Torres de descarga de la Prensa" (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1997).