



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA  
PAMPA

FACULTAD DE INGENIERÍA



*Carrera de Ingeniería Electromecánica*

# PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

*“Datos del producto y proceso de producción, cálculo y diseño de las instalaciones eléctrica, de gas natural en baja presión y aire comprimido, y acondicionamiento de aire en verano”*

**Estudiantes:**

*Sanchez, Franco Matías  
Torrente, Gonzalo Ezequiel*

**Tutores:**

*Albornoz, Nicolás (Empresa Terrametal)  
Ing. Mandrile, Daniel Alberto (Facultad de Ingeniería)*

General Pico, 2 de Octubre de 2015



**Índice general:**

<b>Introducción general</b>	<b>3</b>
<b>Memoria descriptiva general</b>	<b>4</b>
<b>Datos del producto y proceso de producción</b>	<b>5</b>
<b>Diseño y cálculo de la instalación de gas en baja presión</b>	<b>30</b>
<b>Diseño y cálculo de la instalación de aire comprimido</b>	<b>43</b>
<b>Acondicionamiento de aire en verano</b>	<b>70</b>
<b>Diseño y cálculo de la instalación eléctrica</b>	<b>112</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>146</b>



## **Introducción general**

El presente documento constituye la PPS (Práctica Profesional Supervisada) de la carrera de Ingeniería Electromecánica, Plan 2004.

Este proyecto surgió por un pedido del propietario de la empresa “TERRAMETAL” ante la necesidad de la instalación de la misma en un nuevo edificio, requiriendo éste del análisis y confección del proceso de producción, como así también del cálculo y diseño de instalaciones eléctricas, de gas en baja presión, aire comprimido, además de la selección del equipo de acondicionamiento de aire en el sector de oficinas.

Se procuró conseguir el normal funcionamiento de todo el conjunto en concordancia con las reglamentaciones vigentes, de manera tal de garantizar la seguridad de las personas.



## **Memoria descriptiva general**

Este documento se dividió en cinco etapas diferentes, las cuales se detallan a continuación:

- **Datos del producto y proceso de producción.**
- **Diseño y cálculo de la instalación de gas en baja presión.**
- **Diseño y cálculo de la instalación de aire comprimido.**
- **Acondicionamiento de aire en verano.**
- **Diseño y cálculo de la instalación eléctrica.**

La primera etapa consistió en el análisis de un producto con el fin de confeccionar el proceso de producción óptimo.

La segunda etapa consistió en el diseño y cálculo de la red de distribución de gas en baja presión para abastecimiento de todo el galpón.

La tercera etapa consistió en el diseño y cálculo de la red de aire comprimido para abastecer los diferentes puntos de consumo ubicados en el sector de taller.

En la cuarta etapa se seleccionó el equipo central de refrigeración y se realizó el cálculo de conductos de aire, difusores de impulsión y rejillas de retorno para el sector de oficinas.

La quinta etapa contempló el dimensionado de los conductores, como así también el cálculo de los tableros, elementos de maniobra y protección utilizados, partiendo desde el tablero principal (en la línea municipal) hacia el interior del inmueble. Además se realizó el cálculo de iluminación de la sala de pintura.



# *Datos del producto y proceso de producción*



## **Índice:**

<b>Memoria descriptiva</b>	<b>7</b>
<b>Memoria técnica</b>	<b>8</b>
Despiece analítico	9
Codificación	11
Diagrama de Gozinto	13
Hoja de análisis de producto	14
Gráfica de flujo	14
Hoja de proceso	14
Hoja de análisis de costos (M. de O. Directa y materia prima)	14
Determinación del costo de los materiales	15
Layout	15
Definición de maquinaria empleada	16
Descripción de las operaciones	16
Cantidad de máquinas y mano de obra	19
Balanceo del sistema de producción	20
<b>Memoria de cálculo</b>	<b>21</b>
Tiempos	21
Cantidad de maquinaria y operarios	25
Costos	26
<b>Anexo 1 (Tablas)</b>	<b>28</b>
<b>Anexo 2 (Planos)</b>	<b>29</b>



## **Memoria descriptiva**

"Terrametal" es una empresa metalúrgica que se dedica a la fabricación de diferentes productos, la mayoría de ellos accesorios para maquinarias agrícolas, entre los que se encuentran los denominados "equipos de rolos pisadores" (o "equipos de rolos pisa rastrojo") para tractores y cosechadoras. Debido a una creciente demanda del producto mencionado se decidió confeccionar el proceso de producción de la empresa pensando en el mismo, más específicamente en los equipos destinados para tractores. Con el afán de seguir creciendo en este mercado la empresa se propuso alcanzar un determinado nivel de producción para el cual se trabajó en este informe.

Se comenzó con el análisis del producto seleccionado con el fin de identificar las materias prima, materiales comprados, materiales semielaborados, piezas, subconjuntos y conjuntos que lo constituyen. Luego se realizó un estudio de todas las operaciones necesarias para la conformación del producto, considerando procesos, maquinarias, herramientas y tiempos de operación:

- Despiece analítico.
- Codificación.
- Hoja de análisis de producto.
- Diagrama de Gozinto.
- Hoja de análisis de costos (M. de O. Directa y materia prima).
- Listado de tiempos de operación por pieza / subconjunto / conjunto.
- Hojas de proceso.
- Gráficas de flujo.
- Croquis del "layout".



## **Memoria técnica**

El proceso de producción es un proceso de transformación que comprende varias operaciones relacionadas e interdependientes. Debido a esto se produce una circulación de materiales, llamado flujo, para al final obtener el producto. El grado de continuidad de ese flujo es el que caracteriza a los sistemas de producción en continuo, intermitente, por montaje o por proyecto. El diseño cualitativo como cuantitativo del tipo de flujo, ayudará a organizar y a agrupar las tareas según convenga para nuestro tipo de sistema de producción.

Se calculó la cantidad de mano de obra directa necesaria en cada puesto, como así también los costos de materiales, mano de obra, etc., y los tiempos estándares de cada proceso.

Se fijó un nivel de producción de 60 unidades mensuales.

Se utilizó un sistema de producción intermitente ya que el proceso de producción consta de actividades de corta duración y bajo volumen, generalmente se trabaja a pedido y las máquinas requeridas sirven para realizar múltiples actividades. Este sistema de producción define el "layout" en base a la agrupación de máquinas afines.



**Despiece analítico**

Se confeccionó una planilla en donde se detallaron todos los componentes que entran en el armado del producto seleccionado. Ver **Tabla 1** (*Despiece analítico*).

**Denom. producto:** Equipo rolo tractor L0,9 m

**Código:** T01

**Fecha:**

<b>Pieza</b>		
<b>Item</b>	<b>Denominación</b>	<b>Uso</b>
1	Arco/Rolo L0,90 m	2
2	Soporte con brazo porta arco	4
3	Soporte con brazo porta travesaño	2
4	Rolo L0,90 m	1
5	Arco porta rolo L0,90 m	1
6	Brazo porta arco	1
7	Travesaño	1
8	Brazo porta travesaño	1
9	Soporte brazo/travesaño	1
10	Soporte brazo porta arco	1
11	Perno soporte	1
12	Caño para rolo L0,90 m	1
13	Eje para rolo L0,90 m	1
14	Platina rolo D220mm	2
15	Caño de arco porta rolo L0,90 m	1
16	Lateral arco porta rolo	2
17	Tapa cubre rodamiento	2
18	Caño de brazo porta arco	1
19	Extremo brazo porta arco	1
20	Soporte brazo porta arco	1
21	Perno brazo porta arco	1
22	Perno soporte	1
23	Tope para soporte	1
24	Caño para travesaño	1
25	Caño brazo porta travesaño	1
26	Caño refuerzo brazo	5
27	Planchuela para soporte cilindro	2
28	Planchuela 100 mm	1
29	Planchuela 150 mm	2
30	Planchuela curva	2
31	Planchuela 1045	2
32	Perno para cilindro	2
33	Placa para soporte	1
34	Buje de soporte	2



<b>Pieza</b>		
<b>Item</b>	<b>Denominación</b>	<b>Uso</b>
35	Buje vesconite	2
36	Buje de brazo porta arco	2
37	Tapa de brazo porta arco CH 3/16	1
38	Placa para grampa 3/8"	4
39	Tapa de estructural 100 x 100 mm	5
40	Guía brazo	2
41	Bulón 3/8 x 1"	10
42	Bulón 3/8 x 3 1/4"	1
43	Tuerca 3/8"	27
44	Tuerca 5/8"	26
45	Grampa 3/8" 60 x 150mm	8
46	Grampa 5/8" 100 x 150mm	12
47	Arandela para pernos 1/2"	1
48	Chaveta para perno	5
49	Rodamiento UC 206	2
50	Chapa PF62	4
51	Resorte	1
52	Espina elastica	1
53	Cilindro	1
54	Buje cementado	2
55	Bulón 5/8" x 2"	2
56	Equipo hidráulico	1
57	Pintura antióxido	1
58	Pintura negra	1

**Tabla 1:** "Despiece analítico"

Donde:

Uso = piezas por equipo.



### Codificación

A cada componente se le asignó un código que tiene por objeto proceder a su correcta identificación. Se utilizó una codificación alfanumérica donde los primeros dígitos son alfabéticos y nos indican si se trata de un subconjunto, una pieza, materia prima, etc., y los dígitos restantes son numéricos, los que hacen referencia al número de subconjunto, pieza o materia prima que conforman el producto.

Significado de la codificación:

- **Producto terminado (Txx):** La letra "T" indica que se trata de un producto terminado, mientras que los dos dígitos restantes hacen referencia al número de producto terminado.
- **Conjuntos (Cxx):** La letra "C" indica que se trata de un conjunto, mientras que los dos dígitos restantes hacen referencia al número de conjunto.
- **Subconjuntos (Sxx):** La letra "S" indica que se trata de un subconjunto, mientras que los dos dígitos restantes hacen referencia al número de subconjunto.
- **Piezas (Pxx):** La letra "P" indica que se trata de una pieza, mientras que los dos dígitos restantes hacen referencia al número de pieza.
- **Materiales semielaborados (MSxx):** Las letras "MS" indican que se trata de un material semielaborado, mientras que los dos dígitos restantes hacen referencia al número de material semielaborado.
- **Materiales comprados (MCxx):** Las letras "MC" indican que se trata de un material comprado, mientras que los dos dígitos restantes hacen referencia al número de material comprado.
- **Materia prima (MPxx):** Las letras "MP" indican que se trata de una materia prima, mientras que los dos dígitos restantes hacen referencia al número de materia prima.



Denom. Producto: Equipo rolo tractor L0,9 m

Código: T01

Fecha:

Pieza				Material			
Item	Código	Denominación	Uso	Código	Denominación	UM	CU
1	C01	Arco/Rolo L0,90 m	2				
2	C05	Soporte con brazo porta arco	4				
3	C06	Soporte con brazo porta travesaño	2				
4	S01	Rolo L0,90 m	1				
5	S06	Arco porta rolo L0,90 m	1				
6	S10	Brazo porta arco	1				
7	S11	Travesaño	1				
8	S12	Brazo porta travesaño	1				
9	S13	Soporte brazo/travesaño	1				
10	S14	Soporte brazo porta arco	1				
11	S15	Perno soporte	1				
12	P01	Caño para rolo L0,90 m	1	MP00	Caño D220 x E3,2 mm	kg	14,85
13	P06	Eje para rolo L0,90 m	1	MP01	Trafilado D30 mm	kg	6,16
14	P10	Platina rolo D220mm	2	MS00	Tapa rolo D220 mm; E6,35 mm	c/u	1,00
15	P12	Caño de arco porta rolo L0,90 m	1	MP05	Estructural 60 x 60 x 3,20 mm	kg	5,58
16	P16	Lateral arco porta rolo	2	MS01	Lateral arco 3/8"	c/u	1,00
17	P17	Tapa cubre rodamiento	2	MS06	Tapa cubre rodamiento	c/u	1,00
18	P18	Caño de brazo porta arco	1	MP05	Estructural 60 x 60 x 3,20 mm	kg	5,60
19	P19	Extremo brazo porta arco	1	MP09	Caño sch80 1 1/2"	kg	0,59
20	P20	Soporte brazo porta arco	1	MS08	Corte para soporte brazo porta arco	c/u	1,00
21	P21	Perno brazo porta arco	1	MP01	Trafilado D30 mm	kg	1,02
22	P22	Perno soporte	1	MP03	Trefilado D1/2"	kg	0,65
23	P23	Tope para soporte	1	MS07	Corte para tope de soporte	c/u	1,00
24	P24	Caño para travesaño	1	MP04	Estructural 100 x 100 x 3,20 mm	kg	28,80
25	P25	Caño brazo porta travesaño	1	MP04	Estructural 100 x 100 x 3,20 mm	kg	8,65
26	P26	Caño refuerzo brazo	5	MP06	Caño uso mecanico 1/2"	kg	0,10
27	P27	Planchuela para soporte cilindro	2	MP07	Planchuela 2 x 3/8"	kg	0,45
28	P28	Planchuela 100 mm	1	MP07	Planchuela 2 x 3/8"	kg	0,02
29	P29	Planchuela 150 mm	2	MP07	Planchuela 2 x 3/8"	kg	0,03
30	P30	Planchuela curva	2	MS11	Corte curva	c/u	1,00
31	P31	Planchuela 1045	2	MP08	Planchuela 3 x 1/2" (1045)	kg	0,12
32	P32	Perno para cilindro	2	MP02	Trafilado D20 mm	kg	0,48
33	P33	Placa para soporte	1	MS13	Placa perforada	c/u	1,00
34	MS02	Buje de soporte	2			c/u	1,00
35	MS03	Buje vesconite	2			c/u	1,00
36	MS04	Buje de brazo porta arco	2			c/u	1,00
37	MS05	Tapa de brazo porta arco CH 3/16	1			c/u	1,00
38	MS09	Placa para grampa 3/8"	4			c/u	1,00
39	MS10	Tapa de estructural 100 x 100 mm	5			c/u	1,00



Pieza				Material			
Item	Código	Denominación	Uso	Código	Denominación	UM	CU
40	MS12	Guía brazo	2			c/u	1,00
41	MC00	Bulón 3/8 x 1"	10			c/u	1,00
42	MC01	Bulón 3/8 x 3 1/4"	1			c/u	1,00
43	MC02	Tuerca 3/8"	27			c/u	1,00
44	MC03	Tuerca 5/8"	26			c/u	1,00
45	MC04	Grampa 3/8" 60 x 150mm	8			c/u	1,00
46	MC05	Grampa 5/8" 100 x 150mm	12			c/u	1,00
47	MC06	Arandela para pernos 1/2"	1			c/u	1,00
48	MC07	Chaveta para perno	5			c/u	1,00
49	MC09	Rodamiento UC 206	2			c/u	1,00
50	MC10	Chapa PF62	4			c/u	1,00
51	MC 11	Resorte	1			c/u	1,00
52	MC 12	Espina elastica	1			c/u	1,00
53	MC 13	Cilindro	1			c/u	1,00
54	MC 14	Buje cementado	2			c/u	1,00
55	MC 15	Bulón 5/8" x 2"	2			c/u	1,00
56	MC16	Equipo hidráulico	1			c/u	1,00
57	MC35	Pintura antióxido	1			lts	0,94
58	MC36	Pintura negra	1			lts	0,94

**Tabla 2:** "Despiece analítico - codificación"

Donde:

Uso = piezas por equipo.

UM = unidad de medida.

CU = cantidad unitaria

### **Diagrama de Gozinto**

El diagrama de Gozinto es una representación gráfica de las relaciones e interrelaciones que existen entre los distintos componentes del producto terminado. Con él se puede tener una idea de la magnitud y complejidad que tiene el proceso de producción. Para la construcción del mismo se partió de la **Tabla 2** (*Despiece analítico - codificación*). Ver **Plano 1** (*Diagrama de Gozinto*) - **Anexo 2**.



### **Hoja de análisis de producto**

Se trata de un documento básico para la fabricación del producto, en el cual se detallan las cantidades de piezas y material usado para la producción de una unidad de producto terminado. Ver **Tabla 3** (*Hoja de análisis de producto*) - **Anexo 1**.

### **Gráfica de flujo**

Estas son graficas que facilitan la observación e interpretación de los procesos en estudio. Se confeccionaron empleando símbolos representativos del tipo de actividad, como operación, transporte, inspección, demora y almacenaje. En estas gráficas también se aprecian algunos aspectos que afectan a la eficiencia del proceso de producción, como la acumulación de operaciones que no agregan valor al producto. Ver **Tablas 4** (*Gráfica de flujo*) - **Anexo 1**.

### **Hoja de proceso**

En estas hojas se detallaron las operaciones de armado de una pieza, subconjunto o conjunto, indicando también la maquinaria y el herramental empleados. Ver **Tabla 5** (*Hojas de proceso*) - **Anexo 1**.

### **Hoja de análisis de costos (M. de O. Directa y materia prima)**

Esta planilla permite visualizar los elementos que componen cada nivel de acuerdo con el avance del trabajo. En ésta también se indican las cantidades necesarias de materia prima, material comprado y material semielaborado para poder lograr la producción de una unidad de producto terminado, junto con los tiempos de las operaciones que agregan valor.

Todos estos datos, que forman parte de la planilla, permiten obtener el costo total de la materia prima y mano de obra directa involucrados en la producción.

El costo de la mano de obra directa es \$ 64 por hora (al mes de Marzo de 2015). Los tiempos considerados para la realización de cada una de las actividades tienen en cuenta el rendimiento de los operarios, el que supusimos 100 %, y la eficiencia de todo el sistema productivo, considerada 75 %. Además, para calcular las cantidades necesarias de materia prima, materiales comprados y materiales semielaborados se tuvo en cuenta



el scrap (incorporado en **Tabla 3 - Hoja de análisis de producto - Anexo 1**) más un 2 % de descarte de la producción mensual. Ver **Tabla 6 (Hoja de análisis de costos) - Anexo 1**.

### **Determinación del costo de los materiales**

El costo en materiales para la fabricación de una unidad de producto es de \$ 10.227, mientras que el costo para la producción de un mes es \$ 613.635, considerando un 2 % por descarte.

### **Layout**

En función de la categorización del sistema de producción se diseñó el lay-out (disposición física de fábrica). Se seleccionó una producción intermitente, por lo cual realizamos un *layout* por proceso. Ver **Plano 2 (Layout) - Anexo 2**.

Como se puede observar en el *layout* hay varios sectores dentro de la empresa, siete de ellos son empleados para realizar las operaciones, cuatro para almacenaje y el sector de oficinas. Los sectores donde se realizan operaciones son: el sector de corte, el cual consta de una sierra sin fin, una sensitiva y una guillotina; el sector de agujerado, el cual consta de una agujereadora de pie; el sector de rebabado, el cual consta de una esmeriladora de banco y un banco de trabajo que tiene disponible una esmeriladora neumática de mano y una amoladora; el sector de deformado, el cual consta de un balancín y una prensa; el sector de soldado, el cual consta de dos soldadoras MIG y sus correspondientes bancos de trabajo; el sector de pintura, equipado con dos pistolas de pintar neumáticas; por último el sector de ensamblaje, que dispone de un banco de trabajo y diversas herramientas de mano. Los sectores de almacenaje son: depósito de materia prima, productos comprados; depósito intermedio, donde se almacenan las piezas; depósito de preensamblado, donde se almacenan los subconjuntos; depósito de productos terminados. Por último hay que mencionar al sector de oficinas, que cuenta con la oficina del gerente, un baño y una sala de descanso.



### **Definición de maquinaria empleada**

Para la confección del proceso el equipamiento usado es, en su mayoría, de propósito general, como se puede ver en la tabla siguiente donde se especifica su codificación interna para el control de fábrica. Ver **Tabla 7** (*Maquinaria*).

<b>Código</b>	<b>Máquina</b>
H 010	Sierra sin fin
H 020	Guillotina
H 030	Sensitiva
H 040	Amoladora
H 050	Esmeriladora neumatica de mano
H 060	Esmariladora de banco
H 070	Balancin
H 080	Agujereadora
H 090	Taladro
H 100	Soldadora MIG
H 110	Prensa
H 120	Pistola Neumatica
H 130	Mano de Obra

**Tabla 7:** "*Maquinaria*"

### **Descripción de las operaciones**

A continuación se especifican las operaciones de fabricación de las piezas, subconjuntos y conjuntos que componen al producto terminado detallando la maquinaria empleada con sus respectivos tiempos. Ver **Tabla 8** (*Descripción de operaciones por componente*).



Componente		Operación			Tiempo	
Código	Denominación	Nº	Denominación	Máquina	Tiempo [s ]	Tiempo total [s ]
P 01	Caño para rolo L0,90m	10	Corte	Sierra sin fin	90	150
		20	Rebabado	Amoladora	60	
P 06	Eje para rolo L0,90m	10	Corte	Sensitiva	30	60
		20	Rebabado	Amoladora	30	
P 10	Platina rolo D220mm	10	Rebabado	Esmeriladora de banco	30	30
P 12	Caño de arco porta rolo L0,90m	10	Corte	Sensitiva	40	80
		20	Rebabado	Amoladora	40	
P 16	Lateral arco porta rolo	10	Rebabado	Amoladora	40	70
		20	Rebabado	Esmeriladora neumática de mano	30	
P 17	Tapa cubre rodamientos	10	Embutido/Troquelado	Balancin	10	120
		20	Rebabado	Esmeriladora neumática de mano	30	
		30	Pintado	Pistola neumática	40	
		40	Pintado	Pistola neumática	40	
P 18	Caño de brazo porta arco	10	Corte	Sensitiva	40	285
		20	Agujereado	Agujereadora	100	
		30	Corte	Sensitiva	45	
		40	Agujereado	Agujereadora	50	
		50	Rebabado	Amoladora	50	
P 19	Extremo brazo porta arco	10	Corte	Sensitiva	50	80
		20	Rebabado	Esmeriladora de banco	30	
P 20	Soporte brazo porta arco	10	Plegado	Prensa	40	40
P 21	Perno brazo porta arco	10	Corte	Sensitiva	30	55
		20	Rebabado	Esmeriladora de banco	25	
P 22	Perno soporte	10	Corte	Sensitiva	15	40
		20	Agujereado	Agujereadora	25	
P 23	Tope para soporte	10	Plegado	Prensa	35	135
		20	Rebabado	Esmeriladora neumática de mano	40	
		30	Pintado	Pistola neumática	30	
		40	Pintado	Pistola neumática	30	
P 24	Caño travesaño	10	Corte	Sierra sin fin	70	70
P 25	Caño brazo porta travesaño	10	Corte	Sierra sin fin	70	510
		20	Agujereadora	Agujereadora	400	
		30	Rebabado	Amoladora	40	
P 26	Caño refuerzo brazo	10	Corte	Sensitiva	15	15
P 27	Planchuela para soporte cilindro	10	Corte	Guillotina	20	155
		20	Corte	Guillotina	25	
		30	Agujereadora	Agujereadora	60	
		40	Rebabado	Esmeriladora neumática de mano	20	
		50	Rebabado	Esmeriladora de banco	30	
P 28	Planchuelas 100mm	10	Corte	Guillotina	20	50
		20	Rebabado	Esmeriladora de banco	30	
P 29	Planchuelas 150mm	10	Corte	Guillotina	20	50
		20	Rebabado	Esmeriladora de banco	30	
P 30	Planchuela curva	10	Rebabado	Esmeriladora de banco	30	40
		20	Rebabado	Esmeriladora neumática de mano	10	



P 31	Plachuela 1045	10	Corte	Sensitiva	50	175
		20	Agujereadora	Agujereadora	90	
		30	Rebabado	Esmeriladora de banco	35	
P 32	Perno para cilindro	10	Corte	Sensitiva	20	75
		20	Agujereado	Agujereadora	40	
		30	Rebabado	Esmeriladora de banco	15	
P 33	Placa para soporte	10	Rebabado	Esmeriladora de banco	40	70
		20	Rebabado	Esmeriladora neumática de mano	30	
S 01	Rolo L0,90m	10	Soldado	Soldadora MIG	300	1560
		20	Soldado	Soldadora MIG	900	
		30	Pintado	Pistola neumática	180	
		40	Pintado	Pistola neumática	180	
S 06	Arco porta rolo L0,90m	10	Soldado	Soldadora MIG	300	750
		20	Rebabado	Amoladora	90	
		30	Pintado	Pistola neumática	180	
		40	Pintado	Pistola neumática	180	
S 10	Brazo porta arco	10	Soldado	Soldadora MIG	600	985
		20	Soldado	Soldadora MIG	160	
		30	Rebabado	Amoladora	45	
		40	Pintado	Pistola neumática	90	
		50	Pintado	Pistola neumática	90	
S 11	Travesaño	10	Soldado	Soldadora MIG	120	540
		20	Rebabado	Amoladora	60	
		30	Pintado	Pistola neumática	180	
		40	Pintado	Pistola neumática	180	
S 12	Brazo porta travesaño	10	Soldado	Soldadora MIG	720	2580
		20	Soldado	Soldadora MIG	180	
		30	Soldado	Soldadora MIG	480	
		40	Soldado	Soldadora MIG	540	
		50	Rebabado	Amoladora	300	
		60	Pintado	Pistola neumática	180	
		70	Pintado	Pistola neumática	180	
S 13	Soporte brazo/travesaño	10	Soldar	Soldadora MIC	360	2160
		20	Soldado	Soldadora MIG	360	
		30	Soldado	Soldadora MIG	480	
		40	Soldado	Soldadora MIG	300	
		50	Rebabado	Amoladora	300	
		60	Pintar	Pistola neumática	180	
		70	Pintar	Pistola neumática	180	
S 14	Soporte brazo porta arco	10	Soldado	Soldadora MIG	140	300
		20	Rebabado	Esmeriladora neumática de mano	40	
		30	Pintado	Pistola neumática	60	
		40	Pintado	Pistola neumática	60	
S 15	Perno soporte	10	Soldado	Soldadora MIG	30	65
		20	Rebabado	Esmeriladora de banco	15	
		30	Pintado	Pistola Neumática	10	
		40	Pintado	Pistola Neumática	10	
C 01	Arco/Rolo L0,90m	10	Ensamblar	Mano de Obra	400	400
C 05	Soporte con brazo porta arco	10	Ensamblar	Mano de Obra	120	380
		20	Ensamblar	Mano de Obra	60	
		30	Ensamblar	Mano de Obra	60	
		40	Agujerear	Taladro	120	
		50	Ensamblar	Mano de Obra	20	
C 06	Soporte con brazo porta travesaño	10	Ensamblar	Mano de Obra	450	450
T 01	Equipo para tractor de L0,90m	10	Ensamblar	Mano de Obra	600	3000
		20	Ensamblar	Mano de Obra	900	
		30	Ensamblar	Mano de Obra	600	
		40	Ensamblar	Mano de Obra	900	

**Tabla 8:** "Descripción de operaciones por componente"



De **Tabla 8** (*Descripción de operaciones por componente*) y teniendo en cuenta la cantidad de cada uno de los componentes que hay presentes en el Equipo rolo tractor L0,9 m se obtuvo los tiempos necesarios de cada operación para la producción deseada. Ver **Tabla 9** (*Tiempo por operación*).

Operación			Tiempo [h ]
Denominación	Máquina	Código	
Cortado	Sierra sin fin	H 010	6,50
Cortado	Guillotina	H 020	3,50
Cortado	Sensitiva	H 030	18,67
Rebado	Amoladora	H 040	37,00
Rebado	Esmeriladora neumática de mano	H 050	11,33
Rebado	Esmariladora de banco	H 060	16,33
Embutido/Troquelado	Balancin	H 070	0,67
Agujereado	Agujereadora	H 080	30,67
Agujereado	Taladro	H 090	8,00
Soldado	Soldadora MIG	H 100	228,00
Plegado	Prensa	H 110	5,00
Pintado	Pistola neumática	H 120	84,67
Ensamblado	Mano de obra	H 130	95,67

**Tabla 9:** "*Tiempo por operación*"

### **Cantidad de máquinas y mano de obra**

Para la determinación de la cantidad de operarios se tuvo en cuenta el régimen horario mensual de 184 h, considerando jornadas de 8 h diarias de lunes a viernes y 6 h diarias los sábados. Como la eficiencia del sistema de producción es 75 % las horas productivas mensuales son 138 h.

De **Tabla 8** (*Descripción de operaciones por componente*) se obtuvo la carga horaria de las máquinas para la producción de 60 unidades mensuales: 546,01 h.

De este modo, con la cantidad de horas productivas y la carga horaria de las máquinas se obtuvo que la cantidad de operarios necesaria es 4.

Con la carga horaria de maquinarias vista en **Tabla 8** (*Descripción de operaciones por componente*) y la cantidad de horas productivas se obtuvo la cantidad de cada máquina. Ver **Tabla 10** (*Cantidad de máquinas*).



Máquina	Cantidad
Sierra sin fin	1
Guillotina	1
Sensitiva	1
Amoladora	1
Esmeriladora neumática de mano	1
Esmariladora de banco	1
Balancin	1
Agujereadora	1
Taladro	1
Soldadora MIG	2
Prensa	1
Pistola neumática	1
Mano de obra	1

**Tabla 10:** "Cantidad de máquinas"

### **Balanceo del sistema de producción**

El balanceo del sistema de producción, conocido como balanceo de línea, tiene por propósito nivelar el ciclo de producción de las distintas estaciones de trabajo, de modo que dicho sistema opere en un razonable equilibrio, tratando de minimizar los cuellos de botella (aquellos procesos que limitan la cantidad a producir), los tiempos de máquina ociosos, los inventarios en proceso y otras ineficiencias que corrientemente derivan en pérdidas y/o demoras susceptibles de ser evitadas.

Se trata de lograr un ritmo de trabajo constante a lo largo de todo el sistema de producción, compatible con la demanda. Esto obviamente se torna más complejo cuanto más intermitente sea la industria.

En nuestro caso el sistema de producción es de tipo intermitente, por lo tanto éste no es tan sencillo.



## Memoria de cálculo

### Tiempos

A partir de las operaciones necesarias para la fabricación de cada uno de los componentes que integran al producto terminado y teniendo en cuenta la maquinaria apropiada para llevar a cabo cada una de esas operaciones se definieron los tiempos de las operaciones involucradas en cada componente. Ver **Tabla 11** (*Definición de tiempos de operación*).

$$\text{Tiempo por componente [s]} = \sum \text{Tiempo por operación [s]} \quad \text{Ecuación (1)}$$



Componente		Operación			Tiempo		P/h (Base)
					Tiempo por operac. [s]	Tiempo por comp. [s]	
Código	Denominación	N°	Denominación	Máquina			
P 01	Caño para rolo L0,90m	10	Corte	Sierra sin fin	90	150	40
		20	Rebabado	Amoladora	60		60
P 06	Eje para rolo L0,90m	10	Corte	Sensitiva	30	60	120
		20	Rebabado	Amoladora	30		120
P 10	Platina rolo D220mm	10	Rebabado	Esmeriladora de banco	30	30	120
P 12	Caño de arco porta rolo L0,90m	10	Corte	Sensitiva	40	80	90
		20	Rebabado	Amoladora	40		90
P 16	Lateral arco porta rolo	10	Rebabado	Amoladora	40	70	90
		20	Rebabado	Esmeriladora neumática de mano	30		120
P 17	Tapa cubre rodamientos	10	Embutido/Troquelado	Balancin	10	120	360
		20	Rebabado	Esmeriladora neumática de mano	30		120
		30	Pintado	Pistola neumática	40		90
		40	Pintado	Pistola neumática	40		90
P 18	Caño de brazo porta arco	10	Corte	Sensitiva	40	285	90
		20	Agujereado	Agujereadora	100		36
		30	Corte	Sensitiva	45		80
		40	Agujereado	Agujereadora	50		72
		50	Rebabado	Amoladora	50		72
P 19	Extremo brazo porta arco	10	Corte	Sensitiva	50	80	72
		20	Rebabado	Esmeriladora de banco	30		120
P 20	Soporte brazo porta arco	10	Plegado	Prensa	40	40	90
P 21	Perno brazo porta arco	10	Corte	Sensitiva	30	55	120
		20	Rebabado	Esmeriladora de banco	25		144
P 22	Perno soporte	10	Corte	Sensitiva	15	40	240
		20	Agujereado	Agujereadora	25		144
P 23	Tope para soporte	10	Plegado	Prensa	35	135	102
		20	Rebabado	Esmeriladora neumática de mano	40		90
		30	Pintado	Pistola neumática	30		120
		40	Pintado	Pistola neumática	30		120
P 24	Caño travesaño	10	Corte	Sierra sin fin	70	70	51
P 25	Caño brazo porta travesaño	10	Corte	Sierra sin fin	70	510	51
		20	Agujereadora	Agujereadora	400		9
		30	Rebabado	Amoladora	40		90
P 26	Caño refuerzo brazo	10	Corte	Sensitiva	15	15	240
P 27	Planchuela para soporte cilindro	10	Corte	Guillotina	20	155	180
		20	Corte	Guillotina	25		144
		30	Agujereadora	Agujereadora	60		60
		40	Rebabado	Esmeriladora neumática de mano	20		180
		50	Rebabado	Esmeriladora de banco	30		120
P 28	Planchuelas 100mm	10	Corte	Guillotina	20	50	180
		20	Rebabado	Esmeriladora de banco	30		120
P 29	Planchuelas 150mm	10	Corte	Guillotina	20	50	180
		20	Rebabado	Esmeriladora de banco	30		120
P 30	Planchuela curva	10	Rebabado	Esmeriladora de banco	30	40	120
		20	Rebabado	Esmeriladora neumática de mano	10		360



P 31	Plachuela 1045	10	Corte	Sensitiva	50	175	72
		20	Agujereadora	Agujereadora	90		40
		30	Rebabado	Esmeriladora de banco	35		102
P 32	Perno para cilindro	10	Corte	Sensitiva	20	75	180
		20	Agujereado	Agujereadora	40		90
		30	Rebabado	Esmeriladora de banco	15		240
P 33	Placa para soporte	10	Rebabado	Esmeriladora de banco	40	70	90
		20	Rebabado	Esmeriladora neumática de mano	30		120
S 01	Rolo L0,90m	10	Soldado	Soldadora MIG	300	1560	12
		20	Soldado	Soldadora MIG	900		4
		30	Pintado	Pistola neumática	180		20
		40	Pintado	Pistola neumática	180		20
S 06	Arco porta rolo L0,90m	10	Soldado	Soldadora MIG	300	750	12
		20	Rebabado	Amoladora	90		40
		30	Pintado	Pistola neumática	180		20
		40	Pintado	Pistola neumática	180		20
S 10	Brazo porta arco	10	Soldado	Soldadora MIG	600	985	6
		20	Soldado	Soldadora MIG	160		22
		30	Rebabado	Amoladora	45		80
		40	Pintado	Pistola neumática	90		40
		50	Pintado	Pistola neumática	90		40
S 11	Travesaño	10	Soldado	Soldadora MIG	120	540	30
		20	Rebabado	Amoladora	60		60
		30	Pintado	Pistola neumática	180		40
		40	Pintado	Pistola neumática	180		20
S 12	Brazo porta travesaño	10	Soldado	Soldadora MIG	720	2580	5
		20	Soldado	Soldadora MIG	180		20
		30	Soldado	Soldadora MIG	480		7
		40	Soldado	Soldadora MIG	540		6
		50	Rebabado	Amoladora	300		12
		60	Pintado	Pistola neumática	180		20
		70	Pintado	Pistola neumática	180		20
S 13	Soporte brazo/travesaño	10	Soldar	Soldadora MIC	360	2160	10
		20	Soldado	Soldadora MIG	360		10
		30	Soldado	Soldadora MIG	480		7
		40	Soldado	Soldadora MIG	300		12
		50	Rebabado	Amoladora	300		12
		60	Pintar	Pistola neumática	180		20
		70	Pintar	Pistola neumática	180		20
S 14	Soportre brazo porta arco	10	Soldado	Soldadora MIG	140	300	26
		20	Rebabado	Esmeriladora neumática de mano	40		90
		30	Pintado	Pistola neumática	60		60
		40	Pintado	Pistola neumática	60		60
S 15	Perno soporte	10	Soldado	Soldadora MIG	30	65	120
		20	Rebabado	Esmeriladora de banco	15		240
		30	Pintado	Pistola neumática	10		360
		40	Pintado	Pistola neumática	10		360
C 01	Arco/Rolo L0,90m	10	Ensamblar	Mano de Obra	400	400	9
C 05	Soporte con brazo porta arco	10	Ensamblar	Mano de Obra	120	380	30
		20	Ensamblar	Mano de Obra	60		60
		30	Ensamblar	Mano de Obra	60		60
		40	Agujerear	Taladro	120		30
		50	Ensamblar	Mano de Obra	20		180
C 06	Soporte con brazo porta travesaño	10	Ensamblar	Mano de Obra	450	450	8
T 01	Equipo para tractor de L0,90m	10	Ensamblar	Mano de Obra	600	3000	6
		20	Ensamblar	Mano de Obra	900		4
		30	Ensamblar	Mano de Obra	600		6
		40	Ensamblar	Mano de Obra	900		4

Tabla 11: "Definición de tiempos de operación".



Tiempo total por equipo [s] =  $\sum$  (Tiempo por comp. [s] x Cant. de comp. por equipo)

**Ecuación (2)**

Componentes		Tiempo por componente [s]	Cant. de componentes por equipo	Tiempo total [s]
Código	Denominación			
P 01	Caño para rolo L0,90m	150	2	300
P 06	Eje para rolo L0,90m	60	2	120
P 10	Platina rolo D220mm	30	4	120
P 12	Caño de arco porta rolo L0,90m	80	2	160
P 16	Lateral arco porta rolo	70	4	280
P 17	Tapa cubre rodamientos	120	4	480
P 18	Caño de brazo porta arco	285	2	570
P 19	Extremo brazo porta arco	80	4	320
P 20	Soporte brazo porta arco	40	4	160
P 21	Perno brazo porta arco	55	4	220
P 22	Perno soporte	40	4	160
P 23	Tope para soporte	135	4	540
P 24	Caño travesaño	70	1	70
P 25	Caño brazo porta travesaño	510	2	1.020
P 26	Cañitos refuerzo brazo	15	10	150
P 27	Planchuela para soporte cilindro	155	2	310
P 28	Planchuela 100mm	50	2	100
P 29	Planchuela 150mm	50	4	200
P 30	Planchuela curva	40	4	160
P 31	Planchuela 1045	175	4	700
P 32	Perno para cilindro	75	4	300
P 33	Placa para soporte	70	2	140
S 01	Rolo L0,90m	1560	2	3.120
S 06	Arco porta rolo L0,90m	750	2	1.500
S 10	Brazo porta arco	985	4	3.940
S 11	Travesaño	540	1	540
S 12	Brazo porta travesaño	2580	2	5.160
S 13	Soporte brazo/travesaño	2160	2	4.320
S 14	Soporte brazo porta arco	300	4	1.200
S 15	Perno soporte	65	4	260
C 01	Arco/Rolo L0,90m	400	2	800
C 05	Soporte con brazo porta arco	380	4	1.520
C 06	Soporte con brazo porta travesaño	450	2	900
T 01	Equipo rolo tractor L0,90m	3000	1	3.000
<b>Tiempo total por equipo [s]</b>				32.840
<b>Tiempo total por equipo [h]</b>				9

**Tabla 12:** "Tiempos por componentes"



$$\text{Horas requeridas [h]} = \text{tiempo por equipo [h]} \times \text{cant. de equipos} \quad \text{Ecuación (3)}$$

El tiempo requerido para la fabricación de un producto terminado es de 9 h y 7 min., por lo tanto para producir 60 equipos mensuales se requieren 562 h.

### Cantidad de maquinaria y operarios

Carga horaria mensual = 184 h

Eficiencia del sistema de producción = 75 %

$$\text{Horas productivas [h]} = \text{carga horaria mensual [h]} \times \text{eficiencia sistema} \quad \text{Ecuación (4)}$$

Por lo tanto la cantidad de horas productivas es 138 h.

$$\text{Cantidad de operarios} = \text{horas requeridas [h]} / \text{horas productivas [h]} \quad \text{Ecuación (5)}$$

Por lo tanto la cantidad de operarios necesaria es 4.

A partir de la **Tabla 11** (*Definición de tiempos de operación*), sumando los tiempos correspondientes a una misma operación obtenemos los tiempos de funcionamiento por máquina. Ver **Tabla 13** (*Tiempos de funcionamiento de las máquinas*).

Operación			Tiempo [h]
Denominación	Máquina	Código	
Cortado	Sierra sin fin	H 010	6,50
Cortado	Guillotina	H 020	3,50
Cortado	Sensitiva	H 030	18,67
Rebabado	Amoladora	H 040	37,00
Rebabado	Esmeriladora neumática de mano	H 050	11,33
Rebabado	Esmariladora de banco	H 060	16,33
Embutido/Troquelado	Balancin	H 070	0,67
Agujereado	Agujereadora	H 080	30,67
Agujereado	Taladro	H 090	8,00
Soldado	Soldadora MIG	H 100	228,00
Plegado	Prensa	H 110	5,00
Pintado	Pistola neumática	H 120	84,67
Ensamblado	Mano de obra	H 130	95,67

**Tabla 13:** "Tiempos de funcionamiento de las máquinas"



Como se observa en la **Tabla 13** (*Tiempos de funcionamiento de las máquinas*) la única máquina que supera las 138 h de funcionamiento es la soldadora MIG, por lo tanto la cantidad de máquinas necesarias es la establecida en la siguiente tabla. Ver **Tabla 14** (*Cantidad de máquinas*).

Máquina	Cantidad
Sierra sin fin	1
Guillotina	1
Sensitiva	1
Amoladora	1
Esmeriladora neumática de mano	1
Esmariladora de banco	1
Balancín	1
Agujereadora	1
Taladro	1
Soldadora MIG	2
Prensa	1
Pistola neumática	1
Mano de obra	1

**Tabla 14:** "Cantidad de máquinas"

### Costos

Para calcular el costo en materiales de un equipo se recurrió a listas de precios de los proveedores, de donde se extrajo el valor unitario de cada material componente que integra el equipo. Luego teniendo en cuenta la cantidad de estos materiales obtenemos el costo total. Ver **Tabla 6** (*Hoja de análisis de costos*) - **Anexo 1**.

$$\text{Costo unitario total [\$]} = \text{Uso} \times \text{Consumo [kg]} \times \text{Costo unitario [$/kg]} \quad \text{Ecuación (6)}$$

Cabe aclarar que las unidades de consumo y costo unitario no siempre son las que se muestran en la **Ecuación (6)**, ya que en algunos casos los materiales de los componentes se compran por cantidad y también por litro.

$$\text{Costo total en materiales [\$]} = \sum \text{Precio unitario total [\$]} \quad \text{Ecuación (7)}$$

Para calcular el costo de la mano de obra involucrada en la construcción de un equipo se tomó como referencia el salario de un operario metalúrgico de múltiples funciones que al mes de Marzo del corriente año es de \$ 64 por h.



$$\text{Costo en M. de O. [\$]} = \sum (\text{tiempo [min]} \times 64 \text{ [\$]} / 60 \text{ [min]}) \quad \text{Ecuación (8)}$$

Por último se calculó el costo total de producción de un equipo.

$$\text{Costo total [\$]} = \text{Costo total en materiales [\$]} + \text{Costo en M. de O. [\$]} \quad \text{Ecuación (9)}$$



# **Anexo 1**

## **(Tablas)**



# **Anexo 2**

## **(Planos)**



# *Diseño y cálculo de la instalación de gas en baja presión*



## **Índice:**

<b>Memoria descriptiva</b> _____	<b>32</b>
<b>Memoria técnica</b> _____	<b>33</b>
Artefactos _____	33
Canalización _____	33
Cañería _____	33
Accesorios _____	34
<b>Memoria de cálculo</b> _____	<b>35</b>
Determinación del caudal de gas natural _____	35
Determinación del diámetro de cañerías _____	36
<b>Anexo 1 (Planos)</b> _____	<b>42</b>



## **Memoria descriptiva**

Esta sección del trabajo final contempló el cálculo y diseño de la red de distribución de gas en baja presión del inmueble.

Se pudo diferenciar básicamente 2 sectores dentro del galpón, en donde se encuentran los puntos de consumo que abastece la instalación de gas:

- El sector de oficinas, que cuenta con 2 calefactores, 1 termo tanque y 1 cocina "anafe".
- El sector de taller, que cuenta con 3 tubos radiantes.

La planta reguladora de gas correspondiente al inmueble se encuentra situada sobre la línea municipal y construida en base a la reglamentación de la distribuidora de gas local. Allí se reduce el valor de la presión del gas para que la distribución en el interior del inmueble sea en baja presión  $0,02 \frac{kgf}{cm^2}$ .

Desde la planta reguladora la cañería es llevada vía subterránea a una profundidad de 1 m hasta el interior del galpón. Dentro del galpón el montaje de la red de distribución de gas es aéreo; la cañería va suspendida sobre ménsulas ligadas a las paredes y sujetas a los tirantes de la estructura cuando es necesario. De este modo la cañería se ramifica para pasar por los diferentes puntos de consumo.



## Memoria técnica

### Artefactos

Los artefactos que se alimentaron mediante la instalación de gas y sus respectivos consumos son los que se indican a continuación.

Artefacto	Cant.	Consumo [kcal/h ]
Calefactor	2	2.200
Termotanque	1	8.200
Cocina "anafe"	1	3.600
Tubo radiante	3	19.500

En **Plano 1** (*Instalación de gas en baja presión en planta*) y **Plano 2** (*Isométrica - Instalación de gas en baja presión*) puede verse no solo la ubicación de los artefactos dentro del galpón, sino también la distribución de la cañería adoptada.

### Canalización

La cañería principal se llevó directamente enterrada a 1 m de profundidad hasta el interior del galpón. En el interior del galpón la cañería secundaria se distribuyó en forma aérea, dispuesta sobre soportes vinculados en su mayoría a la pared y a los tirantes de la estructura cuando fue necesario, a 3,25 m sobre el nivel del suelo.

### Cañería

La cañería que se empleó es de acero al carbono según norma ASTM A53 Gr A, adoptándose un espesor de Schedule 40 como estándar. Los diámetros adoptados para los distintos tramos son los que se indican a continuación.



Tramo	Ø adoptado. [pulg ]
A - B	1 1/2"
B - C	1"
C - D	3/4"
B - E	1"
E - F	3/4"
E - G	3/4"

Las cañerías fueron unidas entre sí y con los accesorios mediante rosca.

De acuerdo a la normativa el color de la cañería de gas es amarillo.

### Accesorios

Los accesorios empleados en los distintos tramos son los que se indican a continuación.

Tramo	Codos 90°	Válvula macho lubricado	"T" en paso recto	"T" en derivación	Brida ciega	Reducción
A - B	4	1	0	0	0	0
B - C	2	1	0	2	0	1
C - D	1	0	1	0	0	0
B - E	0	1	1	0	0	1
E - F	4	0	1	0	0	0
E - G	1	1	2	1	0	0



## Memoria de cálculo

El dimensionamiento de la instalación de gas se llevó a cabo siguiendo los siguientes pasos:

1. Determinación del caudal de gas natural.
2. Determinación del diámetro de cañerías.

### 1. Determinación del caudal de gas natural.

Primero se identificó los artefactos que debe alimentar la instalación de gas y sus respectivos consumos. Ver **Tabla 1** (*Descripción de los consumos*). Dichos consumos fueron sacados de las especificaciones técnicas de los artefactos. El cálculo del caudal de gas consumido por cada aparato se realizó mediante la siguiente expresión matemática:

$$Q_{consumido} = \frac{\text{consumo}}{\text{poder cal. gas}} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

$$Q_{consumido} = \text{caudal de gas consumido} \left[ \frac{m^3}{h} \right].$$

$$\text{Consumo} = \text{consumo de gas del artefacto} \left[ \frac{kcal}{h} \right].$$

$$\text{Poder cal. gas} = 9.300 \frac{kcal}{m^3}.$$

Artefactos	Cantidad	Consumo [kcal/h ]	Consumo total [kcal/h ]	Caudal [m <sup>3</sup> /h ]
Calefactor	2	2.200	4.400	0,47
Termotanque	1	8.200	8.200	0,88
Cocina "anafe"	1	3.600	3.600	0,39
Tubo radiante	3	19.500	58.500	6,29
			Total	8,03

**Tabla 1:** "Descripción de los consumos"



## **2. Determinación del diámetro de cañerías.**

El dimensionamiento de las cañerías para la distribución de gas natural en baja presión se llevó a cabo haciendo uso de las tablas confeccionadas en base a la fórmula de Poole, en nuestro caso particular usamos aquella para gas natural con una densidad relativa de 0,65 y una caída de presión máxima admisible de 10 mm c.a (5 % del valor de baja presión), caída de presión establecida como máxima por la empresa proveedora. Ver **Tabla 2** (*Caudales para cañerías de diferentes diámetros y longitudes*).



**CAUDAL EN LITROS DE GAS POR HORA, PARA CAÑERÍAS  
 DE DIFERENTES DIÁMETROS Y LONGITUDES**

(Gas natural)

Densidad 0,65

Para caída de presión h = 10 mm

Longitud de cañería en metros	DIÁMETROS DE LA CAÑERÍA EN MILÍMETROS						
	9,5 (3/8")	13 (1/2")	16 (3/4")	25 (1")	32 (1 1/4")	38 (1 1/2")	51 (2")
2	1.745	3.580	9.855	20.260	25.895	35.835	114.615
3	1.425	2.925	8.065	16.540	20.900	28.880	93.880
4	1.235	2.535	6.985	14.325	18.090	24.480	81.050
5	1.105	2.265	6.280	12.810	16.685	22.310	72.420
6	1.005	2.070	5.725	11.695	15.425	20.230	65.165
7	920	1.915	5.280	10.825	14.320	18.845	61.265
8	870	1.790	4.940	10.120	13.495	17.810	57.295
9	820	1.680	4.655	9.550	12.805	16.920	54.025
10	780	1.600	4.420	9.060	12.225	16.090	51.245
12	710	1.460	4.025	8.270	11.450	15.190	46.790
14	660	1.355	3.725	7.695	10.775	14.310	43.270
16	615	1.265	3.495	7.180	10.210	13.595	40.515
18	580	1.195	3.290	6.750	11.795	12.805	38.190
20	550	1.130	3.125	6.405	11.190	12.255	36.240
22	525	1.080	2.980	6.105	10.670	11.830	34.650
24	500	1.035	2.850	5.845	10.215	11.410	33.060
26	480	990	2.740	5.620	9.815	11.005	31.785
28	465	960	2.640	5.415	9.460	10.620	30.620
30	450	925	2.550	5.220	9.135	10.260	29.560
32	435	895	2.470	5.055	8.850	9.925	28.675
34	420	870	2.395	4.910	8.590	9.605	27.855
36	410	845	2.330	4.775	8.340	9.305	27.105
38	400	820	2.265	4.650	8.120	9.025	26.295
40	390	800	2.210	4.525	7.910	8.760	25.515
42	380	780	2.155	4.420	7.720	8.510	24.805
44	370	765	2.105	4.320	7.545	8.275	24.130
46	360	745	2.060	4.220	7.375	8.055	23.485
48	355	730	2.015	4.135	7.225	7.855	22.865
50	350	715	1.975	4.055	7.075	7.665	22.270
55	320	665	1.885	3.860	6.750	7.245	21.250
60	315	655	1.825	3.695	6.460	6.990	20.520
65	305	630	1.730	3.590	6.210	6.755	20.105
70	295	605	1.650	3.420	5.960	6.430	19.360
75	285	585	1.575	3.270	5.700	6.115	18.715
80	275	565	1.505	3.200	5.505	5.820	18.120
85	265	550	1.455	3.105	5.325	5.555	17.605
90	260	535	1.410	3.015	5.170	5.315	17.170
95	250	520	1.375	2.940	5.135	5.100	16.830
100	245	505	1.340	2.865	5.005	4.905	16.205
110	235	485	1.230	2.730	4.770	4.730	15.460
120	225	460	1.215	2.675	4.570	4.570	14.800
130	215	445	1.215	2.615	4.390	4.390	14.225
140	205	430	1.165	2.420	4.230	4.230	13.655
150	200	415	1.140	2.340	4.090	4.090	13.240
160	195	400	1.105	2.285	3.955	3.955	12.815
170	190	390	1.070	2.195	3.825	3.825	12.425
180	185	380	1.045	2.135	3.730	3.730	12.085
190	175	370	1.015	2.070	3.625	3.625	11.795
200	170	360	990	2.025	3.540	3.540	11.490

**Tabla 2:** "Caudales para cañerías de diferentes diámetros y longitudes"

Dicha tabla se empleó del siguiente modo:

Se ingresó a la tabla con el caudal volumétrico de gas que circula por el tramo que se quiere dimensionar y la longitud, pero ésta no es la del tramo considerado, sino que es la



que hay desde el regulador (de media a baja presión) hasta el consumo más alejado que se abastece por ese tramo de cañería (longitud de cálculo). De esta manera obtenemos el diámetro nominal.

El caudal de gas considerado para dimensionar cada uno de los ramales es el que transporta cada uno de ellos y se obtuvieron a partir de **Tabla 1** (*Descripción de los consumos*) y **Plano 1** (*Instalación de gas en baja presión en planta*) - **Anexo 1**.

La longitud de cálculo para dimensionar cada uno de los ramales también se obtuvo de **Plano 1** (*Instalación de gas en baja presión en planta*) - **Anexo 1**.

Se obtuvo la primera aproximación de los diámetros. Ver **Tabla 3** (*Diámetros aproximados*).

Tramo	L. real [m]	L. calculo [m]	Caudal [m <sup>3</sup> /h]	Caudal [lts/h]	Ø aprox. [pulg]
A - B	13,95	33,15	8,03	8.032,26	1 1/4"
B - C	8,75	32,9	4,19	4.193,55	1"
C - D	10,2	32,9	2,10	2.096,77	3/4"
B - E	1,25	33,15	3,84	3.838,71	1"
E - F	17,95	33,15	2,10	2.096,77	3/4"
E - G	9,45	24,65	1,74	1.741,94	3/4"

**Tabla 3:** "Diámetros aproximados"

Estos diámetros son aproximados, porque si bien al hallarlos mediante la tabla antes mencionada se contempló la pérdida de carga ocasionada por el rozamiento del gas contra las paredes del tubo, en ningún momento se tuvo en cuenta la pérdida de carga ocasionada por los accesorios.

Para considerar la pérdida de carga ocasionada por los accesorios fue necesario determinar la longitud equivalente de los mismos; para eso primero se determinó los tipos de accesorios y la cantidad de ellos presente en cada tramo de la instalación. Ver **Tabla 4** (*Accesorios de la instalación*).



Tramo	Curva 90°	Válvula macho lubricado	"T" paso recto	"T" en derivación	Brida ciega	Reducción
A - B	4	1	0	0	0	0
B - C	2	1	0	2	0	1
C - D	1	0	1	0	0	1
B - E	0	1	1	0	0	1
E - F	4	0	1	0	0	1
E - G	1	1	2	1	0	1

**Tabla 4:** "Accesorios de la instalación"

La pérdida de carga por fricción en accesorios viene expresada en función del diámetro de la cañería  $\varnothing$  [m]. Ver **Tabla 5** (*Pérdida de carga por fricción en accesorios*).

Accesorios	Long. equivalente [m]
"T" paso recto	20 $\varnothing$
"T" paso en derivación	60 $\varnothing$
Curva 90°	30 $\varnothing$
Curva 45°	14 $\varnothing$
Reducción	10 $\varnothing_{\text{menor}}$
Válvula macho lubricado	100 $\varnothing$
Válvula globo	333 $\varnothing$
Válvula esclusa	7 $\varnothing$

**Tabla 5:** "Pérdida de carga por fricción en accesorios"

Luego, a partir de **Tabla 4** (*Accesorios de la instalación*) y **Tabla 5** (*Pérdida de carga por fricción en accesorios*) se calculó la longitud equivalente de los accesorios en cada tramo.



Tramo	Ø Aprox. [pulg ]	Accesorio	Cantidad	Ø nominal [m ]	L. eq. por acc. [m ]	L. eq. [m ]	L. eq. total. [m ]
A - B	1 1/4"	Valvula macho lubricado	1	0,03175	3,18	3,18	6,99
		Curva 90°	4		0,95	3,81	
B - C	1"	"T" paso en derivación	2	0,0254	1,52	3,05	7,37
		Valvula macho lubricado	1		2,54	2,54	
		Reducción	1		0,25	0,25	
		Curva 90°	2		0,76	1,52	
C - D	3/4"	"T" paso recto	1	0,01905	0,381	0,38	1,14
		Reducción	1		0,1905	0,19	
		Curva 90°	1		0,5715	0,57	
B - E	1"	"T" paso recto	1	0,0254	0,508	0,51	3,30
		Reducción	1		0,254	0,25	
		Valvula macho lubricado	1		2,54	2,54	
E - F	3/4"	"T" paso recto	1	0,01905	0,381	0,38	2,86
		Reducción	1		0,1905	0,19	
		Curva 90°	4		0,5715	2,29	
E - G	3/4"	"T" paso en derivación	1	0,01905	1,143	1,14	4,57
		Valvula macho lubricado	1		1,905	1,91	
		"T" paso recto	2		0,381	0,76	
		Reducción	1		0,1905	0,19	
		Curva 90°	1		0,5715	0,57	

**Tabla 6:** "Longitud equivalente de los accesorios por tramo"

Con el caudal de gas y la nueva longitud a considerar (longitud de cálculo más la longitud equivalente) se obtuvo de **Tabla 2** (Caudales para cañerías de diferentes diámetros y longitudes) los diámetros adoptados. Ver **Tabla 7** (Diámetros adoptados).

Tramo	L. cálculo [m ]	Caudal [lts /h ]	L. eq. [m ]	L. total [m ]	Ø adoptado [pulg ]
A - B	33,15	8.032	6,99	40,14	1 1/2"
B - C	32,9	4.194	7,37	40,27	1"
C - D	32,9	2.097	1,14	34,04	1"
B - E	33,15	3.839	3,30	36,45	1 1/2"
E - F	33,15	2.097	2,86	36,01	3/4"
E - G	24,65	1.742	4,57	29,22	3/4"

**Tabla 7:** "Diámetros adoptados"



Por fines constructivos se adoptó para el tramo B - E el mismo diámetro que para el tramo A - B. De la misma manera, se adoptó para el tramo C - D el mismo diámetro que para el tramo B - C.



# **Anexo 1**

## **(Planos)**



# ***Diseño y cálculo de la instalación de aire comprimido***



## **Índice:**

<b>Memoria descriptiva</b>	<b>45</b>
<b>Memoria técnica</b>	<b>48</b>
Máquinas y herramientas	48
Canalización	48
Cañería	48
Accesorios	49
Compresor	50
Depósito de aire comprimido	50
Secador de aire	50
<b>Memoria de cálculo</b>	<b>51</b>
Determinación del caudal de aire	51
Determinación de los diám. de cañerías primaria y secundaria	52
Determinación del diámetro de las cañerías de servicio	59
Selección del compresor	60
Cálculo y selección del depósito de aire comprimido	60
Selección del secador refrigerativo para la sala de pintura	63
Cálculo de condensado	64
Verificación del espesor de las paredes de los caños	66
<b>Anexo 1 (Planos)</b>	<b>69</b>



## **Memoria descriptiva**

Esta sección del trabajo final contempló el cálculo y diseño de la red de distribución de aire comprimido del inmueble; se definió el recorrido de la cañería, se calculó sus dimensiones, se determinó los accesorios necesarios para la instalación y se seleccionó el compresor, secador de aire y tanque pulmón, como así también se definió la ubicación de estos últimos.

La instalación de aire comprimido se diseñó para abastecer al sector de taller del galpón. La cañería se distribuyó en forma aérea, facilitando así la inspección y mantenimiento, y en forma ramificada, de modo de abastecer los diferentes consumos de la forma más económica, ya que por este método los metros de cañería necesarios son menores que en el caso que se adoptase una distribución de la cañería en forma de anillo.

Los puntos de consumo abastecidos son:

- 1 balancín.
- 1 prensa.
- 4 pistolas de limpieza.
- 1 sala de pintura compuesta por 2 pistolas de pintar.
- 1 banco de trabajo compuestos por:
  - 1 amoladora.
  - 1 esmeriladora de mano.
- 1 banco de trabajo compuesto por:
  - 1 pistolas de limpieza.
  - 1 atornillador.

Además de los consumos de las máquinas y herramientas mencionadas anteriormente se previó una futura ampliación, considerando para ésta un caudal de 25 % del caudal de aire total. Para contemplar pérdidas y fugas ocasionadas en las cañerías se adicionó un 5 % más de caudal.

A fin del cálculo de las cañerías, el trazado de las mismas se dividió en tres tipos:



- Cañería principal: es aquella que sale del depósito y conduce la totalidad del caudal de aire comprimido, limitando la velocidad máxima en  $8 \frac{m}{seg}$ .
- Cañerías secundarias: son aquellas que se derivan de la principal y distribuyen por las áreas de trabajo y de las cuales se desprenden las cañerías de servicio, limitando la velocidad del aire en ellas en  $10-15 \frac{m}{seg}$ .
- Cañerías de servicio: son aquellas que se desprenden de las secundarias y son las que alimentan a los equipos neumáticos, limitando la velocidad en ellas en  $15-20 \frac{m}{seg}$ .

La instalación se proyectó de manera que la pérdida de carga admisible en las bocas de utilización no sea mayor que el 3% de la presión de servicio del compresor. Este porcentaje de caída se distribuyó bajo criterio conveniente en cada ramal, fijando un valor de caída en cada nodo y verificando los valores de velocidad admisible para cada tipo de cañería.

Tanto la cañería principal como los ramales se instalaron con una pendiente aproximada del 0,3% en el sentido del flujo del aire, y se colocó en el extremo más bajo de cada ramal de bajada una purga automática para evitar la acumulación de condensado en las cañerías.

Las tomas de aire de servicio o bajadas se hicieron desde la parte superior de las tuberías secundarias para evitar que los condensados sean recogidos por éstas y llevados a los equipos neumáticos conectados a la misma.

Se instalaron dispositivos FRL (filtro, regulador, lubricador) en cada toma conectados a las bajadas de manera de lograr un correcto acondicionamiento del aire comprimido para cada máquina neumática. Dichas tomas se conectaron lateralmente en las bajadas, colocando en su parte inferior un grifo de purga. Ver detalle en **Plano 3 (Detalle bajada de aire comprimido) - Anexo 1**.



Para el sector de pintura se seleccionó un secador de aire. El aire comprimido que utilizan los sopletes de pintura debe contener la menor cantidad de humedad posible, por eso fue necesario acondicionar el aire que llega a la sala de pintura. Para eso se empleó un secador de aire, el cual se instaló en la cañería secundaria antes de la cañería de servicio y del regulador de presión. Se seleccionó un secador frigorífico ya que éste es el método más económico y eficaz.

El sistema de aire comprimido se abasteció mediante un compresor a tornillo. El mismo se instaló junto al tanque pulmón dentro de una habitación de mampostería situada en el exterior del galpón y contiguo al mismo.

La disposición de la instalación de aire comprimido se detalla en **Plano 1** (*instalación de aire comprimido en planta*) - **Anexo 1** y **Plano 2** (*Isométrica - instalación de aire comprimido*) - **Anexo 1**.



## Memoria técnica

### Máquinas y herramientas

Las máquinas y herramientas que debieron ser alimentadas mediante la instalación de aire comprimido y sus respectivos consumos y presiones de trabajo son los que se indican a continuación.

Maquina	Cantidad	Caudal [lts/min ]	Presión [bar ] o [kg/cm2 ]
Prensa	1	1.200	7,0
Balancín	1	900	7,0
Amoladora	1	930	6,3
Esmeriladora de mano	1	550	6,0
Atornillador	1	400	7,0
Pistola de limpieza	5	600	7,0
Pistola de pintura	2	345	2,5

En **Plano 1** (*instalación de aire comprimido en planta*) - **Anexo 1** y **Plano 2** (*Isométrica - instalación de aire comprimido*) - **Anexo 1** puede verse no solo la ubicación de las máquinas y herramientas en el sector taller dentro del galpón, sino también la distribución de la cañería adoptada.

### Canalización

Tanto la cañería principal como la secundaria se distribuyeron en forma aérea, dispuesta sobre soportes vinculados en su mayoría a la pared y a los tirantes de la estructura cuando fue necesario, a 3 m sobre el nivel del suelo.

### Cañería

La cañería que se empleó es de acero al carbono según norma ASTM A53 Gr A, adoptándose un espesor de Sh 40 como estándar. Los diámetros adoptados para los distintos tramos son los que se indican a continuación.



Tramo	Øn adoptado [pulg ]
1 - 2	3/4"
2 - 4'	1/2"
4 - 7	1/2"
2 - 12	1/2"
10 - 11	1/2"

El diámetro adoptado para las bajadas de servicio es 1/2".

Las cañerías fueron unidas entre sí y con los accesorios mediante rosca.

De acuerdo a la normativa el color de la cañería de aire comprimido es azul.

### Accesorios

Los accesorios empleados en los distintos tramos de la instalación son los que se indican a continuación.

Tramo	Codos 90°	Válvulas esféricas	T de paso	T en derivación	Reducción
1 - 2	3	1	0	0	0
2 - 4'	0	2	3	1	1
4 - 7	1	1	2	2	1
2 - 12	0	2	3	1	1
10 - 11	0	1	0	2	1



## Compresor

El compresor seleccionado para alimentar la instalación es un compresor a tornillo, cuyas características se indican a continuación.

<b>Marca</b>	Kaeser
<b>Modelo</b>	SK22
<b>Tipo</b>	A tornillo
<b>Caudal nominal</b>	2 [N m <sup>3</sup> /min ]
<b>Presión de servicio</b>	7,5 bar
<b>Potencia nominal</b>	11 kW
<b>Dimensiones (Al x An x La)</b>	750 x 895 x 1260 m

## Depósito de aire comprimido

El depósito de aire comprimido seleccionado es el que se indica a continuación.

<b>Marca</b>	Kaeser
<b>Modelo</b>	
<b>Volumen</b>	500 l
<b>Sobrepresión máx. adm.</b>	11 bar
<b>Disposición</b>	Vertical
<b>Dimensiones (Al x Di)</b>	1925 x 600 mm

## Secador de aire

El secador de aire seleccionado para el acondicionamiento del aire de la sala de pintura es un secador refrigerativo, cuyas características se indican a continuación.

<b>Marca</b>	Kaeser
<b>Modelo</b>	TCH22
<b>Caudal nominal</b>	2,2 N m <sup>3</sup> /min
<b>Caída de presión</b>	0,2 bar
<b>Presión máx. de operac.</b>	16 bar
<b>Compresor refrigerante</b>	0,46 kW
<b>Voltaje</b>	230/1/50 V
<b>Dimensiones (Al x An x La)</b>	879 x 427 x 608 mm



## **Memoria de cálculo**

El dimensionamiento de la instalación de aire comprimido se llevó a cabo siguiendo los siguientes pasos:

1. Determinación del caudal de aire.
2. Determinación de los diámetros de las cañerías primaria y secundarias.
3. Determinación del diámetro de las cañerías de servicio.
4. Selección del compresor.
5. Selección del depósito de aire comprimido.
6. Selección del secador refrigerativo para la sala de pintura.
7. cálculo de condensado.
8. Verificación del espesor de las paredes de los caños.

### **1. Determinación del caudal de aire.**

Los equipos que consumen aire comprimido no se encuentran en uso continuo, sino que su empleo se realiza en forma intermitente dentro de un ciclo de trabajo. Por eso al caudal que consume cada una de las máquinas (dato provisto por el fabricante) se lo afectó por un factor de frecuencia de uso ( $C_{frec.uso}$ ), que tiene en cuenta con qué frecuencia se usa cada una de las máquinas. Dicho factor se obtuvo a partir de:

$$C_{frec.uso} = \frac{t_{usomáquina}}{t_{ciclotrabajo}} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

$C_{frec.uso}$  = factor de frecuencia de uso de la máquina.

$t_{usomáquina}$  = tiempo que se empleó la máquina en 1 ciclo de trabajo.

$t_{ciclotrabajo}$  = tiempo que dura 1 ciclo de trabajo.

De este modo quedan identificados los consumos que debe alimentar la instalación. Ver **Tabla 1** (*Descripción de los consumos*).



Maquina	Cantidad	Caudal [lts/min ]	Presión [bar ] o [kg/cm2 ]	Q. normal [Nm3/min ]	Cf [%]	Q. total [Nm3/min ]
Prensa	1	1.200	7,0	1,20	3,65	0,044
Balancín	1	900	7,0	0,90	0,5	0,005
Amoladora	1	930	6,3	0,93	27	0,251
Esmeriladora de mano	1	550	6,0	0,55	8,5	0,047
Atornillador	1	400	7,0	0,40	30	0,120
Pistola de limpieza	5	600	7,0	0,60	5	0,150
Pistola de pintura	2	345	2,5	0,35	61,35	0,423
TOTAL						1,039
Ampliacion (25%)						1,299
Adicional (5%)						1,364
Caudal TOTAL normal						1,364

**Tabla 1:** "Descripción de los consumos"

El caudal de aire requerido por la totalidad de las máquinas hidráulicas es  $1,04 \text{ N } \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$ .

Además de los consumos mencionados se previó una futura ampliación, considerando para ésta un caudal de 25 % del caudal requerido por la totalidad de las máquinas.

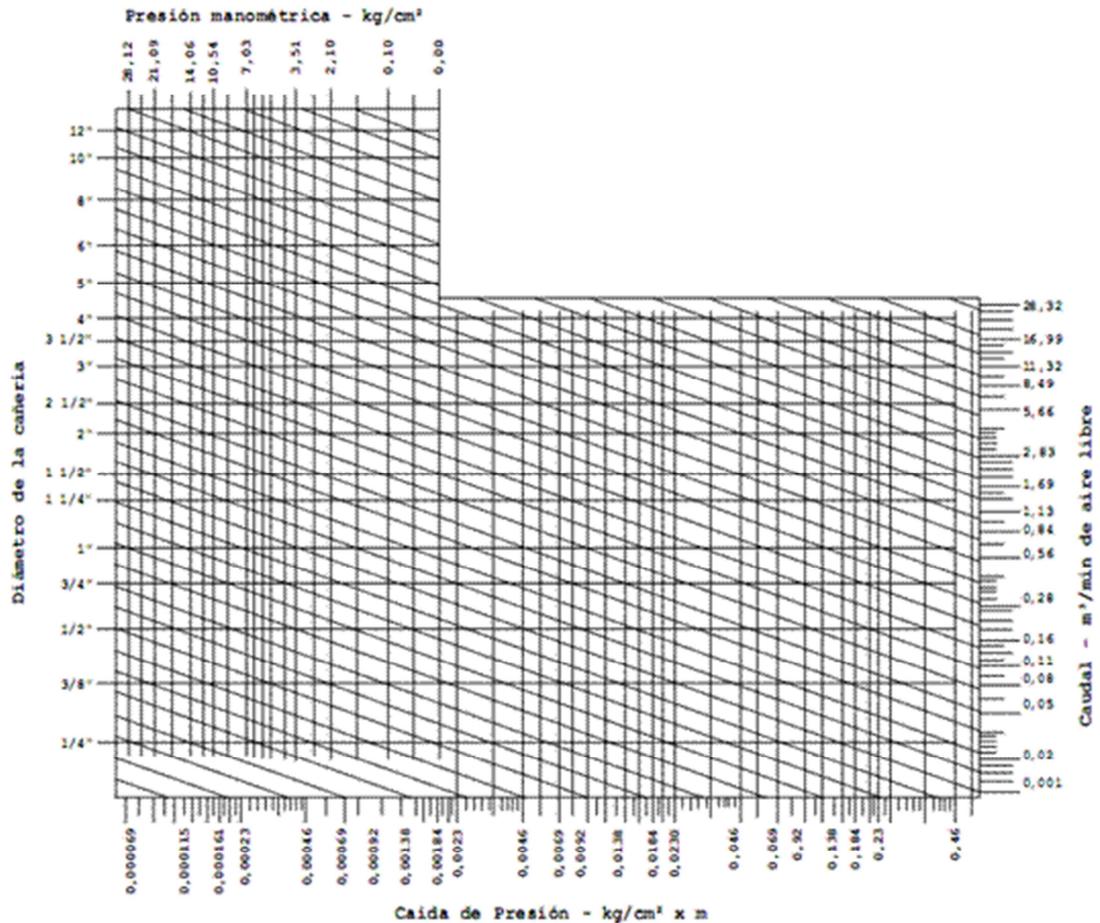
Para contemplar pérdidas y fugas ocasionadas en las cañerías se adicionó un 5 % más de caudal.

Por lo tanto el caudal total de aire que demanda la instalación es  $1,36 \text{ N } \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$ . Este

caudal es denominado caudal de fábrica.

## **2. Determinación de los diámetros de las cañerías primaria y secundarias.**

Para determinar los diámetros de las cañerías se utilizó el **Gráfico 1** (*Pérdida de carga en cañerías*), el cual contempla las pérdidas de carga ocasionadas por el rozamiento del aire contra las paredes del tubo.



**Gráfico 1:** "Pérdida de carga en cañerías"

Dicho gráfico se empleó del siguiente modo:

Se ingresó al gráfico por su parte superior con el valor de la presión deseada, se trazó una línea vertical hasta interceptarla con una línea horizontal proveniente de la escala de caudales (normales) de la derecha. Por dicho punto trazamos una paralela a las líneas oblicuas hasta interceptarla con la vertical levantada desde el valor de pérdida de carga por unidad de longitud deseada. Proyectando dicho punto hacia la escala de la izquierda obtenemos en ella el diámetro de la cañería.

El valor de presión de aire con el que operan las máquinas varía de una máquina a otra y es un dato provisto por el fabricante. Considerando el mayor de los valores, y que la pérdida de carga admisible en las bocas de utilización no debe ser mayor que el 3 %, del



catálogo Kaeser (del cual se seleccionará el compresor más adelante) obtenemos que la presión de servicio del compresor será  $7,5 \frac{kg}{cm^2}$ .

El caudal de aire normal considerado para dimensionar cada uno de los ramales es el que transporta cada uno de ellos: para la cañería principal el caudal considerado es el de fábrica, y para cañerías secundarias la suma de todos los consumos que se abastece por medio del ramal considerado.

El valor de pérdida de carga por unidad de longitud se obtuvo previamente, fijando un porcentaje de caída de presión en el tramo en cuestión (bajo criterio conveniente) y determinando la longitud de la cañería recta de acuerdo a la traza de la misma; para este cálculo se adoptaron pérdidas de carga porcentuales máximas de 0,5 % en la tubería principal, 2 % en tuberías secundarias y 0,5 % en tuberías de servicio.

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{\Delta P_{adm.}}{l_{tramo}} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde:

$$\frac{\Delta P}{L} = \text{pérdida de carga por unidad de longitud} \left[ \frac{bar}{m} \right].$$

$$\Delta P_{adm.} = \text{caída de presión en el tramo considerado (adoptada)} [bar].$$

$$l_{tramo} = \text{longitud del tramo considerado} [m].$$

Con la presión, el caudal y la pérdida de carga por unidad de longitud se obtuvo de **Gráfico 1** (*Pérdida de carga en cañerías*) la primera aproximación de los diámetros. Ver **Tabla 2** (*Diámetros aproximados*).



Tramo	Caudal N [Nm <sup>3</sup> /min ]	Caudal C [m <sup>3</sup> /min ]	L. real [m ]	ΔP [%]	ΔP [kg/cm <sup>2</sup> ]	ΔP/L [kg/cm <sup>2</sup> ]x[m ]	Øn aprox. [pulg ]
1 - 2	1,364	0,165	4	0,5	0,038	0,0094	3/4"
2 - 4'	0,562	0,068	12	1	0,075	0,0063	1/2"
4 - 7	0,502	0,061	14	1	0,075	0,0054	1/2"
2 - 12	0,790	0,096	10	1	0,075	0,0075	1/2"
10 - 11	0,150	0,018	15	1	0,075	0,0050	1/4"

**Tabla 2:** "Diámetros aproximados"

Estos diámetros son aproximados porque si bien al hallarlos mediante la gráfica antes mencionada se contempló la pérdida de carga ocasionada por el rozamiento del aire contra las paredes del tubo, en ningún momento se tuvo en cuenta la pérdida de carga ocasionada por los accesorios.

Para considerar la pérdida de carga ocasionada por los accesorios fue necesario determinar la longitud equivalente de los mismos; para eso primero se determinó los tipos de accesorios y la cantidad de ellos presente en cada tramo de la instalación. Ver **Tabla 3** (*Accesorios de la instalación*).

Tramo	Codos 90°	Válvulas esféricas	T de paso	T en derivación	Reducción
1 - 2	3	1	0	0	0
2 - 4'	0	2	3	1	1
4 - 7	1	1	2	2	1
2 - 12	0	2	3	1	1
10 - 11	0	1	0	2	1

**Tabla 3:** "Accesorios de la instalación"

La pérdida de carga por fricción en accesorios viene dada de la siguiente manera. Ver **Tabla 4** (*Pérdida de carga por fricción en accesorios*).



Accesorios	Diámetro							
	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
Válvula esclusa (apertura 100%)	0,09	0,09	0,1	0,13	0,17	0,22	0,26	0,33
"T" paso recto	0,15	0,15	0,21	0,33	0,45	0,54	0,67	0,91
"T" paso en derivación	0,76	0,76	1	1,28	1,51	2,13	2,46	3,16
Curva 90°	0,42	0,42	0,52	0,64	0,79	1,06	1,24	1,59
Curva 45°	0,15	0,15	0,23	0,29	0,37	0,48	0,57	0,73
Válvula globo (apertura 100%)	4,26	4,26	5,65	7,04	8,96	11,76	13,77	17,67
Válvula angular (apertura 100%)	2,43	2,43	2,83	3,5	4,48	5,88	6,88	8,83

**Tabla 4:** " Pérdida de carga por fricción en accesorios "

Para válvulas esféricas completamente abiertas se considera que la pérdida en metros de cañería equivale al 50% de la pérdida provocada por la válvula esclusa.

Para reducciones la pérdida en metros de cañería está determinada por:

$$l_e = 70 \cdot (d_{mayor} - d_{menor}) \quad \text{Ecuación (3)}$$

Donde:

$l_e$  = longitud equivalente [m].

$d_{mayor}$  = diámetro mayor de la cañería [m].

$d_{menor}$  = diámetro menor de la cañería [m].

Luego, a partir de **Tabla 3** (*Accesorios de la instalación*) y **Tabla 4** (*Pérdida de carga por fricción en accesorios*) se calculó la longitud equivalente de los accesorios en cada tramo.

Ahora la longitud que se consideró para hallar el diámetro que realmente corresponde a cada tramo es la longitud real del tramo considerado más la longitud equivalente de los accesorios. Por lo tanto la longitud a considerar ahora será mayor. A esta longitud se la denominó "longitud de cálculo".

Se calculó nuevamente los valores de pérdida de carga por unidad de longitud. Con la presión, el caudal y la pérdida de carga por unidad de longitud se obtuvo de **Gráfico 1**



(Pérdida de carga en cañerías) los diámetros a adoptar en cada tramo. Ver **Tabla 5** (Diámetros adoptados).

Tramo	Caudal N [Nm <sup>3</sup> /min]	L. real [m]	L. calculo [m]	L. total [m]	ΔP [kg/cm <sup>2</sup> ]	ΔP/L [kg/cm <sup>2</sup> x [m]]	Øn adoptado [pulg]
1 - 2	1,364	4	1,985	5,985	0,038	0,006	3/4"
2 - 4'	0,562	12	2,295	14,295	0,075	0,005	1/2"
4 - 7	0,502	14	2,990	16,990	0,075	0,004	1/2"
2 - 12	0,790	10	2,455	12,455	0,075	0,006	1/2"
10 - 11	0,150	15	2,323	17,323	0,075	0,004	1/2"

**Tabla 5:** "Diámetros adoptados"

Como se puede observar, al considerar la pérdida de carga producida por los accesorios, los diámetros para que se cumplan las caídas de presión máxima admisible siguen siendo los mismos excepto en el tramo 10-11, para el cual se consideró un diámetro mayor, ya que no existen caños de diámetro nominal 1/4" espesor Sh 40.

Por último se verificó que la velocidad del fluido para las dimensiones de cañería adoptadas no supere el valor máximo ( $8 \frac{m}{s}$  en cañería principal y  $10 \frac{m}{s}$  en cañerías secundarias). Ver **Tabla 6** (Velocidad del aire en cañerías). Para calcular la velocidad se empleó la siguiente expresión matemática:

$$vel. = \frac{4 \cdot Q_p}{d^2 \cdot \pi \cdot 60} \quad \text{Ecuación (4)}$$

Donde:

$$vel. = \text{velocidad del aire} \left[ \frac{m}{seg} \right].$$

$$Q_p = \text{litros de aire comprimido por minuto} \left[ \frac{l}{min} \right].$$

$$d = \text{diámetro de la tubería} [m].$$



Para pasar los caudales de aire libre a aire comprimido se empleó la siguiente expresión matemática:

$$Q = Q_p \frac{(P+1,033)}{1,033} \quad \text{Ecuación (5)}$$

Donde:

$Q$  = litros de aire libre por minuto (aire atmosférico a pres. y temp. normales)  $\left[ \frac{l}{\text{min}} \right]$ .

$Q_p$  = litros de aire comprimido por minuto  $\left[ \frac{l}{\text{min}} \right]$ .

$P$  = presión del aire comprimido  $\left[ \frac{kg}{cm^2} \right]$ .

Tramo	Caudal N [Nm3/min ]	Caudal C [m3/min ]	Øn adoptado [pulg ]	Ø interior [m ]	Area caño [m2 ]	Vel. media [m/s ]
1 - 2	1,364	0,165	3/4"	0,02096	0,00035	7,9778
2 - 4'	0,562	0,068	1/2"	0,01578	0,00020	5,7940
4 - 7	0,502	0,061	1/2"	0,01578	0,00020	5,1750
2 - 12	0,79	0,096	1/2"	0,01578	0,00020	8,1470
10 - 11	0,15	0,018	1/2"	0,01578	0,00020	1,5475

**Tabla 6:** "Velocidad del aire en cañerías"

A continuación se muestran los resultados finales en la **Tabla 7** (Resultados finales).

Tramo	Caudal C [m3/min ]	L. real [m ]	L. calculo [m ]	L. total [m ]	ΔP [kg/cm2 ]	ΔPL [kg/cm2 ]x[m ]	Øn adoptado [pulg ]	Ø interior [m ]	Area caño [m2 ]	Vel. media [m/s ]
1 - 2	0,165	4	1,985	5,985	0,038	0,006	3/4"	0,02096	0,00035	7,9700
2 - 4'	0,068	12	2,295	14,295	0,075	0,005	1/2"	0,01578	0,00020	5,7950
4 - 7	0,061	14	2,990	16,990	0,075	0,004	1/2"	0,01578	0,00020	5,1985
2 - 12	0,096	10	2,455	12,455	0,075	0,006	1/2"	0,01578	0,00020	8,1812
10 - 11	0,018	15	2,323	17,323	0,075	0,004	1/2"	0,01578	0,00020	1,5340

**Tabla 7:** "Resultados finales"



### 3. Determinación del diámetro de las cañerías de servicio.

Para calcular la cañería de servicio se procedió de forma análoga al cálculo de los tramos primario y secundarios de la instalación de aire comprimido.

Se dimensionó la cañería de servicio que opera en la situación más desfavorable, esta es la cañería de servicio que abastece a la prensa; debido a que todas las cañerías de servicio tienen prácticamente la misma longitud y la misma cantidad de accesorios se escogió aquella que lleva el mayor caudal de aire.

La presión de aire considerada es la presión de servicio del compresor ( $7,5 \frac{kg}{cm^2}$ ).

De **Tabla 1** (*Descripción de los consumos*) se tiene que el caudal de aire a considerar es  $1,2 N \frac{m^3}{min}$ .

Se calculó la pérdida de carga por unidad de longitud; para eso se fijó una caída de presión de 0,5 % ( $0,0375 \frac{kg}{cm^2}$ ) en los tramos de servicio y se consideró la longitud de

la cañería (2 m). El valor obtenido fue:  $\frac{\Delta P}{L} = 0,0188 \frac{bar}{m}$ .

Con la presión, el caudal y la pérdida de carga por unidad de longitud se obtuvo de **Gráfico 1** (*Pérdida de carga en cañerías*) la primera aproximación del diámetro: 1/2".

Se determinó la longitud equivalente de los accesorios; Para eso se determinó los accesorios presentes en el tramo de servicio: 2 "T" (paso en derivación) y 1 unidad FRL. Luego empleando **Tabla 4** (*Pérdida de carga por fricción en accesorios*) se obtiene la longitud equivalente: 2,5 m.

Por lo tanto la longitud de cálculo ahora es 4,5 m y el valor de pérdida de carga por unidad de longitud  $\frac{\Delta P}{L} = 0,0083 \frac{bar}{m}$ .

Con estos datos se ingresó nuevamente al **Gráfico 1** (*Pérdida de carga en cañerías*) y se obtuvo que el diámetro a adoptar para la cañería de servicio es 1/2".



#### **4. Selección del compresor.**

Para la selección del compresor se empleó el catálogo Kaeser. El tipo de compresor seleccionado es compresor a tornillo, debido a su elevada eficiencia.

El caudal que demanda la instalación completa es  $1,36 N \frac{m^3}{min}$  (caudal de fábrica). Este

es el caudal que debe entregar el compresor si funcionara en forma continua, pero como se consideró que el mismo va a estar solo un 80 % del tiempo de un ciclo de trabajo funcionando entonces el caudal que debe entregar el mismo es  $1,36 N \frac{m^3}{min} \cdot 1,2 = 1,632 N \frac{m^3}{min}$ .

El mayor valor de presión de aire requerido en las bocas de utilización es  $7 \frac{kg}{cm^2}$ .

Considerando que la pérdida de carga admisible en las mismas no debe ser mayor que el 3 %, tenemos que la presión de servicio del compresor deberá ser mayor a  $7,21 \frac{kg}{cm^2}$ .

Con el caudal de aire que debe entregar el compresor y la presión de servicio requerida, del catálogo antes mencionado se seleccionó un compresor cuyas características se detallan a continuación. Ver **Tabla 8** (*Características técnicas del compresor*).

<b>Marca</b>	Kaeser
<b>Modelo</b>	SK22
<b>Tipo</b>	A tornillo
<b>Caudal nominal</b>	$2 N m^3/min$
<b>Presión de servicio</b>	$7,5 bar$
<b>Potencia nominal</b>	11 kW
<b>Dimensiones (Al x An x La)</b>	$750 \times 895 \times 1260 m$

**Tabla 8:** "Características técnicas del compresor"

#### **5. Cálculo y selección del depósito de aire comprimido.**

Para la selección del tanque pulmón se empleó el catálogo Kaeser. Para eso, primero fue necesario calcular la capacidad requerida del tanque pulmón, la que viene dada por la siguiente expresión matemática:



$$vol_{\text{depósito}} = \frac{t'_0}{t_0} \cdot Q_c \quad \text{Ecuación (6)}$$

Donde:

$vol_{\text{depósito}}$  : volumen del depósito [ $m^3$ ].

$t_0$  : tiempo de operación establecido [ $min$ ].

$t'_0$  : tiempo de operación requerido [ $min$ ].

$Q_C$  : caudal del compresor  $\left[ N \frac{m^3}{min} \right]$ .

El tiempo de operación del compresor está dado por:

$$t_0 = t_p + t_m \quad \text{Ecuación (7)}$$

Donde:

$t_0$  = tiempo total de operación.

$t_p$  = tiempo de parada.

$t_m$  = tiempo de marcha.

Para que el compresor no esté en marcha permanentemente se estableció que va a estar un 80 % del tiempo funcionando y el 20 % restante parado, por lo tanto el coeficiente de consumo es  $C = 80 \%$ . Con este valor de  $C$  se ingresó al **Gráfico 2** (*Tiempo de operación*) y se obtuvo el valor del tiempo total de operación  $t_0 = 6,25 \text{ min}$ .

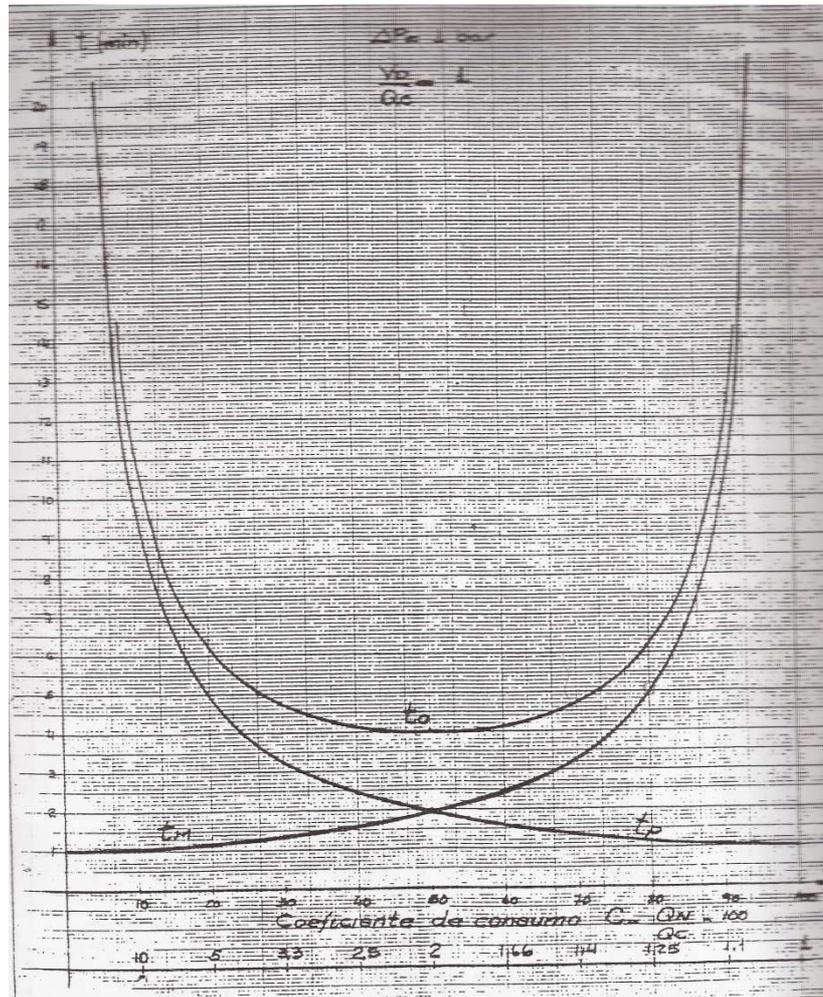


Gráfico 2: "Tiempo de operación"

Una vez obtenido el tiempo de operación ( $t_0$ ) se calculó el número de maniobras del compresor a través de la siguiente expresión matemática:

$$Z = \frac{60 \text{ min}}{t_0} \quad \text{Ecuación (8)}$$

Donde:

$Z$  = cantidad de maniobras por hora.

$t_0$  = tiempo total de operación [min].

Entonces  $Z = 9,6$ . Se recomienda para compresores de tornillo elevar el número de maniobras horarias hasta 40 para optimizar el funcionamiento del mismo. Para obtener



$Z = 40$ , de la ecuación antes mencionada se tiene que el tiempo de operación debe ser  $t_0' = 1,5 \text{ min}$ .

Por último, con el caudal del compresor ( $Q_c$ ), el tiempo de operación establecido ( $t_0$ ) y el requerido ( $t_0'$ ), empleando **Ecuación (6)** se obtuvo el volumen del depósito.

$$vol_{\text{depósito}} = \frac{1,5 \text{ min}}{6,25 \text{ min}} \cdot 2 N \frac{m^3}{\text{min}} = 0,48 m^3$$

Con el volumen del depósito de aire ( $vol_{\text{depósito}}$ ) y la presión de servicio ( $7,5 \frac{kg}{cm^2}$ ), del catálogo antes mencionado se seleccionó un compresor cuyas características se detallan a continuación. Ver **Tabla 9** (*Características técnicas del depósito de aire*).

<b>Marca</b>	Kaeser
<b>Modelo</b>	
<b>Volumen</b>	500 l
<b>Sobrepresión máx. adm.</b>	11 bar
<b>Disposición</b>	Vertical
<b>Dimensiones (Al x Di)</b>	1925 x 600 mm

**Tabla 9:** "Características técnicas del depósito de aire"

## **6. Selección del secador refrigerativo para la sala de pintura.**

Para la selección del secador de aire se empleó el catálogo Kaeser. El tipo de secador seleccionado es secador refrigerativo, por tratarse de un método económico y eficaz.

Con el caudal de la sala de pintura ( $0,423 N \frac{m^3}{\text{min}}$ ) y la presión de servicio ( $7,5 \frac{kg}{cm^2}$ ), del catálogo antes mencionado se seleccionó un secador refrigerativo cuyas características se detallan a continuación. Ver **Tabla 10** (*Características técnicas del secador refrigerativo*).



<b>Marca</b>	Kaeser
<b>Modelo</b>	TCH22
<b>Caudal nominal</b>	2,2 N m <sup>3</sup> /min
<b>Caída de presión</b>	0,2 bar
<b>Presión máx. de operac.</b>	16 bar
<b>Compresor refrigerante</b>	0,46 kW
<b>Voltaje</b>	230/1/50 V
<b>Dimensiones (Al x An x La)</b>	879 x 427 x 608 mm

**Tabla 10:** "Características técnicas del secador refrigerativo"

### 7. Cálculo de condensado.

La cantidad de condensado se calculó mediante la siguiente expresión matemática:

$$C = 7,2 \times 10^{-4} \cdot G \cdot \varphi \cdot (x_{si} - x_{sf}) \quad \text{Ecuación (9)}$$

Donde:

$$C = \text{condensado} \left[ \frac{l}{h} \right].$$

$$G = \text{caudal nominal aspirado por el compresor} \left[ N \frac{m^3}{\text{min}} \right].$$

$\varphi$  = tiempo de servicio en carga del compresor [%].

$$x_{si} = \text{humedad absoluta del aire aspirado} \left[ \frac{gr_{\text{agua}}}{kg_{\text{aire seco}}} \right].$$

$$x_{sf} = \text{humedad absoluta del aire comprimido} \left[ \frac{gr_{\text{agua}}}{kg_{\text{aire seco}}} \right].$$

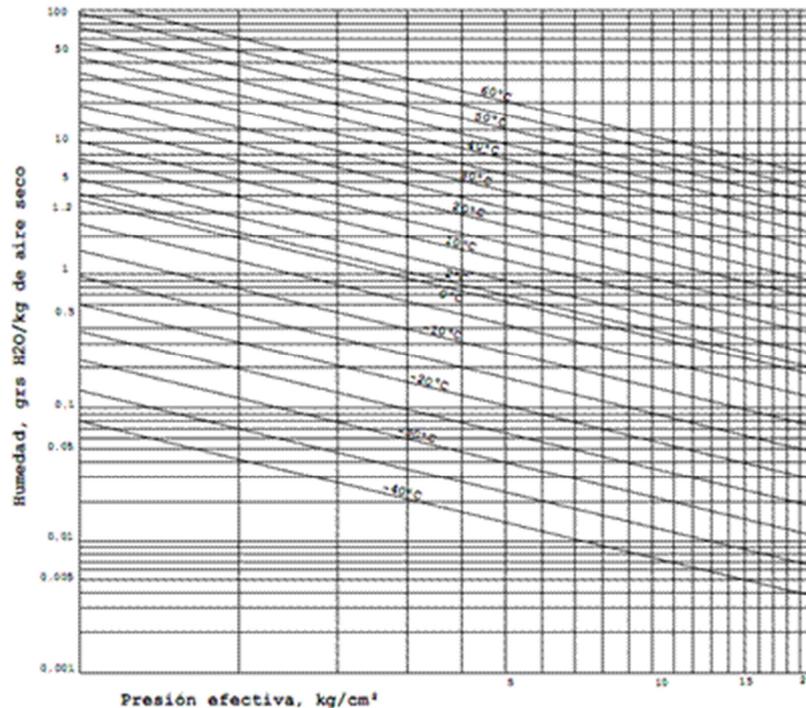
De las especificaciones técnicas del compresor seleccionado se tiene que el caudal nominal aspirado por el mismo es  $G = 2 \frac{m^3}{\text{min}}$ .

Se estableció que el compresor funciona con un porcentaje de servicio de carga de  $\varphi = 80 \%$ .

La humedad absoluta del aire aspirado ( $x_{si}$ ) y la del aire comprimido ( $x_{sf}$ ) se determinó



mediante el **Gráfico 3** (*Humedad relativa del aire*).



**Gráfico 3:** "Humedad relativa del aire"

Dicho gráfico se empleó del siguiente modo:

Se ingresó al gráfico por su parte inferior con el valor de la presión del aire, se trazó una línea vertical hasta interceptarla con una línea oblicua proveniente de la escala de temperatura. Proyectando dicho punto hacia la escala de la izquierda obtenemos en ella la cantidad de condensado.

Para una temperatura ambiente de 20 °C y una presión atmosférica de 1 *bar*, del gráfico antes mencionado se obtiene que la humedad absoluta del aire aspirado es

$$x_{si} = 16 \frac{gr_{agua}}{kg_{aireseco}} .$$

Supondremos que después de comprimido, el aire en el depósito y cañerías adquiere nuevamente la temperatura ambiente. Por lo tanto, para una temperatura del aire de 20



°C y una presión de servicio de  $7,5 \frac{kg}{cm^2}$ , del gráfico antes mencionado se obtiene que la

humedad absoluta del aire comprimido es  $x_{sf} = 1,15 \frac{gr_{agua}}{kg_{aireseco}}$ .

Con el caudal nominal aspirado por el compresor ( $G$ ), el tiempo de servicio en carga del mismo ( $\varphi$ ), la humedad absoluta del aire aspirado ( $x_{si}$ ) y la humedad absoluta del aire comprimido ( $x_{sf}$ ), de **Ecuación (9)** se obtuvo la cantidad de condensado ( $C$ ).

$$C = 7,2 \times 10^{-4} \cdot 2 N \frac{m^3}{min} \cdot 80 \cdot (16 - 1,15) \frac{gr_{agua}}{kg_{aireseco}} = 1,71 \frac{l}{h}$$

Si se considera una jornada laboral de 1 turno, se tiene un total de 8 horas diarias de funcionamiento, con lo cual se generaría un condensado diario de 13,68 l. Esta cantidad de condensado es la que se obtendría si consideramos un alto valor de humedad y se mantiene constante a lo largo del día, situación que en la realidad no es totalmente cierta.

### **8. Verificación del espesor de las paredes de los caños.**

En primera instancia se aproximó el espesor de los caños mediante Schedule, cuya expresión matemática viene dada por:

$$Sh = 1000 \cdot \frac{p}{\sigma_{adm.}} \quad \text{Ecuación (10)}$$

Donde:

$Sh$  = Schedule, número adimensional que nos representa el espesor del caño en forma aproximada.

$$p = \text{presión de servicio} \left[ \frac{kg}{cm^2} \right].$$

$$\sigma_{adm.} = \text{tensión admisible del material a temperatura de trabajo} \left[ \frac{kg}{cm^2} \right].$$



Para una presión de servicio de  $7,5 \frac{kg}{cm^2}$  y una tensión admisible del material (acero al carbono ASTM A. 53 Gr A) a temperatura de trabajo (20 °C) de  $860 \frac{kg}{cm^2}$ , de la ecuación antes mencionada se obtuvo el espesor de los caños: se adoptó Sh 40.

Luego se verificó con código ASME la presión, la cual no debe ser menor a la presión de servicio del caño. Para eso se empleó la siguiente expresión matemática.

$$p = \frac{2 \cdot \sigma_{adm.} \cdot E \cdot (t - c)}{d_e - 2 \cdot y \cdot (t - c)} \quad \text{Ecuación (11)}$$

Donde:

$$p = \text{presión del aire dentro de la cañería} \left[ \frac{kg}{cm^2} \right].$$

$$\sigma_{adm.} = \text{tensión admisible del material a la temperatura de servicio} \left[ \frac{kg}{cm^2} \right].$$

E = eficiencia de la soldadura. Coeficiente de seguridad que tiene en cuenta si el caño fue radiografiado o no (0,7 - 1).

t = espesor mínimo del caño [mm].

c = coeficiente por corrosión [mm].

$d_e$  = diámetro exterior [mm].

y = constante debido a la temperatura, función de material y temperatura.

Para un caño no radiografiado (E = 0,7), de diámetro nominal 1/2", una constante y = 0,4 y una temperatura de trabajo máxima de 340 °C, se obtiene:

$$p = \frac{2 \cdot 860 \frac{kg}{cm^2} \cdot 0,7 \cdot (2,76 \text{ mm} - 1,65 \text{ mm})}{21,3 \text{ mm} - 2 \cdot 0,4 \cdot (2,76 \text{ mm} - 1,65 \text{ mm})} = 65,5 \frac{kg}{cm^2} \geq 7,5 \frac{kg}{cm^2} \quad \text{VERIFICA}$$

Para un caño no radiografiado (E = 0,7), de diámetro nominal de 3/4", una constante y = 0,4 y una temperatura de trabajo máxima de 340 °C, se obtiene:



$$p = \frac{2 \cdot 860 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot 0,7 \cdot (2,87 \text{ mm} - 1,65 \text{ mm})}{26,7 \text{ mm} - 2 \cdot 0,4 \cdot (2,87 \text{ mm} - 1,65 \text{ mm})} = 57,1 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \geq 7,5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Por lo tanto se seleccionó acero ASTM A53 Gr A Sh 40 pintado color azul.



# **Anexo 1**

## **(Planos)**



# *Acondicionamiento de aire en verano*



## **Índice:**

<b>Memoria descriptiva</b>	<b>72</b>
<b>Memoria técnica</b>	<b>73</b>
<b>Memoria de cálculo</b>	<b>76</b>
Cargas externas	76
Cargas internas	90
Caudal de aire de circulación en el sistema de aire acondicionado	94
Ganancia de calor del equipo por el aire exterior	95
Ganancia total de calor del sistema de acondicionamiento	99
Selección del equipo	100
Cálculo de conductos de aire acond. y difusores de impulsión	101
Cálculo de las rejillas de retorno	105
Verificación con el ábaco psicométrico	107
<b>Anexo 1 (Planos)</b>	<b>111</b>



## Memoria Descriptiva

En el siguiente proyecto se determinó, para la sala de oficinas, cargas exteriores, cargas interiores, caudal de aire a impulsar, cargas del aire exterior, ganancia total del sistema de acondicionamiento, se seleccionó el equipo de refrigeración y luego se verificó por ábaco psicométrico.

Dicha sala está ocupada en forma permanente por 1 persona, que realiza tareas administrativas; y en determinados horarios por 4 personas más, que son quienes llevan a cabo las tareas en el galpón. Por lo tanto, para el cálculo térmico se consideró apropiado considerar la presencia de 5 personas.

Los aparatos que disipan calor en la sala son: 2 computadoras (1 computadora de escritorio y 1 portátil), 1 impresora, 1 heladera, 1 micro ondas, 1 cocina anafe y aquellos destinados a iluminación general. Si bien los aparatos que se deberían tener en cuenta son aquellos que se estima que funcionarán a la hora del cálculo térmico que se está realizando, siempre hay que considerar alguna eventualidad, por lo que se creyó conveniente incluir todos los factores que intervienen.

Las dimensiones de la sala son: 10 m de largo, 4 m de ancho y 2,5 m de alto desde el piso hasta el cielorraso. Su interior está dividido en 4 ambientes. Ver **Plano 1** (*Medidas del sector de oficinas*) - **Anexo 1**. El equipo de refrigeración seleccionado está compuesto por 2 unidades, una de ellas instalada en el exterior de la sala de oficinas pero interior del galpón y la otra en el exterior del galpón, ambas unidades amuradas a la pared; el aire acondicionado se llevó a los ambientes mediante una red de conductos cuya distribución adoptada se muestra en **Plano 2** (*Equipo y conductos de acondicionamiento de aire*) - **Anexo 1**.



## Memoria Técnica

Los detalles constructivos que se tuvieron en cuenta para el cálculo de ganancia de calor son:

Las paredes perimetrales que dan hacia el exterior (paredes NO y SO) y la pared perimetral SE que da hacia el interior del galpón (ambiente no acondicionado) están constituidas de placas de hormigón armado de 40 mm de espesor del lado exterior y placas de yeso-cartón de 10 mm de espesor del lado interior de la sala, separadas 20 mm por lana mineral tipo II. La pared NE que da hacia el interior del galpón y las paredes en el interior de la sala son de doble placa de yeso-cartón de 10 mm de espesor, separadas una distancia de 60 mm por lana mineral tipo II. El cielorraso es de placas de yeso-cartón de 10 mm de espesor, seguido de una cámara de aire de 2,1 m promedio hasta el techo a dos aguas del galpón de chapa de hierro galvanizado de 2 mm de espesor.

El piso está compuesto por 100 mm de contrapiso cubierto por mosaicos graníticos de 10 mm de espesor.

Las aberturas en el contorno de la sala son: en la pared NO 1 ventana de dimensiones 2 x 0,4 m; en la pared SO 2 ventanas de dimensiones 2 x 0,8 m y 2 x 0,4 m y una puerta de aluminio doble hoja vidriada por la mitad de dimensiones 2 x 2,1 m; en la pared SE una ventana de dimensiones 1,5 x 0,6 m; En la pared NE una puerta simple hoja de madera contrachapada de 30 mm de espesor de dimensiones 0,8 x 2 m. Los vidriados, tanto de ventanas como de puertas son planos y simples, con cortinas interiores claras.

Los aparatos que se encuentran en el interior de la sala y que disipan calor son: 2 computadoras, 1 impresora, 1 heladera, 1 microondas, 1 cocina anafe y 1 radio.

El equipo de refrigeración seleccionado para acondicionar la sala de oficinas es un *Split de baja silueta*:

Equipo seleccionado						
Marca	Modelo	Capacidad [tn]	Caudal [ $m^3/min$ ]	Tensión [V]	Corriente [A]	Potencia [kW]
SURREY	640HZ036DC2	3	30	380	7,38	4,85

Dicho equipo está compuesto por 2 unidades, la unidad interior encargada de impulsar el aire hacia los conductos y la unidad exterior encargada de la refrigeración del aire. La



primera de ellas se instaló dentro del galpón, amurada a la pared SE de la sala de oficinas a una altura por encima del cielorraso; mientras que la unidad exterior se instaló amurado a la pared SO del galpón. Ver **Plano 2** (*Equipo y conductos de acondicionamiento de aire*) - **Anexo 1**.

<b>Equipo seleccionado</b>		
	<b>Peso</b> [kg]	<b>Dimensiones alto x ancho x prof.</b> [mm x mm x mm]
Unidad interior	28	2,73 x 1,246 x 424
Unidad exterior	57	6,40 x 880 x 360

La distribución del aire acondicionado en el sector de oficinas se realizó mediante una canalización aérea por encima del cielorraso, quedando visible solamente los difusores y rejillas de retorno.

En **Plano 2** (*Equipo y conductos de acondicionamiento de aire*) - **Anexo 1** se ve la distribución adoptada para la instalación de aire. Las dimensiones adoptadas para los conductos son las siguientes:

<b>Conductos de aire</b>			<b>Ábaco</b>	<b>Ábaco de conv.</b>	<b>Adoptado</b>
<b>Tramo</b>	<b>Lungitud</b> [m]	<b>Caudal</b> [m <sup>3</sup> /min]	<b>Diámetro</b> [cm]	<b>Sección rect. Eq.</b> [cm x cm]	<b>Sección rect. Eq.</b> [cm x cm]
A - B	3,00	25,57	35	32 x 32	32 x 32
B - C	3,00	15,34	30	28 x 28	28 x 28
C - D	2,50	10,23	25	24 x 24	24 x 24
D - E	2,00	5,11	20	18 x 18	24 x 24
Flexible	2,50	5,11	20	[-----]	Diámetro 24

Las características del difusor seleccionado son las siguientes:

<b>Difusor</b>	
Caudal	5,08 m <sup>3</sup> /min
Alcance	1,5 m
Diámetro	300 cm
Velocidad	30 m/min
Caída de presión	1,6 mm c.a.



Las características de la reja de retorno seleccionada son las siguientes:

<b>Rejas de retorno</b>				
<b>Caudal</b> [m <sup>3</sup> /min ]	<b>Velocidad pasaje</b> [m/min]	<b>Area</b> [m <sup>2</sup> ]	<b>Diámetro</b> [mm]	<b>Diámetro adop.</b> [mm]
5,11	115	0,044	237,97	240,00



## **Memoria de Cálculo**

El dimensionamiento de la instalación de aire acondicionado se llevó a cabo siguiendo los siguientes pasos:

1. Cargas externas.
2. Cargas internas.
3. Caudal de aire de circulación en el sistema de aire acondicionado.
4. Ganancia de calor del equipo por el aire exterior.
5. Ganancia total de calor del sistema de acondicionamiento.
6. Selección del equipo.
7. Cálculo de conductos de aire acondicionado y difusores de impulsión.
8. Cálculo de las rejillas de retorno.
9. Verificación con el ábaco psicrométrico.

### **1. Cargas externas**

En verano la ganancia de calor de un local viene determinada no solo por la cantidad de calor que atraviesa los distintos elementos del contorno del local (transmisión), sino que también hay que tener en cuenta la cantidad de calor debido a la radiación solar.

$$Q_T = Q_{trans.} + Q_{radiac.solar} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

$$Q_T = \text{cantidad total de calor ganado} \left[ \frac{kcal}{h} \right].$$

$$Q_{trans.} = \text{cantidad de calor ganado por transmisión} \left[ \frac{kcal}{h} \right].$$

$$Q_{radiac.solar} = \text{cantidad de calor ganado por radiación} \left[ \frac{kcal}{h} \right].$$

La cantidad de calor que se transfiere por transmisión viene determinado por la siguiente expresión matemática:

$$Q_{trans.} = K \cdot A \cdot (t_e - t_i) \quad \text{Ecuación (2)}$$



Donde:

$Q_{trans.}$  = cantidad de calor que gana por transmisión el elemento considerado  $\left[ \frac{kcal}{h} \right]$ .

$K$  = coeficiente de trasmisión de calor  $\left[ \frac{kcal}{h \cdot m^2 \cdot ^\circ C} \right]$ .

$A$  = área transversal del elemento  $[m^2]$ .

$t_e$  = temperatura del aire exterior  $[^\circ C]$ .

$t_i$  = temperatura del aire interior  $[^\circ C]$ .

Cuando se calcula el calor transmitido a través de un elemento que separa 2 ambientes donde uno de ellos es el ambiente exterior interviene una gran cantidad de factores que hacen al cálculo más complejo. En esos casos, para simplificar el cálculo se emplea la siguiente expresión matemática:

$$Q_{trans.} = K \cdot A \cdot \Delta t \quad \text{Ecuación (3)}$$

Donde:

$\Delta t$  = diferencia de temperatura equivalente.

La cantidad de calor que se transfiere por radiación solar viene determinado por la siguiente expresión matemática:

$$Q_{radiac.solar} = A \cdot I \cdot c \quad \text{Ecuación (4)}$$

Donde:

$Q_{radiac.solar}$  = cantidad de calor que gana por radiación el elemento considerado  $\left[ \frac{kcal}{h} \right]$ .

$A$  = área expuesta al sol  $[m^2]$ .

$I$  = intensidad de radiación solar  $\left[ \frac{kcal}{h \cdot m^2} \right]$ .

$c$  = coeficiente de corrección, teniendo en cuenta la protección solar del elemento.



Coeficiente de transmisión de calor (K):

Para construcciones comunes, como muros de mampostería de ladrillos, vidrios, etc. la norma IRAM 11.601 fija los valores de los coeficientes de transmisión de calor (K). Ver **Tabla 1** (Coef. de transmisión de calor de cerramientos verticales), **Tabla 2** (Coef. de transmisión de calor de cerramientos horizontales) y **Tabla 3** (Coef. de transmisión de calor de diversos tipos de mampostería).

1) Mampostería de ladrillos 30 cm de espesor		1,62
2) Mampostería de ladrillos 15 cm de espesor		2,30
3) Pared de 30 cm con 3 cm de cámara de aire		1,31
4) Pared de ladrillos huecos	2 agujeros	2,40
	11 cm	2,20
	13 cm	1,95
	15 cm	1,70
	18 cm	1,64
	21 cm	1,58
	23 cm	1,50
	24 cm	1,45
	28 cm	1,30
5) Bloques de hormigón 20x40 cm-2.000 kg/m <sup>3</sup>	8 cm	3,20
	11 cm	2,95
	13 cm	2,70
	16 cm	2,50
	20 cm	2,35
	24 cm	1,85
	1.300/1.500 kg/m <sup>3</sup>	1,95
	14 cm	1,40
	20 cm	1,40
6) Paneles de hormigón de 1.000 kg/m <sup>3</sup>	10 cm	1,75
7) Paneles de yeso	7,5 cm	2,10
8) Paneles de viruta de madera aglomerada	5,5 cm	1,75
9) Ventanas con vidrio común		5,00
10) Ventanas con vidrios dobles		2,80

**Tabla 1:** "Coef. de transmisión de calor de cerramientos verticales"

Losas de bloques cerámicos		Calor de abajo	Calor de arriba
Cámara simple	Espesor	12 cm- 3,0	2,4
		16 cm- 2,7	2,2
		20 cm- 2,6	2,1
		25 cm- 2,5	2,0
Cámara doble	Espesor	20 cm- 2,2	1,8
		25 cm- 2,1	1,7

**Tabla 2:** " Coef. de transmisión de calor de cerramientos horizontales"



Ladrillo macizo e = 0,15 m P = 192 kg/m <sup>2</sup> K = 2,30	Bloque multicelular de hormigón e = 0,23 m P = 310 kg/m <sup>2</sup> K = 1,64
Bloque de hormigón e = 0,23 m P = 225 kg/m <sup>2</sup> K = 2,20	Ladrillo macizo e = 0,30 m P = 432 kg/m <sup>2</sup> K = 1,62
Ladrillo cerámico hueco e = 0,15 m P = 150 kg/m <sup>2</sup> K = 1,70	Bloque cerámico portante e = 0,15 m P = 160 kg/m <sup>2</sup> K = 1,60
Hormigón de granulado volcánico e = 0,18 m P = 250 kg/m <sup>2</sup> K = 1,65	Ladrillo cerámico hueco e = 0,21 m P = 200 kg/m <sup>2</sup> K = 1,58

**Tabla 3:** "Coef. de transmisión de calor de diversos tipos de mampostería"

Para construcciones especiales, como muros constituidos por varias capas, el valor del coeficiente de transmisión de calor (K) viene determinado por la siguiente expresión matemática:

$$K = \frac{1}{R_{si} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + \dots + R_{se}} \quad \text{Ecuación (5)}$$

Donde:

$$R_{si} = \text{resistencia térmica superficial interior} \left[ \frac{h \cdot m^2 \cdot ^\circ C}{kcal} \right].$$

$e_1, e_2, e_3$  = espesores de las capas del muro [m].

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 = \text{coeficientes de conductibilidad térmica de las capas del muro} \left[ \frac{kcal}{h \cdot m \cdot ^\circ C} \right].$$

$$R_{se} = \text{resistencia térmica superficial exterior} \left[ \frac{h \cdot m^2 \cdot ^\circ C}{kcal} \right].$$

Los valores de resistencia térmica superficial interior ( $R_{si}$ ) y exterior ( $R_{se}$ ) se obtuvieron de **Tabla 4** (*Resistencia térmica superficial de muros y techos*), **Tabla 5** (*Resistencia térmica de cámara de aire*) y **Tabla 6** (*Resistencia térmica de espacios de aire en edificio*). Los valores del coeficiente de conductibilidad térmica ( $\lambda$ ) se



obtuvieron de **Tabla 7** (*Coef. de conductibilidad térmica de materiales de construcción*).

Muros		Techos	
Interior Rsi (1/αi)	Exterior Rse (1/αe)	Calor de abajo	Calor de arriba
0,14	0,05	0,12	0,19

**Tabla 4:** "Resistencia térmica superficial de muros y techos"

Espesor en cm	Cámara vertical	Cámara horizontal	
		Calor de abajo	Calor de arriba
1	0,16	0,15	0,16
2	0,18	0,17	0,23

**Tabla 5:** "Resistencia térmica de cámara de aire"

Denominación	Calor de abajo	Calor de arriba
1 Espacio entre chapas de fibrocemento y cieloraso	0,17	0,23
2 Espacio entre chapas de aluminio o hierro galvanizado y cieloraso	0,26	0,40
3 Espacio entre tejas sobre entablonado y cieloraso	0,20	0,27

**Tabla 6:** "Resistencia térmica de espacios de aire en edificio"



Peso específico (kg/m <sup>3</sup> )			Coeficiente λ (kcal/hm°C)		
<b>Materiales aislantes</b>					
<b>Corcho</b>	kg/m <sup>3</sup>	λ	<b>Amianto</b>	kg/m <sup>3</sup>	λ
<b>granulado</b>			<b>lana de amianto</b>		
	50	0,030		100	0,063
	100	0,034		200	0,085
	150	0,039		400	0,105
	200	0,044		600	0,18
				800	0,23
<b>planchas</b>					
	100	0,033			
	200	0,041			
	300	0,050			
	400	0,059			
	500	0,067			
	600	0,076			
<b>Amianto</b>			<b>Vermiculita</b>		
<b>planchas</b>			<b>planchas</b>		
	75	0,040		250	0,068
	100	0,042		320	0,081
	200	0,048		400	0,10
	300	0,066		670	0,18
	400	0,087			
	500	0,072			
<b>sopleteado</b>			<b>suelta</b>		
	80	0,036		80 a	
	100	0,040		130	0,060
	150	0,049			
	200	0,057			
	250	0,066			
			<b>con cemento</b>		
				400	0,095
				500	0,115
				600	0,145
				700	0,175
				800	0,21
<b>Partículas aglomeradas en general</b>	kg/m <sup>3</sup>	λ	<b>Partículas aglomeradas en general</b>	kg/m <sup>3</sup>	λ
<b>Tableros de partículas aglomeradas en general</b>				800	0,115
	200	0,052		900	0,130
	300	0,059		1.000	0,150
	400	0,067			
	500	0,075	<b>Tablero de fibra de madera aglomerada</b>		
	600	0,085		300	0,047
	700	0,098			
<b>Materiales en general</b>					
<b>Madera en general</b>			<b>Hormigones celulares</b>		
(en el sentido perpendicular a las fibras)				300	0,115
	200	0,055		400	0,14
	300	0,072		500	0,17
	400	0,090		600	0,20
	500	0,107		700	0,23
	600	0,125		800	0,265
	700	0,145		900	0,30
	800	0,163		1.100	0,39
	900	0,180		1.300	0,50
<b>Metales</b>			<b>Mortero y/u hormigones con agregados livianos</b>		
Aluminio	2.700	175			
Cobre	8.900	330			
Zinc	7.100	95			
Hierro	7.200	40			
Acero	7.800	50			
<b>Vidrio</b>			(arcilla expandida, vermiculita, perlita, granulado volcánico, etc.)		
	2.700	0,70		300	0,10
				400	0,12
				500	0,15
				600	0,17
				700	0,19
				800	0,21
				900	0,25
				1.000	0,31
				1.100	0,35
				1.200	0,40
				1.300	0,45
				1.400	0,50
				1.500	0,61
				1.600	0,67
<b>Cerámica</b>			<b>Mortero de revoques y juntas</b>		
<b>baldosas y tejas</b>				1.800	0,75
	1.600	0,60		2.000	1
<b>Hormigones</b>			<b>Mortero de cemento</b>		
(con agregados pétreos de más de 1.500 kg/m <sup>3</sup> )				2.100	1,20
	1.500	0,61			
	1.600	0,67			
	1.700	0,80			
	1.800	1,05			
	1.900	1,10			
	2.000	1,30			
	2.200	1,50			



<i>Vermiculita</i>	<i>kg/m<sup>3</sup></i>	<i>λ</i>	<i>Perlita</i>	<i>kg/m<sup>3</sup></i>	<i>λ</i>
<b>con yeso (placas o revoques)</b>			<b>con cemento</b>		
	200	0,09		400	0,08
	400	0,11		600	0,12
	500	0,13			
	600	0,16			
	700	0,19			
	800	0,22			
	900	0,25	<b>Fibras de vidrio</b>		
	1.000	0,29	<b>planchas</b>		
<b>Lana mineral</b>				25	0,036
	50	0,036		50	0,031
	100	0,035		80	0,030
	150	0,035		100	0,032
	200	0,040		150	0,035
				200	0,038
				300	0,043
				400	0,050
				500	0,059
<b>Poliuretano</b>					
<b>planchas</b>			<b>aglomerados con resina en paneles y fieltros</b>		
	15	0,035		14	0,032
	20	0,030		20	0,029
	25	0,027			
	30	0,026	<b>amasada con cemento</b>		
<b>en copos a granel</b>		0,043		400	0,072
				500	0,082
				600	0,094
				700	0,105
				800	0,115
<b>Poliuretano</b>			<b>Arcilla expandida</b>		
<b>poros abiertos</b>			<b>a granel</b>		0,125
	40	0,033			
	80	0,036	<b>Tableros de partículas aglomeradas de lino</b>		
<b>poros cerrados</b>				300	0,063
	35	0,028		400	0,07
				500	0,09
<b>Perlita</b>				600	0,11
<b>suelta (granulado volcánico expandido)</b>				700	0,12
	30 a	0,046			
	130		<b>Bitumen asfáltico</b>	1.050	0,15
<b>con yeso (revoques)</b>					
	400	0,09	<b>Mampostería</b>		
	500	0,10	<b>ladrillos macizos</b>		
	600	0,12		1.600	0,70
	700	0,15		1.800	0,78
				2.000	0,90
<b>Yeso</b>	<b>kg/</b>	<b>λ</b>			
<b>enduido</b>			<b>Mampostería</b>		
	800	0,34	<b>ladrillos huecos</b>		
	1.000	0,42		800	0,29
	1.200	0,55		1.000	0,35
<b>planchas</b>				1.100	0,38
	600	0,27		1.200	0,42
	800	0,32		1.300	0,47
	1.000	0,38		1.400	0,52
	1.200	0,44	<b>bloques de hormigón</b>		
<b>materiales granulares (tipo granulado volcánico, etc.)</b>				800	0,26
	300	0,09		1.000	0,33
	400	0,10		1.200	0,43
	500	0,12		1.400	0,55
	600	0,14		1.600	0,68
	700	0,16			
	800	0,18			
<b>materiales en polvo</b>					
	900	0,21			
	1.000	0,34			

Tabla 7: " Coef. de conductibilidad térmica de materiales de construcción"



Condiciones externas e internas consideradas para el cálculo:

De **Tabla 8** (*Condiciones de diseño exterior en invierno y verano*) se tomaron los valores de temperatura y humedad relativa en el exterior en verano; los valores adoptados son los correspondientes a la ciudad de Santa Rosa, por tratarse de la ciudad más cercana a nuestro lugar de estudio.

Localidad	Verano		Invierno	
	Temperatura (°C)	HR (%)	Temperatura (°C)	HR (%)
Buenos Aires	35	40	0	80
Mar del Plata	32	45	-1,4	85
Carmen de Patagones	34	40	-2	70
Catamarca	37	35	0,9	65
Córdoba	36	40	-0,4	75
Corrientes	38	45	4	75
Goya	38	45	3	75
Resistencia	38	45	3	70
Pres. Roque Sáenz Peña	37	45	2	70
Comodoro Rivadavia	31	40	-4,4	55
Esquel	30	35	-7,6	70
Trelew	30	35	-3	60
Paraná	36	45	2,4	75
Formosa	38	45	5	75
San Salvador de Jujuy	32	40	-1,1	75
Santa Rosa	36	40	-2,8	65
La Rioja	40	35	-1,5	60
Mendoza	35	40	-1,1	60
Posadas	38	45	4	75
Bariloche	32	40	-5,6	65
Tucumán	37	45	1,1	70
Río Gallegos			-7,2	70
Puerto Deseado			-5	70
Puerto San Julián			-7	65
Puerto Santa Cruz			-6,3	70
Ushuaia			-12	70
Río Grande			-11	75

**Tabla 8:** "Condiciones de diseño exterior en invierno y verano"

En invierno puede considerarse que la temperatura exterior se mantiene constante durante todo el día, mientras que en verano las variaciones de temperatura diarias son más pronunciadas. En efecto, se considera que los valores de temperatura exterior en verano que muestra **Tabla 8** corresponden a las 15 h aproximadamente (momento del día donde la temperatura exterior es más elevada).

Para hallar la temperatura exterior y humedad relativa en verano en otro horario del día (distinto de las 15 h) se aplican las correcciones de **Tabla 9** (*Correcciones de temperatura exterior y humedad relativa*).



Variación diaria de temperatura	Temperatura de bulbo seco y humedad relativa	HORA SOLAR											
		6	8	10	12	14	15	16	18	20	22	24	
5	T <sub>BS</sub> (°C)	-5	-4	-3	-1	0	0	0	-1	-3	-4	-5	
	H <sub>R</sub> (%)	10	10	5	5	0	0	0	5	5	10	10	
8	T <sub>BS</sub> (°C)	-8	-7	-5	-3	0	0	0	-1	-3	-5	-8	
	H <sub>R</sub> (%)	20	15	10	5	0	0	0	5	5	10	20	
11	T <sub>BS</sub> (°C)	-10	-8	-5	-3	0	0	0	-2	-4	-6	-9	
	H <sub>R</sub> (%)	30	20	10	5	0	0	0	5	10	15	20	
14	T <sub>BS</sub> (°C)	-13	-9	-5	-3	0	0	0	-2	-5	-8	-12	
	H <sub>R</sub> (%)	40	30	10	5	0	0	0	5	10	20	30	
17	T <sub>BS</sub> (°C)	-15	-10	-7	-3	0	0	0	-2	-7	-10	-13	
	H <sub>R</sub> (%)	40	30	15	5	0	0	0	5	15	30	40	
19	T <sub>BS</sub> (°C)	-17	-12	-8	-4	0	0	0	-3	-7	-10	-13	
	H <sub>R</sub> (%)	40	30	20	10	0	0	0	5	15	30	40	
22	T <sub>BS</sub> (°C)	-19	-13	-9	-4	0	0	0	-4	-8	-12	-15	
	H <sub>R</sub> (%)	40	35	20	10	0	0	0	10	20	30	40	

**Tabla 9:** "Correcciones de temperatura exterior y humedad relativa"

De **Tabla 8** (*Condiciones de diseño exterior en invierno y verano*) se obtuvieron las condiciones externas para el cálculo a las 15 h:

Temperatura ambiente = 36 °C

Humedad relativa = 40 %

De **Tabla 8** (*Condiciones de diseño exterior en invierno y verano*) y **Tabla 9** (*Correcciones de temperatura exterior y humedad relativa*) se obtuvieron las condiciones externas para el cálculo a las 10 h:

Temperatura ambiente = 31 °C

Humedad relativa = 25 %

De **Gráfico 1** (*Abaco de confort*) se obtuvo los valores de temperatura y humedad relativa necesarios en el sector de oficinas para garantizar el confort de las personas que trabajan en su interior.

Temperatura ambiente = 25 °C

Humedad relativa = 50 %



INSTALACIONES INDUSTRIALES

### Abaco de Confort

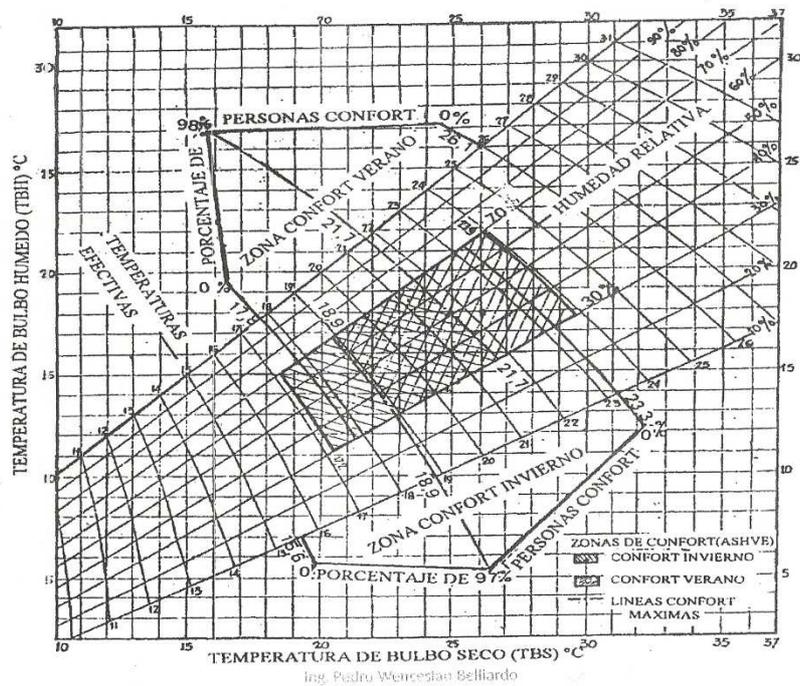


Gráfico 1: "Abaco de confort"

#### Diferencia de temperatura equivalente ( $\Delta t$ ):

La diferencia de temperatura equivalente ( $\Delta t$ ) depende básicamente de la latitud del lugar, de características del muro, de la hora solar y de la orientación del muro. Para nuestro lugar de estudio cuya latitud es sur  $35^\circ$  se empleó **Tabla 10** (*Diferencia de temperatura equivalente*).



Tipo	Orientación y condiciones	Coeficiente de transmisión K	HORA SOLAR																							
			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23						
MUROS	E	3	3	12	19	21	23	22	20	14	11	10	10	10	10	9	8	7	6	5						
		2,3	2	2	8	14	19	21	20	13	10	10	10	10	10	10	9	9	8	7						
		1,6	5	5	6	7	10	14	16	17	16	14	12	11	10	10	10	10	9	9						
		0,8	8	8	8	8	8	8	8	11	12	13	12	12	11	10	10	10	10	10						
	D	3	1	1	1	1	2	4	6	10	14	20	25	27	29	24	19	15	10	7						
		2,3	4	4	4	4	4	4	5	6	8	13	17	21	25	26	22	18	11	8						
		1,6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	8	9	12	14	16	18	17	17	13						
		0,8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	8	8	8	8	9	9	10	11	14	16					
	N	3	1	1	1	1	2	4	6	8	9	13	16	21	22	23	21	13	6	5						
		2,3	1	1	1	1	1	2	4	6	7	8	9	14	19	20	21	14	9	7						
		1,6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	7	9	12	14	14	15	10						
		0,8	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	8	10	12	13					
S	3	2	2	2	3	5	10	15	17	19	18	17	14	11	9	8	6	6	5							
	2,3	2	2	2	2	2	6	9	14	16	16	17	15	14	11	9	8	7	6							
	1,6	5	5	5	5	5	5	5	7	9	11	12	13	12	11	10	9	8	8							
	0,8	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	8	10	11	11	12	11	10	9						
TECHOS	4	1	1	1	1	2	6	11	16	20	24	28	28	27	25	22	18	15	11							
	3	2	2	2	2	4	8	11	15	19	23	25	26	27	25	22	19	16	14							
	2,3	5	5	5	5	6	8	11	15	18	21	24	25	26	24	22	20	18	16							
	1,6	8	8	8	8	8	9	11	15	18	20	22	24	25	24	23	21	20	18							
	0,8	10	10	10	10	10	10	10	11	15	17	18	20	22	23	24	22	21	21	20						

Para 35° de latitud sur, paredes y techos opacos. Variación diaria temperatura 11 °C. Diferencia temperatura aire exterior-interior (15 horas) 10 °C. Corrección si el Δt de cálculo es mayor, por ejemplo, 12 °C. Sumar a los valores de tabla 2 °C.

Tabla 10: "Diferencia de temperatura equivalente"

Intensidad de radiación solar (I):

La intensidad de radiación solar (*I*) a que está expuesto un muro depende de la latitud del lugar, de la hora solar y de la orientación del muro. Para nuestro lugar de estudio cuya latitud es sur 35° se empleó **Tabla 11** (*Intensidad de radiación solar*).

Hora	SE	E	NE	N	NO	O	SO	S	Horiz.
6	309	240	0	0	0	0	0	78	69
7	366	415	260	27	22	22	27	64	192
8	328	443	373	80	25	32	32	38	363
9	230	395	427	190	32	35	38	38	487
10	110	272	408	259	38	38	38	38	580
11	43	119	335	301	72	38	38	38	642
12	38	38	215	335	215	38	38	38	665
13	38	38	72	301	335	119	43	38	642
14	38	38	38	259	408	272	110	38	580
15	38	35	32	190	427	395	230	38	487
16	32	32	25	80	373	443	328	38	363
17	27	22	22	27	260	415	366	64	192
18	0	0	0	0	0	240	309	78	69

Tabla 11: "Intensidad de radiación solar"



Coeficiente de corrección (c):

Para el coeficiente de corrección ( $c$ ), que depende de la protección solar del elemento, se emplearon los valores prácticos de **Tabla 12** (*Coef. de corrección, de acuerdo a la protección solar*).

Tipo	Coeficiente C
– Vidrio transparente	1
– Vidrio esmerilado o grabado	0,80
– Vidrio transparente con cortinas	
• Exteriores color claro	0,30
• Interiores claras	0,50
– Toldo de lona	0,20
– Parasoles	0,20

**Tabla 12:** "Coef. de corrección, de acuerdo a la protección solar"

El cálculo de la ganancia de calor del sector de oficinas se dividió en 3 etapas de acuerdo a la parte del contorno de la oficina por donde se produce la ganancia:

a) *Flujo de calor a través de paredes y techos exteriores.*

Empleando **Ecuación (3)** se calculó el calor ganado a través de las paredes exteriores.

b) *Flujo de calor a través de paredes y techos interiores.*

Empleando **Ecuación (2)** se calculó el calor ganado a través de las paredes y el techo interiores.

Para los cálculos prácticos se supuso que el local no acondicionado (interior del galpón pero exterior de la sala de oficinas) se encuentra a una temperatura de 3 °C menos que la del aire exterior, es decir 33 °C.

c) *Flujo de calor a través de vidrios.*

En este caso no existe ningún retardo o inercia térmica como en los casos anteriores. Por este motivo se analizó en forma independiente la cantidad de calor que penetra por transmisión y por radiación solar. Para ello se empleó **Ecuación (2)** y **Ecuación (4)**.

*Nota: No se consideró ganancia de calor a través del piso debido a que su temperatura se encuentra algo por debajo de la temperatura del aire del sector de oficinas.*



Los coeficientes de conductividad térmica ( $\lambda$ ) empleados en el cálculo en los incisos a), b) y c) son los que se indican a continuación en **Tabla 13** (*Coef. de conductividad térmica de los materiales componentes del contorno del sector de oficinas*).

<b>Coefficiente de conductividad térmica</b>	
<b>Material</b>	<b><math>\lambda</math> [kcal/hm<sup>2</sup>•C]</b>
Hormigón celular	0,68
Placas de yeso-cartón	0,16
Lana mineral tipo II	0,03
Madera-Contrachapado	0,12
Metal-Aluminio	175,00
Vidrio plano	0,82
Aire	0,02
Hormigón armado	1,40
Hierro galvanizado	50,00

**Tabla 13:** " *Coef. de conductividad térmica de los materiales componentes del contorno del sector de oficinas* "

Los coeficientes de transmisión de calor ( $K$ ) empleados en el cálculo en los incisos a), b) y c) son los que se indican a continuación en **Tabla 14** (*Coef. de transmisión de calor de los componentes del contorno del sector de oficinas*).

<b>Coefficiente de transmisión de calor</b>	
<b>Componente</b>	<b><math>K</math> [kcal/h.m<sup>2</sup>•C]</b>
Puerta madera	1,867
Puerta aluminio	0,560
Pared al exterior	1,005
Pared al interior	0,460
Vidrios	5,000
Techo	0,009

**Tabla 14:** " *Coef. de transmisión de calor de los componentes del contorno del sector de oficinas* "



Primero se calculó la ganancia de calor del sector de oficinas a las 15 h, cuyo resultado se detalla a continuación en **Tabla 15** ("Ganancia de calor debido a cargas externas a las 15 h").

Edificio		Latitud	Horas	$T_{BS}$ (ext) 36°C	$H_R$ (ext) 40%	$H_E$ (ext) 15,5g/kg				
La Pampa		35°	15	$T_{BS}$ (int) 25°C	$H_R$ (int) 50%	$H_E$ (int) 10g/kg				
Planta baja		Local: <i>Oficinas</i>		$\Delta t=11^\circ C$		$\Delta g=5,5g/kg$				
LADO	1	2	3	4	5	6	7	8		9
	ORIENTACION	Dimensión lado [m]	Area lado[m <sup>2</sup> ]	Area (pared)	Kp	$\Delta t$ equiv	Conducción (4x5x6) [kcal/h]	Coeficiente hora		Radia. AxCl (4x8x8) [kcal/h]
				Area (vidrio)	Kv	$\Delta t$ (te-ti)		C	I	
				Area (puerta)	Kp	$\Delta t$ equiv				
1	NE	10 x 2,5	25,00	23,40	0,460	11	118,32			
				1,60	1,867	13	38,83			
2	SE	4 x 2,5	10,00	7,50	0,460	11	37,92			
				0,90	5,000	8	36,00	1	38	34,2
3	SO	10 x 2,5	25,00	19,40	1,005	6	116,95			
				4,56	5,000	11	250,80	0,5	230	524,4
				1,04	0,560	6	3,49			
4	NO	4 x 2,5	10,00	9,20	1,005	7	64,71			
				0,80	5,000	11	44,00	0,5	427	170,8
Techo		10 x 4	40,00	40,00	0,009	18	6,83			
Piso										
Total de conducción							717,86	Total de radiación		729,4

**Tabla 15:** "Ganancia de calor debido a cargas externas a las 15 h"



Luego se calculó, a modo de verificación, la ganancia de calor del sector de oficinas a las 10 h, cuyo resultado se detalla a continuación en **Tabla 16** ("Ganancia de calor debido a cargas externas a las 10 h").

Edificio			Latitud	Horas	$T_{BS}$ (ext) 31°C	$H_R$ (ext) 50%	$H_E$ (ext) 14g/kg			
La Pampa			35°	10	$T_{BS}$ (int) 25°C	$H_R$ (int) 50%	$H_E$ (int) 10g/kg			
Planta baja			Local: <i>Oficinas</i>		$\Delta t=6^\circ\text{C}$			$\Delta g=5,5\text{g/kg}$		
LADO	1	2	3	4	5	6	7	8		9
	ORIENTACION	Dimensión lado [m]	Area lado[m <sup>2</sup> ]	Area (pared)	$K_p$	$\Delta t$ equiv	Conducción (4x5x6) [kcal/h]	Coeficiente hora		Radia. AxCl (4x8x8) [kcal/h]
				Area (vidrio)	$K_v$	$\Delta t$ (te-ti)		C	I	
				Area (puerta)	$K_p$	$\Delta t$ equiv				
1	NE	10 x 2,5	25,00	23,40	0,460	7	75,30			
				1,60	1,867	6	17,92			
				7,50	0,460	6	20,69			
2	SE	4 x 2,5	10,00	0,90	5,000	3	13,50	1	110	99
3	SO	10 x 2,5	25,00	19,40	1,005	6	116,95			
				4,56	5,000	6	136,80	0,5	38	86,64
				1,04	0,560	6	3,49			
4	NO	4 x 2,5	10,00	9,20	1,005	7	64,71			
				0,80	5,000	6	24,00	0,5	38	15,2
Techo		10 x 4	40,00	40,00	0,009	10	3,80			
Piso										
Total de conducción							477,15	Total de radiación		200,84

**Tabla 16:** "Ganancia de calor debido a cargas externas a las 10 h"

En consecuencia vemos que la situación más desfavorable se produce a las 15 h, donde la ganancia de calor debido a cargas externas es mayor.

## 2. Cargas internas

La ganancia de calor de un local debido a elementos o cosas que se encuentran en su interior viene determinado por:



a) *Carga debida a los ocupantes.*

El cuerpo humano produce calor que es disipado al aire que lo rodea como calor sensible y calor latente.

La **Tabla 17** (*Disipación de calor de personas*) establece los valores de disipación de calor de una persona media de 70 kg de peso y 1,75 m de altura, dependiendo el grado de actividad que desempeñe.

Grado de actividad	Kilocalorías/hora	
	Sensible	Latente
Sentado en reposo	55	35
Sentado y trabajo muy liviano	55	45
Trabajo oficina con cierta actividad	55	60
Trabajo liviano	60	80
Trabajo pesado	80	160
Trabajo muy pesado	120	260

**Tabla 17:** "Disipación de calor de personas"

Considerando que las personas realizan un trabajo de oficina con cierta actividad, resulta que el calor que produce una persona es:

$$\text{Calor sensible} = 55 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right]$$

$$\text{Calor latente} = 60 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right]$$

Por lo tanto el calor producido por las 5 personas será:

$$\text{Calor sensible} = 275 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right]$$

$$\text{Calor latente} = 300 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right]$$

b) *Disipación por artefactos eléctricos.*

El calor proveniente de lámparas de iluminación es totalmente sensible.

En general, la cantidad de calor emitido por las lámparas por efecto Joule es:

$$Q_{\text{lámpara}} = P_{\text{lámpara}} \cdot 0,86 \frac{\text{kcal}}{\text{h} \cdot \text{W}} \quad \text{Ecuación (6)}$$



Donde:

$$Q_{lámpara} = \text{calor disipado por la/s lámpara/s} \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right].$$

$$P_{lámpara} = \text{potencia de la/s lámpara/s [W]}.$$

A fin de simplificar los cálculos, en la práctica se consideró que la potencia instalada en iluminación es  $20 \frac{W}{m^2}$ . Por lo tanto la potencia instalada en iluminación en el sector de oficinas es 800 W. Empleando **Ecuación (6)** tenemos que el calor disipado por la iluminación es:

$$Q_{lámpara} = 800W \cdot 0,86 \frac{\text{kcal}}{\text{h} \cdot W} = 688 \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right]$$

c) *Ganancia de calor por diversos aparatos.*

Además de la iluminación, en el sector de oficinas hay otros artefactos eléctricos que disipan calor al ambiente. En la tabla siguiente se detallan los artefactos eléctricos y sus respectivas potencias.

Artefactos eléctricos		Potencia [W]	
PC	impresora	200	800
	computadora	450	
	notebook	150	
Otros	heladera	200	1.250
	microondas	600	
	anafe	400	
	radio	50	

**Tabla 18:** "Potencia de los artefactos eléctricos"

Luego mediante **Ecuación (6)** se calculó el calor emitido por los artefactos eléctricos.



Artefactos eléctricos		Potencia [W]		Calor emitido [Kcal/h]
PC	impresora	200	800	688
	computadora	450		
	notebook	150		
Otros	heladera	200	1.250	1.075
	microondas	600		
	anafe	400		
	radio	50		

**Tabla 19:** "Calor emitido por los artefactos eléctricos"

d) *Ganancia de calor de conductos de suministro y retorno.*

La **Tabla 20** (*Ganancia de calor de conductos de suministro y retorno*) brinda la ganancia de calor de conductos como un porcentaje del calor ganado por transmisión y radiación solar, en función de la longitud del tendido y de si el conducto está o no aislado.

Ganancia de calor como % del calor sensible por transmisión y efecto solar	% de calor sensible a agregar	
	Sin aislar	Aislado con 50 mm de lana mineral
1) Tendidos largos de 30 a 100 metros en áticos a 35°, que transportan de 18 a 180 m <sup>3</sup> /min a velocidades de 250 a 500 m/min	10-15	4-5
2) Igual a 1 en ambientes hasta 55 °C	25-30	7-10
3) Tendidos cortos (15 a 30 m) en las condiciones de 1	5-10	2-4
4) Tendidos cortos en las condiciones de 2	10-25	3-7

**Tabla 20:** "Ganancia de calor de conductos de suministro y retorno"

Para tendidos cortos y sin algún tipo de aislación se consideró que la ganancia de calor de conductos de transmisión y retorno es un 10 % del calor ganado por transmisión y radiación solar, es decir  $144,7 \frac{kcal}{h}$ .

En consecuencia, los calores sensible y latente interiores son los que se indican a continuación en **Tabla 21** (*Calor sensible interior*), **Tabla 22** (*Calor latente interior*) respectivamente.



<b>Q<sub>si</sub> CALOR SENSIBLE INTERIOR</b>	10	Conduc.	Columna 7	717,86	
	11	Radiación	Columna 8	729,40	
	12	Subtotal			<b>1.447,26</b>
	13	Pérdidas	(12) + (%)		1.591,99
			1.447,26	10%	
	14	Personas	N° x factor		275,00
			5	55	
	15	Iluminación	watts x factor		688,00
			20W/m <sup>2</sup>	0,86	
	16	Computadoras	watts x factor		688,00
800			0,86		
17	Otras fuentes	watts x factor		1.075,00	
		1.250,00	0,86		
18	Total Q <sub>si</sub> (13+14+15+16+17)			<b>4.317,99</b>	

**Tabla 21:** "Calor sensible interior"

<b>Q<sub>li</sub> CALOR LATENTE INTERIOR</b>	19	Personas	N° x factor		Total
			5	60	
	20	Otras fuentes			
21	Total Q <sub>li</sub> (19+20)			<b>300</b>	

**Tabla 22:** "Calor latente interior"

### 3. Caudal de aire de circulación en el sistema de aire acondicionado

El caudal de aire de circulación en el sistema de aire acondicionado se determina mediante la siguiente fórmula práctica:

$$C = \frac{Q_{si}}{17 \cdot (t_a - t_i)} \quad \text{Ecuación (7)}$$

Donde:

$$C = \text{caudal de aire en circulación} \left[ \frac{m^3}{\text{min}} \right].$$

$$Q_{si} = \text{calor sensible en el interior del local} \left[ \frac{kcal}{h} \right].$$



17 = factor que tiene en cuenta el calor específico y el peso específico del aire, así como

la conversión de unidades  $\left[ \frac{\text{kcal} \cdot \text{min}}{^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{h}} \right]$ .

$t_a$  = temperatura del aire del local [ $^{\circ}\text{C}$ ].

$t_i$  = temperatura del aire de impulsión al local por el equipo de aire acondicionado [ $^{\circ}\text{C}$ ].

El salto térmico  $t_a - t_i$  suele considerarse en general  $10^{\circ}\text{C}$ . Luego, empleando la ecuación anterior tenemos que el caudal de aire de circulación en el sistema de aire acondicionado es:

$$C = \frac{4.317,99 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}}{17 \frac{\text{kcal} \cdot \text{min}}{^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{h}} \cdot 10^{\circ}\text{C}} = 25,39 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

#### **4. Ganancia de calor del equipo por el aire exterior**

Como primer paso se debe determinar el caudal de aire nuevo necesario para satisfacer las condiciones de ventilación. Una forma práctica de determinarlo consiste en establecerlo en función del porcentaje del caudal de aire total recirculado en el sistema de acondicionamiento:

$$C_a = a \cdot C \quad \text{Ecuación (8)}$$

Donde:

$$C_a = \text{caudal de aire nuevo} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right].$$

$a$  = porcentaje [%].

$$C = \text{caudal de aire en circulación} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right].$$

El valor del porcentaje ( $a$ ) se obtuvo de **Tabla 23** (*Porcentaje de aire total recirculado*).

— Locales con muchas personas	25 al 30 %
— Locales para edificios de oficinas	15 al 25 %
— Locales para edificios de vivienda	10 al 20 %

**Tabla 23:** "Porcentaje de aire total recirculado"



Luego, considerando para el sector de oficinas un caudal de aire nuevo del 20 % del aire total recirculado resulta:

$$C_a = 0,2 \cdot 25,39 \frac{m^3}{\text{min}} = 5,08 \frac{m^3}{\text{min}}$$

Una vez calculado el caudal de aire nuevo, se verificó que se cumpla con la cantidad mínima que suele establecerse reglamentariamente. Dicho caudal mínimo es función del tipo de local y de la cantidad de personas. La **Tabla 24** (*Requerimientos de aire nuevo mínimos*) establece las cantidades mínimas recomendadas, teniendo en cuenta el grado de personas fumando.

Lugares de trabajo en general	0,5
Restaurantes y lugares afines	0,4
Oficinas generales	0,5
Oficinas privadas	0,6
Oficinas privadas (fumando considerablemente)	0,8
Bibliotecas	0,5
Estudios de radiodifusión	0,5
Salas de operaciones	2
Salas de baile, boites, cabarets	1,6
Teatros, cines, auditorios	0,6

**Tabla 23:** "Requerimientos de aire nuevo mínimos"

De la tabla anterior tenemos que, para locales destinados a oficinas se considera un valor mínimo de  $0,5 \left[ \frac{m^3}{\text{min} \cdot \text{persona}} \right]$  teniendo en cuenta un porcentaje normal de personas fumando dentro del local. Considerando que en el sector de oficinas hay 5 personas, la cantidad mínima de aire nuevo es  $C_{a\text{mín.}} = 2,5 \left[ \frac{m^3}{\text{min} \cdot \text{persona}} \right]$ . Como este valor es inferior al calculado como porcentaje del total de aire recirculado, adoptamos un caudal de  $5,11 \frac{m^3}{\text{min}}$  de aire nuevo en el sistema de acondicionamiento.

Ahora calculamos la ganancia de calor debida al aire exterior. La cantidad de calor que penetra por el aire exterior es de 2 tipos:



a) *Calor sensible del aire seco*

El calor sensible aportado por el aire exterior viene dado por la siguiente expresión matemática:

$$Q_{sae} = 17 \cdot C_a \cdot (t_e - t_i) \quad \text{Ecuación (9)}$$

Donde:

$$Q_{sae} = \text{Calor sensible del aire exterior} \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right].$$

17 = factor que tiene en cuenta el calor específico y el peso específico del aire, así como la conversión de unidades  $\left[ \frac{\text{kcal} \cdot \text{min}}{^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{h}} \right]$ .

$$C_a = \text{caudal de aire nuevo} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right].$$

$t_e$  = temperatura del aire exterior [ $^{\circ}\text{C}$ ].

$t_i$  = temperatura del aire interior [ $^{\circ}\text{C}$ ].

Empleando **Ecuación (9)** tenemos que

$$Q_{sae} = 17 \frac{\text{kcal} \cdot \text{min}}{^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{h}} \cdot 5,08 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \cdot (36 - 25)^{\circ}\text{C} = 949,96 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

b) *Calor latente del vapor de agua*

El calor latente aportado por el aire exterior viene dado por la siguiente expresión matemática:

$$Q_{lae} = 42 \cdot C_a \cdot (h_e - h_i) \quad \text{Ecuación (10)}$$

Donde:

$$Q_{lae} = \text{Calor latente del aire exterior} \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right].$$

42 = factor que tiene en cuenta el peso específico y el calor latente de vaporización, así como la conversión de unidades  $\left[ \frac{\text{kcal} \cdot \text{min} \cdot \text{kg}}{\text{h} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{gr}} \right]$ .

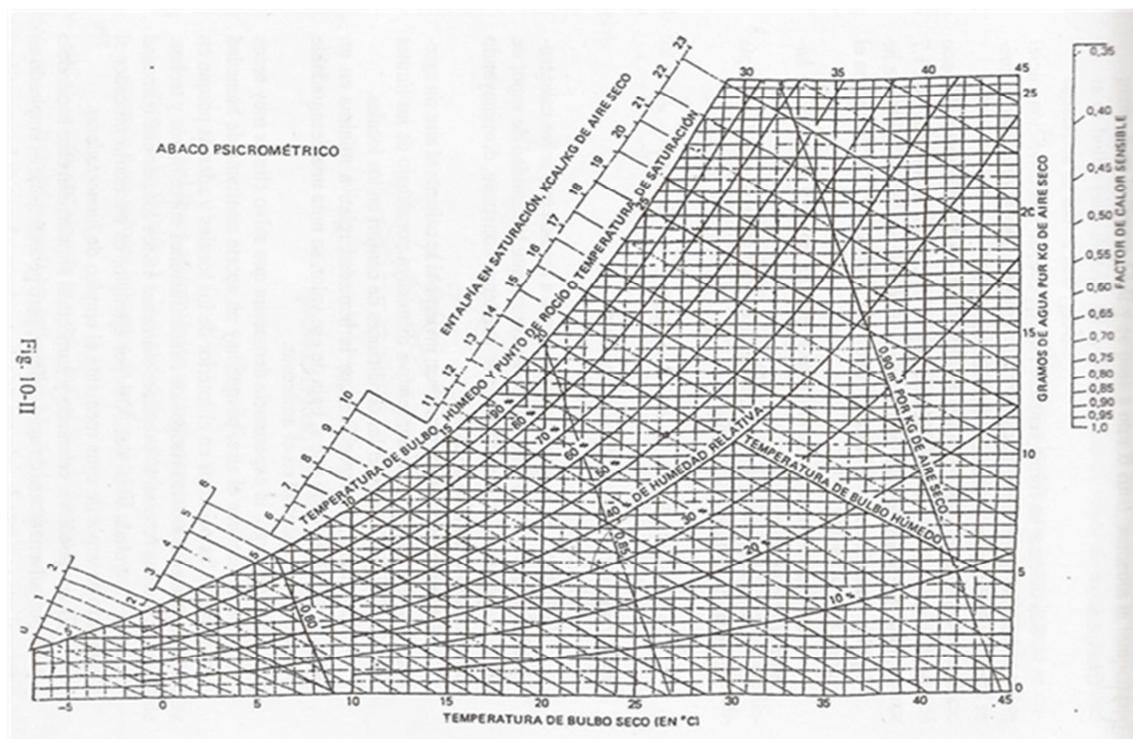


$$C_a = \text{caudal de aire nuevo} \left[ \frac{m^3}{\text{min}} \right].$$

$$h_e = \text{humedad específica del aire exterior} \left[ \frac{gr}{kg} \right].$$

$$h_i = \text{humedad específica del aire interior} \left[ \frac{gr}{kg} \right].$$

Los valores de humedades específicas del aire exterior ( $h_e$ ) y del aire interior ( $h_i$ ) se obtuvieron de **Gráfico 2** (*Abaco psicrométrico*).



**Gráfico 2:** "Abaco psicrométrico"

Dicho gráfico se empleó del siguiente modo:

Se ingresó al gráfico por su parte inferior con el valor de la temperatura, se trazó una línea vertical hasta interceptarla con una línea curva proveniente de la escala de humedad relativa. Proyectando dicho punto hacia la escala de la derecha obtenemos en ella los gramos de agua por kilogramo de aire seco.



A partir de las condiciones exteriores (temperatura = 36 °C; humedad relativa = 40 %) e interiores (temperatura = 25 °C; humedad relativa = 50 %) de cálculo, de **Gráfico 2** (*Abaco psicométrico*) se obtuvieron los valores de  $h_e$  y  $h_i$ , respectivamente:

$$h_e = 15,5 \left[ \frac{gr}{kg} \right]$$

$$h_i = 10 \left[ \frac{gr}{kg} \right]$$

Luego, empleando **Ecuación (10)** tenemos que

$$Q_{lae} = 42 \frac{kcal \cdot min \cdot kg}{h \cdot m^3 \cdot gr} \cdot 5,08 \frac{m^3}{min} \cdot (15,5 - 10) \frac{gr}{kg} = 1.173,48 \frac{kcal}{h}$$

En consecuencia, la ganancia total de calor por aire exterior será la que se detalla a continuación:

AIRE DEL EXTERIOR	22	Q sens.	Factor x % C <sub>a</sub> x Δt [kcal/h ]			949,96
		A ext.	17	5,08	11	
	23	Q lat.	Factor x % C <sub>a</sub> x Δg [kcal/h ]			1.173,48
		A ext.	42	5,08	5,5	
24	Total Qte (22+23)				2.123,44	

**Tabla 24:** "Ganancia de calor por aire exterior"

## 5. Ganancia total de calor del sistema de acondicionamiento

Se determinó la ganancia total de calor del sistema de acondicionamiento la que viene determinada por la ganancia de calor total del local y la ganancia de calor total del aire exterior.

$$Q_T = Q_{Ti} + Q_{Te} \quad \text{Ecuación (11)}$$



Donde:

$$Q_T = \text{ganancia total de calor del sistema de acondicionamiento} \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right].$$

$$Q_{Ti} = \text{la ganancia de calor total del local} \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right].$$

$$Q_{Te} = \text{la ganancia de calor total del aire exterior} \left[ \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right].$$

Luego, la ganancia total de calor del sistema de acondicionamiento es

Q total [kcal/h] = Qsi(18) + Qli(21) + Qte(24)	6.741,42
Toneladas [tn] = Qtotal / 3000	2,25

**Tabla 25:** "Ganancia total de calor del sistema de acondicionamiento"

## 6. Selección del equipo

Dadas las dimensiones del local a acondicionar se determinó colocar un equipo solo frío. La selección del mismo se hizo del catálogo SURREY en base a las toneladas de refrigeración que debe manejar (calculado en **Tabla 25**).

El equipo de refrigeración seleccionado es un *Split baja silueta*, que se indica a continuación:

Equipo seleccionado						
Marca	Modelo	Capacidad [tn]	Caudal [m <sup>3</sup> /min]	Tensión [V]	Correinte [A]	Potencia [kW]
SURREY	640HZ036DC2	3	30	380	7,38	4,85

Equipo seleccionado		
	Peso [kg]	Dimensiones alto x ancho x prof. [mm x mm x mm]
Unidad interior	28	2,73 x 1,246 x 424
Unidad exterior	57	6,40 x 880 x 360

**Tabla 26:** "Equipo de aire acondicionado seleccionado"



### 7. Cálculo de conductos de aire acondicionado y difusores de impulsión

Para la determinación de los conductos de aire a colocar en la instalación se tuvo en cuenta que la totalidad de aire a impulsar es aportado por un solo equipo de frío, el cual será colocado del lado norte de la habitación a acondicionar. Dicho caudal a impulsar es

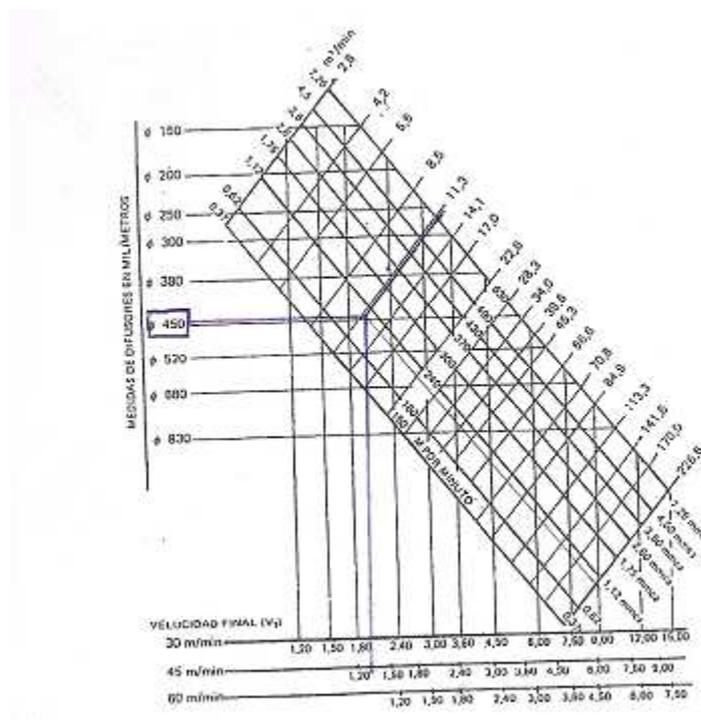
$30 \frac{m^3}{min}$ . El mismo será distribuido en el sector de oficinas mediante una red de

conductos de chapa galvaniza cuya disposición adoptada se muestra en el **Plano 2** (*Equipo y conductos de acondicionamiento de aire*) - **Anexo 1**. Estos irán suspendidos, colocados por sobre el cielorraso. La distribución se efectuará a través de 5 difusores,

por lo que cada uno introducirá  $5,08 \frac{m^3}{min}$  de aire. El retorno se llevará a cabo a través

de 5 rejas.

A partir de lo establecido anteriormente, de **Gráfico 3** (*Gráfico de selección de difusores de aire*) se determinó las características de los difusores a colocar.



**Gráfico 3:** "Gráfico de selección de difusores de aire"



Dicho gráfico se empleó del siguiente modo:

Se ingresó al gráfico por su parte superior derecha con el valor del caudal de aire del difusor, se trazó una línea paralela a las líneas de caudales hasta interceptarla con una línea vertical proveniente de la escala de alcances para un valor de velocidad final del aire determinado. Proyectando dicho punto hacia la escala de la izquierda obtenemos en ella la dimensión del difusor. Proyectando dicho punto hacia la escala superior izquierda obtenemos en ella la caída de presión del aire.

En general, para evitar que el movimiento del aire produzca molestia a los ocupantes del sector de oficina la velocidad final del aire debe ser  $45 \frac{m}{min}$ .

Luego, las características del difusor seleccionado son las que se indican a continuación:

Difusor	
Caudal	5,08 m <sup>3</sup> /min
Alcance	1,5 m
Diámetro	300 cm
Velocidad	30 m/min
Caída de presión	1,6 mm c.a.

**Tabla 27:** "Características difusor seleccionado"

Para la determinación de las dimensiones de los conductos consideramos la totalidad del aire a circular, estableciendo previamente una velocidad máxima de circulación del mismo, de manera de no sobrepasar valores críticos que pudieran resultar molestos para los usuarios de la oficina. Según la **Tabla 28** (*velocidad de descarga de aire en conductos principales*), y para oficinas con bajos niveles de ruido se puede adoptar una

velocidad máxima de circulación en el tubo principal de  $300 \frac{m}{min}$ .

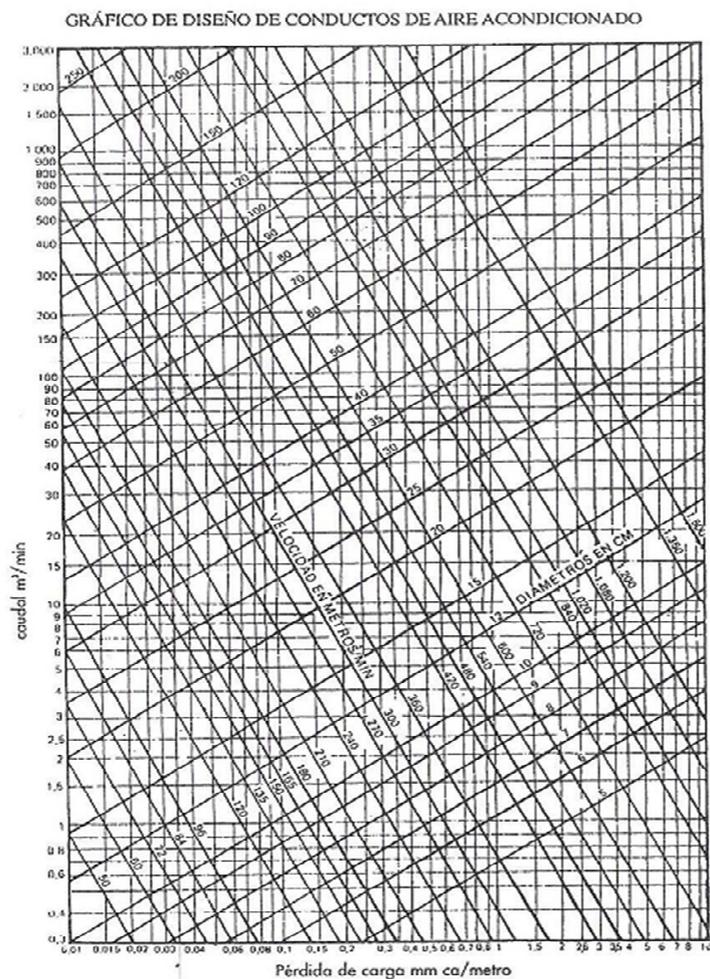
• Locales de muy bajo nivel de ruidos como bibliotecas	250 m/min.
• Viviendas y oficinas de bajo nivel de ruidos	300 m/min.
• Oficinas y locales con algo de nivel de ruidos	300 a 450 m/min.
• Locales industriales que se toleren ruidos	500 a 600 m/min.

**Tabla 28:** "velocidad de descarga de aire en conductos principales"



Con la velocidad de circulación en el tubo principal y el caudal a transportar máximo, en el **Grafico 4** (*Diseño de conductos de aire acondicionado*) se determinó un punto que nos define el diámetro del conducto principal y el gradiente de cálculo R, que se mantendrá constante en la instalación. A partir de dicho punto se traza la recta de maniobra de R constante, con la cual se determinan los demás diámetros de los conductos, considerando el caudal que circula por cada uno.

De lo expuesto resulta que, la recta de maniobra es  $R = 0,09 \frac{mmca.}{m}$ , y el diámetro del tramo principal es  $\varnothing = 350 mm$ .



**Grafico 4:** "Diseño de conductos de aire acondicionado"

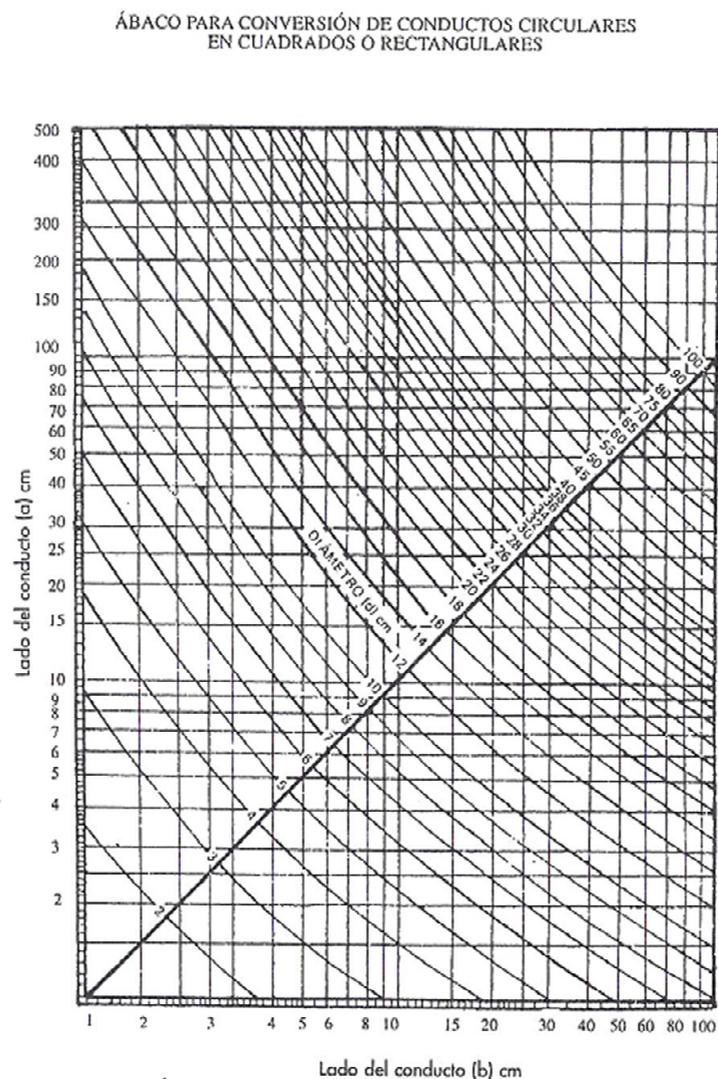
Dicho gráfico se empleó del siguiente modo:

Se ingresó al gráfico por su parte izquierda con el valor del caudal de aire, se trazó una línea horizontal hasta interceptarla con una línea oblicua perteneciente a la escala de



velocidad del aire en el conducto. Proyectando dicho punto hacia la escala de abajo obtenemos en ella la pérdida de carga. Sobre la otra línea oblicua que pasa por ese punto podemos leer el valor del diámetro del conducto.

Luego como en la práctica se utilizan conductos de sección rectangular, hicimos uso del **Gráfico 5** (*Abaco para conversión de conductos circulares en rectangulares*), el cual al entrar con el diámetro determinado nos da las posibles dimensiones del conducto rectangular, cuidando siempre que la relación entre lados no sea mayor de 5 a 1.



**Gráfico 5:** "Abaco para conversión de conductos circulares en rectangulares"

Dicho gráfico se empleó del siguiente modo:



Se ingresó al gráfico por las líneas oblicuas con el valor del diámetro del conducto circular, y se trazó una línea vertical y otra horizontal para obtener las medidas deseadas de los lados del conducto rectangular.

A continuación se indican las dimensiones adoptadas para los distintos tramos.

Conductos de aire			Ábaco	Ábaco de conv.	Adoptado
Tramo	Lungitud [m]	Caudal [m <sup>3</sup> /min]	Diámetro [cm]	Sección rect. Eq. [cm x cm]	Sección rect. Eq. [cm x cm]
A - B	2,00	25,57	35	32 x 32	32 x 32
B - C	3,00	15,34	30	28 x 28	28 x 28
C - D	2,50	10,23	25	24 x 24	24 x 24
D - E	2,00	5,11	20	18 x 18	24 x 24
Flexible	2,50	5,11	20	[-----]	Diamreto 24

**Tabla 29:** "Detalles de los conductos"

## 8. Cálculo de las rejillas de retorno

La selección de las bocas de retorno de aire es función del caudal de aire y de la velocidad del aire en la proximidad de la rejilla. La velocidad del aire de retorno debe ser baja a pequeñas distancias de la reja a fin de que no se produzcan corrientes de aire molestas en el local ni ruidos molestos. Las bocas de retorno se ubican de la misma manera que los difusores.

De **Tabla 30** (*Velocidad de pasaje de aire en rejillas de retorno*) adoptamos una velocidad de pasaje del aire de  $115 \frac{m}{min}$ .

Ubicación	Velocidad de pasaje
Cerca de personas	90 a 150m/min
Zonas no ocupadas por personas	150 a 240 m/min
Interconexión de locales en puertas o paredes	90 a 120 m/min

**Tabla 30:** "Velocidad de pasaje de aire en rejillas de retorno"



Para el dimensionamiento de las rejillas de retorno se empleó la siguiente expresión matemática:

$$A = \frac{C}{V} \quad \text{Ecuación (12)}$$

Donde:

$A$  = sección transversal de la rejilla de retorno  $[m^2]$ .

$C$  = caudal de aire circulante  $\left[\frac{m^3}{\text{min}}\right]$ .

$V$  = velocidad de pasaje del aire  $\left[\frac{m}{\text{min}}\right]$ .

Para un caudal de  $C = 5,08 \frac{m^3}{\text{min}}$  y una velocidad de  $V = 115 \frac{m}{\text{min}}$  de ecuación anterior

tenemos que:

$$A = \frac{5,08 \frac{m^3}{\text{min}}}{115 \frac{m}{\text{min}}} = 0,044 m^2$$

Por lo tanto, para una rejilla de retorno de sección circular el diámetro es  $\phi \approx 238 mm$ .

Entonces colocamos 5 rejillas de retorno cuyas dimensiones son las que se indican a continuación.

Rejas de retorno				
Caudal [m <sup>3</sup> /min]	Velocidad pasaje [m/min]	Area [m <sup>2</sup> ]	Diámetro [mm]	Diámetro adop. [mm]
5,11	115	0,044	237,97	240,00

Tabla 31: "Rejas de retorno"



## 9. Verificación con el ábaco psicométrico

### Condiciones de funcionamiento:

- Condición del aire interior (A): 25 °C y 50 % Hr
- Condición del aire exterior (E): 36 °C y 40 % Hr
- Caudal de aire circulante  $25,57 \frac{m^3}{min}$
- Aire exterior de ventilación 20 % del caudal de circulación
- Factor de calor sensible del local:

$$FCS = \frac{Q_{si}}{Q_{si} + Q_{li}} = \frac{4.317,99 \frac{kcal}{h}}{4.317,99 \frac{kcal}{h} + 300 \frac{kcal}{h}} = 0,94$$

Donde:

$Q_{si}$  = calor sensible interior.

$Q_{li}$  = calor latente interior.

- Eficiencia de saturación del serpentín del equipo 90 %

Mediante el uso del ábaco psicométrico podemos determinar:

- a) Punto de rocío del aparato (PRA).
- b) Condición del aire de impulsión (I).
- c) Condición del aire de mezcla (M).
- d) Punto de rocío del serpentín (PRS).
- e) Cantidad de calor total que debe extraer el acondicionador (QT).
- f) Cantidad de agua a extraer para deshumectar (V).

a) *Punto de rocío del aparato (PRA).*

Se une el FCS (0,94) con el punto de referencia del ábaco de 26,7 °C y 50 % Hr y se traza una línea de igual pendiente que pasa por el punto de condición interior del aire del ambiente (A) de 25 °C y 50 % Hr, que constituye la recta de FCS del local acondicionado.



El punto de rocío del aparato (PRA) que se lee al cortar la curva de saturación es de 13 °C, como se puede ver en el **Gráfico 6** (*Abaco psicométrico verificación*).

b) *Condición del aire de impulsión (I).*

La condición de impulsión I debe estar sobre la recta de FCS y dado la eficiencia del serpentín es del 90 %, el punto de impulsión se determina en la intersección de dicha recta y la humedad relativa del 90 %, correspondiendo a una temperatura de impulsión  $t_I$  de 15 °C y  $H_{tI} = 9,8 \frac{kcal}{kg}$ , como se puede ver en el **Gráfico 6** (*Abaco psicométrico verificación*).

c) *Condición del aire de mezcla (M).*

La condición de la mezcla (M) se halla sobre la recta que une los puntos de condición del aire exterior (E) y condición de aire interior (A), estableciendo sobre ese segmento las proporciones de mezcla respectivas, orientado hacia el caudal mayor, de manera que el punto de mezcla (M) es de 27,8 °C y 48 %  $H_r$ ,  $H_{tM} = 13,7 \frac{kcal}{kg}$  y  $V_{eM} = 0,868 \frac{m^3}{kg}$ , como se puede ver en el **Gráfico 6** (*Abaco psicométrico verificación*).

d) *Punto de rocío del serpentín (PRS).*

El proceso de enfriamiento del aire del serpentín del equipo se representa mediante una recta que une el punto de condición M de 26,87 °C y 48,3 %  $H_r$  que constituye el aire de entrada, hasta el punto de salida o impulsión I de 15,5 °C y 90 %  $H_r$ .

El punto de rocío del serpentín PRS se lee prolongando dicha línea hasta cortar la curva de saturación y es de 12,4 °C (ver **Gráfico 6** -*Abaco psicométrico verificación*-), algo menor que el PRA y constituye la temperatura promedio real para satisfacer las condiciones de enfriamiento y des humectación que se requieren.

e) *Cantidad de calor a extraer (QT).*

La diferencia de entalpia entre el aire que entra ( $H_{tM}$ ) y el que sale del serpentín o de impulsión ( $H_{tI}$ ) es:



$$\Delta H_t = H_{tM} - H_{tI} = 13,7 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} - 9,8 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} = 3,9 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

El peso del aire circulante (GT) surge del caudal (C) y del volumen específico aproximado del aire de mezcla o de entrada al serpentín ( $V_{eM}$ ) mediante la ecuación:

$$GT = \frac{C}{V_{eM}} = \frac{25,39 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \cdot 60 \frac{\text{min}}{\text{h}}}{0,868 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}} = 1.755,07 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

De modo que el calor total a extraer QT es:

$$QT = \Delta H_t \cdot GT = 3,9 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \cdot 1.755,07 \text{ kg} / \text{h} = 6.844,77 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

$$Q_r = \frac{6.844,77}{3000} = 2,28 \text{ tn de refrigeración}$$

El equipo debe ser de  $6.844,77 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$  o sea, 2,28 toneladas de refrigeración.

Donde la cantidad de agua condensada (V) es:

$$V = \frac{\Delta h_e \cdot GT}{1000} = \frac{3,9 \frac{\text{gr}}{\text{kg}} \cdot 1.755,07 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{1000 \frac{\text{gr}}{\text{l}}} = 6,84 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

Por lo tanto, el equipo seleccionado verifica con el ábaco psicrométrico.

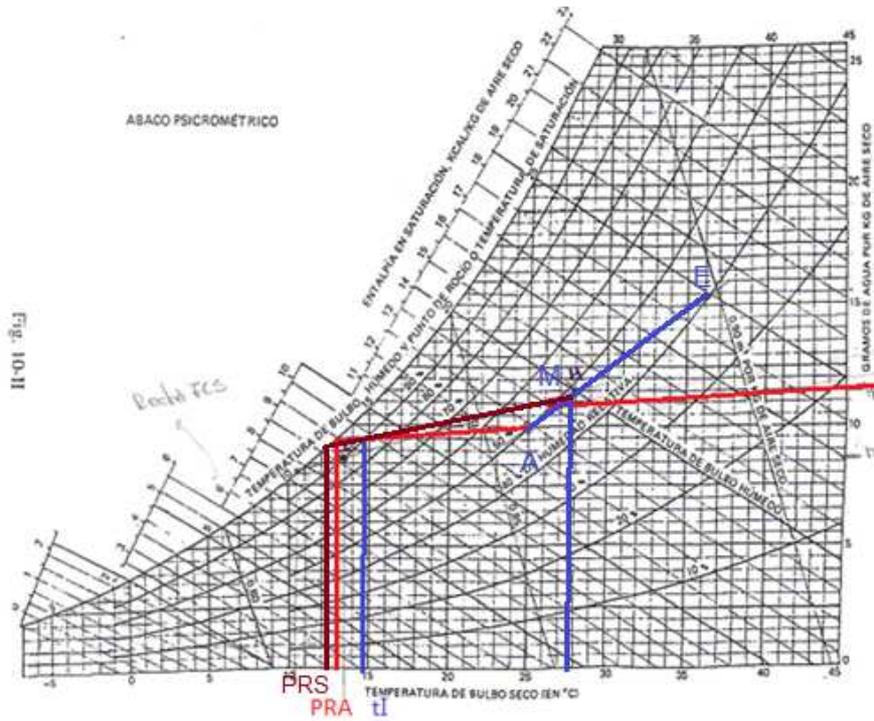


Gráfico 6: "Abaco psicrométrico verificación"



# **Anexo 1**

## **(Planos)**



# *Diseño y cálculo de la instalación eléctrica*



## Índice:

<b>Memoria descriptiva</b>	<b>115</b>
<b>Memoria técnica</b>	<b>117</b>
Temperatura ambiente para el cálculo	117
Máquinas	117
Canalización de los conductores	117
Suministro de tensión	118
Tableros y circuitos	118
Distribución de cargas por fase	128
<b>Memoria de cálculo</b>	<b>129</b>
Tensión de suministro	129
Carga total del inmueble	129
Determinación del tipo de inmueble	129
Determinación del grado de electrificación	130
Determinación de la cantidad de circuitos	130
Determinación de la cantidad de puntos de utilización	131
Cálculo de la carga total ( $C_T$ )	131
Cálculo de conductores	134
Cálculo del circuito seccional general (CSG)	134
Determinación de la corriente de proyecto ( $I_B$ )	134
Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible ( $I_Z$ )	134
Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección ( $I_n$ )	135
Verificación de actuación de la protección por sobrecarga	136
Determinación de la corriente de cortocircuito máxima ( $I''_K$ )	136
Verificación por máxima exigencia térmica	139
Verificación de la actuación de protección por corriente mínima de cortocircuito ( $I''_{Kmin}$ )	140
Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito	140
<b>Anexo 1 (Tablas)</b>	<b>144</b>



<b>Anexo 2 (Planos)</b> _____	<b>145</b>
<b>Anexo 3 (Software Relux)</b> _____	<b>146</b>



## **Memoria descriptiva**

Esta sección del proyecto contempló el cálculo y diseño de la red de distribución de energía eléctrica del inmueble.

La instalación eléctrica se realizó sobre una superficie cubierta de 400  $m^2$ , repartida entre:

<b>Ambiente</b>	<b>Superficie [<math>m^2</math>]</b>
Sector de oficinas	40
Zona I	160
Zona II	200
<b>Total</b>	<b>400</b>

El sector de oficinas es el sector donde se realizan tareas administrativas y las zonas I y II es el sector de taller donde se encuentran las máquinas.

El mismo se desarrolló según la Reglamentación para Instalaciones Eléctricas en Inmuebles de la Asociación Electrotécnica Argentina (de ahora en más la Reglamentación) y normas IRAM correspondientes, de tal forma que queden garantizados la seguridad de las personas y el funcionamiento óptimo del sistema.

El tablero principal correspondiente al inmueble (TP) se ubicó en pilar de mampostería, constituido a nivel de la línea municipal con acceso desde el espacio libre correspondiente al jardín. En el mismo pilar y con acceso desde la vía pública se instaló el gabinete para medición, la canalización y cableado de la línea de alimentación.

Desde el tablero principal (TP), por canalización subterránea, se alimentó mediante el circuito seccional general (CSG) el tablero seccional general (TSG), ubicado en el sector de oficinas.

Desde el tablero seccional general (TSG) y mediante bandeja portacables montada a lo largo de la nave de manera horizontal se alimentó los tableros seccionales 2 (TS2) y 3 (TS3), ubicados en las zonas de trabajo I y II respectivamente. El tablero seccional 1 (TS1) ubicado en la zona de oficinas se alimentó mediante tubos de PVC a la vista.



Desde el tablero seccional 1 (TS1) se alimentó las bocas de iluminación y tomacorriente correspondientes al sector de oficinas mediante tubos de PVC a la vista. Desde el tablero seccional 2 (TS2) se alimentó las bocas de iluminación y de tomacorriente ubicadas en las zonas I mediante tubos de PVC a la vista y bandeja portacables montada de manera horizontal, respectivamente. Del mismo modo se abasteció de energía la zona II desde el tablero seccional 3 (TS3).



## Memoria técnica

### Temperatura ambiente para el cálculo

Las temperaturas de cálculo (independientemente de las formas de instalación) son las siguientes:

- Para cables en el aire 40 °C
- Para cables enterrados 25 °C

### Máquinas

Las máquinas que se alimentaron mediante la instalación eléctrica y sus respectivas potencias son los que se indican a continuación.

Máquina	Cantidad	Potencia [V.A]
Soldadora MIG	2	10.000
Sierra sin fin	1	875
Extractor de aire axial	2	933
Extractor de aire centrífugo	1	933
Equipo de aire solo frío	1	6.065
Compresor a tornillo	1	13.750

### Canalización de los conductores

Dentro del inmueble los conductores se canalizaron a través de tubos y bandejas portacables. Las características de estos elementos de canalización empleados, como así también los aspectos tomados en cuenta para su correcta instalación, se indican a continuación una sola vez.

Tubos:

- Marca: Tubelectric.
- Características: constituidos en PVC rígido, material termoplástico aislante de la corriente eléctrica y autoextinguible; grado de protección IP 54; normas IEC 61386-1 y IEC 61386-21.



Los tubos se unieron entre sí mediante accesorios adecuados a fin de no disminuir su sección interna. Las uniones entre tubos y cajas se realizaron mediante conectores. Se debió garantizar la continuidad eléctrica. En ningún caso las curvas realizadas con tubos se hicieron con un ángulo menor a 90°, respetándose además los radios mínimos indicados en la reglamentación.

Bandeja portacables:

- Marca: Cliclip.
- Características: bandeja de fondo perforada, constituida por chapa de acero galvanizado.

La disposición de los conductores dentro de las bandejas se realizó de manera de conservar su posición a lo largo del recorrido. Los conductores de cada línea se agruparon en haces o paquetes separados, identificándolos de forma clara a lo largo de todo su recorrido mediante números y letras. Se respetó las distancias entre conductores y el ordenamiento de fases según las recomendaciones del fabricante del cable a utilizar.

### **Suministro de tensión**

Para el inmueble en consideración se empleó un suministro trifásico de tensión.

### **Tableros y circuitos**

#### **Línea principal (LP)**

Conductor correspondiente al circuito que alimenta al tablero principal.

- Canalización: tubo de PVC rígido.
- Conductor: IRAM NM 247-3 4(1x16) aislación de PVC.

#### **Tablero principal (TP)**

- Ubicación: pilar de alimentación.
- Emplazamiento: embutido.
- Marca y modelo: Genrod, caja Q Energy.



- Dimensiones y características técnicas: 280 x 200 x 116 mm (capacidad 12 polos); fabricada con termoplásticos, aislante de la corriente eléctrica; grado de protección IP 55; resistencia al impacto IK08; conforme norma IRAM 62670 - 2006.
- Otras características: lleva en la parte externa de la tapa la identificación de "Tablero principal" y el símbolo de "Riesgo eléctrico" (norma IRAM 10005-1). Cuenta con un contrafrente en el cual se identificó a que circuito pertenece cada dispositivo de maniobra y protección.
- Elementos de maniobra y protección alojados en el mismo:

<b>Interruptor termomagnético CSG</b>	
Marca	Siemens
Modelo	5SP4480-7
Corriente asignada	80 A
Poder de corte	10.000 A
Curva de disparo	C
Cantidad de polos	4
Tensión asignada	230/400 VCA

<b>Interruptor diferencial CSG</b>	
Marca	Siemens
Modelo	5SM1648-8
Corriente asignada	80 A
Sensibilidad	300 mA [S]
Tipo	A
Cantidad de polos	4

#### Circuito seccional general (CSG)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta al tablero seccional general.

- Canalización: directamente enterrado.  
Profundidad: 0,7 m.  
Clase de recubrimiento: arena apisonada (zarandeada), con recubrimiento de ladrillos enteros dispuestos en forma transversal a la traza.
- Conductor: IRAM NM 2178 1(4x16)+PE(16) aislación de PVC.



Tablero seccional general (TSG)

- Ubicación: interior del galpón (sector de oficinas).
- Emplazamiento: amurado.
- Marca y modelo: Genrod, caja Q Energy.
- Dimensiones y características técnicas: 350 x 200 x 110 mm (capacidad 24 polos); fabricada con termoplásticos, aislante de la corriente eléctrica; grado de protección IP 55; resistencia al impacto IK08; conforme norma IRAM 62670 - 2006.
- Otras características: lleva en la parte externa de la tapa la identificación de "Tablero seccional general" y el símbolo de "Riesgo eléctrico" (norma IRAM 10005-1). Cuenta con un contrafrente en el cual se identificó a que circuito pertenece cada dispositivo de maniobra y protección.
- Elementos de maniobra y protección alojados en el mismo:

<b>Interruptor termomagnético CS1, CS2, CS3</b>	
Marca	Siemens
Modelo	5SP4480-7
Corriente asignada	80 A
Poder de corte	10.000 A
Curva de disparo	C
Cantidad de polos	4
Tensión asignada	230/400 VCA

	<b>Interruptores termomagnéticos</b>		
	<b>CS1</b>	<b>CS2</b>	<b>CS3</b>
Marca	Siemens	Siemens	Siemens
Modelo	5SY6416-7	5SY6440-7	5SY6463-7
Corriente asignada	16 A	40 A	63 A
Poder de corte	6.000 A	6.000 A	6.000 A
Curva de disparo	C	C	C
Cantidad de polos	4	4	4
Tensión asignada	230/400 VCA	230/400 VCA	230/400 VCA

Circuito seccional 1 (CS1)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta al tablero seccional 1, ubicado en el sector de oficinas.



- Canalización: tubo de PVC rígido a la vista.
- Conductor: IRAM NM 247-3 4(1x2,5)+PE aislación de PVC.

Tablero seccional 1 (TS1)

- Ubicación: interior del galpón (sector de oficinas).
- Emplazamiento: amurado.
- Marca y modelo: Genrod, caja Q Energy.
- Dimensiones y características técnicas: 280 x 320 x 110 mm (capacidad 24 polos); fabricada con termoplásticos, aislante de la corriente eléctrica; grado de protección IP 55; resistencia al impacto IK08; conforme norma IRAM 62670 - 2006.
- Otras características: llevará en la parte externa de la tapa la identificación de "Tablero seccional 1" y el símbolo de "Riesgo eléctrico" (norma IRAM 10005-1). Contará con un contrafrente en el cual se identificará a que circuito pertenece cada dispositivo de maniobra y protección.
- Elementos de maniobra y protección alojados en el mismo:

<b>Int. diferencial IUG1, TUG1, IUE1, TUE1</b>	
Marca	Siemens
Modelo	5SM1344-0MB
Corriente asignada	40 A
Sensibilidad	30 mA
Tipo	AC
Cantidad de polos	4

	<b>Interruptores termomagnéticos</b>			
	<b>IUG1</b>	<b>TUG1</b>	<b>IUE1</b>	<b>TUE1</b>
Marca	Siemens	Siemens	Siemens	Siemens
Modelo	5SY6210-7	5SY6216-7	5SY6210-7	5SY6220-7
Corriente asignada	10 A	16 A	10 A	20 A
Poder de corte	6.000 A	6.000 A	6.000 A	6.000 A
Curva de disparo	C	C	C	C
Cantidad de polos	2	2	2	2
Tensión asignada	230/400 VCA	230/400 VCA	230/400 VCA	230/400 VCA



### Circuito iluminación de uso general 1 (IUG1)

Conductor correspondiente al circuito de iluminación interior del sector de oficinas.

- Canalización: tubo de PVC rígido a la vista.
- Conductor: IRAM NM 247-3 2(1x1,5)+PE aislación de PVC.

*Nota: Cuando no se aclare, la sección adoptada para el conductor de protección eléctrica (PE) será la mínima establecida por la reglamentación (2,5 mm<sup>2</sup>).*

### Circuito tomacorriente de uso general 1 (TUG1)

Conductor correspondiente al circuito de tomacorriente de uso general del sector de oficinas.

- Canalización: tubo de PVC rígido a la vista.
- Conductor: IRAM NM 247-3 2(1x2,5)+PE aislación de PVC.

### Circuito iluminación de uso especial 1 (IUE1)

Conductor correspondiente al circuito de iluminación exterior del sector de oficinas.

- Canalización: tubo de PVC rígido a la vista.
- Conductor: IRAM NM 247-3 2(1x1,5)+PE aislación de PVC.

### Circuito tomacorriente de uso especial 1 (TUE1)

Conductor correspondiente al circuito de tomacorriente de uso especial del sector de oficinas.

- Canalización: tubo de PVC rígido a la vista.
- Conductor: IRAM NM 247-3 2(1x2,5)+PE aislación de PVC.

### Circuito seccional 2 (CS2)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta al tablero seccional 2, ubicado en zona I.

- Canalización: bandeja portacables.
- Conductor: IRAM NM 2178 1(4x10)+PE(10) aislación de PVC.

### Tablero seccional 2 (TS2)



- Ubicación: interior del galpón (zona I).
- Emplazamiento: amurado (distante a la pared).
- Marca y modelo: Genrod, gabinete Q Energy.
- Dimensiones y características: 600 x 600 x 200 mm (3 líneas, 24 polos por línea); chapa de acero al carbono doble decapada espesor 1,6 mm, con bisagras y cierres de material termoplástico; tapa metálica ciega; Envoltorio y tapa con conexión a tierra; grado de protección IP 55 (norma IRAM 62670, IEC 60529); resistencia al impacto IK10 (norma IEC 622622, IEC 61439-1); clase II; máxima potencia disipable 114 W.
- Otras características: llevará en la parte externa de la tapa la identificación de "Tablero seccional 2" y el símbolo de "Riesgo eléctrico" (norma IRAM 10005-1). Contará con un contrafrente en el cual se identificará a que circuito pertenece cada dispositivo de maniobra y protección.
- Elementos de maniobra y protección alojados en el mismo:

<b>Interruptor termomagnético IUG2, TUG2, IUE2, TUE2, ACU1, ACU2, ACU3, ACU4</b>	
Marca	Siemens
Modelo	5SY6440-7
Corriente asignada	40 A
Poder de corte	6.000 A
Curva de disparo	C
Cantidad de polos	4
Tensión asignada	230/400 VCA

	<b>Interruptores diferenciales</b>	
	<b>IUG2, TUG2, IUE2, TUE2</b>	<b>ACU1, ACU2, ACU3, ACU4</b>
Marca	Siemens	Siemens
Modelo	5SM1344-0MB	5SM1644-0
Corriente asignada	40 A	40 A
Sensibilidad	30 mA	300 mA
Tipo	AC	AC
Cantidad de polos	4	4



	Interruptores termomagnéticos							
	IUG2	TUG2	IUE2	TUE2	ACU1	ACU2	ACU3	ACU4
Marca	Siemens	Siemens	Siemens	Siemens	Siemens	Siemens	Siemens	Siemens
Modelo	5SY6210-7	5SY6216-7	5SY6210-7	5SY6220-7	5SY6325-7	5SY6316-7	5SY6316-7	5SY6316-7
Corriente asignada	10 A	16 A	10 A	20 A	25 A	16 A	16 A	16 A
Poder de corte	6.000 A	6.000 A	6.000 A	6.000 A	6.000 A	6.000 A	6.000 A	6.000 A
Curva de disparo	C	C	C	C	C	C	C	C
Cantidad de polos	2	2	2	2	3	3	3	3
Tensión asignada	230/400 VCA	230/400 VCA	230/400 VCA	230/400 VCA	230/400 VCA	230/400 VCA	230/400 VCA	230/400 VCA

#### Circuito iluminación de uso general 2 (IUG2)

Conductor correspondiente al circuito de iluminación interior de la zona I.

- Canalización: tubo de PVC rígido a la vista.
- Conductor: IRAM NM 247-3 2(1x1,5)+PE aislación de PVC.

#### Circuito tomacorriente de uso general 2 (TUG2)

Conductor correspondiente al circuito de tomacorriente de uso general de la zona I.

- Canalización: bandeja portacables.
- Conductor: IRAM NM 2178 1(2x2,5)+PE aislación de PVC.

#### Circuito iluminación de uso especial 2 (IUE2)

Conductor correspondiente al circuito de iluminación exterior de la zona I.

- Canalización: tubo de PVC rígido a la vista.
- Conductor: IRAM NM 247-3 2(1x1,5)+PE aislación de PVC.

#### Circuito tomacorriente de uso especial 2 (TUE2)

Conductor correspondiente al circuito de tomacorriente de uso especial de la zona I.

- Canalización: bandeja portacables.
- Conductor: IRAM NM 2178 1(2x2,5)+PE aislación de PVC.

#### Circuito de alimentación de carga única 1 (ACU1)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta una carga unitaria trifásica (soldadora MIG) en el sector de soldado de la zona I.

- Canalización: bandeja portacables.



- Conductor: IRAM NM 2178 1(3x4)+PE(4) aislación de PVC.

#### Circuito de alimentación de carga única 2 (ACU2)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta una carga unitaria trifásica (sierra sin fin) en el sector de corte de la zona I.

- Canalización: bandeja portacables.
- Conductor: IRAM NM 2178 1(3x2,5)+PE aislación de PVC.

#### Circuito de alimentación de carga única 3 (ACU3)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta una carga unitaria trifásica (extractor de aire axial) en el sector de corte de la zona I.

- Canalización: bandeja portacables.
- Conductor: IRAM NM 2178 1(3x2,5)+PE aislación de PVC.

#### Circuito de alimentación de carga única 4 (ACU4)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta una carga unitaria trifásica (extractor de aire centrífugo) en el sector de pintura de la zona I.

- Canalización: bandeja portacables.
- Conductor: IRAM NM 2178 1(3x2,5)+PE aislación de PVC.

#### Circuito seccional 3 (CS3)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta al tablero seccional 3, ubicado en zona II.

- Canalización: bandeja portacables.
- Conductor: IRAM NM 2178 1(4x16)+PE(16) aislación de PVC.

#### Tablero seccional 3 (TS3)

- Ubicación: interior del galpón (zona II).
- Emplazamiento: amurado (distante a la pared).
- Marca y modelo: Genrod, gabinete Q Energy.
- Dimensiones y características técnicas: 600 x 600 x 200 mm (3 líneas, 24 polos por línea); chapa de acero al carbono doble decapada espesor 1,6 mm, con



bisagras y cierres de material termoplástico; tapa metálica ciega; Envoltente y tapa con conexión a tierra; grado de protección IP 55 (norma IRAM 62670, IEC 60529); resistencia al impacto IK10 (norma IEC 622622, IEC 61439-1); clase II; máxima potencia disipable 114 W.

- Otras características: llevará en la parte externa de la tapa la identificación de "Tablero seccional 3" y el símbolo de "Riesgo eléctrico" (norma IRAM 10005-1). Contará con un contrafrente en el cual se identificará a que circuito pertenece cada dispositivo de maniobra y protección.
- Elementos de maniobra y protección alojados en el mismo:

<b>Interruptor termomagnético IUG3, TUG3, IUE3, TUE3, ACU5, ACU6, ACU7, ACU8</b>	
Marca	Siemens
Modelo	5SY6463-7
Corriente asignada	63 A
Poder de corte	6.000 A
Curva de disparo	C
Cantidad de polos	4
Tensión asignada	230/400 VCA

	<b>Interruptores diferenciales</b>	
	<b>IUG3, TUG3, IUE3, TUE3</b>	<b>ACU5, ACU6, ACU7, ACU8</b>
Marca	Siemens	Siemens
Modelo	5SM1344-0MB	5SM1644-0
Corriente asignada	40 A	40 A
Sensibilidad	30 mA	300 mA
Tipo	AC	AC
Cantidad de polos	4	4

	<b>Interruptores termomagnéticos</b>							
	<b>IUG3</b>	<b>TUG3</b>	<b>IUE3</b>	<b>TUE3</b>	<b>ACU5</b>	<b>ACU6</b>	<b>ACU7</b>	<b>ACU8</b>
Marca	Siemens	Siemens	Siemens	Siemens	Siemens	Siemens	Siemens	Siemens
Modelo	5SY6210-7	5SY6216-7	5SY6210-7	5SY6220-7	5SY6325-7	5SY6316-7	5SY6316-7	5SY6332-7
Corriente asignada	10 A	16 A	10 A	20 A	25 A	16 A	16 A	32 A
Poder de corte	6.000 A	6.000 A	6.000 A	6.000 A	6.000 A	6.000 A	6.000 A	6.000 A
Curva de disparo	C	C	C	C	C	C	C	C
Cantidad de polos	2	2	2	2	3	3	3	3
Tensión asignada	230/400 VCA	230/400 VCA	230/400 VCA	230/400 VCA	230/400 VCA	230/400 VCA	230/400 VCA	230/400 VCA



### Circuito iluminación de uso general 3 (IUG3)

Conductor correspondiente al circuito de iluminación interior de la zona II.

- Canalización: tubo de PVC rígido a la vista.
- Conductor: IRAM NM 247-3 2(1x1,5)+PE aislación de PVC.

### Circuito tomacorriente de uso general 3 (TUG3)

Conductor correspondiente al circuito de tomacorriente de uso general de la zona II.

- Canalización: bandeja portacables.
- Conductor: IRAM NM 2178 1(2x2,5)+PE aislación de PVC.

### Circuito iluminación de uso especial 3 (IUE3)

Conductor correspondiente al circuito de iluminación exterior de la zona II.

- Canalización: tubo de PVC rígido a la vista.
- Conductor: IRAM NM 247-3 2(1x1,5)+PE aislación de PVC.

### Circuito tomacorriente de uso especial 3 (TUE3)

Conductor correspondiente al circuito de tomacorriente de uso especial de la zona II.

- Canalización: bandeja portacables.
- Conductor: IRAM NM 2178 1(2x2,5)+PE aislación de PVC.

### Circuito de alimentación de carga única 5 (ACU5)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta una carga unitaria trifásica (soldadora MIG) en el sector de soldado de la zona II.

- Canalización: bandeja portacables.
- Conductor: IRAM NM 2178 1(3x4)+PE(4) aislación de PVC.

### Circuito de alimentación de carga única 6 (ACU6)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta una carga unitaria trifásica (equipo de aire solo frío) en el exterior del galpón en la zona II.

- Canalización: bandeja portacables.
- Conductor: IRAM NM 2178 1(3x2,5)+PE aislación de PVC.



#### Circuito de alimentación de carga única 7 (ACU7)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta una carga unitaria trifásica (extractor de aire axial) en el sector de rebabado de la zona II.

- Canalización: bandeja portacables.
- Conductor: IRAM NM 2178 1(3x2,5)+PE aislación de PVC.

#### Circuito de alimentación de carga única 8 (ACU8)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta una carga unitaria trifásica (compresor a tornillo) en el exterior del galpón en la zona II.

- Canalización: bandeja portacables.
- Conductor: IRAM NM 2178 1(3x6)+PE(6) aislación de PVC.

### **Distribución de cargas por fase**

Para lograr una distribución equilibrada de la carga en las fases en los tableros seccionales 1 (TS1), 2 (TS2) y 3 (TS3), y consecuentemente en los tableros seccional general (TSG) y tablero principal (TP), se distribuyó los circuitos en las fases de la manera que se muestra en **Tabla 1 (Circuitos de TS1) - Anexo 1, Tabla 2 (Circuitos de TS2) - Anexo 1, Tabla 3 (Circuitos de TS3) - Anexo 1 y Tabla 4 (Circuitos de TSG) - Anexo 1** donde también se detallan cantidad de bocas, potencias y corrientes.

*Nota: La distribución de los conductores en planta y sus dimensiones, como así también de los elementos de canalización se indican en **Plano 2 (Circuitos eléctricos LP; CS1; CS2; CS3) - Anexo 2, Plano 3 (Circuitos eléctricos IUG1; IUE1) - Anexo 2, Plano 4 (Circuitos eléctricos TUG1; TUE1) - Anexo 2, Plano 5 (Circuitos eléctricos IUG2; IUE2) - Anexo 2, Plano 6 (Circuitos eléctricos TUG2; TUE2; ACU1; ACU2; ACU3; ACU4) - Anexo 2, Plano 7 (Circuitos eléctricos IUG3; IUE3) - Anexo 2, Plano 8 (Circuitos eléctricos TUG3; TUE3; ACU5; ACU6; ACU7; ACU8) - Anexo 2.***



## **Memoria de cálculo**

Los cálculos eléctricos fueron hechos en base a la Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles de la A.E.A.

### **Tensión de suministro**

La reglamentación establece en su pág. 46 que cuando la carga total ( $C_T$ ) del inmueble supere los 7 kV.A o los 32 A es recomendable solicitar a la empresa distribuidora de energía un suministro trifásico para el inmueble. Sin embargo, independientemente de eso fue necesario solicitar tal suministro, ya que algunas de las máquinas que funcionan en el interior del inmueble son trifásicas.

### **Carga total del inmueble**

El cálculo de la carga total del inmueble se llevó a cabo a través de los siguientes pasos:

1. Determinación del tipo de inmueble.
2. Determinación del grado de electrificación.
3. Determinación de la cantidad de circuitos.
4. Determinación de la cantidad de puntos de utilización.
5. Cálculo de la carga total ( $C_T$ ).

#### **1. Determinación del tipo de inmueble.**

El inmueble considerado se encuentra constituido por 2 tipos de vivienda:

- El sector de oficinas corresponde a: oficinas comerciales o profesionales y locales comerciales o para actividades de servicio o similares, o para prácticas profesionales, establecidos en inmuebles proyectados originalmente para oficinas o locales, incluyendo las oficinas de establecimientos fabriles o los locales de venta anexos (pág. 31 de la reglamentación).
- El resto del inmueble (zonas I y II) corresponde a: locales destinados a depósito, transformación o elaboración de sustancias no inflamables (pág. 35 de la reglamentación).



A modo de ejemplo se realizaron los cálculos correspondientes para uno de los dos tipos de viviendas que conforman el inmueble, el sector de oficinas.

## 2. Determinación del grado de electrificación.

$$S_c \text{ (Superficie cubierta)} = 40 \text{ m}^2$$

$$S_{sc} \text{ (Superficie semicubierta)} = 0 \text{ m}^2$$

$$S_{total} = S_c + 0,5 \cdot S_{sc} \quad \text{Ecuación (1)}$$

$$S_{total} = 40 \text{ m}^2$$

La **Tabla 771.8.IV** de la pág. 32 de la reglamentación establece que el grado de electrificación que corresponde a una oficina cuya superficie es más de 30  $m^2$  hasta 75  $m^2$  es "medio", con una demanda de potencia máxima simultánea de 7,8  $kV.A$ .

## 3. Determinación de la cantidad de circuitos.

La **Tabla 771.8.V** de la pág. 32 de la reglamentación establece los números mínimos de circuitos:

Grado de electrificación	Cantidad mínima de circuitos	Tipos de circuitos					
		Variante	Iluminación uso general (IUG)	Tomacorriente uso general (TUG)	Iluminación uso especial (IUE)	Tomacorriente uso especial (TUE)	Circuito de libre elección
Mínimo	2	Única	1	1	-	-	-
Medio	3	a)	1	1	1	-	-
		b)	1	1	-	1	-
		c)	2	1	-	-	-
		d)	1	2	-	-	-
Elevado	5	Única	2	2	-	1	-
Superior	6	Única	2	2	-	1	1

**Tabla 771.8.V:** "números mínimos de circuitos"

Considerando que el grado de electrificación es "medio", se optó por utilizar 1 circuito de iluminación de uso general (IUG), 1 circuito de tomacorriente de uso general (TUG),



1 circuito de iluminación de uso especial (IUE) y 1 circuito de tomacorriente de uso especial (TUE).

#### 4. Determinación de la cantidad de puntos de utilización.

La **Tabla 771.8.VI** de la pág. 34 de la reglamentación establece los puntos mínimos de utilización para cada uno de los ambientes:

Ambiente	Grado de electrificación	Puntos mínimos de utilización		
		IUG	TUG	TUE
Despacho privado	Mínimo y Medio	1 boca	2 bocas	-
Cocina	Mínimo y Medio	1 boca	2 bocas	-
Baño	Mínimo y Medio	1 boca	1 boca	-
Pasillo	Mínimo y Medio	1 boca cada 5 m de longitud o fracción (mín. 1 boca)	1 boca cada 5 m de longitud o fracción, para pasillos de L > 2 m	-

**Tabla 771.8.VI:** "puntos mínimos de utilización"

Los puntos de utilización adoptados son los siguientes:

Ambiente	Puntos de utilización adoptados			
	IUG	TUG	IUE	TUE
Despacho privado	4 bocas	7 bocas	-	-
Cocina	1 boca	4 bocas	-	1 boca
Baño	2 bocas	1 boca	-	-
Pasillo	2 bocas	1 boca	-	-
Exterior	-	-	1 boca	-

**Tabla 5:** "puntos de utilización adoptados"

#### 5. Cálculo de la carga total ( $C_T$ ).

$$C_T = DPMS + DPMS_e \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde:

$C_T$  = carga total.

$DPMS$  = demanda de potencia máxima simultánea correspondiente al grado de electrificación.



$DPMS_e$  = demanda de potencia máxima simultánea de los circuitos dedicados a cargas específicas.

La demanda de potencia máxima simultánea correspondiente al grado de electrificación ( $DPMS$ ) se calculó sumando la potencia máxima simultánea de cada uno de los circuitos de uso general y especial correspondientes, tomando como mínimo para cada uno de ellos los valores establecidos en la **Tabla 771.9.I** (*Demanda máxima de potencia simultánea*) de la pág. 45 de la reglamentación.

Circuito	Cantidad		Potencia [V.A]		
	De bocas	De circuitos	Por boca	Por circuito	Total
IUG	9	-	150	-	1.350
TUG	-	1	-	2.200	2.200
IUE	1	-	500	-	500
TUE	-	1	-	3.300	3.300
					7.350

**Tabla 771.9.I:** "Demanda máxima de potencia simultánea"

Al resultado obtenido se le aplicó el coeficiente de simultaneidad correspondiente. La **Tabla 771.9.II** de la pág. 45 de la reglamentación establece que para un grado de electrificación "medio" el coeficiente de simultaneidad a considerar es  $C_{S\text{circ.usos generales y especiales}} = 0,9$ .

$$DPMS = 7.350 \text{ V.A} \cdot 0,9$$

$$DPMS = 6.615 \text{ V.A}$$

La demanda de potencia máxima simultánea de los circuitos dedicados a cargas específicas ( $DPMS_e$ ) se calculó sumando las potencias de los circuitos dedicados a cargas específicas, multiplicados por los coeficientes de simultaneidad correspondientes ( $C_{S\text{circ.uso específico}}$ ). Como en el sector de oficinas no hay este tipo de circuito tenemos que  $DPMS_e$  es nula.



$$DPMS_e = 0V.A$$

Por lo tanto, la carga total correspondiente al sector de oficinas es:

$$C_{T_{oficinas}} = DPMS = 6.615V.A$$

*Nota:* Procediendo de forma análoga se calculó la carga total correspondiente a la otra parte del inmueble ( $C_{T_{zonasI y II}}$ ).

$$C_{T_{zonasI y II}} = 45.517V.A$$

Finalmente se calculó la carga correspondiente a todo el inmueble ( $C_T$ ). Para eso se sumó las cargas correspondientes a cada uno de los tipos de viviendas que lo constituyen y se aplicó el coeficiente de simultaneidad para inmuebles constituidos por diferentes tipos de viviendas. La reglamentación en la **Tabla 771.9.III** de la pág. 46 establece que para un inmueble constituido por 2 a 4 diferentes tipos de viviendas y para un grado de electrificación "medio" el coeficiente de simultaneidad que corresponde es

$$C_{S_{conj.de viviendas}} = 0,9.$$

$$C_T = (C_{T_{oficinas}} + C_{T_{zonasI y II}}) \cdot C_{S_{conj.de viviendas}}$$

$$C_T = (6.615 + 45.517)V.A \cdot 0,9$$

$$C_T = 46.919V.A$$

*Nota:* Para una mejor interpretación de los datos, y para el cálculo de conductores se confeccionaron **Tabla 1** (Circuitos de TS1) - **Anexo 1**, **Tabla 2** (Circuitos de TS2) - **Anexo 1**, **Tabla 3** (Circuitos de TS3) - **Anexo 1** y **Tabla 4** (Circuitos de TSG) - **Anexo 1**, donde se puede ver no solo la distribución adoptada de los circuitos por fase, sino que también se detallan potencias, corrientes, coeficientes empleados y conductores seleccionados.



## Cálculo de conductores

El cálculo de conductores se llevó a cabo a través de los siguientes pasos:

1. Determinación de la corriente de proyecto ( $I_B$ ).
2. Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible ( $I_Z$ ).
3. Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección ( $I_n$ ).
4. Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga.
5. Determinación de la corriente de cortocircuito máxima ( $I''_k$ ).
6. Verificación de máxima exigencia térmica.
7. Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito ( $I_{k\text{ mín}}$ ).
8. Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito.

A modo de ejemplo se calculó uno de los circuitos presentes en el inmueble, el circuito seccional general (CSG).

### Cálculo del circuito seccional general (CSG)

#### 1. Determinación de la corriente de proyecto ( $I_B$ ).

Para el dimensionado de este conductor se consideró la corriente máxima por fase, sacada de **Tabla 4** (*Circuitos de TSG*).

$$I_B = 72,74 \text{ A} \approx 73 \text{ A}$$

#### 2. Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible ( $I_Z$ ).

Canalización: directamente enterrado.

Temperatura del suelo = 25 °C

Cantidad de circuitos = 1

$$I_Z \geq I_B$$

$$I_Z' = \frac{I_B}{f_{ts} \cdot f_{rt}} \quad \text{Ecuación (3)}$$



$f_{ts} = 1$  (Factor de corrección para temperaturas del suelo distinta de 25 °C para cables enterrados, independientemente de la forma de instalación) (pág. 108 de la reglamentación).

$f_{rt} = 0,85$  (Factor de corrección para resistividades térmicas del terreno diferentes de 1 K.m/W a aplicar sobre los valores de intensidades de corrientes admisibles para cables directamente enterrados) (pág. 108 de la reglamentación).

$$I'_z = 86 A$$

Se selecciona el conductor IRAM NM 2178 con aislación de PVC.

De pág. 104 de la reglamentación se seleccionó  $I_z = 95 A$ , que corresponde a un conductor de cobre de sección  $S = 16 \text{ mm}^2$ . Se verificó que conductor cumple con la sección mínima permitida, establecida en pág. 89 de la reglamentación.

Por lo tanto la corriente máxima admisible será de:

$$I_z = 95 A \cdot 1 \cdot 0,85 = 81 A$$

### **3. Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección ( $I_n$ ).**

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$73 A \leq I_n \leq 95 A$$

Del catálogo general de productos Siemens se seleccionó un interruptor diferencial y un interruptor termomagnético de las siguientes características:

<b>Interruptor termomagnético CSG</b>	
Marca	Siemens
Modelo	5SP4480-7
Corriente asignada	80 A
Poder de corte	10.000 A
Curva de disparo	C
Cantidad de polos	4
Tensión asignada	230/400 VCA



#### **4. Verificación de actuación de la protección por sobrecarga.**

Se debe verificar  $I_2 \leq 1,45 \cdot I_n$

Donde  $I_2 = 1,45 \cdot I_n$  es la intensidad de corriente de disparo seguro de la protección contra sobrecarga.

Es decir, se debe verificar  $1,45 \cdot I_n \leq 1,45 \cdot I_Z$

Como  $I_B \leq I_n \leq I_Z$  entonces  $1,45 \cdot I_n \leq 1,45 \cdot I_Z$  se verifica siempre.

#### **5. Determinación de la corriente de cortocircuito máxima ( $I''_k$ ).**

Subestación transformadora:

- S (potencia aparente) = 160 kV.A
- $U = 13,2 / 0,400 - 0,230$  kV
- $U_{cc}$  (caída de tensión por cortocircuito) = 4 %

Línea de alimentación de la distribuidora:

- Conductor IRAM NM 2263 4(1x95)
- l (longitud) = 7 m

Línea principal (LP):

- Conductor: IRAM NM 247-3 4(1x16)
- l (longitud) = 1 m

*Nota: La canalización de la línea principal es a través de tubo rígido de PVC, por eso se adoptó el conductor IRAM NM 247-3. Debido a la corta longitud de la línea es que se decidió adoptar la misma dimensión que para el conductor del CSG.*

Circuito seccional general (CSG):

- l (longitud) = 20 m

Se calculó el valor de la máxima corriente presunta de cortocircuito para el transformador de distribución.



$$S_k'' = \frac{160 \text{ kV.A} \cdot 100}{4} = 4000 \text{ kV.A}$$

$$I_{kT}'' = \frac{4.000 \text{ kV.A}}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV.A}} = 5.940 \text{ A}$$

Con  $I_{kT}''$  y la longitud de la línea de distribución, de la tabla de pág. 226 de la reglamentación se obtuvo la corriente de cortocircuito aguas abajo, es decir en bornes del medidor (M).

$$I_{kM}'' = 4.804 \text{ A}$$

Con  $I_{kM}''$  y la longitud de la línea principal, de la tabla de pág. 229 de la reglamentación se obtuvo la corriente de cortocircuito aguas abajo, es decir en bornes del tablero principal (TP).

$$I_{kTP}'' = 4.721 \text{ A}$$

Se determinó la impedancia del conductor de preensamblado a través de la siguiente expresión matemática:

$$Z_k = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot I_k} \quad \text{Ecuación (4)}$$

Donde:

$c$  = factor de tensión ( $c = 1,05$  en el punto de falla).

$U_n$  = tensión nominal del sistema en el punto de falla.

$Z_k$  = impedancia de cortocircuito en valor absoluto (en circuitos trifásicos).

$I_k''$  = intensidad de la corriente de cortocircuito.

Por ser línea de baja tensión y conductor preensamblado se consideró  $Z_{ant} \approx R_{ant}$ .



$$Z_{ant} = \frac{380V}{\sqrt{3} \cdot 4.721A} = 0,0465 \Omega$$

Se calculó la resistencia de la línea principal (LP):

De la tabla de conductores se sacaron los siguientes datos:  $R_{16-20^{\circ}C} = 1,16 \frac{\Omega}{km}$ ;

$$\alpha_{Cu} = 0,00393 \frac{1}{^{\circ}C}.$$

$$R_{16-40^{\circ}C} = R_{16-20^{\circ}C} \cdot (1 + \alpha_{Cu} \cdot (T_{40^{\circ}C} - 20^{\circ}C))$$

$$R_{16-40^{\circ}C} = 1,16 \frac{\Omega}{km} \cdot (1 + 0,00393 \frac{1}{^{\circ}C} \cdot (40^{\circ}C - 20^{\circ}C)) = 1,25 \frac{\Omega}{km}$$

$$R_{LP} = R_{16-40^{\circ}C} \cdot l$$

$$R_{LP} = 1,25 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,001 km = 0,00125 \Omega$$

Se calculó la impedancia hasta el tablero principal (TP):

$$Z_{TP} = Z_{ant} + R_{LP}$$

$$Z_{TP} = 0,0465 \Omega + 0,00125 \Omega = 0,0477 \Omega$$

Se calculó la corriente de cortocircuito en bornes del tablero principal (TP) empleando

**Ecuación (4):**

$$I''_{kTP} = \frac{380V}{\sqrt{3} \cdot 0,0477 \Omega} = 4.597 A$$

Se calculó la resistencia del circuito seccional general (CSG):

De la tabla de conductores se sacó el siguiente dato:  $R_{16-20^{\circ}C} = 1,16 \frac{\Omega}{km}$

$$R_{CSG} = R_{16-20^{\circ}C} \cdot l$$



$$R_{CSG} = 1,16 \frac{\Omega}{km} \cdot 0,020 km = 0,0237 \Omega$$

Se calculó la impedancia hasta el tablero seccional general (TSG):

$$Z_{TSG} = Z_{ant} + R_{LP} + R_{CSG}$$

$$Z_{TSG} = 0,0465 \Omega + 0,00125 \Omega + 0,0237 \Omega = 0,0714 \Omega$$

Se calculó la corriente de cortocircuito en bornes del tablero seccional general (TSG) empleando **Ecuación (4)**:

$$I''_{kTSG} = \frac{380V}{\sqrt{3} \cdot 0,0714 \Omega} = 3.073 A$$

Finalmente se verificó que la capacidad de corte del dispositivo de protección seleccionado (interruptor termomagnético) sea mayor a la máxima corriente de cortocircuito presunta (producida en el punto donde dispositivo de protección está instalado):

$$3.073 A \leq 10.000 A \quad \text{VERIFICA}$$

## **6. Verificación por máxima exigencia térmica.**

Para garantizar la protección de los conductores, para dispositivos de protección con tiempo de apertura inferior a 0,1 s, se debió verificar la siguiente condición (pág. 135 de la reglamentación):

$$k^2 \cdot S^2 \geq I_{cc}^2 \cdot t \quad \text{Ecuación (5)}$$

Donde:

$k$  = factor que toma en cuenta la resistividad, el coeficiente de temperatura y la capacidad térmica volumétrica del conductor, y las temperaturas inicial y final del mismo (de **Tabla 771.19.II**, pág. 136 de la reglamentación).

$S$  = sección nominal del conductor [ $mm^2$ ].



$I_{cc}^2 \cdot t$  = máxima energía específica pasante aguas abajo del dispositivo de protección  
[ $A^2 s$ ]. Valor dado por el fabricante.

$$115^2 \cdot (16 \text{ mm}^2)^2 \geq 160.000 A^2 s$$

$$3.385.600 \text{ mm}^4 \geq 160.000 A^2 s \quad \text{VERIFICA}$$

### **7. Verificación de la actuación de protección por corriente mínima de cortocircuito ( $I''_{k \text{ mín}}$ ).**

Para garantizar la protección de los conductores también se debió verificar que la corriente de cortocircuito mínima sea suficiente para que el dispositivo de protección desconecte en forma instantánea. Para eso se debió verificar:

$$10 \cdot I_n < I''_{k \text{ mín}}$$

Donde:

$I_n$  = intensidad de la corriente asignada del dispositivo de protección contra las sobrecargas y los cortocircuitos [A].

$I''_{k \text{ mín}}$  = intensidad mínima de la corriente de cortocircuito [A].

$$10 \cdot 80 A \leq 3.073 A$$

$$800 A \leq 3.073 A \quad \text{VERIFICA}$$

### **8. Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito.**

En pág. 89 de la reglamentación se establece que la caída de tensión en los circuitos seccionales de ninguna manera puede exceder del 1 %.

La caída de tensión se puede calcular en forma aproximada mediante la siguiente expresión matemática (pág. 141 de la reglamentación):

$$\Delta U = k \cdot I \cdot L (R \cos \varphi + X \text{ sen } \varphi) \quad \text{Ecuación (6)}$$



Donde:

$\Delta U$  = caída de tensión.

$k$  = constante ( $k = 2$  para sistemas monofásicos y bifásicos;  $k = \sqrt{3}$  para sistemas trifásicos).

$I$  = intensidad de la corriente de línea [A].

$L$  = longitud del circuito (distancia que separa los dos puntos entre los cuales se calcula la caída de tensión) [km].

$R$  = resistencia eléctrica efectiva del conductor a la temperatura de servicio [ $\frac{\Omega}{km}$ ].

$X$  = reactancia de los conductores [ $\frac{\Omega}{km}$ ].

$\varphi$  = ángulo de desfasaje entre la tensión y la corriente.

$\cos \varphi$  = factor de potencia.

Del punto 1 (*Determinación de la corriente de proyecto  $I_B$* ) se tiene que  $I = 73$  A.

En el punto 5 (*Determinación de la corriente de cortocircuito máxima  $I_k''$* ) se dijo que  $L = 20$  m.

Para el cálculo de  $R$  se consideró la máxima temperatura posible para el conductor. De pág. 93 de la reglamentación se tiene que la temperatura máxima admisible para un conductor con aislación de PVC es  $70$  °C.

De la tabla de conductores se sacaron los siguientes datos:  $R_{16-20^\circ C} = 1,16 \frac{\Omega}{km}$ ;

$$\alpha_{Cu} = 0,00393 \frac{1}{^\circ C}.$$

$$R_{16-70^\circ C} = R_{25-20^\circ C} \cdot (1 + \alpha_{Cu} \cdot (T_{70^\circ C} - 20^\circ C))$$

$$R_{16-70^\circ C} = 1,16 \frac{\Omega}{km} \cdot (1 + 0,00393 \frac{1}{^\circ C} \cdot (70^\circ C - 20^\circ C)) = 1,39 \frac{\Omega}{km}$$



El factor de potencia depende fundamentalmente de la carga conectada. A falta de valores precisos y teniendo en cuenta lo establecido en pág. 141 de la reglamentación se consideró  $\cos \varphi = 0,8$  y  $\sin \varphi \approx 0$ .

Luego

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 73 \text{ A} \cdot 0,02 \text{ km} \left( 1,39 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 0,8 \right)$$

$$\Delta U = 2,8 \text{ V} < 3,8 \text{ V} \quad \text{VERIFICA}$$

Teniendo en cuenta que la sección del conductor que verificó los puntos anteriores es  $S = 16 \text{ mm}^2$ , de la **Tabla 771.18.III** de la pág. 127 de la reglamentación se obtuvo la dimensión del conductor de protección de puesta a tierra:  $16 \text{ mm}^2$ .

Por lo tanto el conductor seleccionado es el IRAM 2178 1(4x16)+PE(16) aislación de PVC.

*Nota: Procediendo de forma análoga se dimensionó los conductores de todos los circuitos presentes en el inmueble.*



# **Anexo 1**

## **(Tablas)**



# **Anexo 2**

## **(Planos)**



# **Anexo 3**

## **(Software Relux)**



## **Bibliografía**

1. American Society for Testing and Materials. (Ed.). (1989). *Conformado de tubos*. (ASTM A53).
2. Asociación Electrotécnica Argentina. (Ed.). (2006). *Reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles*. (AEA 90364-7-771). Buenos Aires: AEA.
3. Baschuk, B. J. / Vaimberg, J. D. (Ed.). (1984). *Criterios de predimensionado y métodos de cálculo de iluminación*. Buenos Aires: Cámara Argentina del libro.
4. Ente Nacional Regulador del Gas. (Ed.). (1989). *Disposiciones y normas para la ejecución de instalaciones domiciliarias de gas dispuestas por ENARGAS*. Buenos Aires: ENARGAS.
5. Fernández, C. (Ed.). (1960). *Manual de Luminotecnia*. Buenos Aires: Westinghouse.
6. Genrod S.A. (2015). *Cajas para térmicas DIN Q Energy*. Recuperado de [http://www.genrod.com.ar/productos/09\\_cajas\\_qenergy/02\\_catalogo/Cat\\_QEnergy.pdf](http://www.genrod.com.ar/productos/09_cajas_qenergy/02_catalogo/Cat_QEnergy.pdf)
7. Genrod S.A. (2015). *Sistema tubelectric, tubos y accesorios para instalaciones eléctricas*. Recuperado de [http://www.genrod.com.ar/productos/13\\_tubelectric/02\\_catalogo/tubelectric.pdf](http://www.genrod.com.ar/productos/13_tubelectric/02_catalogo/tubelectric.pdf)
8. Industria Metalúrgica Sud Americana S.A. (Ed.). (2003). *Manual de Cables eléctricos*. Buenos Aires: Fontana Diseño.
9. Kaeser compresores de argentina S.R.L. (2015). *Compresores de tornillo serie SK*. Recuperado de <http://ar.kaeser.com/Images/P-651-10-AR-tcm68-6761.pdf>
10. Kaeser compresores de argentina S.R.L. (2015). *Secadores refrigerativos serie H*. Recuperado de <http://ar.kaeser.com/Images/LAHSERIES-tcm68-22282.pdf>
11. Kaeser compresores de argentina S.R.L. (2015). *Tanques de almacenamiento de aire comprimido*. Recuperado de <http://ar.kaeser.com/Images/P-755-AR-tcm68-7411.pdf>
12. Llobera, R. R. (Ed.). (1982). *Tratado General de Gas alta, media, baja presión*. Buenos Aires: Cesarini Hnos.



13. Quadri, N. (Ed.). (1999). *Manual de aire acondicionado y calefacción*. Buenos Aires: Alsina.
14. Refrimatica S.R.L. (2015). *Calefacción por tubo radiante a gas*. Recuperado de <http://www.refrimatica.com.ar/?equipos-calefaccion-10-Tubo-Radiante.html>
15. Schneider Electric España S.A. (2015). *Bandejas portacables*. Recuperado de [http://download.schneider-electric.com/files?p\\_File\\_Id=28889252&p\\_File\\_Name=ESMKT02024A12-sist-instal\\_Bandejas-portacables\(lite\).pdf](http://download.schneider-electric.com/files?p_File_Id=28889252&p_File_Name=ESMKT02024A12-sist-instal_Bandejas-portacables(lite).pdf)
16. Siemens S.A. (2015). *Catálogo general de productos*. Recuperado de [http://www.industry.siemens.com/home/aan/es/argentina/Documents/CatalogoProductosSiemens\\_MAY2015.pdf](http://www.industry.siemens.com/home/aan/es/argentina/Documents/CatalogoProductosSiemens_MAY2015.pdf)
17. Surrey S.A. (2015). *Lista de precios 001 - 2013, equipos residenciales - light commercial - commercial - sistemas VRF*. Recuperado de <http://www.surrey.com.ar/productos/medianos/index>