

FACULTAD DE INGENIERÍA

Práctica Profesional Supervisada

Diseño y seguimiento de instalaciones industriales para fábrica
de ensamblado de luminarias led

Carrera:
Ingeniería Industrial

Alumnos: Clemengo, Carlos Torre, Genaro

Legajo: 4445 4559

DNI: 33.222.340 33.454.636

E-Mail: clemengocarlos@gmail.com genaro_torre@outlook.com

Celular: (02302) 15551825 (02302) 15567631

Tutor:
Ing. Cuello, Luis

Índice

<i>1 - MEMORIA DESCRIPTIVA GENERAL</i>	4
1.1 –Recopilación de información	4
1.1.1 - <i>Producto</i>	5
1.1.2 - <i>Lay – Out</i>	5
1.1.3 - <i>Proceso Productivo</i>	6
<i>2 - INSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO</i>	7
2.1 - MEMORIA DESCRIPTIVA.....	8
2.2 - MEMORIA TÉCNICA.....	9
2.2.1 - <i>Equipo De Refrigeración</i>	10
2.2.2 - <i>Conducto De Refrigeración</i>	10
2.2.3 - <i>Difusores De Impulsión</i>	12
2.2.4 - <i>Rejillas De Retorno</i>	12
2.3 - MEMORIA DE CÁLCULO.....	13
2.3.1 - <i>Cálculo De Las Cargas Externas</i>	26
2.3.2 - <i>Calculo De Las Cargas Internas</i>	30
2.3.3 - <i>Calculo Del Caudal De Aire A Impulsar Al Local</i>	34
2.3.4 - <i>Ganancia De Calor Del Equipo Por El Aire Exterior</i>	34
2.3.5 - <i>Selección Del Equipo Y Dimensionamiento De Elementos</i>	37
2.3.6 - <i>Verificación Con El Ábaco Psicométrico</i>	41
<i>3 - INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO</i>	46

3.1 - MEMORIA DESCRIPTIVA.....	47
3.2 - MEMORIA TÉCNICA.....	48
3.3 - MEMORIA DE CÁLCULO.....	55
3.3.1 - <i>Determinación del Caudal de Aire Consumido</i>	60
3.3.2 - <i>Determinación de diámetros de cañerías</i>	61
3.3.3 - <i>Verificación de la cañería de servicio</i>	65
3.3.4 - <i>Selección del Compresor</i>	65
3.3.5 - <i>Cálculo y selección del Depósito de Aire Comprimido</i>	66
3.3.6 - <i>Cálculo de Condensado</i>	68
4 - <i>INSTALACIÓN ELÉCTRICA</i>	71
4.1 - MEMORIA DESCRIPTIVA.....	72
4.2 - MEMORIA TÉCNICA.....	73
4.3 - MEMORIA DE CÁLCULO.....	76
4.3.1 - <i>Determinación del grado de electrificación del inmueble</i>	76
4.3.1.1 – Local.....	76
4.3.2 - <i>SELECCIÓN DE CONDUCTORES Y DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN</i>	83
4.3.2.1 – Líneas Principales.....	83
4.3.2.2 – Tableros Seccionales.....	88
4.3.2.3 – Circuitos Terminales.....	106
4.3.3 - <i>CANALIZACIONES</i>	149
4.3.3.1 – Circuitos Principales:.....	149

4.3.3.2 – Circuitos Seccionales:	149
4.3.3.3 – Circuitos Terminales:	151
4.3.4 - <i>TABLEROS</i>	152
4.3.4.1 – Cálculo del Tablero Principal 1	152
4.3.5- <i>ILUMINACIÓN</i>	165
4.3.6 - <i>OTROS SERVICIOS</i>	166
4.3.7 - <i>ESTIMACIÓN DE MATERIALES</i>	166
5 - <i>SALIDAS DE EMERGENCIA, CARGA DE FUEGO Y EPP</i>	169
5.1 - MEMORIA DESCRIPTIVA	170
5.2 - MEMORIA TÉCNICA.....	171
5.3 - MEMORIA DE CÁLCULO	172
5.3.1 - <i>Determinación del ancho de salida y cantidad de puertas</i>	177
5.3.2 - <i>Determinación de la carga de fuego y los extintores necesarios</i>	179
5.3.3 - <i>Determinación del equipo de Protección Personal (EPP)</i>	183
5.3.4 - <i>Determinación del nivel de iluminación</i>	184
6 – <i>SEGUIMIENTO DE IMPLEMENTACIÓN DE OBRA</i>	185
7 - <i>ANEXOS</i>	188

1 - MEMORIA DESCRIPTIVA GENERAL

Se propone realizar un Proyecto bajo la modalidad de Práctica Profesional Supervisada (PPS), para la empresa Tecnología e Inversiones S.A. que se radicará en el predio de la Zona Franca de General Pico, La Pampa.

La necesidad de llevar a cabo este proyecto, surge a partir de los requerimientos de la empresa de montar una planta fabril, destinada al proceso de ensamblado de luminarias led.

Para la puesta en funcionamiento de la planta se realizó el cálculo y diseño de las instalaciones industriales (instalaciones eléctricas, aire acondicionado y aire comprimido). Además de atender tareas de implementación de las medidas necesarias para cumplir con las normas vigentes de Seguridad e Higiene (debiéndose para ello diseñar, calcular y seleccionar diversos elementos o dispositivos de seguridad), estableciéndose los protocolos de trabajo seguro para los distintos procesos de fabricación.

Lográndose de este modo cumplir con los requisitos necesarios para la puesta en marcha del proceso de ensamblado de luminarias led.

1.1 –Recopilación de información

Los criterios para el Cálculo y Diseño de las instalaciones industriales se basaron en relación a la información proporcionada por la empresa, en relación a:

- Producto
- Lay-Out
- Proceso Productivo

1.1.1 - Producto

Luminarias LED modulares de alumbrado público, compuesto por:

- ✓ Cubierta de aluminio inyectado, diseño delgado, resistente a la corrosión, con pintura de poliéster en polvo.
- ✓ Sistema “*tool-less*” que facilita el mantenimiento y la instalación sin la utilización de herramientas.
- ✓ Fuente de alimentación con protección IP 65, arranque suave y baja distorsión armónica.
- ✓ Módulo LED CREE con larga vida útil (75.000 horas)
- ✓ Potencia de 100 a 380 Watt según modelo de 2 a 7 módulos LED.



1.1.2 - Lay – Out

La planta fabril está compuesta por:

- ✓ Sector de oficinas
- ✓ Sector de producción
- ✓ Sala de máquinas

- ✓ Sanitarios.

El lay-out otorgado por la empresa contempla:

- ✓ Disposición de los puestos de trabajo: 13 mesas de trabajo móviles, cada una con sus respectivas protecciones eléctricas.
- ✓ Bancos de calidad: 6 bancos de calidad para prueba de 24 horas del 50% de la producción.
- ✓ Sector de insumos: cuenta con estanterías para almacén de cada uno de los insumos.
- ✓ Sector producto terminado: área para estiba de producto terminado.
- ✓ Flujo de materiales: Secuencia de transformación desde el almacén de insumos al área de producto terminado.

El Lay-Out se detalla en el Plano N° 1 del Anexo.

1.1.3 - Proceso Productivo

En base a la hoja de proceso suministrada por la empresa, se relevaron:

- ✓ Puestos de trabajo: sector de montaje, de control de calidad y embalaje.
- ✓ Máquinas y herramientas necesarias para el proceso productivo: características atornilladores eléctricos y/o neumáticos.
- ✓ Impacto que el proceso genera sobre la salud y seguridad ocupacional.

Las Hojas de Proceso se detallan en el Anexo Hoja de Proceso.

2 - INSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO

2.1 - MEMORIA DESCRIPTIVA

En el siguiente proyecto se detalla el cálculo y diseño del sistema de acondicionamiento de aire de un edificio destinado al ensamblado de luminarias led y una oficina de administración, el cual tiene las siguientes dimensiones

- Ancho: 6 m
- Largo: 30,2 m

Resultando así una superficie cubierta de 181,2 m² aproximadamente.

El mismo estará ocupado con 4 escritorios cada uno con una pc y 13 bancos de trabajo en los cuales se desempeñaran 22 personas en forma intermitente, además consta de 1 heladeras con freezer.

Este cuenta con tres ventanas laterales hacia el lado Este, una hacia el Sur y tres hacia el Norte. Así también posee una puerta de doble hoja hacia el lado Este y una común hacia el Sur. Hacia el Oeste dicha planta es lindera con una fábrica acondicionada destinada para producción de indumentaria. Lo dicho anteriormente puede observarse mejor en el plano adjunto N° 2.

2.2 - MEMORIA TÉCNICA

En el siguiente trabajo se realizó el acondicionamiento de aire en verano, de un local utilizado para el ensamblado de luminarias led, junto con oficinas administrativas. El mismo estará ocupado por 22 personas que trabajaran en forma intermitente durante el transcurso del día, ya que se trabajará entre 8 y 16 horas de cada día, de lunes a viernes.

El acondicionamiento de aire se realizará mediante la instalación de dos equipos de aire acondicionado, los cuales estarán colocados uno a cada lado de los laterales de la instalación y por sobre la azotea del mismo.

Para la distribución del aire se utilizara un conducto interior, aéreo entre el cielorraso y el techo del edificio, por cuestiones de diseño y estética. El mismo será de sección variable, según el caudal que maneje cada tramo.

Los difusores de distribución del aire serán 10 para el equipo 1 y 8 para el equipo 2, colocadas de a pares y en forma simétrica en los laterales del tubo de distribución. Su dimensionamiento se realizó teniendo en cuenta el caudal que debe impulsar y la distancia a la que debe llegar el aire.

El retorno de aire se realizara mediante el uso de cañerías con rejillas de retorno distribuidas una cada 2 difusores. Para reducir el ingreso de suciedad al sistema se utilizaran filtros anexados al propio equipo para evitar el ingreso de suciedad al sistema. Estas conectaran directamente el ambiente con el equipo de refrigeración.

Por todo lo expuesto, y como resultado de los cálculos y selecciones, los elementos a colocar serán:



2.2.1 - Equipo De Refrigeración

- Marca: SURREY
- Sistema: Rooftop ecológico frio solo
- Modelo: 564AZS072E---SC
- Capacidad Nominal: 6 TR (cada equipo)
- Tensión: 380 V, 50 Hz
- Dimensiones
 - Largo: 1023 mm
 - Ancho: 1124 mm
 - Alto: 1388 mm
- Peso: 270 kg

Este tipo de aparato es apto para climatización central por conductos, con el mínimo impacto estético. Son de instalación muy simple, en una sola unidad para alojar tanto en el techo o piso. Poseen máxima resistencia a la corrosión ya que su gabinete es de acero galvanizado con pintura poliéster en polvo horneada.

2.2.2 - Conducto De Refrigeración

Este será de chapa de acero galvanizada, directamente suspendido entre el cielorraso y el techo del local. El mismo tendrá sección variable determinada por el caudal que maneja cada tramo, siendo dicha sección rectangular.

En las siguientes tablas se detallan las secciones necesarias para cada tramo y cada equipo:

Equipo 1

Tramo	Dim. Equivalente (cm)
A ₁ -B ₁	50x40
B ₁ -C ₁	30x25
C ₁ -D ₁	25x20
B ₁ -E ₁	40x30
E ₁ -F ₁	30x25
F ₁ -G ₁	25x20

Equipo 2

Tramo	Dim. Equivalente (cm)
A ₂ -B ₂	50x40
B ₂ -C ₂	40x30
C ₂ -D ₂	25x20
B ₂ -E ₂	40x30
E ₂ -F ₂	25x20

2.2.3 - Difusores De Impulsión

Los difusores seleccionados, a partir de todas las consideraciones que se realizaron, presentan las siguientes características:

Difusor equipo 1

- Caudal = $5,6 \text{ m}^3/\text{min}$
- Alcance = 1,8 m
- Dimensiones = 300 x 300 cm (ancho x alto)
- Velocidad = 390 m/min
- Caída de presión = 2,8 mm ca.

Difusor equipo 2

- Caudal = $6,3 \text{ m}^3/\text{min}$
- Alcance = 1,8 m
- Dimensiones = 350 x 350 cm (ancho x alto)
- Velocidad = 355 m/min
- Caída de presión = 2,3 mm ca.

2.2.4 - Rejillas De Retorno

Se determinó colocar 5 rejillas de retorno para el equipo 1, siendo que cada una tendrá una sección de $0,067 \text{ m}^2$, por lo que las dimensiones de cada una serán aproximadamente de 0,25 m x 0,3 m.

Para el equipo 2 se decidió colocar 4 rejillas de retorno, cada una con una sección de $0,083 \text{ m}^2$, por lo que las dimensiones de cada una serán aproximadamente de 0,3 m x 0,3 m, siendo las mismas de sección rectangular y estando ubicadas entre el cielorraso y el techo.

2.3 - MEMORIA DE CÁLCULO

A continuación se detallan todas las formulas, tablas y gráficos utilizados en la determinación de cada uno de los ítems considerados.

Formulas

$$1) \quad Q = K \cdot A \cdot (t_e - t_i)$$

Q : Cantidad de calor que gana el elemento considerado en verano (kcal/h)

K : Coeficiente de transmitancia total (kcal/h.m².°C)

A : Área transversal del elemento (m²)

t_e : Temperatura del aire exterior (°C)

t_i : Temperatura del aire interior (°C)

$$2) \quad Q_s = A \cdot I \cdot c$$

Q_s : Cantidad de calor por radiación solar (kcal/h)

A : Área expuesta al sol (m²)

I : Intensidad de radiación solar (kcal/h.m²)

c : Coeficiente de corrección, teniendo en cuenta la protección que tiene la ventana.

$$3) \quad Q_T = Q_t + Q_s$$

Q_T : Cantidad de calor total que pasa (kcal/h)

Q_t : Cantidad de calor por transmisión (kcal/h) (se calcula a partir de la formula 1)

Q_s : Cantidad de calor por radiación solar (kcal/h)

$$4) \quad C = \frac{Q_{sl}}{17 \cdot (t_a - t_l)}$$

C : Caudal de aire en circulación (m^3/min)

Q_{sl} : Total de calor sensible en el interior del local (kcal/h)

t_a : Temperatura del aire del local ($^{\circ}C$)

t_l : Temperatura del aire de impulsión al local por el equipo de aire acondicionado ($^{\circ}C$)

$$5) \quad Q_{sae} = 17 \cdot C_a \cdot (t_e - t_i)$$

Q_{sae} : Calor sensible del aire exterior (kcal/h)

C_a : Caudal de aire que penetra en el sistema (m^3/min)

t_e : Temperatura del aire exterior ($^{\circ}C$)

t_i : Temperatura del aire interior ($^{\circ}C$)

$$6) \quad Q_{lae} = 42 \cdot C_a \cdot (h_{e_e} - h_{e_i})$$

Q_{lae} : Calor latente del aire exterior (kcal/h)

C_a : Caudal de aire que penetra en el sistema (m^3/min)

h_{e_e} : Humedad específica del aire exterior ($^\circ\text{C}$)

h_{e_i} : Humedad específica del aire interior ($^\circ\text{C}$)

7)
$$A = \frac{C}{V}$$

A : Sección transversal de la reja (m^2)

C : Caudal circulatorio (m^3/min)

V : Velocidad de circulación (m/min)

8)
$$C_a = a \cdot C$$

C_a : Caudal de aire nuevo (m^3/min)

a : Porcentaje del caudal de aire total recirculado en el sistema de acondicionamiento (%)

C : Caudal de aire en circulación (m^3/min)

Tablas

<i>Localidad</i>	<i>Verano Temperatura (°C)</i>	<i>HR (%)</i>	<i>Invierno Temperatura (°C)</i>	<i>HR (%)</i>
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 N°1 - Condiciones de diseño exterior en invierno y verano

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 _{BS} (°C)	-5	-4	-3	-1	0	0	0	-1	-3	-4	-5	
	H _R (%)	10	10	5	5	0	0	0	5	5	10	10	
8	T _{BS} (°C)	-8	-7	-5	-3	0	0	0	-1	-3	-5	-8	
	H _R (%)	20	15	10	5	0	0	0	5	5	10	20	
11	T _{BS} (°C)	-10	-8	-5	-3	0	0	0	-2	-4	-6	-9	
	H _R (%)	30	20	10	5	0	0	0	5	10	15	20	
14	T _{BS} (°C)	-13	-9	-5	-3	0	0	0	-2	-5	-8	-12	
	H _R (%)	40	30	10	5	0	0	0	5	10	20	30	
17	T _{BS} (°C)	-15	-10	-7	-3	0	0	0	-2	-7	-10	-13	
	H _R (%)	40	30	15	5	0	0	0	5	15	30	40	
19	T _{BS} (°C)	-17	-12	-8	-4	0	0	0	-3	-7	-10	-13	
	H _R (%)	40	30	20	10	0	0	0	5	15	30	40	
22	T _{BS} (°C)	-19	-13	-9	-4	0	0	0	-4	-8	-12	-15	
	H _R (%)	40	35	20	10	0	0	0	10	20	30	40	

Tabla N°2 - Corrección de temperaturas exteriores y humedad relativa

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	8	11	12	13	12	12	11	10	10	10	10						
	O	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	8	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	26	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	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 N°3 - Diferencia equivalente de Temperatura (°C)

<i>Hora</i>	<i>SE</i>	<i>E</i>	<i>NE</i>	<i>N</i>	<i>NO</i>	<i>O</i>	<i>SO</i>	<i>S</i>	<i>Horiz.</i>
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	36	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 N° 4 - Coeficientes de efecto solar para 35° latitud sur

<i>Tipo</i>	<i>Coefficiente C</i>
— 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 N° 5 - Coeficiente de protección

<i>Grado de actividad</i>	<i>Kilocalorías/hora</i>	
	<i>Sensible</i>	<i>Latente</i>
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 N° 6 - Disipación de calor de personas, según grado de actividad.

<i>Ganancia de calor como % del calor sensible por transmisión y efecto solar</i>	<i>% de calor sensible a agregar</i>	
	<i>Sin aislar</i>	<i>Aislado con 50 mm de lana mineral</i>
1) Tendidos largos de 30 a 100 metros en áticos a 35°, que transportan de 18 a 180 m ³ /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 N° 7 - Ganancia de calor de conductos

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

Tabla N° 8 - Porcentaje de aire total recirculado

Personas que fuman normalmente, según el tipo de locales

Lugares de trabajo en general	0,5
Restaurants 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	1,5
Teatros, cines, auditorios	0,6

Tabla Nº 9 – Requerimientos de aire nuevo mínimos (m^3/min persona)

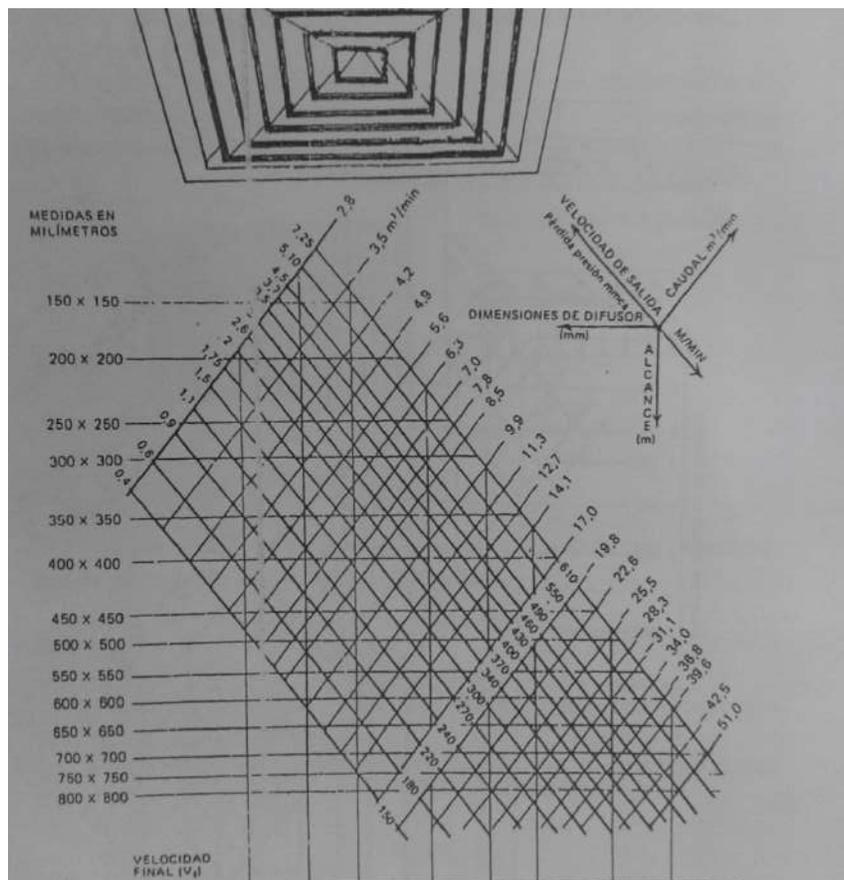


Tabla Nº 10 Selección difusores de inyección

- 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 N° 11- Velocidad de descarga de aire en conductos principales

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 N° 12 - Velocidad de pasaje de aire en rejillas de retorno

Gráficos

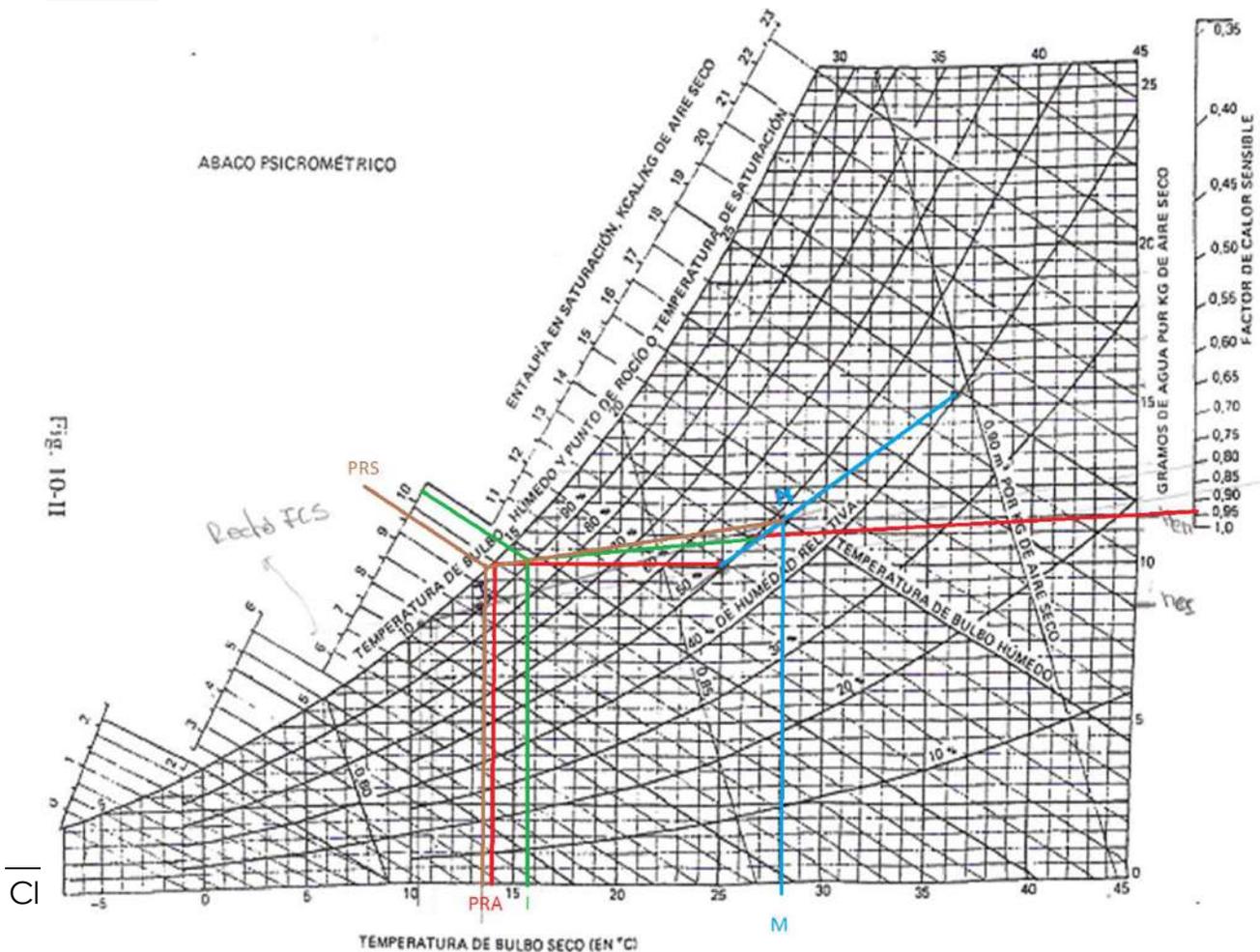


Gráfico N° 1 – Abaco Psicométrico

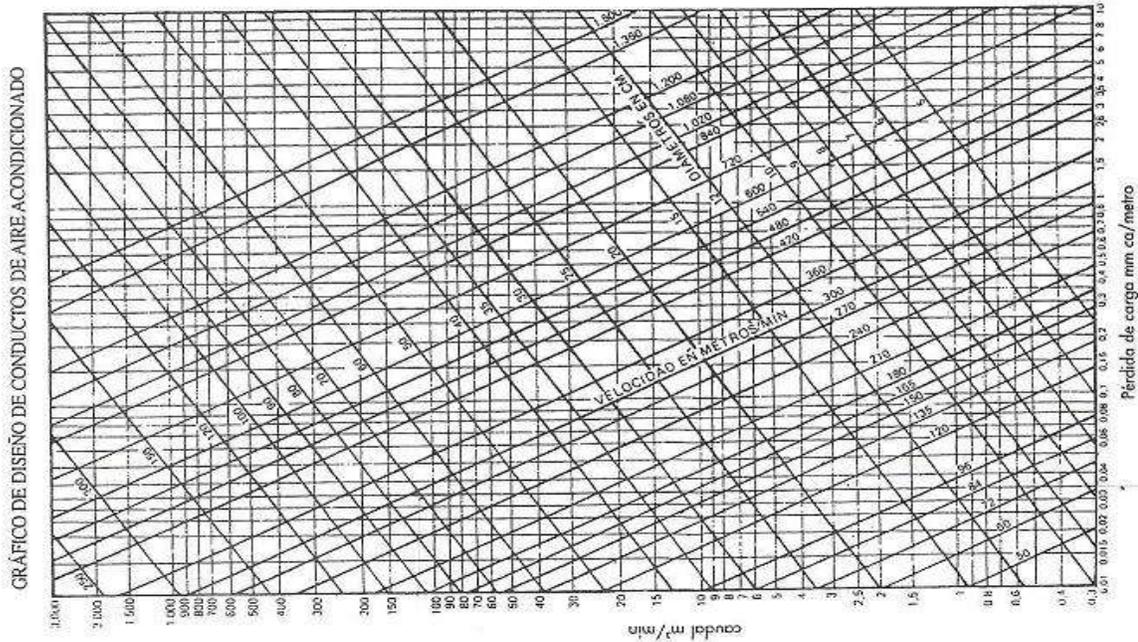


Gráfico N° 2 – Gráfico de diseño de conductos de aire acondicionado

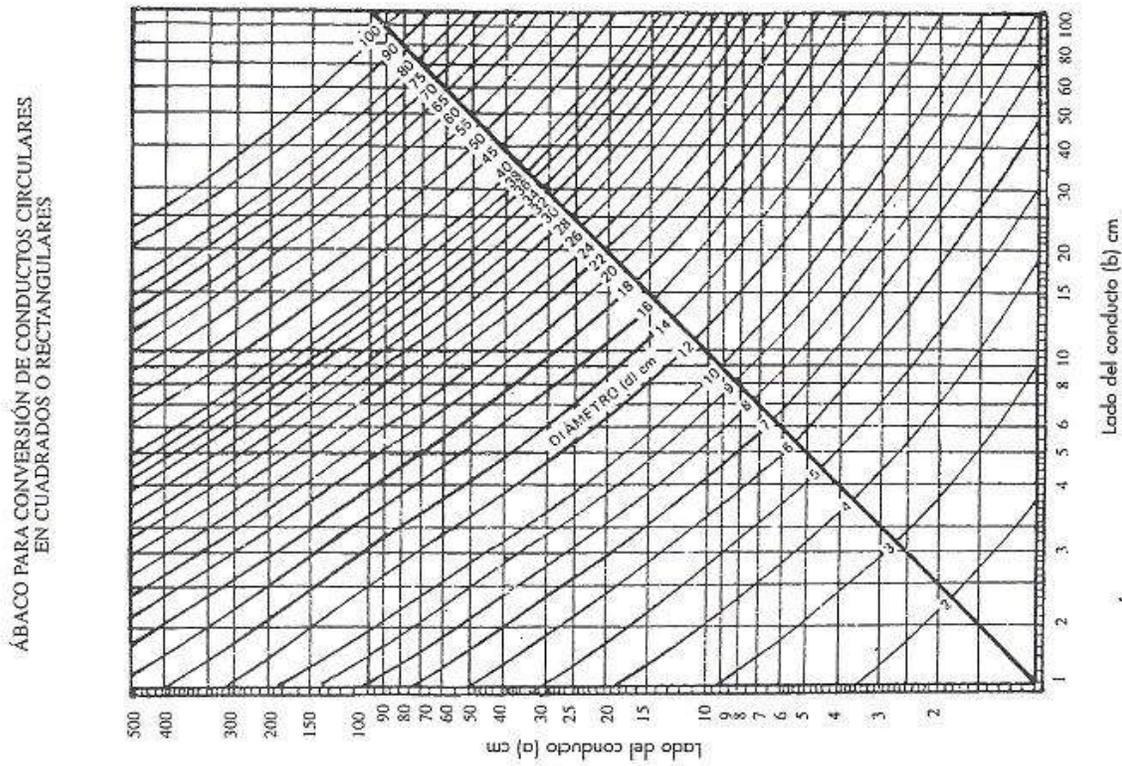


Gráfico N° 3 – Abaco para conversión de conductos circulares en rectangulares

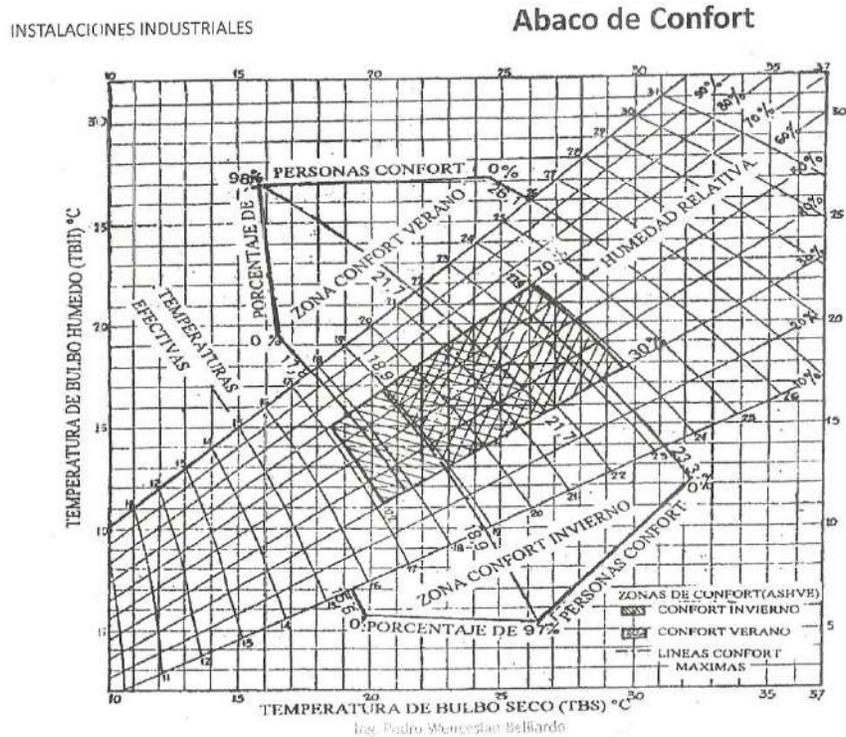


Gráfico N° 4 – Abaco de confort para la vida humana

El local estará ocupado por 22 personas que realizan tareas administrativas y de ensamblado de luminarias led (4 en oficina y 18 en producción), contando para ello con 4 computadoras que disipan 500 W cada una y una heladera con freezer que disipa 200 W. Además entre iluminación general y localizada del tipo led habrá 2.115 W de potencia, también se cuenta con un control de calidad de las luminarias led lo que arroja una potencia de 22.500 W. El funcionamiento del mismo será de tipo intermitente, dado que se trabaja de 8 a 16 horas por día de lunes a viernes.

Como detalles constructivos de la instalación pueden citarse:

- Pared de ladrillo cerámico hueco de 0,21 m de espesor y una altura de 2,6 m lindera con fábrica textil.
- Peredes de Durluc de 0,13 m de espesor y una altura de 2,6 m.
- Ventanas de 5,15 m de ancho por 2,6 m de alto.
- Vidriado transparente simple, con cortinas interiores de cuerina blanca.
- Techo a un agua de chapa de hierro galvanizado sobre perfiles “c” de acero, cámara de aire y cielorraso de material aislante térmico.
- Suelo compuesto por 0,10 m de contrapiso con pintura de alto tránsito.
- Puertas de vidrio de 1,60 m de ancho por 2 m de alto y una puerta de vidrio de 0,8 m de ancho por 2 m de alto.

2.3.1 - Cálculo De Las Cargas Externas

Las condiciones externas e internas que se consideran para el cálculo son:

- Exterior (15 horas): 36 °C y 40% H_r
- Interior (recomendado): 25 °C y 50% H_r

Cabe destacar que dicho valor exterior fue tomado de la tabla N°1, adoptando los valores dados para la ciudad de Santa Rosa por ser la más cercana a nuestro lugar de estudio y dicha condición interior surge de tener en cuenta el abaco de confort (grafico 4) necesario para las personas.

En cuanto a los coeficientes de transmisión a utilizar, estos son:

- Paredes de ladrillo cerámico hueco de 0,21 m de espesor, donde en función del material según tablas, obtenemos $K=1,58 \text{ kcal/h.m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (coeficiente de transmisión térmica).

- Paredes de durloc se calculó de la siguiente manera:

Primero se sacó de tablas el coeficiente de conductividad térmica para cada elemento que compone la pared, luego con el espesor se procedió al cálculo del coeficiente de transmisión térmica.

$$\text{Placas de yeso (dos)} \quad e = 2 \text{ cm} \quad \lambda = 0,16 \text{ Kcal/hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Capa de aire} \quad e / \lambda = 0,16 \text{ hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{Kcal}$$

Luego se calculó el coeficiente de transmisión de la siguiente manera:

$$k = \frac{1}{0,16 + 2 \times \frac{0,02}{0,016}} = 2,45 \text{ Kcal/hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Vidrio simple según tabla ($K=5 \text{ kcal/h.m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$).
- Para el caso del techo se calculó de la siguiente manera:

Primero se obtuvo de tabla para cada material que compone el techo el coeficiente de conductividad térmica, luego con el espesor se procedió al cálculo del coeficiente de transmisión térmica.

$$\text{Hierro galvanizado} \quad e = 1,5 \text{ mm} \quad \lambda = 50 \text{ Kcal/hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Cámara de aire entre la chapa y el cielorraso} \quad e / \lambda = 0,4 \text{ hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{Kcal}$$

$$\text{Cielo raso de material aislante térmico} \quad e = 2 \text{ cm} \quad \lambda = 0,038 \text{ Kcal/hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Luego se calculó el coeficiente de transmisión de la siguiente manera:

$$k = \frac{1}{\frac{0,0015}{50} + 0,4 + \frac{0,02}{0,038}} = 1,08 \text{ Kcal/hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Piso. No se considera ganancia de calor.
- Puertas vidrio ($K=5 \text{ kcal/h.m}^2.\text{°C}$)

Para el cálculo de las cargas externas se tendrán en cuenta las siguientes ganancias de calor:

Flujo de calor a través de paredes y techos exteriores.

Se calcula la cantidad de calor ganado a partir de la fórmula 1, pero considerando que el valor $\Delta t = (t_e - t_i)$, (diferencia equivalente de temperatura) se saca de la tabla N° 3.

Flujo de calor a través de paredes y techos interiores.

Se calcula la cantidad de calor ganado a partir de la fórmula N° 1, considerando que un local no acondicionado se encuentra a 5°C menos que la temperatura exterior.

Flujo de calor a través de vidrios

Está formado por la cantidad de calor ganado por transmisión y por radiación solar, se utiliza la formula N° 1, 2 y 3. El coeficiente c se obtiene de la tabla N° 5; la intensidad de radiación solar I de la tabla N° 4, y para el cálculo del Δt se considera la diferencia entre la temperatura exterior y la interior.

Por lo tanto los cálculos de la ganancia de calor se realizan para las 15 horas (horario más desfavorable para la zona), considerando las siguientes condiciones, serán:

- Exterior (15 horas): 36 °C y 40% H_r
- Interior (recomendado): 25 °C y 50% H_r

CALCULO A LAS 15 HORAS.

Denominación	Orien.	Dimensiones	Área (m ²)	I (kcal/h .m ²)	c	K (kcal/°C.h.m ²)	Δt (°C)	Total (kcal/h)
Pared Interior	O	(30,2 x 2,6)	78,52			1,58	8	992,50
Pared Exterior	N	(6 x 2,6) – 3x(0,4 x 0,3)	15,24			2,45	16	597,41
Pared Exterior	E	3x(4,80 x 2,6) - (0,8 x 2)	35,84			2,45	10	878,10
Vidrio con puerta (transm.)	S	(4,7 x 2,6)	12,22			5	7	428
Vidrio (transm.)	E	2x(5,15 x 2,6)	26,78			5	10	1339
Vidrio (transm.)	N	3x(0,4 x 0,3)	0,36			5	16	29
Vidrio (transm.)	E	(5,7 x 2,6)	14,82			5	10	741
Puerta exterior vidrio (transm.)	E	(0,8 x 2)	1,6			5	10	80
Vidrio con puerta (radiación)	S	(4,7 x 2,6)	12,22	38	0,2			93
Vidrio (radiación)	E	2x(5,15 x 2,6)	26,78	35	0,3			281,2
Vidrio (radiación)	N	3x(0,4 x 0,3)	0,36	190	0,3			20,50

Vidrio (radiación)	E	(5,7 x 2,6)	14,82	35	1			518,70
Puerta exterior vidrio (radiación)	E	(0,8 x 2)	1,6	35	1			56
Techo	-	(30,2 x 6)	181,2			1,08	20	3914
Piso	No se considera ganancia de calor							
Total								9968,41
Ganancia de calor en conductos y pleno aislados con lana de vidrio de 50 mm de espesor (4%)								398,73
Ganancia de calor total por transmisión y efecto solar (calor sensible)								10367,15

2.3.2 - Calculo De Las Cargas Internas

1. Carga debida a los ocupantes

De tabla N° 6 se obtiene el calor disipado por persona de acuerdo al grado de actividad desarrollado. Considerando un trabajo de oficina con cierta actividad, resulta que los valores de calor sensible y calor latente son:

- Calor sensible = 55 kcal/h
- Calor latente = 60 kcal/h.

Considerando ahora que tenemos 4 personas trabajando en el área de oficina, dicha carga será:

Calor sensible debido a los ocupantes en oficina	=	220 kcal/h
Calor latente debido a los ocupantes en oficina	=	240 kcal/h

Considerando un trabajo pesado, resulta que los valores de calor sensible y calor latente son:

- Calor sensible = 80 kcal/h
- Calor latente = 160 kcal/h.

Considerando ahora que tenemos 15 personas trabajando en el área de producción, dicha carga será:

Calor sensible debido a los ocupantes en oficina	=	1.200 kcal/h
Calor latente debido a los ocupantes en oficina	=	2.400 kcal/h

Considerando un trabajo liviano, resulta que los valores de calor sensible y calor latente son:

- Calor sensible = 60 kcal/h
- Calor latente = 80 kcal/h.

Considerando ahora que tenemos 3 supervisores trabajando en el área de producción, dicha carga será:

Calor sensible debido a los ocupantes en oficina	=	180 kcal/h
Calor latente debido a los ocupantes en oficina	=	240 kcal/h

El valor total correspondiente a los ocupantes es de:

Calor sensible total debido a los ocupantes	=	1600 kcal/h
Calor latente total debido a los ocupantes	=	2880 kcal/h

2. Disipación por artefactos eléctricos. (Iluminación general y localizada)

El calor proveniente de lámparas de iluminación es totalmente sensible. En nuestro caso, entre iluminación general y localizada, tenemos una potencia de 2.115 W.

Para lámparas led la emisión de calor es de 0,86 kcal/h por Watt instalado. Cuando se consideran lámparas led se considera una eficiencia del 85 %, lo que solo el 15% es disipado en forma de calor. En nuestro caso consideraremos lámparas del tipo panel led de 60x60 de 40 watt (iluminación general) y de tipo tubular led de 15 watt para los puestos de trabajo, ya que son más apropiados para el trabajo de oficina y en producción debido a su tipo de luz.

Por lo tanto el calor disipado por la iluminación es:

$$Q = (0,86 \times 2115) \times 0,15 = 272,83 \text{ kcal/h}$$

Calor sensible ganado por iluminación (2.115 W) = 272,83 kcal/h

3. Disipación en puesto de control de calidad

El calor proveniente de las lámparas del control de calidad es totalmente sensible. En nuestro caso tenemos una potencia de 22.500 W.

Para lámparas led la emisión de calor es de 0,86 kcal/h por Watt instalado. Cuando se consideran lámparas led se considera una eficiencia del 85 %, lo que solo el 15% es disipado en forma de calor. En nuestro caso tenemos un total de 90 luminarias led de uso exterior de 250 W.

Por lo tanto el calor disipado por la iluminación es:

$$Q = (0,86 \times 22500) \times 0,15 = 2902,5 \text{ kcal/h}$$

Calor sensible ganado por control de calidad (22.500 W) = 2902,5 kcal/h

4. Ganancia de calor por diversos aparatos

En el local destinado para tareas administrativas se encuentran colocadas 4 PC's, las cuales disipan aproximadamente 500 Watts cada una, además hay 1 heladera con freezer que disipa unos 200 Watts:

$$Q = (4 \times 500 + 200) \times 0,86 = 1892 \text{ kcal/h}$$

Calor total ganado por aparatos (sensible)	=	1892 kcal/h
--------------------------------------------	---	-------------

5. Ganancia de calores varios. (Ganancia de conductos de suministro y retorno)

De acuerdo con la tabla N° 7, para tendidos cortos (entre 15 y 30 metros) y conductos aislados con lana de vidrio de 50 mm de espesor, en lugares a 35°C, y que transportan de 18 a 180 m³/min a velocidades de 250 a 500 m/min; se debe adicionar una ganancia de calor entre el 2 y el 4 % del calor sensible aportado por transmisión y efecto solar.

Dicho calor ya fue calculado y se encuentra tabulado en las tablas de cálculo de cargas externas, siendo el valor que se adiciono de 4 %.

GANANCIA DE CALOR TOTAL DEL LOCAL

En la siguiente tabla se detallan los valores totales de calor sensible y latente en el interior del local.

Total calor sensible interior (10367,15 + 1600 + 272,83 + 2902,5 + 1892)	=	17034,48 kcal/h
Total calor latente interior (2880)	=	2880 kcal/h
Ganancia total	=	19914,48 kcal/h

2.3.3 - *Calculo Del Caudal De Aire A Impulsar Al Local*

El caudal de aire a impulsar en el sistema de aire acondicionado se determina mediante la fórmula N° 4, donde el salto térmico ($t_a - t_i$) suele considerarse en general 10 °C.

$$\text{Entonces } C = \frac{Q_{SI}}{17(t_a - t_i)} = \frac{17034,48}{170} = 100,20 \text{ m}^3/\text{min}$$

Caudal de aire a impulsar al local	≈	100,20 m ³ /min
------------------------------------	---	----------------------------

2.3.4 - *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*, ósea mediante el uso de la formula N° 8. Para determinar el valor del porcentaje a usar en la misma hacemos uso de la tabla N° 8, donde consideramos para locales con muchas personas, de un 25%.

$$C_a = a \times C = 0,25 \times 100,20 = 25,05 \text{ m}^3/\text{min}$$

Caudal de aire nuevo	=	25,05 m ³ /min
----------------------	---	---------------------------

Una vez calculado este caudal de aire nuevo, se debe verificar que cumpla con la cantidad de aire exterior mínimo por persona que deben respetarse, la cual está dada según el tipo de local y de la

cantidad de personas en el mismo. En la práctica, para lugares de trabajo en general, se considera un valor mínimo de $0,5 \text{ m}^3/\text{min}$ teniendo en cuenta un porcentaje normal de personas fumando dentro del local (tabla N° 9). Considerando que teníamos 22 personas en el interior resulta:

$$\text{Caudal de aire nuevo} = 11 \text{ m}^3/\text{min}$$

Como este valor es inferior al calculado como porcentaje del total de aire recirculado, adoptamos un caudal de $25,05 \text{ m}^3/\text{min}$ de aire nuevo en el sistema de acondicionamiento.

Adoptado este valor, calculamos la ganancia de calor debida al aire exterior.

a) Calor sensible del aire seco

Para determinarlo hacemos uso de la formula N° 5:

$$Q_{sae} = 17 \cdot C_a \cdot (t_e - t_i) = 17 \cdot 25,05 \cdot (36 - 25) \rightarrow Q_{sae} = 4684,35 \text{ kcal/h}$$

$$\text{Calor sensible aportado} = 4684,35 \text{ kcal/h}$$

b) Calor latente del vapor de agua

Para determinarlo hacemos uso de la formula N° 6, donde los valores de h_e y h_i los obtenemos del ábaco psicométrico (Gráfico N° 1), sobre la base de las condiciones interiores y exteriores de cálculo.

$$h_e = 15,5 \text{ g de H}_2\text{O por kg de aire seco (para } 36 \text{ }^\circ\text{C y } 40\% \text{ H}_r)$$

$$h_i = 10 \text{ g de H}_2\text{O por kg de aire seco (para 25 °C y 50% H}_r\text{)}$$

Entonces:

$$Q_{lae} = 42 \cdot C_a \cdot (h_{e_e} - h_{e_i}) = 42 \cdot 25,05 \cdot (15,5 - 10) \rightarrow Q_{lae} = 5786,55 \text{ kcal/h}$$

Calor latente aportado = 5786,55 kcal/h

Por lo expuesto, la ganancia total de calor por aire exterior será:

Ganancia total de calor por aire exterior (sensible + latente) = 10470,9 kcal/h

GANANCIA TOTAL DE CALOR DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO

Ganancia de calor total del local (Q_i)	=	19914,48 kcal/h
Ganancia de calor total por aire exterior (Q_{te})	=	10470,90 kcal/h
Ganancia de calor total del sistema (Q_T)	=	30385,38 kcal/h

2.3.5 - Selección Del Equipo Y Dimensionamiento De Elementos

○ Selección del equipo

Dadas las dimensiones del local a acondicionar se determinó colocar dos equipos de aire acondicionado. La determinación del mismo se hace en base a las toneladas frío que debe manejar.

Consideramos la equivalencia: $1 \text{ Tn frío} = 3023,95 \text{ kcal/h}$

$$Q_{\text{equipo}} = \frac{30385,38}{3023,95} = 10,05 \text{ Tn frío}$$

Por lo tanto se adoptaron dos equipos de aire acondicionado de la marca SURREY, del sistema Rooftop ecológicas Frío solo. El modelo del mismo es 564AZS072E---SC, que posee una capacidad nominal de 6 Tn frío.

Características:

Modelo		Cap. Nom.	Tensión	Peso	Dimensiones (cm) / Alto x Ancho x Prof.
		(TR)	V-F-Frec.	Kg.	
Frío Sólo	564ASS036E---SC	3	220-1-50	233	102,3 x 108,3 x 129,7
	564AZS036E---SC	3	380-3-50	233	102,3 x 108,3 x 129,7
	564AZS057E---SC	5	380-3-50	258	102,3 x 108,3 x 129,7
	564AZS072E---SC	6	380-3-50	270	102,3 x 112,4 x 138,8
	564AZS090E---SC	7,5	380-3-50	294	122,5 x 112,4 x 138,8

○ Calculo de conductos de aire acondicionado y rejillas de impulsión.

Para la determinación de los conductos de aire a colocar en la instalación se tendrá en cuenta que la totalidad de aire a impulsar ($100,20 \text{ m}^3/\text{min}$) será aportado por dos equipos de frío, los cuales estarán colocados uno a cada lado de la planta sobre el techo de la misma. Dicho caudal a impulsar es de $50,10 \text{ m}^3/\text{min}$ por cada equipo, y el mismo circulara por una sola línea de conducto central, siendo la distribución del mismo de la forma que se considera más adecuada (ver plano adjunto numero 2).

A su vez, el caudal que moviliza cada equipo de refrigeración se repartirá en 10 difusores de aire para el equipo colocado en el frente de la planta (equipo 1) y en 8 difusores de aire para el equipo en la parte trasera de la planta (equipo 2), que estarán colocadas en forma equidistante del conducto principal de distribución a ambos lados. Por lo expuesto, cada rejilla deberá introducir un caudal de aire de aproximadamente $6,26 \text{ m}^3/\text{min}$ para el equipo 2 y un caudal de aire de $5,01 \text{ m}^3/\text{min}$ para el equipo 1, con un alcance aproximado de 1,8 metros (caso más desfavorable).

Con lo dicho anteriormente, y haciendo uso de la Tabla N° 10 determinamos las características de los difusores a colocar:

Difusor equipo 1

- Caudal = $5,6 \text{ m}^3/\text{min}$
- Alcance = 1,8 m
- Dimensiones = 300 x 300 cm (ancho x alto)
- Velocidad = 390 m/min
- Caída de presión = 2,8 mm ca.

Difusor equipo 2

- Caudal = $6,3 \text{ m}^3/\text{min}$
- Alcance = 1,8 m
- Dimensiones = 350 x 350 cm (ancho x alto)
- Velocidad = 355 m/min
- Caída de presión = 2,3 mm ca.

Para la determinación de las dimensiones de los conductos para cada equipo 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 N° 11, y para oficinas y locales con algo de nivel de ruido se puede adoptar una velocidad máxima de circulación en el tubo principal de 400 m/min.

Con esta velocidad de circulación en el tubo principal y el caudal a transportar máximo, en el gráfico N° 2 para el diseño de conductos de aire acondicionado, determinamos 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, la recta de maniobra es a $R = 0,1 \text{ mm.c.a/m}$, y el diámetro del tramo principal en 50 cm.

Luego como en la práctica se utilizan conductos de sección rectangular, hacemos uso del gráfico N° 3, 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.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de lo dicho anteriormente, con las secciones determinadas en cada caso para el equipo 1 y el equipo 2:

Equipo 1

Tramo	Caudal (m ³ /min)	Longitud d (m)	Diámetro (cm)	Dim. Equivalente (cm)
A ₁ -B ₁	50,10	2,7	50	50x40
B ₁ -C ₁	20,04	3,6	30	30x25
C ₁ -D ₁	10,02	3,6	25	25x20
B ₁ -E ₁	30,06	3,6	35	40x30
E ₁ -F ₁	20,04	3,6	30	30x25

F ₁ -G ₁	10,02	3,6	25	25x20
--------------------------------	-------	-----	----	-------

Equipo 2

Tramo	Caudal (m ³ /min)	Longitud (m)	Diámetro (cm)	Dim. Equivalente (cm)
A ₂ -B ₂	50,10	2,7	50	50x40
B ₂ -C ₂	25,05	3,6	35	40x30
C ₂ -D ₂	12,525	3,6	25	25x20
B ₂ -E ₂	25,05	3,6	35	40x30
E ₂ -F ₂	12,525	3,6	25	25x20

○ **Calculo de las rejillas de retorno.**

La selección de las bocas de retorno de aire es función de la velocidad del mismo en la proximidad de la rejilla, de la caída de presión disponible y de los niveles de sonido aceptables. 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. Las bocas de retorno se ubicarán en la parte superior a los lados de los difusores para una correcta circulación del aire por el lugar de trabajo.

Teniendo en cuenta la tabla N° 12, considerando la ubicación de las rejillas cerca de personas, fijamos la velocidad de pasaje en 150 m/min.

Para el dimensionamiento de las rejas de retorno, utilizamos la formula N° 7, en la cual los datos a utilizar son el caudal de aire que circula en m^3/min y la velocidad de pasaje m/min . En nuestro caso tenemos un caudal de $50,1 m^3/\text{min}$ y una velocidad de $150 m/\text{min}$ por cada equipo. Por lo tanto:

$$A = \frac{C}{V} = \frac{50,1}{150} = 0,334 m^2$$

Si consideramos que colocamos 5 rejas de retorno para el equipo 1, cada una tendrá una sección de $0,067 m^2$, por lo que las dimensiones de cada una serán aproximadamente de $0,25 m \times 0,3 m$.

Si para el equipo 2 colocamos 4 rejas de retorno, cada una tendrá una sección de $0,083 m^2$, por lo que las dimensiones de cada una serán aproximadamente de $0,3 m \times 0,3 m$.

2.3.6 - Verificación Con El Ábaco Psicométrico

Como se ha dicho, se realizara el acondicionamiento de un local destinado para trabajo administrativo y de ensamblado de luminarias led, mediante la utilización de dos equipos de aire acondicionado tipo rooftop ecológicos ubicado en la azotea del edificio.

Dicho análisis psicométrico se realizara siguiendo los ejemplos dados en el material de la cátedra instalaciones industriales, y considerando el gráfico N°1.

Para este caso se requieren las siguientes condiciones de funcionamiento

- Condición del aire interior (A): 25 °C y $50\% H_r$
- Condición del aire exterior (E): 36 °C y $40\% H_r$
- Caudal de aire circulante $50,1 m^3/\text{min}$ por equipo.
- Aire exterior de ventilación 20% del caudal de circulación

- Factor de calor sensible del local:

$$FCS = \frac{Q_{si}}{Q_{si} + Q_{li}} = \frac{17034,48}{17034,48 + 2880} = 0,855$$

Q_{si} Calor sensible del ambiente.

Q_{li} Calor latente del ambiente.

- Eficiencia de saturación del serpentín del equipo viene dado por el número de hileras nuestro caso tomamos 90% para 4 hileras y 150 m/min de velocidad transversal de pasaje del aire para el equipo.

Mediante el uso del ábaco psicrométrico podemos determinar:

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

Punto de rocío del aparato (PRA)

Se une el FCS: 0,855 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 12,5 °C.

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 14,5 °C, $h_{tI} = 9,5$ Kcal/Kg y $h_{eI} = 8,8$ grs/kg.

Condición del aire de mezcla (M)

Aire interior en estado A= 25 °C y 50% HR: 100,2 m³/min

Aire exterior en estado E= 36 °C y 40% HR: 25,05 m³/min

Total de aire circulando: 125,25 m³/min

El aire interior en el estado A configura el $100,2/125,25 = 80\%$

La condición de la mezcla (M) se halla sobre la recta que une los puntos de condición del aire exterior (E) y el ambiente (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 27,5 °C y 49% H_r , $h_{tM} = 13,8$ Kcal/Kg, $h_{eM} = 12$ grs/kg y $V_{eM} = 0,867$ m³/Kg .

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 27,5 °C y 49% H_r que constituye el aire de entrada, hasta el punto de salida o impulsión I de 14,5 °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 °C, algo menor que el PRA y constituye la temperatura promedio real para satisfacer las condiciones de enfriamiento y deshumectación que se requieren.

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} vale:

$$DHT = H_{tM} - H_{tI} = 13,8 - 9,5 = 4,3 \text{ kcal/kg}$$

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

$$GT = \frac{C}{V_{eM}} = \frac{100,2 \text{ m}^3/\text{min} \times 60 \text{ min/h}}{0,867 \text{ m}^3/\text{kg}} = 6934,26 \text{ kg/h}$$

De modo que el calor total a extraer QT es de:

$$QT = \Delta HT \cdot GT = 4,3 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \times 6934,26 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 29817,30 \text{ kcal/h}$$

$$Q_T = \frac{29817,30}{3023,95} = 9,86 \text{ Tn frio}$$

Por lo tanto, no se deberá realizar un cambio en el equipo, ya que el previamente seleccionado era de 6 Tn frio c/equipo, siendo este valor superior al requerido al hacer la verificación con el ábaco psicométrico.

Cantidad de agua a extraer para deshumectar V(l/h)

La diferencia de humedad especifica del aire de mezcla h_{eM} y el de impulsión h_{eI} vale:

$$DHT = h_{eM} - h_{eI} = 12 - 8,8 = 3,2 \text{ grs/kg}$$

Por lo tanto, la cantidad de agua condensada V vale:

$$V = \frac{\Delta h_e \cdot GT}{1000} = \frac{3,2 \frac{\text{grs}}{\text{kg}} \times 6934,26 \text{ kg/h}}{1000} = 22,2 \text{ l/h}$$

3 - INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO

3.1 - MEMORIA DESCRIPTIVA

La instalación de aire comprimido se diseñará en forma ramificada de manera de abastecer los diferentes consumos. Se adoptó una cañería en forma ramificada y no en anillo ya que por la disposición de los puntos de consumo se consideró que ésta era la más idónea y no requeriría tantos metros de cañería.

La cañería se proyectará para soportar una presión de trabajo de 7 bar y transportar un caudal máximo de 3,05 Nm³/min, respetando caídas de presión menores al 3%, garantizando así el funcionamiento correcto de los diferentes consumos. El punto de abastecimiento de aire comprimido se ubicará en la zona de servicios donde se instalará un compresor a tornillo y un depósito de aire comprimido.

La disposición de la instalación de aire comprimido se detalla en Plano N°03 y Plano N°04, en el anexo planos.

3.2 - MEMORIA TÉCNICA

A continuación se planificará y calculará la instalación de aire comprimido para una planta industrial. Se determinarán las secciones de las cañerías, el compresor y el tanque pulmón.

La red de distribución de aire se realizará teniendo en cuenta la ubicación de los diferentes puntos de consumo, la configuración del edificio, las actividades dentro del mismo y las futuras ampliaciones. Se procurará evitar recorridos demasiado extensos, cambios bruscos de dirección o reducción de secciones a fin de disminuir la pérdida de carga.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente se acordó realizar un circuito ramificado, a partir del cual se alimentaran los siguientes consumos:

- Zona A: 4 atornilladores neumáticos.
- Zona B: 6 atornilladores neumáticos.
- Zona C: 2 atornilladores neumáticos.

El sistema será abastecido mediante un compresor a tornillo, ubicado dentro de una habitación de mampostería en la zona de servicios. Para seleccionar el mismo se considerará una presión de 7,5 bar y un caudal de $3,05 \text{ Nm}^3 / \text{min}$.

Posteriormente se calculará el volumen del tanque pulmón, considerando un coeficiente de utilización del 80 % y 40 maniobras horarias del compresor.

El montaje de la red de distribución será aéreo ya que esto facilita la inspección y el mantenimiento, y se ubicará a 2,5 metros de altura dispuesta sobre soportes colgantes vinculados a los tirantes de la estructura (hamacas).

Se utilizarán cañerías y accesorios de acero al carbono según norma ASTM A53 Gr A, adoptándose un espesor de Schedule 40 como estándar.

La cañería principal se calculará considerando el consumo total, más un 15% del mismo para cubrir futuras ampliaciones de la instalación.

Los accesorios de la misma serán del tipo soldadura a tope. La cañería también será ensamblada mediante soldaduras a tope, pero se colocarán bridas del tipo deslizantes cada 10 metros aproximadamente de manera de facilitar el montaje y desmontaje.

En los ramales secundarios se utilizarán accesorios roscados debido a las pequeñas dimensiones de los mismos, lo cual también facilitará el montaje y desmontaje.

Las tomas de aire de servicio o bajantes se harán 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 instalarán dispositivos FRL (Filtro, Regulador, Lubricador) en cada toma conectada a las bajantes de manera de lograr un correcto acondicionamiento del aire comprimido para cada máquina neumática. Dichas tomas se conectarán lateralmente en las bajantes, colocando en su parte inferior un grifo de purga. Ver detalle en Plano N° 05, en el anexo planos.

Las cañerías se entregarán con base anticorrosiva y pintura color azul de acuerdo a norma.

Tanto la cañería principal como los ramales contarán con una pendiente aproximada del 0,3% en el sentido del flujo del aire, y se colocará estratégicamente antes de cada “T” y en el extremo más bajo de cada ramal de bajada una purga automática. Con esto se evitará la acumulación de condensado en las cañerías.

A fin del cálculo de las cañerías, el trazado de la misma 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 m/seg.

- Cañería secundaria, 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 m/seg.
- Cañería de servicio, se desprenden de las secundarias y son las que alimentan a los equipos neumáticos, limitando la velocidad en ellas en 15-20 m/seg.

Para su cálculo se tuvo en cuenta, la presión de servicio, el caudal normal de aire transportado y las pérdidas de carga.

Las pérdidas de presión o carga se originan de dos maneras:

1. Pérdida de carga en tramos rectos producida por el rozamiento del aire comprimido contra las paredes de la cañería.
2. Pérdida de carga en accesorios producida en curvas, T, válvulas, etc, de la cañería.

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 distribuye 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.

1.1.1. Tabla de cañerías

Tramo	Longitud [m]	Diámetro [plg]
0-2	20,5	1 ¼
2-B	3	¾
2-C	9,5	½

Lista de estád. equl. Tubos Argentinos > Caños de conducción > Caños ASTM

Caños ASTM

Caños para conducción bajo Normas ASTM

Caños para conducción de agua, gas, vapor, petróleo, aire presurizado y fluidos no corrosivos.



ASTM A53 GRADO A					
DIÁMETRO NOMINAL Nominal Diameter	ESPESOR NOMINAL Nominal Wall Thickness	PESO TEÓRICO NOMINAL Nominal Weight	PRUEBA HIDROSTÁTICA Hydrostatic Test	CAÑOS POR PAQUETE Pipes per Bundle	
Pulgadas Inches	mm	kg/m	Bar		
1/2	21.30	2.77	1.370	60	127
3/4	26.70	2.57	1.690	50	91
1	33.40	3.30	2.500	50	61
1 1/4	42.20	3.96	3.390	84	61
1 1/2	48.30	3.68	4.050	84	37
2	60.30	3.91	5.440	162	37
2 1/2	73.00	5.16	8.690	175	19
3	88.90	6.49	11.290	158	10
4	114.30	8.02	16.070	153	10
6	168.30	7.11	26.125	105	7

Largo comercial	6,4 mts - 9 mts y 12 mts.
Schedule	40" Consultar por otros espesores
Recubrimiento externo	Negros / Negros con pintura anticorrosiva / Galvanizado por inmersión caliente (0.45 g/m ²) / Recubrimiento con polietileno extruido Inocpa Norma CANVISA Z 245.21
Extremos	Biselados o Roscados.
Propiedades mecánicas del material base:	
Tensión de rotura	330 Mpa@ 035
Tensión de fluencia	205 Mpa
Propiedades químicas:	
Acid. max.	0.045
Fósforo max.	0.025
Carbono equivalente max.	0.25
Manganeso	0.95
Ensayos mecánicos	Aplastamiento y abocardado
Ensayos no destructivos	Corrientes parásitas.
Prueba hidrostática	Según tabla en 5 seg - 100 % de los caños.



1.1.2. Tablas de accesorios para la cañería principal y secundarias

Tramo	Accesorio	Ø [plg]	Cant.	Material	Observaciones
0-1	Curva 90°	1 1/4	2	ASTM A. 105 Gr I	Soldada, Serie 2000
	Válvula esférica	1 1/4	1	Bronce	Serie 150
	Tee derivación	1 1/4	1	ASTM A. 105 Gr I	Soldada, Serie 2000
	Tee paso recto	1 1/4	4	ASTM A. 105 Gr I	Soldada, Serie 2000

2-B	Tee paso recto	3/4	2	ASTM A. 105 Gr I	Soldada, Serie 2000
	Válvula esférica	3/4	1	Bronce	Serie 150
	Reducción Concéntrica	1 1/4 a 3/4	1	ASTM A. 105 Gr I	Roscada, Serie 2000
	Tee derivación	3/4	1	ASTM A. 105 Gr I	Soldada, Serie 2000
2-C	Tee paso recto	1/2	1	ASTM A. 105 Gr I	Soldada, Serie 2000
	Válvula esférica	1/2	1	Bronce	Serie 150
	Reducción Concéntrica	1 1/4 a 1/2	1	ASTM A. 105 Gr I	Roscada, Serie 2000
	Tee derivación	1/2	1	ASTM A. 105 Gr I	Soldada, Serie 2000

1.1.3. Selección del Compresor y tanque pulmón

Para la determinación de la capacidad del compresor y tanque pulmón se consideró un coeficiente de utilización, que es el tiempo del equipo funcionando en relación al tiempo de un ciclo completo de trabajo. Además se tuvo en cuenta un porcentaje de consumo de aire para contemplar pérdidas por fugas en el sistema.

Modelo Seleccionado del compresor:

Marca: KAESER

Modelo: ASD 32 SFC

Tipo: A tornillo

Caudal Nominal: 3,05 m³/min

Presión de servicio: 7,5 bar

Potencial nominal: 18,5 kW



Dimensiones:

Ancho: 1850 mm

Profundidad: 921 mm

Altura: 1505 mm

Modelo Seleccionado del tanque pulmon:

Marca: KAESER

Volumen: 900 l.

Sobrepresión máxima admisible: 11 bar (1078kPa)

Disposición: Vertical



1.1.4. Condensado

Finalmente se determinará el condensado generado en la instalación. Dicho condensado se forma cuando el aire caliente (debido a la compresión) se va enfriando en el depósito y las cañerías de distribución hasta igualar la temperatura ambiente, proceso a partir del cual la humedad contenida en el aire se condensará en forma de gotas de agua.

Parte del condensado que se genera se acumulará en el depósito de aire comprimido, el cual deberá ser purgado frecuentemente.

El condensado generado en cañerías será arrastrado (ya sea en fase líquida, microgota o niebla), hacia los diferentes puntos de consumo. Dicho condensado es una importante fuente de deterioro de los componentes neumáticos, razón por la cual el caudal de aire será tratado previamente antes de abastecer cada consumo.

Para recolectar el condensado generado se instalarán colectores de agua con purgas manuales o automáticas y filtros en cada punto de consumo.

El Condensado será: $C = 1,82$ litros/hora

3.3 - MEMORIA DE CÁLCULO

Ecuaciones, gráficos y tablas utilizados para realizar los cálculos

Caudal de aire libre:

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

Donde:

Q : Litros de aire libre por minuto (aire atmosférico a Presión y Temp normales)

Q_p : Litros de aire comprimido por minuto.

P : Presión del aire comprimido (kg/cm^2).

Velocidad de aire en cañerías:

$$v = \frac{4 \cdot Q_p}{60 \cdot \pi \cdot D^2} \quad (2)$$

Donde:

v : Velocidad del aire (m/s).

D : Diámetro de la tubería (m).

Tanque pulmón

$$V_D = Q_C \cdot \frac{t_0}{t_0} \quad (3)$$

Donde:

t_0 : tiempo de operación (min).

t_0 : tiempo de operación.

V_D : Volumen del depósito (m³).

Q_C : Capacidad del compresor (Nm³/min)

Cálculo de condensado:

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

Donde:

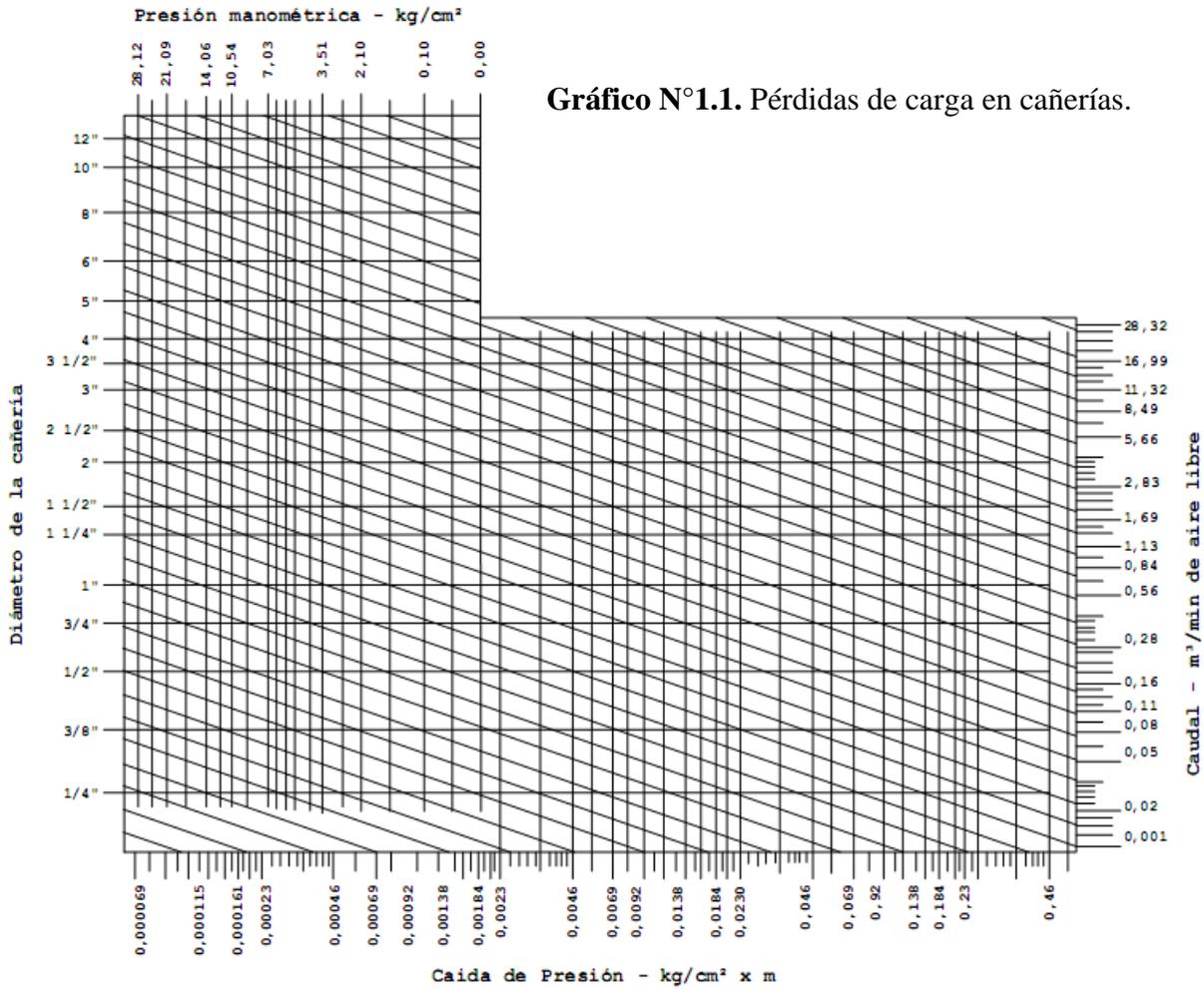
C : Condensado (lts/hora).

G : Caudal nominal aspirado por el compresor (Nm³/min).

φ : Porcentaje de servicio en carga del compresor (%).

x_{si} : Humedad absoluta del aire aspirado (gr/kg de aire seco).

x_{sf} : Humedad absoluta del aire comprimido (gr/kg de aire seco).



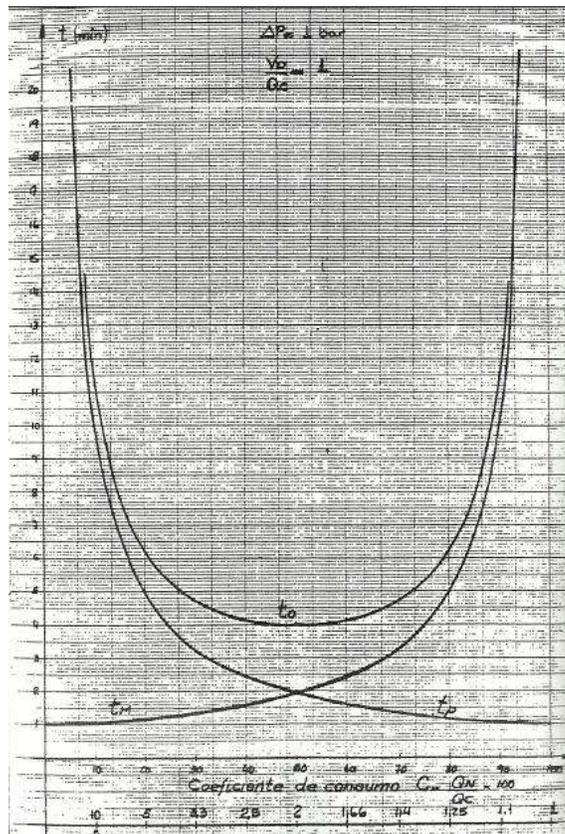


Gráfico N°1.2. Tiempo de operación.

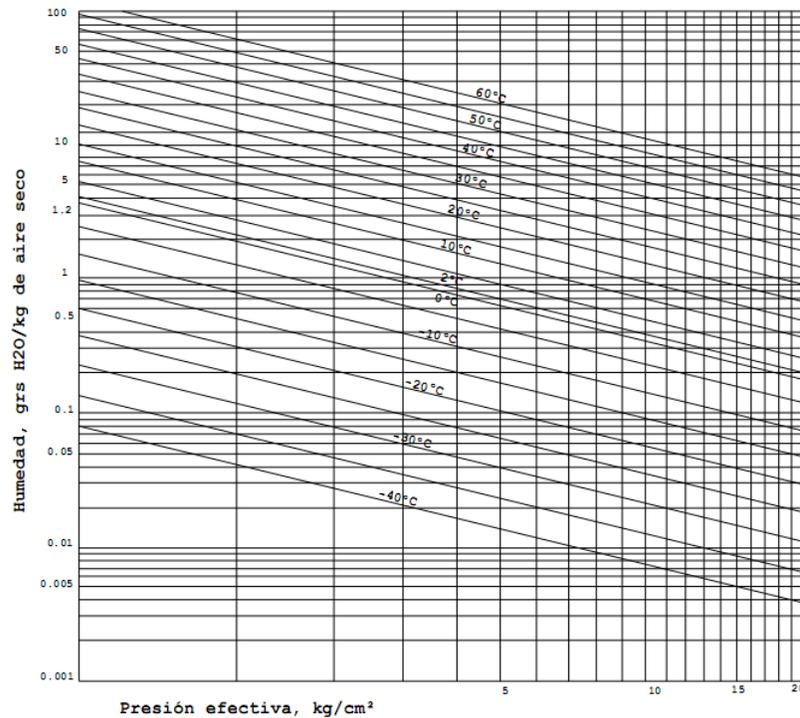


Grafico N°1.3. Humedad Relativa del Aire

Longitud equivalente en metros de diversos accesorios de cañerías en función del diámetro:

Accesorio	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 a 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 N°1.1. Pérdidas de carga por fricción en accesorios.

Nota 1: En caso que se utilicen reducciones se considerará que la pérdida equivalente en metros está determinada por:

$$l_e = 70 \cdot (D_n - d_n)$$

l_e : Longitud equivalente (m).

D_n : Diámetro mayor de la cañería (m).

d_n : Diámetro menor de la cañería (m).

Nota 2: Para válvulas esféricas completamente abiertas se considerará que la pérdida en metros de cañería equivale al 50% de la pérdida provocada por la válvula esclusa.

3.3.1 - Determinación del Caudal de Aire Consumido

Los equipos que consumen aire comprimido no se encuentran por lo general en uso continuo, sino que su empleo se realiza en forma intermitente. De acuerdo a esta consideración, se utilizó un *factor de simultaneidad de uso* (C_f) que tiene en cuenta con qué frecuencia se usan los dispositivos.

A partir de la identificación de los consumos que deberá alimentar la instalación, se determinó el caudal total que será base de nuestro cálculo.

En la tabla N°1.2 se resumen todos los dispositivos, con su respectivo caudal y presión requerida.

Ref.	Cant.	Descripción	Q. Normal (Nm ³ /min)	C _f (%)	Presión (kg/cm ²)	Q _{Total} Normal (Nm ³ /min)
A	4	Atornilladores	0,3	70	7	0,84

B	6	Atornilladores	0,3	70	7	1,26
c	2	Atornilladores	0,3	70	7	0,42
					Total	2,52

Tabla N°1.2

Para contemplar pérdidas y fugas ocasionadas en las cañerías se adicionó un 5% de caudal, por lo tanto el caudal total ascendió a 2,65 Nm³/min.

Se consideró también una futura ampliación de las instalaciones que demandará aproximadamente un 15% del caudal actual, por lo tanto se tendrá un nuevo consumo de 3,05 Nm³/min.

3.3.2 - Determinación de diámetros de cañerías

Para determinar los diámetros de cañerías se utilizó el gráfico N°1.1. El cual contempla las pérdidas de carga ocasionadas por el rozamiento del aire contra las paredes del tubo.

Para una primera aproximación, entramos al gráfico por su parte superior con el valor de presión deseada, trazamos una vertical hasta interceptarlo con una 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 pérdida de carga por unidad de longitud lo obtenemos previamente, fijando un porcentaje de caída 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 éste cálculo se adoptaron pérdidas de carga porcentuales máximas del 2% en cañerías principales y 1% en tuberías secundarias. Se despreciaron las pérdidas ocasionadas en los ramales de servicio, debido a las pequeñas longitudes y reducidos caudales.

Utilizando el procedimiento anterior, obtenemos un caño con un determinado diámetro, pero cuando verificamos la condición de velocidad para las diferentes cañerías, no verifican.

Por lo tanto el criterio utilizado fue; encontrar un diámetro que verifique la velocidad y luego calcular la pérdida de carga para cada tramo indicado y verificar que la pérdida de carga sea menor al 3%.

Para el cálculo de cada ramal se consideró que todos los consumos se encuentran en el extremo más lejano del mismo, por lo tanto se consideró el caudal máximo transportado y la longitud máxima del tramo.

Teniendo en cuenta las condiciones de máxima velocidad admisible para los distintos tipos de cañerías:

- 1) Cañería principal: 8 m/s.
- 2) Cañería secundaria: 10-15 m/s.
- 3) Cañería de servicio: 15-20 m/s.

La tabla N°1.3 muestra, para cada tramo, los valores de velocidad obtenidos para los diámetros supuestos:

Ø [pulg]	Tramo	Tipo Cañería	Caudal libre[Nm ³ /min]	Caudal [m ³ /min]	Velocidad [m/s]
1 1/4	0-2	Principal	3,05	0,392	6,76
3/4	2-B	Secundaria	1,8	0,231	11,16

1/2	2-C	Secundaria	0,6	0,077	6,56
-----	-----	------------	-----	-------	------

Tabla N°1.3

La tabla N°1.4 muestra la cantidad de accesorios por tramo y la longitud equivalente adicionada.

Tramo	Codos 90°	Long Tot. Codos	Válvula esférica	Long Tot. Vál. Esf.
0-2	2	2,12	1	0,11
2-B	0	0	1	0,065
2-C	0	0	1	0,05

Tramo	'T' paso recto	Long Tot. 'T' p. recto	'T' derivación	Long Tot. 'T' derivación	Reducción
0-2	4	2,16	1	2,13	0
2-B	2	0,66	1	1,28	0,99
2-C	1	0,21	1	1	1,35

Tramo	Long. Equivalente
0-2	6,52
2-B	1,71

2-C	1,61
-----	------

Tabla 1.4 - Longitud equivalente de accesorios

Por lo tanto las longitudes a considerar ahora serán mayores, a las cuales las denominaremos ‘longitud de cálculo’.

Calculamos a continuación el valor de pérdida por unidad de longitud, ingresamos al gráfico nuevamente siguiendo el mismo procedimiento y verificamos que la pérdida de carga total no sea mayor al 3%.

Los resultados se muestran en la tabla 1.5.

Tramo	Q normal (m ³ /min)	L. Inicial (m)	L. equival. (m)	L. Cálculo (m)	ΔP (kg/cm ² x m)	ΔP (%)
0-2	3,05	20,5	6,52	27,02	0,001245	0,45
2-B	1,8	3	1,71	4,71	0.0092	0,58
2-C	0,6	9,5	1,61	11,11	0.0023	0,34

Tabla 1.5

A continuación se detalla en la tabla N°1.6 la caída de presión en los puntos de consumo, despreciando la caída de presión en las cañerías de servicio.

Puntos de consumo	ΔP [%]
A	0,45
B	1,03
C	0,79

Tabla N°1.6

Se observa que en los puntos de consumo (antes de la unidad FRL) la pérdida de carga porcentualmente no supera el 3% admitido.

3.3.3 - Verificación de la cañería de servicio

A continuación se realizará el cálculo de las cañerías de servicio, para el cual se calculó solo el consumo A, debido a que los demás puntos de consumo presentan la misma demanda de caudal.

Adoptando un diámetro de 1/2", y utilizando la fórmula 2, la velocidad del fluido verifica el valor admisible, por el cual se adopta un diámetro de 1/2".

3.3.4 - Selección del Compresor

Se colocará un compresor a tornillo debido a su elevada eficiencia, el cual se seleccionó de catálogo KAESER de acuerdo a los requerimientos de la instalación:

Caudal: 3,05 Nm³/min - Presión de servicio: 7 bar

Dibujos técnicos	Modelo	Sobrepr. de servicio bar	Caudal*) Unidad completa a sobrepresión de servicio m ³ /min	Sobrepresión máx. de servicio bar	Pot. nominal motor kW	Margen min. de presiones bar	Campo de revoluciones min.-máx. rpm	Gama de frecuencias min.-máx. Hz	Dimensiones an x prof x al mm	Conexión de aire comprimido	Nivel sonoro **) dB(A)	Peso kg
Serles SM SFC-CSDX SFC												
	SM 12 SFC	7,5 10 13	0,34 - 1,24 0,34 - 1,04 0,30 - 0,78	8 11 15	7,5	± 0,1	1200 - 3780 1500 - 3780 1800 - 3780	20 - 63 25 - 63 30 - 63	630 x 762 x 1100	G 3/4	66	220
	SK 21 SFC	7,5 10 13	0,51 - 1,95 0,55 - 1,61 0,43 - 1,24	8 11 15	11	± 0,1	1110 - 3608 1200 - 3024 1120 - 2427	20 - 65 25 - 63 30 - 65	1010 x 704 x 1200	G 1	66	330
	ASK 32 SFC	7,5 10 13	0,77 - 2,90 0,59 - 2,38 0,67 - 1,84	8 11 15	18,5	± 0,1	1200 - 3900 1200 - 3960 1800 - 3780	20 - 65 20 - 66 30 - 63	1130 x 850 x 1255	G 1 1/4	69	425
	ASD 32 SFC	7,5 10	0,69 - 3,32 0,90 - 2,86	10	18,5	± 0,1	900 - 3690 1200 - 3240	15 - 61,5 20 - 54	1850 x 921 x 1505		67	715
	ASD 37 SFC	7,5 10 13	0,82 - 4,05 0,61 - 3,58 0,56 - 3,17	8,5 15 15	22	± 0,1	900 - 3640 900 - 4050 900 - 3600	15 - 64 15 - 67,5 15 - 60	1850 x 921 x 1505	G 1 1/4	68	790
	ASD 47 SFC	7,5 10 13	1,07 - 4,92 0,79 - 4,12 0,60 - 3,60	8,5 11 15	25	± 0,1	900 - 3780 900 - 3960 900 - 4200	15 - 63 15 - 66 15 - 70	1850 x 921 x 1505		68	800

Tabla N°1.11. Datos técnicos de compresores Kaeser.

Modelo Seleccionado:

Marca: KAESER

Modelo: ASD 32 SFC

Tipo: A tornillo

Caudal Nominal: 3,05 m³/min

Presión de servicio: 7,5 bar

Potencial nominal: 18,5 kW



Dimensiones:

Ancho: 1850 mm

Profundidad: 921 mm

Altura: 1505 mm

3.3.5 - Cálculo y selección del Depósito de Aire Comprimido

Para el cálculo del tanque pulmón se parte del Gráfico N°1.2, donde para un coeficiente de consumo C= 80%, se obtiene:

$$t_o = 6.25 \text{ min}$$

Una vez obtenido el tiempo de operación t_0 podemos calcular el número de maniobras por hora realizadas por el compresor.

Se recomienda para compresores de tornillo elevar el número de maniobras horarias hasta 40 para optimizar el funcionamiento del mismo. Por lo tanto el tiempo de operación en este caso será $t_0' = 1,5 \text{ min}$, por lo tanto, obtenemos una relación entre tiempos de operación de:

$$\frac{t_0'}{t_0} = 0,24$$

A partir del caudal de compresor $Q_c = 3,05 \text{ Nm}^3/\text{min}$

La capacidad del tanque pulmón viene dada por la fórmula 3:

$$V_D = 0,24 \times Q_c = 0,24 \times 3,05 \rightarrow V_D = 0,732 \text{ m}^3$$

Modelo Seleccionado:

Marca: KAESER

Volumen: 900 l.

Sobrepresión máxima admisible: 11 bar (1078kPa)

Disposición: Vertical



3.3.6 - Cálculo de Condensado

Se calculó la fracción de condensados que se producen como resultado de la compresión de aire atmosférico a una temperatura ambiente de 20 °C y una humedad relativa del 80%, siendo el caudal aspirado por el compresor $Q_c = 3,05 \text{ Nm}^3/\text{min}$.

El compresor funciona con un porcentaje de servicio de carga de 80%. Supondremos que después de comprimido, el aire en el depósito y cañerías adquiere nuevamente la temperatura ambiente. La presión de servicio es de 7,5 bar.

Para presión atmosférica y 20 °C obtenemos de Gráfico N°1.3 $x_s = 15 \text{ grs}/\text{kg}$. Calculamos el 80% de este valor, resultando:

$$x_{si} = 12 \text{ grs}/\text{kg} \text{ de aire seco}$$

Para presión efectiva de 7 bar y 20 °C obtenemos del mismo gráfico:

$$x_{sf} = 1,6 \text{ grs}/\text{kg} \text{ de aire seco}$$

Aplicando la fórmula (4)

$$C = 7,2 \times 10^{-4} \times 3,05 \times 80 \times (12 - 1,6) \rightarrow C = 1,82 \text{ litros}/\text{h}$$

Conclusión

Si consideramos una jornada laboral de 1 turnos, tendríamos un total de 8 horas de funcionamiento, con lo cual se generará un condensado diario de 14,56 litros.

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.

Verificación del espesor de las paredes de los caños.

En primera instancia aproximamos con Schedule, el cual viene expresado por:

$$sh = 1000 \frac{p}{\sigma_{adm}}$$

Donde:

p: Presión de Trabajo (kg/cm²).

σ_{adm} : Tensión admisible a temperatura de trabajo (kg/cm²).

$$sh = 1000 \times \frac{7,5}{860} = 8,72$$

Se adopta sh=40

Verificamos con código ASME la presión, la cual no debe ser menor a la presión de trabajo.

$$p = \frac{2 \cdot \sigma \cdot E \cdot (t - c)}{d_e - 2 \cdot y \cdot (t - c)}$$

Donde:

E: Calidad de soldadura (0,7 - 1).

d_e: Diámetro exterior (mm)

σ_{adm} : Tensión admisible a temperatura de trabajo (kg/cm²).

t: Espesor (mm).

c: Coeficiente por corrosión (mm).

y: constante, función de material y temperatura.

- Para un caño no radiografiado ($E=0,7$), de diámetro nominal de $1/2''$, una constante $y=0,4$ y una temperatura de trabajo máxima de $340\text{ }^{\circ}\text{C}$, se obtiene:

$$p = \frac{2 \times 860 \times 0,7 \times (2,76 - 1,65)}{21,3 - 2 \times 0,4(2,76 - 1,65)} = 65 > 7 \quad \text{Verifica}$$

- 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 $340\text{ }^{\circ}\text{C}$, se obtiene:

$$p = \frac{2 \times 860 \times 0,7 \times (2,87 - 1,65)}{26,7 - 2 \times 0,4(2,87 - 1,65)} = 57,1 > 7 \quad \text{Verifica}$$

- Para un caño no radiografiado ($E=0,7$), de diámetro nominal de $1\ 1/4''$, una constante $y=0,4$ y una temperatura de trabajo máxima de $340\text{ }^{\circ}\text{C}$, se obtiene:

$$p = \frac{2 \times 860 \times 0,7 \times (3,56 - 1,65)}{42,2 - 2 \times 0,4(3,56 - 1,65)} = 56,54 > 7 \quad \text{Verifica}$$

Por lo tanto seleccionamos Acero ASTM A53 Gr A sh40 pintado en azul.

4 - INSTALACIÓN ELÉCTRICA

4.1 - MEMORIA DESCRIPTIVA

El presente proyecto contempla el cálculo, distribución de líneas, ubicación de tableros, dimensionado y puntos de utilización correspondientes a la instalación de energía eléctrica de un inmueble constituido por: un sector de oficina de 29 m² de superficie cubierta y 20 m² de superficie semicubierta, un sector de producción de 140 m² de superficie cubierta, una sala de equipo compresor de 15 m² y un contenedor con sanitarios aledaños al local de 18 m². Considerándose el inmueble como *locales destinados a depósito, transformación o elaboración de sustancias no inflamables, según norma 771.8.3.3*. Dicho inmueble se encuentra ubicado en la localidad de General Pico, provincia de La Pampa, en el predio de la Zona Franca.

Cabe destacar que la construcción del inmueble está realizada con paredes de durlock y vidrios, techo de chapa con cielo raso de paneles de lana de vidrio.

Dicho proyecto se desarrollara según la Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles de la Asociación Electrotécnica Argentina (edición 2006) y las Normas IRAM correspondientes, por lo que quedan garantizados la seguridad de las personas y el funcionamiento óptimo del sistema.

Se prevé la instalación de 1 Tablero Principal ubicado en un pilar de mampostería, construido a nivel de la línea municipal. Desde el tablero principal (TP1), mediante un tendido subterráneo que aloja a los conductores, se accederá al Tablero Seccional General 1 (TSG1), ubicado en el sector de producción del local y de este al Tablero Seccional 1, mediante otro tendido subterráneo, ubicado en el fondo del sector de producción. Además desde el Tablero Seccional 1 se alimentará el Tablero Seccional 2 mediante un tendido subterráneo ubicado en la sala del compresor.

4.2 - MEMORIA TÉCNICA

El proyecto ha sido elaborado de acuerdo al “Reglamento para instalaciones Eléctricas en Inmuebles” vigente correspondiente a la edición 2006, de la Asociación Electrotécnica Argentina.

La instalación sigue una distribución compuesta por:

- Tablero Principal
- Tableros Seccionales generales.
- Tableros Seccionales.
- Circuitos Terminales

Detalle

Circuito Principal (CP)

Tablero Principal (Clase II)	TP 1
Tipo de Suministro	Trifásico
Grado de electrificación	Elevado
Conductor	IRAM MN 247-3 PVC
Sección	4x(1x50)
Canalización	RS 51- 1662 mm ² Clase II
Carga [V.A]	70122
Tablero Seccional que alimenta.	TSG 1

Circuitos Seccionales (CS)

Tablero Seccional	TSG 1	TS 1	TS 2
Conductor	IRAM MN 2178 PVC	IRAM MN 2178 PVC	IRAM MN 2178 PVC
Sección	1x(3x25+1x16)+PE	1x(4x16) +PE	1x(4x6) +PE
Canalización	Directamente enterrado	Directamente enterrado	Directamente enterrado
Carga [V.A]	70122	46662	21660

Circuitos Terminales (CT):

Tablero Seccional General 1 (TSG 1)

	IUG ₁₁	IUG ₁₂	IUG ₁₃	IUE ₁₁	TUG ₁₁	TUG ₁₂	TUG ₁₃	TUG ₁₄	TUE ₁₁	ACU ₁₁	ACU ₁₂	TS1
Cantidad de bocas	3	13	5	4	6	6	6	8	2	1	1	-
Conductor	IRAM MN 247-3 PVC											IRAM MN 2178 PVC
Sección	2x(1x2,5)+PE									3x(1x2,5)+PE		1x(4x16)+PE
Canalización	RS 16- 132 mm ²									RS 19- 177 mm ²		Directamente enterrado
Carga [V.A]	450	1950	2200	2000	2200	2200	2200	2200	3300	5500	5500	46662

Tablero Seccional 1 (TS 1)

	OCE ₁₋₁₁	OCE ₁₋₁₂	OCE ₁₋₁₃	TS2
Cantidad de bocas	2	2	2	-
Conductor	IRAM MN 247-3 PVC			IRAM MN 2178 PVC
Sección	2x(1x10)+PE			1x(4x6)+PE

Canalización	RS 25- 346 mm ²			Directamente enterrado
Carga [V.A]	8334	8334	88334	21660

Tablero Seccional 2 (TS 2)

	OCE ₁₋₂₁	IUG ₁₋₂₁
Cantidad de bocas	2	1
Conductor	IRAM MN 247-3 PVC	IRAM MN 247-3 PVC
Sección	3x(1x10)+PE	2x(1x2,5)+PE
Canalización	RS 32- 616 mm ²	RS 16- 132 mm ²
Carga [V.A]	21000	600

Artefactos de iluminación

Para la iluminación del local se selecciona como luminaria paneles LED de 60x60 cm para su rápido montaje, bajo consumo (37,8 W), larga vida útil (más de 50.000 hora), bajo costo de mantenimiento, flujo luminoso de 3120 lm, rendimiento lumínico de 82,5 lm/W y su gran reproducción cromática (Mayor a 70).

Obteniéndose como resultado la necesidad de colocar 48 paneles LED homogéneamente distribuidos para cumplimentar los niveles de iluminación recomendados.

Los Planos referidos a la instalación eléctrica se ubican en el Anexo y detallan a continuación:

Plano N°6: Plano General

Plano N°7: Tablero Principal

Plano N°8: Tablero Seccional General 1

Plano N°9: Tablero Seccional 1

Plano N°10: Tablero Seccional 2

Plano N°11: Circuitos de Tomacorrientes

Plano N°12: Circuito de Iluminación

4.3 - MEMORIA DE CÁLCULO

4.3.1 - Determinación del grado de electrificación del inmueble

Como se citó anteriormente se considerara al inmueble formado un local donde compuesto por un sector de oficinas y uno de producción, existiendo exteriormente un contenedor con sanitarios y un pequeño local destinado al equipo de aire comprimido.

4.3.1.1 – Local

Locales destinados a depósito, transformación o elaboración de sustancias no inflamables, según norma 771.8.3.3.

El grado de electrificación se determinó según los pasos siguientes:

Previamente según la tabla 771.8.VII (Página 35) se calculó la superficie del inmueble. En la tabla 1 se detallan los valores para cada ambiente.

N°	Ambiente	Superficie Semicubierta (m ²)	Superficie cubierta (m ²)	
1	Oficina	-	29	
2	Frente exterior	20	-	
3	Producción	-	140	
4	Sector aire comprimido	-	15	
5	Sanitarios	-	18	Superficie a considerar (m ²)
	TOTAL	20	202	222

Tabla 1.- Ambientes y superficies del inmueble.

De este modo, como la superficie es levemente superior a 200 m², corresponde a un grado de electrificación MEDIO.

Luego, mediante la tabla 771.8.VIII (pág. 36) se identificaron los números mínimos de circuitos, los que resultaron ser 3.

Pero a fines de mejorar la prestación de la instalación optamos por un grado de electrificación ELEVADO.

Analizando las variantes que prevé la norma se adoptó:

	IUG	TUG	IUE	TUE	OCE
ELEVADO	4	4	1	1	4

Se obtuvieron los puntos mínimos de utilización y en función de estos se agregaron los necesarios para completar los circuitos. En la tabla 2 se muestran los puntos de utilización por local.

N°	Ambiente	Sup.(m ²)	IUG ₁₁	TUG ₁₁	IUE ₁₁	TUE ₁₁	OCE ₁₁
1	Oficina	29	1	1	-	-	-
2	Frente exterior	20	-	-	1	1	-
3	Producción	140	1	3	-	-	3
4	Sector aire comprimido	15	1	-	-	-	1
5	Sanitarios	18	1	-	-	-	-

Tabla 2.- Locales y puntos de utilización.

Los circuitos anteriores se distribuyeron de la siguiente manera en el Tablero Seccional general 1 (TSG 1), Tablero Seccional 1 (TS 1) y Tablero Seccional 2 (TS 2).

Teniendo como referencia la tabla 771.9.I (pág. 45) se calculó la demanda de potencia máxima simultánea (DPMS).

➤ Para el TS 1

N°	Ambiente	Sup.(m ²)	TS 1		
			OCE ₁₋₁₁	OCE ₁₋₁₂	OCE ₁₋₁₃
1	Producción	140	2	2	2

Tabla 6.- Locales y puntos de utilización.

- Demanda de potencia máxima simultánea correspondiente a los circuitos dedicados a cargas específicas:

Cada banco de prueba de calidad tendrá 15 luminarias de 250 [Watt]. Colocaremos dos bancos de prueba por circuito. Las luminarias poseen un factor de potencia de 0,9.

$$OCE_{1-11} = OCE_{1-12} = OCE_{1-13} = \frac{250 \times 30}{0,9} = 8334 \text{ V.A}$$

$$DPMS''_{1-1} = 3 \times 8334 \text{ VA}$$

$$DPMS''_{1-1} = 25002 \text{ VA}$$

Considerando un coeficiente de simultaneidad según 771.9.2 (Página 45) de acuerdo a las cargas específicas a conectar y a su probabilidad de funcionamiento, tenemos que ese coeficiente es 1 ya que

en nuestro caso el control de calidad de las luminarias permanecerá encendido las 24 horas del día. Entonces, nos queda la Demanda de Potencia Simultánea:

$$DPS''_{1-1} = 25002 \text{ VA}$$

Por lo tanto la carga total correspondiente al tablero TS 1 se obtuvo según 771.9.3.1 (pág. 46) obteniendo:

$$DPS_{TS1} = 25002 \text{ VA}$$

➤ Para el TS 2

N°	Ambiente	Sup.(m ²)	TS 2	
			OCE ₁₋₂₁	IUG ₁₋₂₁
1	Sector aire comprimido	15	1	1

Tabla 6.- Locales y puntos de utilización.

- Demanda de potencia máxima simultánea correspondientes al grado de electrificación:

$$IUG_{2-21} = 4 \times 150 \text{ VA} = 600 \text{ VA}$$

$$DPMS'_{1-2} = 600 \text{ VA}$$

Considerando un coeficiente de simultaneidad según Tabla 771.9.II (Página 45) de 1 nos queda la Demanda de Potencia Simultánea:

$$DPS'_{1-2} = 1 \times 600 \text{ VA} = 600 \text{ VA}$$

- Demanda de potencia máxima simultánea correspondiente a los circuitos dedicados a cargar específicas:

Aquí se tendrá un conexionado para el equipo compresor y un toma corriente auxiliar.

$$OCE_{1-21} = 21000 \text{ V.A}$$

$$DPMS''_{1-2} = 21600 \text{ VA}$$

Considerando un coeficiente de simultaneidad según 771.9.2 (Página 45) de acuerdo a las cargas específicas a conectar y a su probabilidad de funcionamiento, tenemos que ese coeficiente es 0,8 ya que dependerá de la frecuencia de encendido del equipo compresor. Entonces, nos queda la Demanda de Potencia Simultánea:

$$DPS''_{1-2} = 0,8 \times 21600 \text{ VA}$$

$$DPS''_{1-2} = 17280 \text{ VA}$$

Por lo tanto la carga total correspondiente al tablero TS 2 se obtuvo según 771.9.3.1 (pág. 46) obteniendo:

$$DPS_{TS2} = DPS'_{1-2} + DPS''_{1-2} = 600 \text{ VA} + 17280 \text{ VA} = 17880 \text{ VA}$$

$$DPS_{TS2} = 17880 \text{ VA}$$

➤ Para el TSG 1

N°	Ambiente	Sup. (m²)											TS 1			TS 2		
			IUG ₁₁	IUG ₁₂	IUG ₁₃	IUE ₁₁	TUG ₁₁	TUG ₁₂	TUG ₁₃	TUG ₁₄	TUE ₁₁	ACU ₁₁	ACU ₁₂	OCE ₁₋₁₁	OCE ₁₋₁₁	OCE ₁₋₁₁	OCE ₁₋₂₁	IUG ₁₋₂₁
1	Oficina	29	3	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Frente exterior	20	-	-	-	4	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
3	Producción	140	-	13	-	-	-	6	6	8	-	1	1	2	2	2	-	-
4	Sector aire comprimido	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1
5	Sanitarios	18	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 5.- Locales y puntos de utilización.

- Demanda de potencia máxima simultánea correspondiente al grado de electrificación:

$$IUG_{11} = 3 \times 150 \text{ VA} = 450 \text{ VA}$$

$$IUG_{12} = 13 \times 150 \text{ VA} = 1950 \text{ VA}$$

$$IUG_{13} = 2200 \text{ VA}$$

$$IUE_{11} = 4 \times 500 \text{ VA} = 2000 \text{ VA}$$

$$TUG_{11} = 2200 \text{ V.A}$$

$$TUG_{12} = 2200 \text{ V.A}$$

$$TUG_{13} = 2200 \text{ V.A}$$

$$TUG_{14} = 2200 \text{ V.A}$$

$$TUE_{11} = 3300 \text{ V.A}$$

$$DPMS'_{1-1} = 600 \text{ VA}$$

Por lo tanto:

$$DPMS'_1 = 23200 \text{ VA} + 600 \text{ VA} = 23800 \text{ VA}$$

Considerando un coeficiente de simultaneidad según Tabla 771.9.II (Página 45) para grado de electrificación Elevado de 0,8 nos queda la Demanda de Potencia Simultánea:

$$DPS'_1 = 0,8 \times 27800 \text{ VA} = 19040 \text{ VA}$$

- Demanda de potencia máxima simultánea correspondiente a circuitos dedicados a cargas específicas:

Equipos de refrigeración montados en el techo, alimentados con los siguientes circuitos ACU.

$$ACU_{11} = 5500 \text{ V.A}$$

$$ACU_{11} = 5500 \text{ V.A}$$

$$DPS''_{1-1} = 25002 \text{ VA}$$

$$DPS''_{1-2} = 17280 \text{ VA}$$

Considerando un coeficiente de simultaneidad en función de las características de las cargas y de la probabilidad de funcionamiento simultáneo de 0,8 para los equipos de frío, y de 1 para la simultaneidad de los circuitos específicos nos queda:

$$DPMS''_1 = 25002 \text{ VA} + 17280 \text{ VA} + 0,8 \times 5500 \text{ VA} + 0,8 \times 5500 \text{ VA} = 51082 \text{ VA}$$

$$DPS''_1 = 51082 \text{ VA}$$

Por lo tanto la carga total correspondiente al TSG 1 se obtuvo según 771.9.3.1 (pág. 46) obteniendo:

$$DPS_{TSG1} = DPS'_1 + DPS''_1$$

$$DPS_{TSG1} = 70122 \text{ VA}$$

4.3.2 - SELECCIÓN DE CONDUCTORES Y DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

4.3.2.1 – Líneas Principales

- **Tablero Principal 1 (TP1)**

Datos:

Demanda de Potencia Simultánea. $DPS = 70122 VA$

Longitud $l = 1 m$

Temperatura ambiente $T_a = 35^\circ C$

Agrupamiento 1

Conductor IRAM 247-3, aislación PVC

El tipo de suministro recomendable es trifásico.

I – Determinación de la corriente de proyecto:

Vamos a distribuir los circuitos terminales lo más equilibrado posible entre las fases:

Tablero Principal 1 (TP 1)

Circuito												TS 1			TS 2	
	IUG ₁₁	IUG ₁₂	IUG ₁₃	IUE ₁₁	TUG ₁₁	TUG ₁₂	TUG ₁₃	TUG ₁₄	TUE ₁₁	ACU ₁₁	ACU ₁₂	OCE ₁₋₁₁	OCE ₁₋₁₁	OCE ₁₋₁₁	OCE ₁₋₂₁	IUG ₁₋₂₁
Carga [VA]	450	1950	2200	2000	2200	2200	2200	2200	3300	5500	5500	8334	8334	8334	17280	660
Fase	R	T	R	T	R	R	S	S	S	RST	RST	R	S	T	RST	R

Cargas por fase:

Clemengo - Torre

$$DPMS_R = 16044 \text{ VA} + 9427 \text{ VA} = 25471 \text{ VA}$$

$$DPMS_S = 16034 \text{ VA} + 9427 \text{ VA} = 25461 \text{ VA}$$

$$DPMS_T = 12284 \text{ VA} + 9427 \text{ VA} = 25711 \text{ VA}$$

La fase más solicitada es la T, por lo tanto vamos a considerar un conductor trifásico con esa carga en las tres fases:

$$I_B = \frac{DPMS_T}{220V} = \frac{25711VA}{220 \text{ V}} = 117 \text{ A}$$

2 – Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible:

Factores de corrección según tablas 771.16.II.a y 771.16.II.b (pág. 95), respectivamente:

Por temperatura ambiente $f_T = 1,08$

Por agrupamiento de circuitos $f_A = 1$

$$I_Z = \frac{I_B}{f_T \cdot f_A} = \frac{117 \text{ A}}{1,08 \cdot 1} = 109 \text{ A}$$

Sección de conductor según tabla 771.16.I (pág. 94)

$$s = 50 \text{ mm}^2 \Rightarrow I_Z = 117 \text{ A} \cdot 1,08 \cdot 1 = 127 \text{ A}$$

Como $I_Z = 127 A$ y $I_B = 117 A \Rightarrow I_Z \geq I_B$ Se verifica

3 – Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección:

Se debe verificar $I_B \leq I_n \leq I_Z$

Para cumplir la primer condición se selecciona un dispositivo de protección de corriente nominal $I_n = 125 A$.

El interruptor termomagnético seleccionado es según norma IEC 60947-2, del Catálogo Schneider Electric, Del tipo C120N.

4 – Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga:

Se debe verificar $I_2 \leq 1,3 \cdot I_Z$

Para interruptores automáticos IEC 60947-2, para $I_n \geq 63 A$ (pág. 138):

$$I_2 = 1,3 \cdot I_n = 1,3 \cdot 125 A = 162,5 A \leq 1,3 \cdot I_Z = 1,3 \cdot 127 A = 165,1 A$$

De manera que se cumple la condición.

5 – Determinación de la corriente de cortocircuito máxima:

Se supone la instalación alimentada por un transformador de 200 kVA , $13,2/0,400-0,231\text{ kV}$, ubicado a sesenta metros del tablero principal, por medio de conductores IRAM 2178 de cobre, $3 \times 70 + 1 \times 35$. La corriente presunta de cortocircuito prevista para el transformador según tabla 771-H.II (pág. 225) es $I_k'' = 7074\text{ A}$, de manera que la corriente de cortocircuito en los bornes del tablero principal según tabla 771-H.V (pág. 228) es $I_{kTP1}'' = 4374\text{ A}$.

Por lo tanto seleccionamos un dispositivo de protección según norma IEC 60947-2, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 125\text{ A}$, tetrapolar C120N, curva C, clase 3 y con un poder de corte $P_{dCcc} = 10\text{ kA}$, por lo tanto actuará de forma segura ante un cortocircuito.

6 – Verificación por máxima exigencia térmica:

Se considerará protegido al conductor cuya sección nominal cumpla la siguiente expresión:

$$S \geq \frac{I_{kTP1}'' \cdot \sqrt{t}}{k}$$

Donde I_{kTP1}'' es la corriente de corto circuito en la entrada del Tablero Principal 1.

Se toma de tabla 771.19.II (pág. 136), para conductor de cobre y sección inferior a 300 mm^2 , un valor de $k = 115$.

El dispositivo de protección seleccionado tiene un tiempo de apertura de $0,01\text{ s}$ (catálogo).

Entonces tenemos:

$$50 \text{ mm}^2 \geq \frac{4374 \cdot \sqrt{0,01}}{115} = 12 \text{ mm}^2$$

Dado que la sección elegida es de 50 mm^2 se verifica que el conductor estará protegido ante las exigencias térmicas

7 – Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito:

En función de la corriente de cortocircuito I''_{kTP1} , la sección calculada, el dispositivo de protección seleccionado, según tabla 771-H-VII (pág. 230) de la reglamentación actúa con seguridad hasta longitudes de 84 m. Debido a que la longitud necesaria para nuestra instalación es a lo sumo de 1 m, no es necesario tomar un conductor de mayor sección.

8 – Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito:

Siendo la caída de tensión (pág. 141)

$$\Delta U = k \cdot I \cdot l \cdot z$$

Donde $k = \sqrt{3}$ por ser un circuito trifásico de bajada, I es la corriente correspondiente al consumo total (I_B), l es la longitud de conductor del circuito y z es la impedancia del conductor. Se desprecian para el cálculo los efectos inductivos.

Se calcula la resistividad del material conductor a la temperatura de trabajo de 70°C :

$$R_{50mm^2 70^{\circ}C} = R_{50mm^2 20^{\circ}C} [1 + \alpha(70^{\circ}C - 20^{\circ}C)] = 0,387 \frac{\Omega}{km} \left[1 + 0,00393 \frac{1}{^{\circ}C} \cdot 50^{\circ}C \right] = 0,46 \frac{\Omega}{km}$$

Entonces,

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 117 A \cdot 0,001 km \cdot 0,46 \frac{\Omega}{km} = 0,1 V$$

Que podemos considerarla despreciable.

De esta forma, el conductor entre el medidor y el tablero principal es:

PVC IRAM NM 247-3 4 × (1 × 50)

9 – *Sección de la puesta a tierra (PE)*

De acuerdo a página 127 $PE = 25 mm^2$

10 – *Verificación de sección mínima.*

De acuerdo a página 89 se verifica la sección mínima.

4.3.2.2 – Tableros Seccionales

- **Tablero Seccional General 1 (TSG 1)**

Datos:

Demanda de Potencia Simultánea. $DPS = 25711 VA$

Longitud $l = 25 m$

Temperatura ambiente $T_a = 35^\circ C$

Agrupamiento 1

Conductor IRAM 2178, aislación PVC, consideramos el cable directamente enterrado.

1 – Determinación de la corriente de proyecto:

$$I_B = \frac{DPS}{220V} = \frac{25711VA}{220 V} = 117 A$$

2 – Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible:

Factores de corrección según tablas 771.16.II.b (pág. 95), 771.16.VII.a y 771.16.II.b (pág. 108), respectivamente:

Por agrupamiento de circuitos $f_A = 1$

Por temperatura ambiente $f_T = 1,05$

Por resistividad térmica del suelo para tierra muy seca $f_R = 1,08$

$$I_Z' = \frac{I_B}{f_T \cdot f_A \cdot f_R} = \frac{117 \text{ A}}{1 \cdot 1,08 \cdot 1,05} = 104 \text{ A}$$

Sección de conductor según tabla 771.16.VII (pág. 104)

$$s = 25 \text{ mm}^2 \Rightarrow I_Z = 123 \text{ A} \cdot 1 \cdot 1,05 \cdot 1,08 = 140 \text{ A}$$

Como $I_Z = 140 \text{ A}$ y $I_B = 117 \text{ A} \Rightarrow I_Z \geq I_B$ Se verifica

3 – Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección:

Se debe verificar $I_B \leq I_n \leq I_Z$

Para cumplir la primer condición se selecciona un dispositivo de protección de corriente nominal

$$I_n = 125 \text{ A}.$$

El interruptor termomagnético seleccionado es según norma IEC 60947-2, del Catálogo Schneider Electric, Del tipo C120N.

4 – Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga:

Se debe verificar $I_2 \leq 1,3 \cdot I_Z$

Para interruptores automáticos IEC 60947-2, para $I_n \geq 63 \text{ A}$ (pág. 138):

$$I_2 = 1,3 \cdot I_n = 1,3 \cdot 125 A = 162,5 A \leq 1,3 \cdot I_z = 1,3 \cdot 127 A = 165,1 A$$

De manera que se cumple la condición.

5 – Determinación de la corriente de cortocircuito máxima:

La corriente de cortocircuito en los bornes del tablero principal es $I''_{kTP1} = 4374 A$.

La longitud desde el tablero principal al Tablero Seccional General 1 es de aproximadamente 25 m, entonces de la tabla 771-H.V (pág. 228) para calcular la corriente de cortocircuito en baja tensión obtenemos la corriente de cortocircuito máxima en el Tablero Seccional General 1: $I''_{kTSG1} = 3333 A$

Por lo tanto seleccionamos un dispositivo de protección según norma IEC 60947-2, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 125 A$, tetrapolar C120N, curva C, clase 3 y con un poder de corte $P_{dCcc} = 10 kA$, por lo tanto actuará de forma segura ante un cortocircuito.

6 – Verificación por máxima exigencia térmica:

Se considerará protegido al conductor cuya sección nominal cumpla la siguiente expresión:

$$S \geq \frac{I''_{kTSG1} \cdot \sqrt{t}}{k}$$

Donde I''_{kTSG1} es la corriente de corto circuito en la entrada del Tablero Principal 1.

Se toma de tabla 771.19.II (pág. 136), para conductor de cobre y sección inferior a 300 mm^2 , un valor de $k = 115$.

El dispositivo de protección seleccionado tiene un tiempo de apertura de $0,01 \text{ s}$ (catálogo).

Entonces tenemos:

$$25 \text{ mm}^2 \geq \frac{3333 \cdot \sqrt{0,01}}{115} = 2,9 \text{ mm}^2$$

Dado que la sección elegida es de 25 mm^2 se verifica que el conductor estará protegido ante las exigencias térmicas

7 – Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito:

En función de la corriente de cortocircuito I''_{kTSGI} , la sección calculada, el dispositivo de protección seleccionado, según tabla 771-H-VII (pág. 230) de la reglamentación actúa con seguridad hasta longitudes de 107 m. Debido a que la longitud necesaria para nuestra instalación es aproximadamente de 25 m, no es necesario tomar un conductor de mayor sección.

8 – Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito:

Según Reglamentación (pág. 89), la máxima caída de tensión admisible para una circuito seccional es de 1%, $\Delta U_{adm} = 380 \text{ V} \cdot 1\% = 3,8 \text{ V}$.

Siendo la caída de tensión

(pág. 141)

$$\Delta U = k \cdot I \cdot l \cdot z$$

Donde $k = 1,73$ para sistemas trifásicos, I es la corriente correspondiente al consumo total (I_B), l es la longitud de conductor del circuito y z es la impedancia del conductor. Se desprecian para el cálculo los efectos inductivos.

Se calcula la resistividad del material conductor a la temperatura de trabajo de 70°C :

$$R_{25\text{mm}^2\ 70^\circ\text{C}} = R_{25\text{mm}^2\ 20^\circ\text{C}} [1 + \alpha(70^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})] = 0,727 \frac{\Omega}{\text{km}} \left[1 + 0,00393 \frac{1}{^\circ\text{C}} \cdot 50^\circ\text{C} \right] = 0,87 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Entonces,

$$\Delta U = 1,73 \cdot 117\ \text{A} \cdot 0,02\ \text{km} \cdot 0,87 \frac{\Omega}{\text{km}} = 3,52\ \text{V}$$

Que es menor a $3,8\ \text{V}$.

De esta forma, el conductor entre el Tablero Principal y el Tablero Seccional 1 es:

$$\text{PVC IRAM 2178 } 1 \times (3 \times 25 + 1 \times 16) + \text{PE}$$

9 – Sección de la puesta a tierra (PE)

De acuerdo a página 127 $PE = 16 \text{ mm}^2$

10 – Verificación de sección mínima.

De acuerdo a página 89 se verifica la sección mínima.

- **Tablero Seccional 1 (TS 1)**

Datos:

Demanda de Potencia Simultánea en la fase más cargada.

$$DPS = 8334 \text{ VA} + 660 \text{ VA} + \frac{21000}{3} \text{ VA} = 15994 \text{ VA}$$

Longitud $l = 25 \text{ m}$

Temperatura ambiente $T_a = 35^\circ \text{C}$

Agrupamiento 1

Conductor IRAM 2178, aislación PVC, consideramos el cable directamente enterrado.

1 – Determinación de la corriente de proyecto:

$$I_B = \frac{DPS}{220V} = \frac{15994VA}{220 V} = 73 A$$

2 – Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible:

Factores de corrección según tablas 771.16.II.b (pág. 95), 771.16.VII.a y 771.16.II.b (pág. 108), respectivamente:

Por agrupamiento de circuitos $f_A = 1$

Por temperatura ambiente $f_T = 1,05$

Por resistividad térmica del suelo para tierra muy seca $f_R = 1,08$

$$I_Z' = \frac{I_B}{f_T \cdot f_A \cdot f_R} = \frac{73 A}{1 \cdot 1,08 \cdot 1,05} = 65 A$$

Sección de conductor según tabla 771.16.VII (pág. 104)

$$s = 10 \text{ mm}^2 \Rightarrow I_Z = 74 A \cdot 1 \cdot 1,05 \cdot 1,08 = 84A$$

Como $I_Z = 84A$ y $I_B = 73A \Rightarrow I_Z \geq I_B$ Se verifica

3 – Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección:

Se debe verificar $I_B \leq I_n \leq I_Z$

Para cumplir la primer condición se selecciona un dispositivo de protección de corriente nominal

$$I_n = 80 A.$$

El interruptor termomagnético seleccionado es según norma IEC 60898, del Catálogo Schneider Electric, Del tipo C120N.

4 – Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga:

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

Para interruptores automáticos IEC 60898, para $I_n > 63 A$ (pág. 138):

$$I_2 = 1,45 \cdot I_n = 1,45 \cdot 80A = 116 A \leq 1,45 \cdot I_z = 1,45 \cdot 84A = 121,8 A$$

De manera que se cumple la condición.

5 – Determinación de la corriente de cortocircuito máxima:

La corriente de cortocircuito en el los bornes del Tablero Seccional General 1 es $I''_{kTSG1} = 3333 A$.

La longitud desde el Tablero Seccional General 1 al Tablero Seccional 1 es de aproximadamente 25 m, entonces de la tabla 771-H.V (pág. 228) para calcular la corriente de cortocircuito en baja tensión obtenemos la corriente de cortocircuito máxima en el Tablero Seccional 1: $I''_{kTS1} = 2100 \text{ A}$

Por lo tanto seleccionamos un dispositivo de protección según norma IEC 60898, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 80 \text{ A}$, tetrapolar C120N, curva C, clase 3 y con un poder de corte $P_{dCcc} = 6 \text{ kA}$, por lo tanto actuará de forma segura ante un cortocircuito.

6 – Verificación por máxima exigencia térmica:

Se considerará protegido al conductor cuya sección nominal cumpla la siguiente expresión:

$$S \geq \frac{I''_{kTS1} \cdot \sqrt{t}}{k}$$

Donde I''_{kTS1} es la corriente de corto circuito en la entrada del Tablero Seccional 1.

Se toma de tabla 771.19.II (pág. 136), para conductor de cobre y sección inferior a 300 mm^2 , un valor de $k = 115$.

El dispositivo de protección seleccionado tiene un tiempo de apertura de $0,01 \text{ s}$ (catálogo).

Entonces tenemos:

$$10 \text{ mm}^2 \geq \frac{2100 \cdot \sqrt{0,01}}{115} = 1,82 \text{ mm}^2$$

Dado que la sección elegida es de 10 mm^2 se verifica que el conductor estará protegido ante las exigencias térmicas

7 – Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito:

En función de la corriente de cortocircuito I''_{kTS1} , la sección calculada, el dispositivo de protección seleccionado, según tabla 771-H-VII (pág. 230) de la reglamentación actúa con seguridad hasta longitudes de 128 m. Debido a que la longitud necesaria para nuestra instalación es aproximadamente de 25 m, no es necesario tomar un conductor de mayor sección.

8 – Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito:

Según Reglamentación (pág. 89), la máxima caída de tensión admisible para una circuito seccional es de 1%, $\Delta U_{adm} = 380 \text{ V} \cdot 1\% = 3,8 \text{ V}$.

Siendo la caída de tensión

(pág. 141)

$$\Delta U = k \cdot I \cdot l \cdot z$$

Donde $k = 1,73$ para sistemas trifásicos, I es la corriente correspondiente al consumo total (I_B), l es la longitud de conductor del circuito y z es la impedancia del conductor. Se desprecian para el cálculo los efectos inductivos.

Se calcula la resistividad del material conductor a la temperatura de trabajo de 70°C :

$$R_{10\text{mm}^2 70^\circ\text{C}} = R_{10\text{mm}^2 20^\circ\text{C}} [1 + \alpha(70^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})] = 1,83 \frac{\Omega}{\text{km}} \left[1 + 0,00393 \frac{1}{^\circ\text{C}} \cdot 50^\circ\text{C} \right] = 2,18 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Entonces,

$$\Delta U = 1,73 \cdot 67 \text{ A} \cdot 0,025 \text{ km} \cdot 2,18 \frac{\Omega}{\text{km}} = 6,31 \text{ V}$$

Que es mayor a $3,8 \text{ V}$.

Por lo tanto escogemos un conductor de mayor sección.

$$R_{16\text{mm}^2 70^\circ\text{C}} = R_{16\text{mm}^2 20^\circ\text{C}} [1 + \alpha(70^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})] = 1,15 \frac{\Omega}{\text{km}} \left[1 + 0,00393 \frac{1}{^\circ\text{C}} \cdot 50^\circ\text{C} \right] = 1,3 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Entonces,

$$\Delta U = 1,73 \cdot 67 \text{ A} \cdot 0,025 \text{ km} \cdot 1,3 \frac{\Omega}{\text{km}} = 3,76 \text{ V}$$

Que es menor a $3,8 \text{ V}$.

De esta forma, el conductor entre el Tablero Seccional General 1 y el Tablero Seccional 1 es:

PVC IRAM 2178 $1 \times (4 \times 16) + PE$

9 – Sección de la puesta a tierra (PE)

De acuerdo a página 127 $PE = 16 \text{ mm}^2$

10 – Verificación de sección mínima.

De acuerdo a página 89 se verifica la sección mínima.

- **Tablero Seccional 2 (TS 2)**

Datos:

Demanda de Potencia Simultánea en la fase más solicitada. Conexión de equipo compresor y circuito de iluminación.

$$DPS = 660 \text{ VA} + \frac{21000}{3} \text{ VA} = 7660 \text{ VA}$$

Longitud $l = 15 \text{ m}$

Temperatura ambiente $T_a = 35^\circ \text{C}$

Agrupamiento 1

Conductor IRAM 2178, aislación PVC, consideramos el cable directamente enterrado.

1 – *Determinación de la corriente de proyecto:*

$$I_B = \frac{DPS}{220V} = \frac{7660VA}{220 V} = 35 A$$

2 – *Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible:*

Factores de corrección según tablas 771.16.II.b (pág. 95), 771.16.VII.a y 771.16.II.b (pág. 108), respectivamente:

Por agrupamiento de circuitos $f_A = 1$

Por temperatura ambiente $f_T = 1,05$

Por resistividad térmica del suelo para tierra muy seca $f_R = 1,08$

$$I_Z' = \frac{I_B}{f_T \cdot f_A \cdot f_R} = \frac{35 A}{1 \cdot 1,08 \cdot 1,05} = 31 A$$

Sección de conductor según tabla 771.16.VII (pág. 104)

$$s = 4 \text{ mm}^2 \Rightarrow I_Z = 44 A \cdot 1 \cdot 1,05 \cdot 1,08 = 50A$$

Como $I_Z = 50A$ y $I_B = 35A \Rightarrow I_Z \geq I_B$ Se verifica

3 – Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección:

Se debe verificar $I_B \leq I_n \leq I_Z$

Para cumplir la primer condición se selecciona un dispositivo de protección de corriente nominal $I_n = 50 A$.

El interruptor termomagnético seleccionado es según norma IEC 60898, del Catálogo Schneider Electric, Del tipo iC60N.

4 – Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga:

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

Para interruptores automáticos IEC 60898, para $I_n \leq 63 A$ (pág. 138):

$$I_2 = 1,45 \cdot I_n = 1,45 \cdot 50A = 72,5 A \leq 1,45 \cdot I_z = 1,45 \cdot 50A = 72,5 A$$

De manera que se cumple la condición.

5 – Determinación de la corriente de cortocircuito máxima:

La corriente de cortocircuito en el los bornes del Tablero Seccional 1 es $I''_{kTS1} = 2100 A$.

La longitud desde el Tablero Seccional 1 al Tablero Seccional 2 es de aproximadamente 15 m, entonces de la tabla 771-H.V (pág. 228) para calcular la corriente de cortocircuito en baja tensión obtenemos la corriente de cortocircuito máxima en el Tablero Seccional 2: $I''_{kTS2} = 1500 A$

Por lo tanto seleccionamos un dispositivo de protección según norma IEC 60898, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 50 A$, tetrapolar iC60N, curva C, clase 3 y con un poder de corte $P_{dCcc} = 6 kA$, por lo tanto actuará de forma segura ante un cortocircuito.

6 – Verificación por máxima exigencia térmica:

Se considerará protegido al conductor cuya sección nominal cumpla la siguiente expresión:

$$S \geq \frac{I''_{kTS2} \cdot \sqrt{t}}{k}$$

Donde I''_{kTS2} es la corriente de corto circuito en la entrada del Tablero Seccional 2.

Se toma de tabla 771.19.II (pág. 136), para conductor de cobre y sección inferior a $300 mm^2$, un valor de $k = 115$.

El dispositivo de protección seleccionado tiene un tiempo de apertura de $0,01 s$ (catálogo).

Entonces tenemos:

$$4 mm^2 \geq \frac{1500 \cdot \sqrt{0,01}}{115} = 1,4 mm^2$$

Dado que la sección elegida es de 4 mm^2 se verifica que el conductor estará protegido ante las exigencias térmicas

7 – Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito:

En función de la corriente de cortocircuito I''_{kTS2} , la sección calculada, el dispositivo de protección seleccionado, según tabla 771-H-VII (pág. 230) de la reglamentación actúa con seguridad hasta longitudes de 81 m. Debido a que la longitud necesaria para nuestra instalación es aproximadamente de 15 m, no es necesario tomar un conductor de mayor sección.

8 – Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito:

Según Reglamentación (pág. 89), la máxima caída de tensión admisible para una circuito seccional es de 1%, $\Delta U_{adm} = 380 \text{ V} \cdot 1\% = 3,8 \text{ V}$.

Siendo la caída de tensión

(pág. 141)

$$\Delta U = k \cdot I \cdot l \cdot z$$

Donde $k = 1,73$ para sistemas trifásicos, I es la corriente correspondiente al consumo total (I_B), l es la longitud de conductor del circuito y z es la impedancia del conductor. Se desprecian para el cálculo los efectos inductivos.

Se calcula la resistividad del material conductor a la temperatura de trabajo de 70° C :

$$R_{4mm^2 70^\circ C} = R_{4mm^2 20^\circ C} [1 + \alpha(70^\circ C - 20^\circ C)] = 4,61 \frac{\Omega}{km} \left[1 + 0,00393 \frac{1}{^\circ C} \cdot 50^\circ C \right] = 5,51 \frac{\Omega}{km}$$

Entonces,

$$\Delta U = 1,73 \cdot 35 \text{ A} \cdot 0,015 \text{ km} \cdot 5,51 \frac{\Omega}{km} = 5 \text{ V}$$

Que es mayor a 3,8 V.

Por lo tanto escogemos un conductor de mayor sección.

$$R_{6mm^2 70^\circ C} = R_{6mm^2 20^\circ C} [1 + \alpha(70^\circ C - 20^\circ C)] = 3,08 \frac{\Omega}{km} \left[1 + 0,00393 \frac{1}{^\circ C} \cdot 50^\circ C \right] = 3,68 \frac{\Omega}{km}$$

Entonces,

$$\Delta U = 1,73 \cdot 35 \text{ A} \cdot 0,015 \text{ km} \cdot 3,68 \frac{\Omega}{km} = 3,34 \text{ V}$$

Que es menor a 3,8 V.

De esta forma, el conductor entre el Tablero Seccional 1 y el Tablero Seccional 2 es:

PVC IRAM 2178 1 × (4 × 6) + PE

9 – Sección de la puesta a tierra (PE)

De acuerdo a página 127 $PE = 6 \text{ mm}^2$

10 – Verificación de sección mínima.

De acuerdo a página 89 se verifica la sección mínima.

4.3.2.3 – Circuitos Terminales

- **IUG (circuito más desfavorable iluminación del sector de producción: $l=30\text{ m}$)**

Datos:

Demanda de Potencia Máxima Simultánea. $C_{IUG12} = 1950\text{ VA}$

Longitud $l = 30\text{ m}$

Temperatura ambiente $T_a = 35^\circ\text{C}$

Agrupamiento 1

Conductor IRAM 247-3, aislación PVC.

1 – Determinación de la corriente de proyecto:

$$I_B = \frac{C_{IUG11}}{220\text{V}} = \frac{1950\text{VA}}{220\text{ V}} = 8,9\text{ A}$$

2 – Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible:

Factores de corrección según tablas 771.16.II.a y 771.16.II.b (pág. 95), respectivamente:

Por agrupamiento de circuitos $f_A = 1$

Por temperatura ambiente $f_T = 1,08$

$$I_Z' = \frac{I_B}{f_T \cdot f_A \cdot f_R} = \frac{78,9A}{1 \cdot 1,08} = 8,24A$$

Sección de conductor según tabla 771.16.I (pág. 94)

$$s = 1,5 \text{ mm}^2 \Rightarrow I_Z = 15 \text{ A} \cdot 1 \cdot 1,08 = 16,2A$$

Como $I_Z = 16,2A$ y $I_B = 8,9A \Rightarrow I_Z \geq I_B$ Se verifica

3 – Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección:

Se debe verificar $I_B \leq I_n \leq I_Z$

Para cumplir la primer condición se selecciona un dispositivo de protección de corriente nominal

$$I_n = 16 \text{ A}.$$

El interruptor termomagnético seleccionado es según norma IEC 60898, del Catálogo Schnerider Electric.

4 – Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga:

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

Para pequeños interruptores automáticos IEC 60898, para $I_n \leq 63 A$ (pág. 138):

$$I_2 = 1,45 \cdot I_n = 1,45 \cdot 16A = 23,2 A \leq 1,45 \cdot I_z = 1,45 \cdot 16,2A = 23,49 A$$

De manera que se cumple la condición.

5 – Determinación de la corriente de cortocircuito máxima:

Como la corriente de cortocircuito en los bornes del Tablero Seccional General 1 es $I''_{kTSG1} = 3333 A$.

Seleccionamos un dispositivo de protección colocado en el Tablero Seccional General 1 según norma IEC 60898, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 16 A$, bipolar, iC60N, curva C, clase 3 y con un poder de corte $P_{dCcc} = 6000 A$, por lo tanto actuará de forma segura ante un cortocircuito.

6 – Verificación por máxima exigencia térmica:

Se considerará protegido al conductor cuya sección nominal cumpla la siguiente expresión:

$$S^2 \geq \frac{I''_{kTSG1}{}^2 \cdot t}{k^2}$$

Donde I''_{kTSG} es la corriente de corto circuito en la entrada del Tablero Seccional General 1.

Se toma de tabla 771.19.II (pág. 136), para conductor de cobre y sección inferior a 300 mm^2 , un valor de $k = 115$.

El dispositivo de protección seleccionado tiene un tiempo de apertura de $0,01 \text{ s}$ (catálogo). Los valores de $I^2 \cdot t$ (pág. 232) disponibles contemplan interruptores de calibre $\leq 16 \text{ A}$, con lo cual de Tabla 771-H.IX obtenemos $I^2 \cdot t = 42000$ se calcula la sección de la siguiente forma:

$$S^2 \cdot k^2 \geq I''_{kTSG}{}^2 \cdot t \Rightarrow 1,5^2 \cdot 115^2 \geq 42000 \Rightarrow 29756 \geq 42000$$

De modo que el conductor de $1,5 \text{ mm}^2$ no está protegido por exigencia térmica, entonces adoptamos un conductor de mayor sección.

$$S^2 \cdot k^2 \geq I''_{kTSG}{}^2 \cdot t \Rightarrow 2,5^2 \cdot 115^2 \geq 42000 \Rightarrow 82656 \geq 42000$$

Dado que la sección elegida es de $2,5 \text{ mm}^2$ se verifica que el conductor estará protegido ante las exigencias térmicas.

7 – Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito:

En función de la corriente de cortocircuito I''_{kTSG} , la sección calculada, el dispositivo de protección seleccionado, según tabla 771-H-VIII (pág. 231) de la reglamentación actúa con seguridad hasta

longitudes de 81 m. Debido a que la longitud necesaria para nuestra instalación es aproximadamente de 30 m, no es necesario tomar un conductor de mayor sección.

8 – Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito:

Según Reglamentación (pág. 89), la máxima caída de tensión admisible para una circuito terminal es de 2%, $\Delta U_{adm} = 220 V \cdot 2\% = 4,4 V$.

Siendo la caída de tensión

(pág. 141)

$$\Delta U = k \cdot I \cdot l \cdot z$$

Donde $k = 2$ para sistemas monofásicos, I es la corriente correspondiente al consumo total (I_B), l es la longitud de conductor del circuito y z es la impedancia del conductor. Se desprecian para el cálculo los efectos inductivos.

Se calcula la resistividad del material conductor a la temperatura de trabajo de $70^\circ C$:

$$R_{2,5mm^2 70^\circ C} = R_{2,5mm^2 20^\circ C} [1 + \alpha(70^\circ C - 20^\circ C)] = 7,41 \frac{\Omega}{km} \left[1 + 0,00393 \frac{1}{^\circ C} \cdot 50^\circ C \right] = 8,87 \frac{\Omega}{km}$$

Entonces,

$$\Delta U = 2 \cdot 8,9 A \cdot 0,030 km \cdot 8,87 \frac{\Omega}{km} = 4,7 V$$

Que es aproximadamente a 4,4 V.

De esta forma, para el conductor del circuito IUG_{12} es:

$$PVC \text{ IRAM NM } 247-3 \quad 2 \times (1 \times 2,5) + PE$$

9 – Sección de la puesta a tierra (PE)

De acuerdo a página 127 $PE = 2,5 \text{ mm}^2$

10 – Verificación de sección mínima.

De acuerdo a página 89 se verifica la sección mínima.

- **IUG (circuito hacia sanitarios: $l=25 \text{ m}$)**

Datos:

Demanda de Potencia Máxima Simultánea. $C_{IUG13} = 2200 \text{ VA}$

Longitud $l = 25 \text{ m}$

Temperatura ambiente $T_a = 35^\circ \text{C}$

Agrupamiento 1

Conductor IRAM 2178, aislación PVC, consideramos el cable directamente enterrado.

1 – Determinación de la corriente de proyecto:

$$I_B = \frac{C_{IUG11}}{220V} = \frac{2200VA}{220 V} = 10 A$$

2 – Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible:

Factores de corrección según tablas 771.16.II.b (pág. 95), 771.16.VII.a y 771.16.II.b (pág. 108), respectivamente:

Por agrupamiento de circuitos $f_A = 1$

Por temperatura ambiente $f_T = 1,05$

Por resistividad térmica del suelo para tierra muy seca $f_R = 1,08$

$$I_Z' = \frac{I_B}{f_T \cdot f_A \cdot f_R} = \frac{10 A}{1 \cdot 1,08 \cdot 1,05} = 8,9 A$$

Sección de conductor según tabla 771.16.VII (pág. 104)

$$s = 1,5 \text{ mm}^2 \Rightarrow I_Z = 29 A \cdot 1 \cdot 1,05 \cdot 1,08 = 33A$$

Como $I_Z = 33A$ y $I_B = 10A \Rightarrow I_Z \geq I_B$ Se verifica

3 – Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección:

Se debe verificar $I_B \leq I_n \leq I_Z$

Para cumplir la primer condición se selecciona un dispositivo de protección de corriente nominal $I_n = 16 A$.

El interruptor termomagnético seleccionado es según norma IEC 60898, del Catálogo Schnerider Electric.

4 – Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga:

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

Para pequeños interruptores automáticos IEC 60898, para $I_n \leq 63 A$ (pág. 138):

$$I_2 = 1,45 \cdot I_n = 1,45 \cdot 16A = 23,2 A \leq 1,45 \cdot I_z = 1,45 \cdot 33A = 47,85 A$$

De manera que se cumple la condición.

5 – Determinación de la corriente de cortocircuito máxima:

Como la corriente de cortocircuito en los bornes del Tablero Seccional General 1 es $I''_{kTSG1} = 3333 A$.

Seleccionamos un dispositivo de protección colocado en el Tablero Seccional General 1 según norma IEC 60898, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 16 A$, bipolar, iC60N, curva C, clase 3 y con un poder de corte $P_{dCcc} = 6000 A$, por lo tanto actuará de forma segura ante un cortocircuito.

6 – Verificación por máxima exigencia térmica:

Se considerará protegido al conductor cuya sección nominal cumpla la siguiente expresión:

$$S^2 \geq \frac{I_{kTSG1}''^2 \cdot t}{k^2}$$

Donde I_{kTSG1}'' es la corriente de corto circuito en la entrada del Tablero Seccional General 1.

Se toma de tabla 771.19.II (pág. 136), para conductor de cobre y sección inferior a 300 mm^2 , un valor de $k = 115$.

El dispositivo de protección seleccionado tiene un tiempo de apertura de $0,01 \text{ s}$ (catálogo). Los valores de $I^2 \cdot t$ (pág. 232) disponibles contemplan interruptores de calibre $\leq 16 \text{ A}$, con lo cual de Tabla 771-H.IX obtenemos $I^2 \cdot t = 42000$ se calcula la sección de la siguiente forma:

$$S^2 \cdot k^2 \geq I_{kTSG1}''^2 \cdot t \Rightarrow 1,5^2 \cdot 115^2 \geq 42000 \Rightarrow 29756 \geq 42000$$

De modo que el conductor de $1,5 \text{ mm}^2$ no está protegido por exigencia térmica, entonces adoptamos un conductor de mayor sección.

$$S^2 \cdot k^2 \geq I_{kTSG1}''^2 \cdot t \Rightarrow 2,5^2 \cdot 115^2 \geq 42000 \Rightarrow 82656 \geq 42000$$

Dado que la sección elegida es de $2,5 \text{ mm}^2$ se verifica que el conductor estará protegido ante las exigencias térmicas.

7 – Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito:

En función de la corriente de cortocircuito I''_{kTSG1} , la sección calculada, el dispositivo de protección seleccionado, según tabla 771-H-VIII (pág. 231) de la reglamentación actúa con seguridad hasta longitudes de 81 m. Debido a que la longitud necesaria para nuestra instalación es aproximadamente de 25 m, no es necesario tomar un conductor de mayor sección.

8 – Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito:

Según Reglamentación (pág. 89), la máxima caída de tensión admisible para una circuito terminal es de 2%, $\Delta U_{adm} = 220 \text{ V} \cdot 2\% = 4,4 \text{ V}$.

Siendo la caída de tensión

(pág. 141)

$$\Delta U = k \cdot I \cdot l \cdot z$$

Donde $k = 2$ para sistemas monofásicos, I es la corriente correspondiente al consumo total (I_B), l es la longitud de conductor del circuito y z es la impedancia del conductor. Se desprecian para el cálculo los efectos inductivos.

Se calcula la resistividad del material conductor a la temperatura de trabajo de 70° C :

$$R_{2,5mm^2 70^{\circ}C} = R_{2,5mm^2 20^{\circ}C} [1 + \alpha(70^{\circ}C - 20^{\circ}C)] = 7,41 \frac{\Omega}{km} \left[1 + 0,00393 \frac{1}{^{\circ}C} \cdot 50^{\circ}C \right] = 8,87 \frac{\Omega}{km}$$

Entonces,

$$\Delta U = 2 \cdot 10 \text{ A} \cdot 0,025 \text{ km} \cdot 8,87 \frac{\Omega}{km} = 4,4 \text{ V}$$

Que es aproximadamente a 4,4 V.

De esta forma, para el conductor del circuito IUG_{13} es:

$$PVC \quad IRAM \quad 2178 \quad 1 \times (2 \times 2,5) + PE$$

9 – Sección de la puesta a tierra (PE)

De acuerdo a página 127 $PE = 2,5 \text{ mm}^2$

10 – Verificación de sección mínima.

De acuerdo a página 89 se verifica la sección mínima.

- **IUE**

Datos:

Demanda de Potencia Máxima Simultánea. $C_{IUE11} = 2000 \text{ VA}$

Longitud $l = 25 \text{ m}$

Temperatura ambiente $T_a = 35^\circ \text{C}$

Agrupamiento 1

Conductor IRAM 247-3, aislación PVC.

1 – Determinación de la corriente de proyecto:

$$I_B = \frac{C_{IUG11}}{220V} = \frac{2000VA}{220 \text{ V}} = 9 \text{ A}$$

2 – Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible:

Factores de corrección según tablas 771.16.II.a y 771.16.II.b (pág. 95), respectivamente:

Por agrupamiento de circuitos $f_A = 1$

Por temperatura ambiente $f_T = 1,08$

$$I_Z' = \frac{I_B}{f_T \cdot f_A \cdot f_R} = \frac{9A}{1 \cdot 1,08} = 8,33A$$

Sección de conductor según tabla 771.16.I (pág. 94)

$$s = 1,5 \text{ mm}^2 \Rightarrow I_Z = 15 \text{ A} \cdot 1,08 = 16,2A$$

Como $I_Z = 16,2A$ y $I_B = 9A \Rightarrow I_Z \geq I_B$ Se verifica

3 – Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección:

Se debe verificar $I_B \leq I_n \leq I_Z$

Para cumplir la primer condición se selecciona un dispositivo de protección de corriente nominal $I_n = 16 A$.

El interruptor termomagnético seleccionado es según norma IEC 60898, del Catálogo Schnerider Electric.

4 – Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga:

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

Para pequeños interruptores automáticos IEC 60898, para $I_n \leq 63 A$ (pág. 138):

$$I_2 = 1,45 \cdot I_n = 1,45 \cdot 16A = 23,2 A \leq 1,45 \cdot I_z = 1,45 \cdot 16,2A = 23,49 A$$

De manera que se cumple la condición.

5 – Determinación de la corriente de cortocircuito máxima:

Como la corriente de cortocircuito en los bornes del Tablero Seccional General 1 es $I''_{kTSG1} = 3333 A$.

Seleccionamos un dispositivo de protección colocado en el Tablero Seccional General 1 según norma IEC 60898, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 16 A$, bipolar, iC60N, curva C, clase 3 y con un poder de corte $P_{dccc} = 6000 A$, por lo tanto actuará de forma segura ante un cortocircuito.

6 – Verificación por máxima exigencia térmica:

Se considerará protegido al conductor cuya sección nominal cumpla la siguiente expresión:

$$S^2 \geq \frac{I_{kTS1}''^2 \cdot t}{k^2}$$

Donde I_{kTS1}'' es la corriente de corto circuito en la entrada del Tablero Seccional General 1.

Se toma de tabla 771.19.II (pág. 136), para conductor de cobre y sección inferior a $300 mm^2$, un valor de $k = 115$.

El dispositivo de protección seleccionado tiene un tiempo de apertura de $0,01 s$ (catálogo). Los valores de $I^2 \cdot t$ (pág. 232) disponibles contemplan interruptores de calibre $\leq 16 A$, con lo cual de Tabla 771-H.IX obtenemos $I^2 \cdot t = 42000$ se calcula la sección de la siguiente forma:

$$S^2 \cdot k^2 \geq I_{kTS1}''^2 \cdot t \Rightarrow 1,5^2 \cdot 115^2 \geq 42000 \Rightarrow 29756 \geq 42000$$

De modo que el conductor de $1,5 mm^2$ no está protegido por exigencia térmica, entonces adoptamos un conductor de mayor sección.

$$S^2 \cdot k^2 \geq I_{kTSG1}''^2 \cdot t \Rightarrow 2,5^2 \cdot 115^2 \geq 42000 \Rightarrow 82656 \geq 42000$$

Dado que la sección elegida es de $2,5 \text{ mm}^2$ se verifica que el conductor estará protegido ante las exigencias térmicas.

7 – Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito:

En función de la corriente de cortocircuito I_{kTSG1}'' , la sección calculada, el dispositivo de protección seleccionado, según tabla 771-H-VIII (pág. 231) de la reglamentación actúa con seguridad hasta longitudes de 81 m. Debido a que la longitud necesaria para nuestra instalación es aproximadamente de 25 m, no es necesario tomar un conductor de mayor sección.

8 – Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito:

Según Reglamentación (pág. 89), la máxima caída de tensión admisible para una circuito terminal es de 2%, $\Delta U_{adm} = 220 \text{ V} \cdot 2\% = 4,4 \text{ V}$.

Siendo la caída de tensión

(pág. 141)

$$\Delta U = k \cdot I \cdot l \cdot z$$

Donde $k = 2$ para sistemas monofásicos, I es la corriente correspondiente al consumo total (I_B), l es la longitud de conductor del circuito y z es la impedancia del conductor. Se desprecian para el cálculo los efectos inductivos.

Se calcula la resistividad del material conductor a la temperatura de trabajo de 70°C :

$$R_{2,5\text{mm}^2 70^\circ\text{C}} = R_{2,5\text{mm}^2 20^\circ\text{C}} [1 + \alpha(70^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})] = 7,41 \frac{\Omega}{\text{km}} \left[1 + 0,00393 \frac{1}{^\circ\text{C}} \cdot 50^\circ\text{C} \right] = 8,87 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Entonces,

$$\Delta U = 2 \cdot 9 \text{ A} \cdot 0,025 \text{ km} \cdot 8,87 \frac{\Omega}{\text{km}} = 3,99 \text{ V}$$

Que es menor a 4,4 V.

De esta forma, para el conductor del circuito IUE_{11} es:

$$\text{PVC IRAM NM 247-3 } 2 \times (1 \times 2,5) + \text{PE}$$

9 – Sección de la puesta a tierra (PE)

De acuerdo a página 127 $PE = 2,5 \text{ mm}^2$

10 – Verificación de sección mínima.

De acuerdo a página 89 se verifica la sección mínima.

- **TUG (circuito más desfavorable iluminación del sector de producción: $l=25\text{ m}$)**

Datos:

Demanda de Potencia Máxima Simultánea. $C_{TUG13} = 2200\text{ VA}$

Longitud $l = 25\text{ m}$

Temperatura ambiente $T_a = 35^\circ\text{C}$

Agrupamiento 1

Conductor IRAM 247-3, aislación PVC.

1 – Determinación de la corriente de proyecto:

$$I_B = \frac{C_{TUG13}}{220\text{V}} = \frac{2200\text{VA}}{220\text{ V}} = 10\text{ A}$$

2 – Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible:

Factores de corrección según tablas 771.16.II.a y 771.16.II.b (pág. 95), respectivamente:

Por agrupamiento de circuitos $f_A = 1$

Por temperatura ambiente $f_T = 1,08$

$$I_Z = \frac{I_B}{f_T \cdot f_A \cdot f_R} = \frac{10A}{1 \cdot 1,08} = 9,2A$$

Sección de conductor según tabla 771.16.I (pág. 94)

$$s = 1,5 \text{ mm}^2 \Rightarrow I_Z = 15 \text{ A} \cdot 1 \cdot 1,08 = 16,2A$$

Como $I_Z = 16,2A$ y $I_B = 8,9A \Rightarrow I_Z \geq I_B$ Se verifica

3 – Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección:

Se debe verificar $I_B \leq I_n \leq I_Z$

Para cumplir la primer condición se selecciona un dispositivo de protección de corriente nominal $I_n = 16 \text{ A}$.

El interruptor termomagnético seleccionado es según norma IEC 60898, del Catálogo Schnerider Electric.

4 – Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga:

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

Para pequeños interruptores automáticos IEC 60898, para $I_n \leq 63 \text{ A}$ (pág. 138):

$$I_2 = 1,45 \cdot I_n = 1,45 \cdot 16A = 23,2 A \leq 1,45 \cdot I_z = 1,45 \cdot 16,2A = 23,49 A$$

De manera que se cumple la condición.

5 – Determinación de la corriente de cortocircuito máxima:

Como la corriente de cortocircuito en los bornes del Tablero Seccional General 1 es $I''_{kTSG1} = 3333 A$.

Seleccionamos un dispositivo de protección colocado en el Tablero Seccional General 1 según norma IEC 60898, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 16 A$, bipolar, iC60N, curva C, clase 3 y con un poder de corte $P_{dCcc} = 6000 A$, por lo tanto actuará de forma segura ante un cortocircuito.

6 – Verificación por máxima exigencia térmica:

Se considerará protegido al conductor cuya sección nominal cumpla la siguiente expresión:

$$S^2 \geq \frac{I''_{kTSG1}{}^2 \cdot t}{k^2}$$

Donde I''_{kTSG1} es la corriente de corto circuito en la entrada del Tablero Seccional General 1.

Se toma de tabla 771.19.II (pág. 136), para conductor de cobre y sección inferior a $300 mm^2$, un valor de $k = 115$.

El dispositivo de protección seleccionado tiene un tiempo de apertura de 0,01 s (catálogo). Los valores de $I^2 \cdot t$ (pág. 232) disponibles contemplan interruptores de calibre $\leq 16 A$, con lo cual de Tabla 771-H.IX obtenemos $I^2 \cdot t = 42000$ se calcula la sección de la siguiente forma:

$$S^2 \cdot k^2 \geq I_{kTSl}''^2 \cdot t \Rightarrow 1,5^2 \cdot 115^2 \geq 42000 \Rightarrow 29756 \geq 42000$$

De modo que el conductor de $1,5 \text{ mm}^2$ no está protegido por exigencia térmica, entonces adoptamos un conductor de mayor sección.

$$S^2 \cdot k^2 \geq I_{kTSl}''^2 \cdot t \Rightarrow 2,5^2 \cdot 115^2 \geq 42000 \Rightarrow 82656 \geq 42000$$

Dado que la sección elegida es de $2,5 \text{ mm}^2$ se verifica que el conductor estará protegido ante las exigencias térmicas.

7 – Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito:

En función de la corriente de cortocircuito I_{kTSGI}'' , la sección calculada, el dispositivo de protección seleccionado, según tabla 771-H-VIII (pág. 231) de la reglamentación actúa con seguridad hasta longitudes de 81 m. Debido a que la longitud necesaria para nuestra instalación es aproximadamente de 30 m, no es necesario tomar un conductor de mayor sección.

8 – Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito:

Según Reglamentación (pág. 89), la máxima caída de tensión admisible para una circuito terminal es de 2%, $\Delta U_{adm} = 220 V \cdot 2\% = 4,4 V$.

Siendo la caída de tensión

(pág. 141)

$$\Delta U = k \cdot I \cdot l \cdot z$$

Donde $k = 2$ para sistemas monofásicos, I es la corriente correspondiente al consumo total (I_B), l es la longitud de conductor del circuito y z es la impedancia del conductor. Se desprecian para el cálculo los efectos inductivos.

Se calcula la resistividad del material conductor a la temperatura de trabajo de $70^\circ C$:

$$R_{2,5mm^2 70^\circ C} = R_{2,5mm^2 20^\circ C} [1 + \alpha(70^\circ C - 20^\circ C)] = 7,41 \frac{\Omega}{km} \left[1 + 0,00393 \frac{1}{^\circ C} \cdot 50^\circ C \right] = 8,87 \frac{\Omega}{km}$$

Entonces,

$$\Delta U = 2 \cdot 10 A \cdot 0,025 km \cdot 8,87 \frac{\Omega}{km} = 4,43 V$$

Que es aproximadamente a 4,4 V.

De esta forma, para el conductor del circuito TUG_{13} es:

$$PVC \quad IRAM \quad NM \quad 247 - 3 \quad 2 \times (1 \times 2,5) + PE$$

9 – Sección de la puesta a tierra (PE)

De acuerdo a página 127 $PE = 2,5 \text{ mm}^2$

10 – Verificación de sección mínima.

De acuerdo a página 89 se verifica la sección mínima.

- **TUE**

Datos:

Demanda de Potencia Máxima Simultánea. $C_{TUE11} = 3300 \text{ VA}$

Longitud $l = 15 \text{ m}$

Temperatura ambiente $T_a = 35^\circ \text{ C}$

Agrupamiento 1

Conductor IRAM 247-3, aislación PVC.

1 – Determinación de la corriente de proyecto:

$$I_B = \frac{C_{TUE11}}{220V} = \frac{3300VA}{220 \text{ V}} = 15 \text{ A}$$

2 – Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible:

Factores de corrección según tablas 771.16.II.a y 771.16.II.b (pág. 95), respectivamente:

Por agrupamiento de circuitos $f_A = 1$

Por temperatura ambiente $f_T = 1,08$

$$I_Z' = \frac{I_B}{f_T \cdot f_A \cdot f_R} = \frac{15A}{1 \cdot 1,08} = 13,9A$$

Sección de conductor según tabla 771.16.I (pág. 94)

$$s = 1,5 \text{ mm}^2 \Rightarrow I_Z = 15 A \cdot 1 \cdot 1,08 = 16,2A$$

Como $I_Z = 16,2A$ y $I_B = 13,9A \Rightarrow I_Z \geq I_B$ Se verifica

3 – Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección:

Se debe verificar $I_B \leq I_n \leq I_Z$

Para cumplir la primer condición se selecciona un dispositivo de protección de corriente nominal

$$I_n = 16 A.$$

El interruptor termomagnético seleccionado es según norma IEC 60898, del Catálogo Schnerider Electric.

4 – Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga:

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

Para pequeños interruptores automáticos IEC 60898, para $I_n \leq 63 A$ (pág. 138):

$$I_2 = 1,45 \cdot I_n = 1,45 \cdot 16A = 23,2 A \leq 1,45 \cdot I_z = 1,45 \cdot 16,2A = 23,49 A$$

De manera que se cumple la condición.

5 – Determinación de la corriente de cortocircuito máxima:

Como la corriente de cortocircuito en los bornes del Tablero Seccional General 1 es $I''_{kTSG1} = 3333 A$.

Seleccionamos un dispositivo de protección colocado en el Tablero Seccional General 1 según norma IEC 60898, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 16 A$, bipolar, iC60N, curva C, clase 3 y con un poder de corte $P_{dCcc} = 6000 A$, por lo tanto actuará de forma segura ante un cortocircuito.

6 – Verificación por máxima exigencia térmica:

Se considerará protegido al conductor cuya sección nominal cumpla la siguiente expresión:

$$S^2 \geq \frac{I''_{kTSG1}{}^2 \cdot t}{k^2}$$

Donde I''_{kTSG} es la corriente de corto circuito en la entrada del Tablero Seccional General 1.

Se toma de tabla 771.19.II (pág. 136), para conductor de cobre y sección inferior a 300 mm^2 , un valor de $k = 115$.

El dispositivo de protección seleccionado tiene un tiempo de apertura de $0,01 \text{ s}$ (catálogo). Los valores de $I^2 \cdot t$ (pág. 232) disponibles contemplan interruptores de calibre $\leq 16 \text{ A}$, con lo cual de Tabla 771-H.IX obtenemos $I^2 \cdot t = 42000$ se calcula la sección de la siguiente forma:

$$S^2 \cdot k^2 \geq I''_{kTSG}{}^2 \cdot t \Rightarrow 1,5^2 \cdot 115^2 \geq 42000 \Rightarrow 29756 \geq 42000$$

De modo que el conductor de $1,5 \text{ mm}^2$ no está protegido por exigencia térmica, entonces adoptamos un conductor de mayor sección.

$$S^2 \cdot k^2 \geq I''_{kTSG}{}^2 \cdot t \Rightarrow 2,5^2 \cdot 115^2 \geq 42000 \Rightarrow 82656 \geq 42000$$

Dado que la sección elegida es de $2,5 \text{ mm}^2$ se verifica que el conductor estará protegido ante las exigencias térmicas.

7 – Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito:

En función de la corriente de cortocircuito I''_{kTSG} , la sección calculada, el dispositivo de protección seleccionado, según tabla 771-H-VIII (pág. 231) de la reglamentación actúa con seguridad hasta

longitudes de 81 m. Debido a que la longitud necesaria para nuestra instalación es aproximadamente de 15 m, no es necesario tomar un conductor de mayor sección.

8 – Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito:

Según Reglamentación (pág. 89), la máxima caída de tensión admisible para una circuito terminal es de 2%, $\Delta U_{adm} = 220 V \cdot 2\% = 4,4 V$.

Siendo la caída de tensión

(pág. 141)

$$\Delta U = k \cdot I \cdot l \cdot z$$

Donde $k = 2$ para sistemas monofásicos, I es la corriente correspondiente al consumo total (I_B), l es la longitud de conductor del circuito y z es la impedancia del conductor. Se desprecian para el cálculo los efectos inductivos.

Se calcula la resistividad del material conductor a la temperatura de trabajo de $70^\circ C$:

$$R_{2,5mm^2 70^\circ C} = R_{2,5mm^2 20^\circ C} [1 + \alpha(70^\circ C - 20^\circ C)] = 7,41 \frac{\Omega}{km} \left[1 + 0,00393 \frac{1}{^\circ C} \cdot 50^\circ C \right] = 8,87 \frac{\Omega}{km}$$

Entonces,

$$\Delta U = 2 \cdot 15 A \cdot 0,015 km \cdot 8,87 \frac{\Omega}{km} = 3,99 V$$

Que es menor a 4,4 V.

De esta forma, para el conductor del circuito TUE_{11} es:

$$PVC \text{ IRAM NM } 247-3 \quad 2 \times (1 \times 2,5) + PE$$

9 – Sección de la puesta a tierra (PE)

De acuerdo a página 127 $PE = 2,5 \text{ mm}^2$

10 – Verificación de sección mínima.

De acuerdo a página 89 se verifica la sección mínima.

- **ACU (circuito más desfavorable: equipo de frío mas alejado: $l=25 \text{ m}$)**

Datos:

Demanda de Potencia Máxima Simultánea. $C_{ACU11} = 5500 \text{ VA}$

Longitud $l = 25 \text{ m}$

Temperatura ambiente $T_a = 35^\circ \text{ C}$

Agrupamiento 1

Conductor IRAM 247-3, aislación PVC.

1 – Determinación de la corriente de proyecto:

$$I_B = \frac{C_{ACU11}}{1,73 \times 380 \text{ VV}} = \frac{5500 \text{ VA}}{1,73 \times 380 \text{ V}} = 8,4 \text{ A}$$

2 – Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible:

Factores de corrección según tablas 771.16.II.a y 771.16.II.b (pág. 95), respectivamente:

Por agrupamiento de circuitos $f_A = 1$

Por temperatura ambiente $f_T = 1,08$

$$I_Z' = \frac{I_B}{f_T \cdot f_A \cdot f_R} = \frac{8,4 \text{ A}}{1 \cdot 1,08} = 7,77 \text{ A}$$

Sección de conductor según tabla 771.16.I (pág. 94)

$$s = 2,5 \text{ mm}^2 \Rightarrow I_Z = 21 \text{ A} \cdot 1 \cdot 1,08 = 22,68 \text{ A}$$

Como $I_Z = 22,68 \text{ A}$ y $I_B = 8,4 \text{ A} \Rightarrow I_Z \geq I_B$ Se verifica

3 – Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección:

Se debe verificar $I_B \leq I_n \leq I_Z$

Para cumplir la primer condición se selecciona un dispositivo de protección de corriente nominal $I_n = 20 A$.

El interruptor termomagnético seleccionado es según norma IEC 60898, del Catálogo Schnerider Electric.

4 – Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga:

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

Para pequeños interruptores automáticos IEC 60898, para $I_n \leq 63 A$ (pág. 138):

$$I_2 = 1,45 \cdot I_n = 1,45 \cdot 20A = 29A \leq 1,45 \cdot I_z = 1,45 \cdot 22,68A = 32,9 A$$

De manera que se cumple la condición.

5 – Determinación de la corriente de cortocircuito máxima:

Como la corriente de cortocircuito en los bornes del Tablero Seccional General 1 es $I''_{kTSG1} = 3333 A$.

Seleccionamos un dispositivo de protección colocado en el Tablero Seccional General 1 según norma IEC 60898, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 20 A$, tetrapolar, iC60N, curva C, clase 3 y con un poder de corte $P_{dCcc} = 6000 A$, por lo tanto actuará de forma segura ante un cortocircuito.

6 – Verificación por máxima exigencia térmica:

Se considerará protegido al conductor cuya sección nominal cumpla la siguiente expresión:

$$S^2 \geq \frac{I_{kTSG1}''^2 \cdot t}{k^2}$$

Donde I_{kTSG1}'' es la corriente de corto circuito en la entrada del Tablero Seccional General 1.

Se toma de tabla 771.19.II (pág. 136), para conductor de cobre y sección inferior a 300 mm^2 , un valor de $k = 115$.

El dispositivo de protección seleccionado tiene un tiempo de apertura de $0,01 \text{ s}$ (catálogo). Los valores de $I^2 \cdot t$ (pág. 232) disponibles contemplan interruptores de calibre $\leq 32 \text{ A}$, con lo cual de Tabla 771-H.IX obtenemos $I^2 \cdot t = 55000$ se calcula la sección de la siguiente forma:

$$S^2 \cdot k^2 \geq I_{kTS1}''^2 \cdot t \Rightarrow 2,5^2 \cdot 115^2 \geq 55000 \Rightarrow 82656 \geq 55000$$

Dado que la sección elegida es de $2,5 \text{ mm}^2$ se verifica que el conductor estará protegido ante las exigencias térmicas.

7 – Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito:

En función de la corriente de cortocircuito I_{kTS1}'' , la sección calculada, el dispositivo de protección seleccionado, según tabla 771-H-VIII (pág. 231) de la reglamentación actúa con seguridad hasta

longitudes de 101 m. Debido a que la longitud necesaria para nuestra instalación es aproximadamente de 25 m, no es necesario tomar un conductor de mayor sección.

8 – Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito:

Según Reglamentación (pág. 89), la máxima caída de tensión admisible para una circuito terminal es de 2%, $\Delta U_{adm} = 380 V \cdot 2\% = 7,6 V$.

Pero en este caso como consideramos al circuito como una alimentación solo a motores, debemos considerar una caída del 5% en régimen y del 15% en arranque. Como ya tenemos una caída del 2% desde el Tablero Principal al Tablero Seccional General 1 ahora debemos verificar la caída del 4% en régimen y 14% en arranque.

$$\Delta U_{adm} = 380 V \cdot 4\% = 15,2V .$$

$$\Delta U_{adm} = 380 V \cdot 14\% = 53,2V$$

Siendo la caída de tensión

(pág. 141)

$$\Delta U = k \cdot I \cdot l \cdot z$$

Donde $k = 1,73$ para sistemas trifásicos, I es la corriente correspondiente al consumo total (I_B), l es la longitud de conductor del circuito y z es la impedancia del conductor. Se desprecian para el cálculo los efectos inductivos.

Se calcula la resistividad del material conductor a la temperatura de trabajo de 70° C:

Clemengo - Torre

$$R_{2,5mm^2 70^\circ C} = R_{2,5mm^2 20^\circ C} [1 + \alpha(70^\circ C - 20^\circ C)] = 7,41 \frac{\Omega}{km} \left[1 + 0,00393 \frac{1}{^\circ C} \cdot 50^\circ C \right] = 8,8 \frac{\Omega}{km}$$

Entonces en régimen,

$$\Delta U = 1,73 \cdot 8,4 A \cdot 0,025 km \cdot 8,8 \frac{\Omega}{km} = 3,2 V$$

Que es menor a 15,2 V.

En arranque consideramos 10 veces la corriente de régimen.

$$\Delta U = 1,73 \cdot 10 \times 8,4 A \cdot 0,025 km \cdot 8,8 \frac{\Omega}{km} = 32 V$$

Que es menor a 53,2 V.

De esta forma, para el conductor del circuito ACU_{11} es:

$$PVC \quad IRAM \quad NM \quad 247-3 \quad 3 \times (1 \times 2,5) + PE$$

9 – Sección de la puesta a tierra (PE)

De acuerdo a página 127 $PE = 2,5 mm^2$

10 – Verificación de sección mínima.

De acuerdo a página 89 se verifica la sección mínima.

- **OCE (circuito más desfavorable: el más alejado de los bancos de calidad: $l=15\text{ m}$)**

Datos:

Demanda de Potencia Máxima Simultánea. $C_{OCE11} = 8334\text{ VA}$

Longitud $l = 15\text{ m}$

Temperatura ambiente $T_a = 35^\circ\text{C}$

Agrupamiento 1

Conductor IRAM 247-3, aislación PVC.

1 – Determinación de la corriente de proyecto:

$$I_B = \frac{C_{OCE11}}{220\text{V}} = \frac{8334\text{VA}}{220\text{ V}} = 37,9\text{ A}$$

2 – Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible:

Factores de corrección según tablas 771.16.II.a y 771.16.II.b (pág. 95), respectivamente:

Por agrupamiento de circuitos $f_A = 1$

Por temperatura ambiente $f_T = 1,08$

$$I_Z' = \frac{I_B}{f_T \cdot f_A \cdot f_R} = \frac{37,9A}{1 \cdot 1,08} = 35A$$

Sección de conductor según tabla 771.16.I (pág. 94)

$$s = 10 \text{ mm}^2 \Rightarrow I_Z = 50 \text{ A} \cdot 1 \cdot 1,08 = 54A$$

Como $I_Z = 54A$ y $I_B = 37,9A \Rightarrow I_Z \geq I_B$ Se verifica

3 – Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección:

Se debe verificar $I_B \leq I_n \leq I_Z$

Para cumplir la primer condición se selecciona un dispositivo de protección de corriente nominal

$$I_n = 50 \text{ A}.$$

El interruptor termomagnético seleccionado es según norma IEC 60898, del Catálogo Schnerider Electric.

4 – Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga:

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

Para pequeños interruptores automáticos IEC 60898, para $I_n \leq 63 \text{ A}$ (pág. 138):

$$I_2 = 1,45 \cdot I_n = 1,45 \cdot 50A = 72,5 A \leq 1,45 \cdot I_z = 1,45 \cdot 54A = 78,3 A$$

De manera que se cumple la condición.

5 – Determinación de la corriente de cortocircuito máxima:

Como la corriente de cortocircuito en los bornes del Tablero Seccional 1 es $I''_{kTS1} = 2100 A$.

Seleccionamos un dispositivo de protección colocado en el Tablero Seccional General 1 según norma IEC 60898, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 50 A$, bipolar, iC60N, curva C, clase 3 y con un poder de corte $P_{dCcc} = 6000 A$, por lo tanto actuará de forma segura ante un cortocircuito.

6 – Verificación por máxima exigencia térmica:

Se considerará protegido al conductor cuya sección nominal cumpla la siguiente expresión:

$$S \geq \frac{I''_{kTS2} \cdot \sqrt{t}}{k}$$

Donde I''_{kTS1} es la corriente de corto circuito en la entrada del Tablero Seccional 1.

Se toma de tabla 771.19.II (pág. 136), para conductor de cobre y sección inferior a $300 mm^2$, un valor de $k = 115$.

El dispositivo de protección seleccionado tiene un tiempo de apertura de 0,01 s (catálogo).

Entonces tenemos:

$$10 \text{ mm}^2 \geq \frac{2100 \cdot \sqrt{0,01}}{115} = 1,82 \text{ mm}^2$$

Dado que la sección elegida es de 10 mm^2 se verifica que el conductor estará protegido ante las exigencias térmicas

7 – Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito:

En función de la corriente de cortocircuito I''_{kTS1} , la sección calculada, el dispositivo de protección seleccionado, según tabla 771-H-VIII (pág. 231) de la reglamentación actúa con seguridad hasta longitudes de 128 m. Debido a que la longitud necesaria para nuestra instalación es aproximadamente de 15 m, no es necesario tomar un conductor de mayor sección.

8 – Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito:

Según Reglamentación (pág. 89), la máxima caída de tensión admisible para un circuito terminal es de 3% en este caso ya que entre el Tablero Principal, pasando por el Tablero Seccional General 1 y el Tablero Seccional 1 ya tenemos una caída de menos de 2%, por lo que nos queda una caída de 1%
 $\Delta U_{adm} = 220 \text{ V} \cdot 1\% = 2,2 \text{ V}.$

Siendo la caída de tensión

(pág. 141)

$$\Delta U = k \cdot I \cdot l \cdot z$$

Donde $k = 2$ para sistemas monofásicos, I es la corriente correspondiente al consumo total (I_B), l es la longitud de conductor del circuito y z es la impedancia del conductor. Se desprecian para el cálculo los efectos inductivos.

Se calcula la resistividad del material conductor a la temperatura de trabajo de 70°C :

$$R_{10\text{mm}^2 70^\circ\text{C}} = R_{10\text{mm}^2 20^\circ\text{C}} \left[1 + \alpha(70^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) \right] = 1,83 \frac{\Omega}{\text{km}} \left[1 + 0,00393 \frac{1}{^\circ\text{C}} \cdot 50^\circ\text{C} \right] = 2,18 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Entonces,

$$\Delta U = 2 \cdot 37,9 \text{ A} \cdot 0,015 \text{ km} \cdot 2,18 \frac{\Omega}{\text{km}} = 2,48 \text{ V}$$

Que es aproximadamente a 2,2 V.

De esta forma, para el conductor del circuito OCE_{13} es:

$$PVC \quad IRAM \quad NM \quad 247 - 3 \quad 2 \times (1 \times 10) + PE$$

9 – Sección de la puesta a tierra (PE)

De acuerdo a página 127 $PE = 10 \text{ mm}^2$

10 – Verificación de sección mínima.

De acuerdo a página 89 se verifica la sección mínima.

- **OCE (circuito de la sala del compresor: $l=15\text{ m}$)**

Datos:

Demanda de Potencia Máxima Simultánea. $C_{OCE1-21} = 21000\text{ VA}$

Longitud $l = 15\text{ m}$

Temperatura ambiente $T_a = 35^\circ\text{ C}$

Agrupamiento 1

Conductor IRAM 247-3, aislación PVC.

1 – Determinación de la corriente de proyecto:

$$I_B = \frac{C_{OCE1-21}}{1,73 \times 380\text{ V}} = \frac{21000\text{ VA}}{1,73 \times 380\text{ V}} = 32\text{ A}$$

2 – Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible:

Factores de corrección según tablas 771.16.II.a y 771.16.II.b (pág. 95), respectivamente:

Por agrupamiento de circuitos $f_A = 1$

Por temperatura ambiente $f_T = 1,08$

$$I_Z' = \frac{I_B}{f_T \cdot f_A \cdot f_R} = \frac{32A}{1 \cdot 1,08} = 29,6A$$

Sección de conductor según tabla 771.16.I (pág. 94)

$$s = 10 \text{ mm}^2 \Rightarrow I_Z = 44 \text{ A} \cdot 1 \cdot 1,08 = 48A$$

Como $I_Z = 48A$ y $I_B = 32A \Rightarrow I_Z \geq I_B$ Se verifica

3 – Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección:

Se debe verificar $I_B \leq I_n \leq I_Z$

Para cumplir la primer condición se selecciona un dispositivo de protección de corriente nominal

$$I_n = 40 \text{ A} .$$

El interruptor termomagnético seleccionado es según norma IEC 60898, del Catálogo Schnerider Electric.

4 – Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga:

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

Para pequeños interruptores automáticos IEC 60898, para $I_n \leq 63 A$ (pág. 138):

$$I_2 = 1,45 \cdot I_n = 1,45 \cdot 40A = 58 A \leq 1,45 \cdot I_z = 1,45 \cdot 48A = 69,6 A$$

De manera que se cumple la condición.

5 – Determinación de la corriente de cortocircuito máxima:

Como la corriente de cortocircuito en los bornes del Tablero Seccional 2 es $I''_{kTS2} = 1500 A$.

Seleccionamos un dispositivo de protección colocado en el Tablero Seccional 2 según norma IEC 60898, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 40 A$, tetrapolar, iC60N, curva C, clase 3 y con un poder de corte $P_{dCcc} = 6000 A$, por lo tanto actuará de forma segura ante un cortocircuito.

6 – Verificación por máxima exigencia térmica:

Se considerará protegido al conductor cuya sección nominal cumpla la siguiente expresión:

$$S \geq \frac{I''_{kTS2} \cdot \sqrt{t}}{k}$$

Donde I''_{kTS2} es la corriente de corto circuito en la entrada del Tablero Seccional 2.

Se toma de tabla 771.19.II (pág. 136), para conductor de cobre y sección inferior a 300 mm^2 , un valor de $k = 115$.

El dispositivo de protección seleccionado tiene un tiempo de apertura de $0,01 \text{ s}$ (catálogo).

Entonces tenemos:

$$10 \text{ mm}^2 \geq \frac{1500 \cdot \sqrt{0,01}}{115} = 1,3 \text{ mm}^2$$

Dado que la sección elegida es de 10 mm^2 se verifica que el conductor estará protegido ante las exigencias térmicas

7 – Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito:

En función de la corriente de cortocircuito I''_{kTS2} , la sección calculada, el dispositivo de protección seleccionado, según tabla 771-H-VIII (pág. 231) de la reglamentación actúa con seguridad hasta longitudes de 248 m. Debido a que la longitud necesaria para nuestra instalación es aproximadamente de 15 m, no es necesario tomar un conductor de mayor sección.

8 – Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito:

Según Reglamentación (pág. 89), la máxima caída de tensión admisible para un circuito terminal es de 3% en este caso ya que entre el Tablero Principal, pasando por el Tablero Seccional General 1 y el

Tablero Seccional 1 y Tablero Seccional 2 ya tenemos una caída de aproximadamente 2,5%, por lo que nos queda una caída de 0,5% $\Delta U_{adm} = 380 V \cdot 1\% = 1,9 V$.

Pero en este caso como consideramos al circuito como una alimentación solo a motores, debemos considerar una caída del 5% en régimen y del 15% en arranque. Como ya tenemos una caída del 2,5% desde el Tablero Principal al Tablero Seccional 2 ahora debemos verificar la caída del 4% en régimen y 14% en arranque.

$$\Delta U_{adm} = 380 V \cdot 2,5\% = 9,5V.$$

$$\Delta U_{adm} = 380 V \cdot 12,5\% = 47,5V$$

Siendo la caída de tensión

(pág. 141)

$$\Delta U = k \cdot I \cdot l \cdot z$$

Donde $k = 1,73$ para sistemas trifásicos, I es la corriente correspondiente al consumo total (I_B), l es la longitud de conductor del circuito y z es la impedancia del conductor. Se desprecian para el cálculo los efectos inductivos.

Se calcula la resistividad del material conductor a la temperatura de trabajo de $70^\circ C$:

$$R_{10mm^2 70^\circ C} = R_{10mm^2 20^\circ C} [1 + \alpha(70^\circ C - 20^\circ C)] = 1,83 \frac{\Omega}{km} \left[1 + 0,00393 \frac{1}{^\circ C} \cdot 50^\circ C \right] = 2,18 \frac{\Omega}{km}$$

Entonces en régimen,

$$\Delta U = 1,73 \cdot 32 A \cdot 0,015 km \cdot 2,18 \frac{\Omega}{km} = 1,8 V$$

Que es menor a 9,5 V.

En arranque consideramos 10 veces la corriente de régimen.

$$\Delta U = 1,73 \cdot 10 \times 32 \text{ A} \cdot 0,015 \text{ km} \cdot 2,18 \frac{\Omega}{\text{km}} = 18 \text{ V}$$

Que es menor a 47,5 V.

De esta forma, para el conductor del circuito OCE_{1-21} es:

$$PVC \quad IRAM \quad NM \quad 247-3 \quad 3 \times (1 \times 10) + PE$$

9 – Sección de la puesta a tierra (PE)

De acuerdo a página 127 $PE = 10 \text{ mm}^2$

10 – Verificación de sección mínima.

De acuerdo a página 89 se verifica la sección mínima.

4.3.3 - CANALIZACIONES

De la Tabla 771.12.IX (pág. 83 y 84) vamos a determinar las cañerías a utilizar. En el caso de tendidos directamente enterrados se basa según 771.12.4.2.1 (página 86),

4.3.3.1 – Circuitos Principales:

- *Tablero Principal 1 (Local comercial)*

Para conductor *PVC IRAM NM 247-3* $4 \times (1 \times 50)$, se selecciona un caño de acero semipesado **RS 51 de 1662 mm²** de sección.

Clase II

4.3.3.2 – Circuitos Seccionales:

Tablero Seccional General 1

Para conductor *PVC IRAM 2178* $1 \times (3 \times 25 + 1 \times 16) + PE$, directamente enterrado.

Tablero Seccional 1

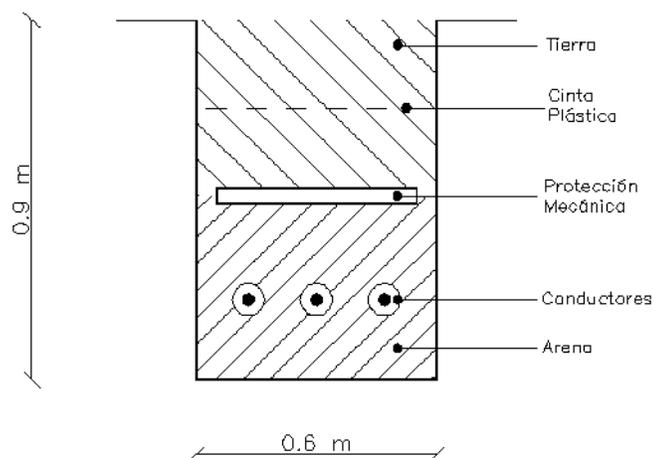
Para conductor *PVC IRAM 2178* $1 \times (4 \times 16) + PE$, directamente enterrado.

Tablero Seccional 2

Para conductor *PVC IRAM 2178* $1 \times (4 \times 6) + PE$, directamente enterrado.

Los conductores irán directamente enterrados a 70 cm de la superficie, dentro de una zanja cuyas dimensiones son 60 cm de ancho por 90 cm de profundidad. Se colocarán las protecciones mecánicas correspondientes, así como los elementos de seguridad y los materiales de relleno exigidos por la Reglamentación. En todas las instalaciones subterráneas de energía se colocará una advertencia constituida por una cinta indicadora de color negro y amarillo, de 0,20 m de ancho, de marcación indeleble y material resistente a la agresividad del terreno.

Las dimensiones y la composición de la zanja se muestran en la figura xx.



Se coloca una capa de arena fina, luego, el conductor, otra capa de arena y para protección mecánica se colocarán ladrillos de arcilla cocida más la cinta indicada anteriormente.

A la entrada y salida de cada caja de derivación, se realizará una omega, respetado que su diámetro sea 10 veces es diámetro del cable, para reserva en caso de futuras reparaciones.

4.3.3.3 – Circuitos Terminales:

- *IUG*

Para conductor *PVC IRAM NM 247-3 2×(1×2,5)+PE*, se selecciona un caño de acero semipesado **RS 16 de 132 mm²** de sección.

- *TUG*

Para conductor *PVC IRAM NM 247-3 2×(1×2,5)+PE*, se selecciona un caño de acero semipesado **RS 16 de 132 mm²** de sección.

- *IUE*

Para conductor *PVC IRAM NM 247-3 2×(1×2,5)+PE*, se selecciona un caño de acero semipesado **RS 16 de 132 mm²** de sección.

- *TUE*

Para conductor *PVC IRAM NM 247-3 2×(1×2,5)+PE*, se selecciona un caño de acero semipesado **RS 16 de 132 mm²** de sección.

- *OCE (bancos de control de calidad)*

Para conductor *PVC IRAM NM 247-3* $2 \times (1 \times 10) + PE$, se selecciona un caño de acero semipesado **RS 25 de 346 mm²** de sección.

- *OCE (equipo compresor)*

Para conductor *PVC IRAM NM 247-3* $3 \times (1 \times 10) + PE$, se selecciona un caño de acero semipesado **RS 32 de 616 mm²** de sección.

- *ACU (equipos de frío)*

Para conductor *PVC IRAM NM 247-3* $3 \times (1 \times 2,5) + PE$, se selecciona un caño de acero semipesado **RS 19 de 177 mm²** de sección.

4.3.4 - TABLEROS

De la Tabla 771.12.IX (pág. 234 y 235) vamos a determinar la potencia a disipar de los Tableros a utilizar.

4.3.4.1 – Cálculo del Tablero Principal 1

- *Tablero Principal 1*

Dispositivos de protección:

- Interruptor termomagnético según norma IEC 60947-2, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 125 A$, tetrapolar C120N, curva C, clase 3 y con un poder de corte $P_{dCcc} = 10 kA$, por lo tanto actuará de forma segura ante un cortocircuito.
- Interruptor diferencial, del Schneider Electric de $I_n = 125 A$, tetrapolar, sensibilidad 300 mA. (Adoptamos una corriente nominal igual o mayor al del interruptor termomagnético para no afectar al interruptor diferencial contra sobrecargas y tener una mayor vida útil)

Según Tabla 771-H.XII obtenemos la potencia disipada por polo a corriente nominal.

	Circuito	Potencia disipada por polo [W]	Nº de polos	Potencia disipada por cada dispositivo de protección (P_d) [W]	Factor de simultaneidad para los circuito de entrada K_e y de salida K	Potencia disipada por los dispositivos de protección afectada por K_e^2 y K^2 [W]
Circuito de entrada	LAD ₁	20	4	80	0,85	57,8
Circuito de salida	CSG ₁	20	4	80	0,85	57,8
Total (P_{dp})						115,6

$$K_e = 0,85$$

$$K = \frac{K_e \cdot I_{entrada}}{I_{salida}} = \frac{0,85 \cdot 125}{125} = 0,85$$

Potencia total disipada en el tablero:

$$P_{total} = P_{dp} + 0,2P_{dp} + P_{au}$$

$0,2 P_{dp}$ = potencia total disipada por las conexiones, los tomacorrientes, los interruptores diferenciales, etc.

P_{au} = potencia disipada por otros dispositivos instalados en el tablero y no incluidos en P_{dp} .

$$P_{total} = P_{dp} + 0,2P_{dp} + P_{au} = 115,6[W] + 0,2 \cdot 115,6[W] + 0 = 138,72[W]$$

$$P_{total} \leq P_{de} \Rightarrow 138,72[W] \leq 140[W]$$

Se debe seleccionar una envolvente o gabinete que cumpla IEC 60670-24 y que tenga una potencia máxima disipable (P_{de}) declarado por el fabricante y certificada, como mínimo igual a 140[W]. además debe ser de Clase II con un grado de protección no inferior a IP54, debido a la instalación a la intemperie, con respecto a la capacidad se deberá tener una reserva para eventuales ampliaciones de por lo menos 20%.

- *Tablero Seccional General 1*

Dispositivos de protección:

Circuito General:

- Interruptor termomagnético según norma IEC 60947-2, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 125 A$, tetrapolar C120N, curva C, clase 3 y con un poder de corte $P_{dCcc} = 10 kA$, por lo tanto actuará de forma segura ante un cortocircuito.

Circuito que alimenta al Tablero Seccional 1:

- Interruptor termomagnético según norma IEC 60898, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 80 A$, tetrapolar C120N, curva C, clase 3 y con un poder de corte $P_{dCcc} = 6 kA$.

Circuitos terminales:

IUG₁₁ - IUG₁₂ - IUG₁₃ - IUE₁₁ - TUE₁₁

- Interruptor termomagnético para cada circuito según norma IEC 60898, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 16 A$, bipolar, iC60N, curva C, clase 3 y con un poder de corte $P_{dCcc} = 6000 A$.
- Interruptor diferencial único para proteger a los cinco circuitos, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 80 A$, tetrapolar, sensibilidad 30 mA. (Adoptamos una corriente nominal mayor a la suma de las nominales de los interruptores termomagnéticos para no afectar al interruptor diferencial contra sobrecargas y tener una mayor vida útil)

TUG₁₁ - TUG₁₂

- Interruptor termomagnético para cada circuito según norma IEC 60898, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 16 A$, bipolar, iC60N, curva C, clase 3 y con un poder de corte $P_{dCcc} = 6000 A$.
- Interruptor diferencial único para proteger ambos circuitos, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 40 A$, bipolar, sensibilidad 30 mA. (Adoptamos una corriente nominal mayor a la suma de las nominales de los interruptores termomagnéticos para no afectar al interruptor diferencial contra sobrecargas y tener una mayor vida útil)

TUG₁₃ - TUG₁₄

- Interruptor termomagnético para cada circuito según norma IEC 60898, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 16 A$, bipolar, iC60N, curva C, clase 3 y con un poder de corte $P_{dCcc} = 6000 A$.
- Interruptor diferencial único para proteger ambos circuitos, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 40 A$, bipolar, sensibilidad 30 mA. (Adoptamos una corriente nominal mayor a la suma de las nominales de los interruptores termomagnéticos para no afectar al interruptor diferencial contra sobrecargas y tener una mayor vida útil)

ACU₁₁ - ACU₁₂

- Interruptor termomagnético para cada circuito según norma IEC 60898, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 20 A$, tripolar, iC60N, curva C, clase 3 y con un poder de corte $P_{dCcc} = 6000 A$.
- Interruptor diferencial para proteger ambos circuitos, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 63 A$, bipolar, sensibilidad 30 mA. (Adoptamos una corriente nominal mayor al del interruptor termomagnético para no afectar al interruptor diferencial contra sobrecargas y tener una mayor vida útil)

Según Tabla 771-H.XII obtenemos la potencia disipada por polo a corriente nominal.

	Circuito	Potencia disipada por polo [W]	Nº de polos	Potencia disipada por cada dispositivo de protección (P_d) [W]	Factor de simultaneidad para los circuito de entrada K_e y de salida K	Potencia disipada por los dispositivos de protección afectada por K_e^2 y K^2 [W]
Circuito de entrada	CSG₁	20	4	80	0,85	68
Circuitos de salida 1	CS₁	15	4	60	0,35	21
	01 TUG ₁₁	7,5	2	15	0,35	5,25
	TUG ₁₂	7,5	2	15	0,35	5,25
	02	7,5	2	15	0,35	5,25

	TUG ₁₃ TUG ₁₄					
	03 IUG ₁₁ IUG ₁₂ IUG ₁₃ TUE ₁₁ IUE ₁₁	15	4	60	0,35	21
	04 ACU ₁₁ ACU ₁₂	13	3	39	0,35	13,65
Circuitos de salida 2	TUG ₁₁	3,5	2	7	0,35	2,45
	TUG ₁₂	3,5	2	7	0,35	2,45
	TUG ₁₃	3,5	2	7	0,35	2,45
	TUG ₁₄	3,5	2	7	0,35	2,45
	IUG ₁₁	3,5	2	7	0,44	3,08
	IUG ₁₂	3,5	2	7	0,44	3,08
	IUG ₁₃	3,5	2	7	0,44	3,08
	TUE ₁₁	3,5	2	7	0,44	3,08
	IUE ₁₁	3,5	2	7	0,44	3,08
	ACU ₁₁	4,5	3	9	0,55	3,85
	ACU ₁₂	4,5	3	9	0,55	3,85
Total (P _{dp})						167

Como es alimentación trifásica tenemos en cuenta de cada fase cual es la corriente de salida.

Circuito	01 (80 [A])					02 (40 [A])		03 (40 [A])		04 (63 [A])		TS 1
	IUG ₁₁	IUG ₁₂	IUG ₁₃	IUE ₁₁	TUE ₁₁	TUG ₁₁	TUG ₁₂	TUG ₁₃	TUG ₁₄	ACU ₁₁	ACU ₁₂	
In [A]	16	16	16	16	16	16	16	16	16	20	20	80
Fase	R	T	R	T	S	R	R	S	S	RST	RST	RST

Entrada:

Clemengo - Torre

$$K_e = 0,85$$

Circuito de primer nivel:

Como salen diferentes circuitos por cada fase, que son alimentados desde interruptores diferenciales:

$$K_1 = \frac{K_e \cdot I_{entrada}}{I_{salida}} = \frac{0,85 \cdot 125}{303} = 0,35$$

Circuito de segundo nivel:

Se agrupan los circuitos terminales como se mostró en las tablas anteriores para protegerlos por un diferencial:

$$K_2 = \frac{K_1 \cdot I_{entrada}}{I_{salida}} = \frac{0,35 \cdot 80}{80} = 0,35$$

$$K_3 = \frac{K_1 \cdot I_{entrada}}{I_{salida}} = \frac{0,35 \cdot 40}{32} = 0,44$$

$$K_4 = \frac{K_1 \cdot I_{entrada}}{I_{salida}} = \frac{0,35 \cdot 40}{32} = 0,44$$

$$K_5 = \frac{K_1 \cdot I_{entrada}}{I_{salida}} = \frac{0,35 \cdot 63}{40} = 0,55$$

$$P_{total} = P_{dp} + 0,2P_{dp} + P_{au} = 167[W] + 0,2 \cdot 167[W] + 0 = 200[W]$$

$$P_{total} \leq P_{de} \Rightarrow 200[W] \leq 200[W]$$

Se debe seleccionar una envolvente o gabinete que cumpla IEC 60670-24 y que tenga una potencia máxima disipable (P_{de}) declarado por el fabricante y certificada, como mínimo igual a 200 [W] además debe ser con un grado de protección no inferior a IP41, con respecto a la capacidad se deberá tener una reserva para eventuales ampliaciones de por lo menos 20%.

- *Tablero Seccional 1*

Dispositivos de protección:

Circuito General:

- Interruptor termomagnético según norma IEC 60898, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 80 A$, tetrapolar C120N, curva C, clase 3 y con un poder de corte $P_{dCcc} = 6 kA$, por lo tanto actuará de forma segura ante un cortocircuito.

Circuito que alimenta al Tablero Seccional 2:

- Interruptor termomagnético según norma IEC 60898, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 50 A$, tetrapolar C120N, curva C, clase 3 y con un poder de corte $P_{dCcc} = 6 kA$.

Circuitos terminales:

OCE₁₋₁₁ - OCE₁₋₁₂ - OCE₁₋₁₃

- Interruptor termomagnético para cada circuito según norma IEC 60898, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 50 A$, bipolar, iC60N, curva C, clase 3 y con un poder de corte $P_{dCcc} = 6000 A$.
- Interruptor diferencial para proteger cada circuito, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 63 A$, bipolar, sensibilidad 30 mA. (Adoptamos una corriente nominal mayor al del interruptor termomagnetico para no afectar al interruptor diferencial contra sobrecargas y tener una mayor vida útil)

Según Tabla 771-H.XII obtenemos la potencia disipada por polo a corriente nominal.

	Circuito	Potencia disipada por polo [W]	N° de polos	Potencia disipada por cada dispositivo de protección (P_d) [W]	Factor de simultaneidad para los circuito de entrada K_e y de salida K	Potencia disipada por los dispositivos de protección afectada por K_e^2 y K^2 [W]
Circuito de entrada	CS₁	15	4	60	0,85	51
Circuitos de salida 1	CS₂	9	4	36	0,29	10,44
	01	13	2	26	0,29	7,54
	02	13	2	26	0,29	7,54
	03	13	2	26	0,29	7,54
Circuitos de salida 2	OCE ₁₋₁₁	9	2	18	0,37	6,7
	OCE ₁₋₁₂	9	2	18	0,37	6,7
	OCE ₁₋₁₃	9	2	18	0,37	6,7
Total (P_{dp})						104,2

$$K_e = 0,85$$

$$K = \frac{K_e \cdot I_{entrada}}{I_{salida}} = \frac{0,85 \cdot 80}{239} = 0,29$$

Circuito de segundo nivel:

Se agrupan los circuitos terminales como se mostró en las tablas anteriores para protegerlos por un diferencial:

$$K_2 = \frac{K_1 \cdot I_{entrada}}{I_{salida}} = \frac{0,29 \cdot 63}{50} = 0,37$$

Potencia total disipada en el tablero:

$$P_{total} = P_{dp} + 0,2P_{dp} + P_{au}$$

$0,2 P_{dp}$ = potencia total disipada por las conexiones, los tomacorrientes, los interruptores diferenciales, etc.

P_{au} = potencia disipada por otros dispositivos instalados en el tablero y no incluidos en P_{dp} .

$$P_{total} = P_{dp} + 0,2P_{dp} + P_{au} = 104,2[W] + 0,2 \cdot 104,2[W] + 0 = 125[W]$$

$$P_{total} \leq P_{de} \Rightarrow 125[W] \leq 130[W]$$

Se debe seleccionar una envolvente o gabinete que cumpla IEC 60670-24 y que tenga una potencia máxima disipable (P_{de}) declarado por el fabricante y certificada, como mínimo igual a 130 [W] además debe ser con un grado de protección no inferior a IP41, con respecto a la capacidad se deberá tener una reserva para eventuales ampliaciones de por lo menos 20%.

- *Tablero Seccional 2*

Dispositivos de protección:

Circuito General:

- Interruptor termomagnético según norma IEC 60898, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 50 A$, tetrapolar C120N, curva C, clase 3 y con un poder de corte $P_{dCcc} = 6 kA$.

Circuitos terminales:

OCE₁₋₂₁

- Interruptor termomagnético para cada circuito según norma IEC 60898, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 40 A$, bipolar, iC60N, curva C, clase 3 y con un poder de corte $P_{dCcc} = 6000 A$.

IUG₁₋₂₁

- Interruptor termomagnético según norma IEC 60898, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 16 A$, bipolar, iC60N, curva C, clase 3 y con un poder de corte $P_{dCcc} = 6000 A$.

- Interruptor diferencial para proteger ambos circuitos, del Catálogo Schneider Electric de $I_n = 63 A$, tetrapolar, sensibilidad 30 mA. (Adoptamos una corriente nominal mayor al del interruptor termomagnético para no afectar al interruptor diferencial contra sobrecargas y tener una mayor vida útil)

Según Tabla 771-H.XII obtenemos la potencia disipada por polo a corriente nominal.

	Circuito	Potencia disipada por polo [W]	N° de polos	Potencia disipada por cada dispositivo de protección (P_d) [W]	Factor de simultaneidad para los circuito de entrada K_e y de salida K	Potencia disipada por los dispositivos de protección afectada por K_e^2 y K^2 [W]
Circuito de entrada	CS₂	13	4	52	0,85	44,2
Circuitos de salida 1	01	13	4	52	0,67	34,8
Circuitos de salida 2	OCE ₁₋₂₁	7,5	4	30	0,75	22,5
	IUG ₁₋₂₁	3,5	2	7	0,75	5,3
Total (P_{dp})						106,8

$$K_e = 0,85$$

$$K = \frac{K_e \cdot I_{entrada}}{I_{salida}} = \frac{0,85 \cdot 50}{63} = 0,67$$

Circuito de segundo nivel:

Se agrupan los circuitos terminales para protegerlos por un diferencial:

$$K_2 = \frac{K_1 \cdot I_{entrada}}{I_{salida}} = \frac{0,67 \cdot 63}{56} = 0,75$$

Potencia total disipada en el tablero:

$$P_{total} = P_{dp} + 0,2P_{dp} + P_{au}$$

$0,2 P_{dp}$ = potencia total disipada por las conexiones, los tomacorrientes, los interruptores diferenciales, etc.

P_{au} = potencia disipada por otros dispositivos instalados en el tablero y no incluidos en P_{dp} .

$$P_{total} = P_{dp} + 0,2P_{dp} + P_{au} = 106,8[W] + 0,2 \cdot 106,8[W] + 0 = 128[W]$$

$$P_{total} \leq P_{de} \Rightarrow 128[W] \leq 130[W]$$

Se debe seleccionar una envolvente o gabinete que cumpla IEC 60670-24 y que tenga una potencia máxima disipable (P_{de}) declarado por el fabricante y certificada, como mínimo igual a 130 [W] además debe ser con un grado de protección no inferior a IP41, con respecto a la capacidad se deberá tener una reserva para eventuales ampliaciones de por lo menos 20%.

4.3.5- ILUMINACIÓN

El local cuenta con un sector de oficinas, incluido un box privado y un sector de producción, con las siguientes características:

- Paredes de durlock de color blanco y paredes vidriadas.
- Cielo raso de paneles de 60x60 cm de lana de vidrio con revestimiento de color blanco desmontables. Altura de 2,6 metros.
- Piso de color gris de pintura de alto tránsito.
- Altura del plano de trabajo 0,8 metros.

De acuerdo al Decreto 351/79 se establece un nivel de iluminación de 500 lux para sector de oficina y de 750 lux en el sector de producción destinado al ensamble de componentes eléctricos medianos.

Para la iluminación del local se selecciona como luminaria paneles LED de 60x60 cm para su rápido montaje, bajo consumo (37,8 W), larga vida útil (más de 50.000 horas), bajo costo de mantenimiento, flujo luminoso de 3120 lm, rendimiento lumínico de 82,5 lm/W y su gran reproducción cromática (Mayor a 70).

Para el cálculo lumínico se utiliza el software *Dialux* cuyo informe se encuentra en Anexos, brindando los resultados lumínicos con detalle de cada sector del local a iluminar, con la correspondiente ficha de datos y curvas características de la luminaria.

Obteniéndose como resultado la necesidad de colocar 48 paneles LED homogéneamente distribuidos para cumplimentar los niveles de iluminación recomendados.

4.3.6 - OTROS SERVICIOS

Se requerirá la instalación de un servicio telefónico y de internet. Se dejará previsto solamente la caja rectangular y la canalización, la cual se hará a través de cañería de acero semipesado de 7/8" (RS 22), cuyo ingreso será en el sector de oficina. Siendo los cables, modem y router necesarios provistos por el comitente.

4.3.7 - ESTIMACIÓN DE MATERIALES

Cantidad	Material
1	Disyuntor 4x80A 300mA
2	Disyuntor 4x63 30 mA
2	Termomagnética 4x80A
1	Termomagnética 4x63A
3	Termomagnética 2x50A
10	Termomagnética 2x16A
2	Termomagnética 2x32A
2	Termomagnética 4x20A
1	Bornera distribuidora 4 , 12 salidas
3	Bornera distribuidora 4 , 7 salidas
100	Terminales punteras 16mm ²
100	Terminales punteras 10mm ²
100	Terminales punteras 6mm ²
100	Terminales punteras 2,5mm ²
1	Gabinete 52 módulos o más
3	Gabinete 32 módulos

10	Bandeja portacable 100mm/con uniones
1	Curva plana 90° 100mm
1	Tee 100mm
10	Ménsula con varilla roscada para techo
3	Bolsas de prescintos 250mm
25	Tiras de megacanal CKD 50-100 Zoloda
24	Portabastidores Zoloda
6	Tomacorrientes con base monofásico de 50A
70	Cajas octogonales de PVC
20	Cajas rectangulares de PVC
35	Cable subterráneo 4x10mm ²
50	Cable subterráneo 4x2,5mm ²
30	Cable tipo taller 3x1,5mm ²
40	Cable unipolar 10mm ² Marrón
40	Cable unipolar 10mm ² Celeste
55	Cable unipolar 10mm ² verde amarillo
100	Cable unipolar 6mm ² Marrón
100	Cable unipolar 6mm ² Celeste
100	Cable unipolar 6mm ² verde amarillo
200	Cable unipolar 2,5mm ² Marrón
200	Cable unipolar 2,5mm ² Celeste
200	Cable unipolar 2,5mm ² verde amarillo
70	Fichas machos 2P+T
70	Fichas hembras 2P+T

60	Metros Caños Tubeletric 20mm
180	Conector Tubeletric 20mm
30	Unión Tubeletric 20mm
20	Curva Tubeletric 20mm
15	Tomas dobles completos
15	Tomas simples completos
48	Paneles LED de 60x60 para embutir

5 - SALIDAS DE EMERGENCIA, CARGA DE FUEGO Y EPP

5.1 - MEMORIA DESCRIPTIVA

El establecimiento tiene dos sectores bien determinados, administración y producción para el ensamblado de artefactos lumínicos con lámparas led. En dicho proceso solo se utilizarán atornilladores eléctricos en los puestos de trabajo.

Los puestos de trabajo serán mesas 2 m x 0,9 m. de estructura de hierro y superficie de aglomerado de 20 mm con melamina blanca y un estante de iguales características.

En la parte de control de calidad se tendrán encendidas luminarias de alumbrado público las 24 horas de 250 W cada una en promedio, las que se depositaran sobre estanterías de hierro.

El local posee paredes de durlock, con ventanales de vidrios y cielo raso de lana de vidrio, haciendo un total de 180 m² de superficie cubierta y en donde se encuentran la administración y el sector de producción, el sanitario se encuentra en el exterior del local.

En el lugar trabajaran unas 22 personas entre administrativos y producción.

5.2 - MEMORIA TÉCNICA

A continuación se planificará y calculará las salidas de emergencia y medios de escape, como así también la carga de fuego equivalente para determinar las protecciones necesarias para una planta industrial. Además, se determinaran los elementos necesarios para la protección del personal como así también el nivel de iluminación recomendable para las tareas a realizar.

Los medios de escape a adoptar para evacuar al personal serán 2. Uno de ellos la misma puerta de ingreso al predio y el restante se ubica en el sector de producción hacia el sector de sanitarios.

Los pasillos serán de 1,1 m ya que es un edificio nuevo y además se encuentran delimitados por las correspondientes líneas amarillas que delimitan el área de trabajo del pasillo de evacuación.

Se instalará un extintor de 10 kg para el sector de oficina y dos de 2,5 kg cada uno en el sector de producción, estando los mismos ubicados uno sobre las salidas de emergencia y el restante ubicado cerca del sector de calidad.

Para protección del operario se adoptó usar un calzado reglamentario de cuero con punta de acero, se utilizara gafas protectoras para preservar la visual ante posibles proyecciones de partículas y se utilizarán protectores auditivos tipo tapones Endoaural que reducen el nivel de ruido a condiciones aceptables estipuladas dentro del decreto 351/79.

De acuerdo al Decreto 351/79 se establece un nivel de iluminación de 500 lux para sector de oficina y de 750 lux en el sector de producción destinado al ensamble de componentes eléctricos medianos. Obteniéndose como resultado la necesidad de colocar 48 paneles LED de 37,8 W y de flujo luminoso de 3120 lúmenes cada uno, homogéneamente distribuidos para cumplimentar los niveles de iluminación recomendados.

5.3 - MEMORIA DE CÁLCULO

Ecuaciones, gráficos y tablas utilizados para realizar los cálculos

Unidad de ancho de salida:

$$n = \frac{N}{100} (1)$$

Donde:

N: Cantidad de personas a evacuar (pers)

n: Numero de anchos de salida

Personas a evacuar:

$$N = \frac{S}{\text{Fac. Ocup.}} (2)$$

Donde:

N: Cantidad de personas a evacuar (pers)

S: Superficie a ser evacuada (m²)

Fac. Ocup.: Factor de Ocupacion (m²/pers)

Factor de ocupación según el decreto 351/79:

USO	x en m2
a) Sitios de asambleas, auditorios, salas de conciertos, salas de baile	1
b) Edificios educacionales, templos	2
c) Lugares de trabajo, locales, patios y terrazas destinados a comercio, mercados, ferias, exposiciones, restaurantes	3
d) Salones de billares, canchas de bolos y bochas, gimnasios, pistas de patinaje, refugios nocturnos de caridad	5
e) Edificio de escritorios y oficinas, bancos, bibliotecas, clínicas, asilos, internados, casas de baile	8
f) Viviendas privadas y colectivas	12
g) Edificios industriales, el numero de ocupantes será declarado por el propietario, en su defecto será	16
h) Salas de juego	2
i) Grandes tiendas, supermercados, planta baja y 1er. subsuelo	3
j) Grandes tiendas, supermercados, pisos superiores	8
k) Hoteles, planta baja y restaurantes	3
l) Hoteles, pisos superiores	20
m) Depósitos	30

Tabla 1: Factores de ocupación.

Tiempo de evacuación en segundos:

$$t_e = \left(\frac{P}{AF} \right) + \left(\frac{L}{v} \right) \quad (3)$$

Donde:

te= tiempo de evacuación en seg

P= número de personas que ocupan la planta

A= ancho de salida de evacuación en metros

F= flujo medio o coeficiente de evacuación (1,3 a 1,8 por/m.seg)

L= camino total a recorrer en la evacuación

v = velocidad de evacuación (camino horizontal 0,6 m/seg, en escaleras 0,3 m/seg) (reducidas en situaciones de pánico a 0,2 y 0,15 m/seg).

Carga equivalente Q_e :

$$Q_e = \frac{Q_T}{S \times P_c} \quad (4)$$

Donde:

Q_e : Carga equivalente (Kg/m²)

Q_T : Carga de fuego (Mcal)

S : Superficie del local (m²)

P_c : Poder calorífico de la madera (4,4 Mcal/kg)

Clasificación del riesgo de acuerdo al material y actividad:

Actividad Predominante	Clasificación de los materiales Según su combustión						
	Riesgo 1	Riesgo 2	Riesgo 3	Riesgo 4	Riesgo 5	Riesgo 6	Riesgo 7
Residencial	NP	NP	R3	R4	—	—	—
Administrativo	NP	NP	R3	R4	—	—	—
Comercial	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Industrial	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Deposito	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Espectáculos	NP	NP	R3	R4	—	—	—
Cultura	NP	NP	R3	R4	—	—	—

NOTAS: Riesgo 1= Explosivo Riesgo 2= Inflamable Riesgo 3= Muy Combustible Riesgo 4= Combustible Riesgo 5= Poco Combustible Riesgo 6= Incombustible Riesgo 7= Refractarios N.P.= No permitido El riesgo 1 «Explosivo se considera solamente como fuente de ignicion.

Tabla 2: Riesgo potencial de acuerdo al material

Potencial extintor recomendado Tipo A de acuerdo al Riesgo:

Carga de Fuego	RIESGO				
	Explos R₁	Inflam R₂	Muy Comb R₃	Comb R₄	Poco Comb R₅

hasta 15Kg/m ²	—	—	1 A	1 A	1 A
16 a 30 Kg/m ²	—	—	2 A	1 A	1 A
31 a 60 Kg/m ²	—	—	3 A	2 A	1 A
61 a 100 Kg/m ²	—	—	6 A	4 A	3 A
> 100 Kg/m ²	A determinar en cada caso				

Tabla 3: Potencial extintor mínimo por carga de fuego y riesgo, para fuegos clase A

Potencial extintor recomendado Tipo B de acuerdo al Riesgo:

Carga de Fuego	RIESGO				
	Explos R₁	Inflam R₂	Muy Comb R₃	Comb R₄	Poco Comb R₅
hasta 15Kg/m ²	—	6 B	4 B	—	—
16 a 30 Kg/m ²	—	8 B	6 B	—	—
31 a 60 Kg/m ²	—	10 B	8 B	—	—
61 a 100 Kg/m ²	—	20 B	10 B	—	—
> 100 Kg/m ²	A determinar en cada caso				

Tabla 4: Potencial extintor mínimo por carga de fuego y riesgo, para fuegos clase B

Potencial del extintor de acuerdo a los distintos agentes extintores:

Agente extintor	Capacidad	Potencial extintor
Agua	10 l	2 A
Anhidrido carbónico	3,5 kg	2 BC
	5 kg	3 BC
	7 kg	4 BC
	10 kg	5 BC
Espuma	10 l	2 A - 4 B
Espuma productora de películas acuosas (EPPA)	10 l	2 A - 6 B
Soda ácido	10 l	2 A
Halógenos 1211 o 1301	1 kg	1,5 BC
	2,5 kg	3 BC
	5 kg	4 BC
	10 kg	1 A - 12 BC
	13 kg	1 A - 15 BC
Baldes con agua o arena	10 l	0,5 A

Polvo	Triclase (base fosfato de amonio)	Sódico	Potásico	Bicarbonato potásico Urea
1,5 kg	0,5 A 2 BC	2 BC	2,5 BC	5 BC
2,5 kg	1 A 4 BC	4 BC	5 BC	10 BC
5 kg	1,5 A 6 BC	6 BC	7,5 BC	15 BC
7 kg	2 A 8 BC	8 BC	10 BC	20 BC
10 kg	3 A 12 BC	12 BC	15 BC	30 BC
13 kg	4 A 16 BC	16 BC	20 BC	40 BC

Tabla 5: Potenciales extintores.

Suma de niveles sonoros:

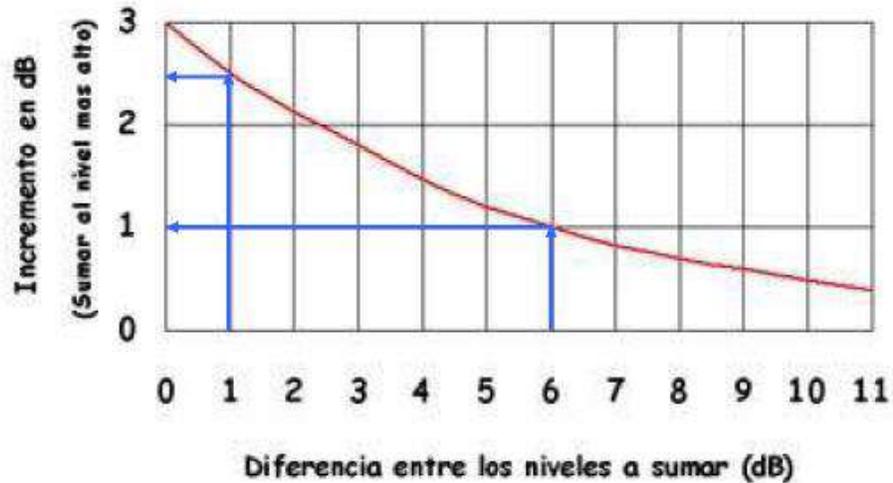


Gráfico N°1: suma de dos niveles sonoros

5.3.1 - Determinación del ancho de salida y cantidad de puertas

Para el cálculo del número de anchos de salida se utilizó la fórmula (1) donde nos determina el número mínimo a establecer de acuerdo al tipo de actividad y la cantidad de personal.

Primero precedimos a calcular la cantidad de personas a evacuar de acuerdo al tipo de actividad usando la fórmula (2), para la cual consideramos un factor de ocupación de $16 \text{ m}^2/\text{pers}$ para actividades industriales según tabla 1 y con una superficie de 150 m^2 .

Donde obtenemos:

$$N = \frac{S}{\text{Fac. Ocup.}} = \frac{150 \text{ m}^2}{16 \text{ pers}} = 10 \text{ pers}$$

Como el número de personas teórico es inferior al número de personas necesarias para el funcionamiento de la empresa, la cual consta de 1 persona administrativa, 1 persona de producción, 2 jefes de planta y de 12 operarios para el área de producción, se tomó el valor de $N= 16$ pers.

Luego el cálculo del número de anchos de salida viene dado de la siguiente manera:

$$n = \frac{N}{100} = \frac{16 \text{ pers}}{100} = 0,16$$

Como dicho valor es inferior a 1 y como mínimo número de ancho de salida permitido por el decreto 351/79 es 2, se adoptó el valor de $n=2$.

Además como el número de anchos de salida es inferior a 3 solo basta con un solo medio de escape de salida de emergencia para evacuar al personal.

Se optó por colocar dos puertas con sistema anti-pánico de un ancho de salida de 0,55 m cada una dando un ancho total de salida de 1,1 m como determina el decreto 351/79, para ello se utilizó como medida de evacuación más rápida usar dos medios de escape. Evacuando personal de oficinas administrativas por un lado y personal de producción por el otro.

Además se procedió a la implementación de un pasillo delimitado por las correspondientes líneas amarillas en el sector de producción que determinan la ruta de evacuación hacia el medio de escape, con un ancho de pasillo de 1,1 m.

Los medios de escape y las salidas de emergencia, con respectiva señalización, se encuentra diagramado en el plano número 13 en anexo, donde se encuentra delimitadas las áreas de trabajo y los pasillos de evacuación, como así también el sentido de circulación del personal para la evacuación del edificio. Además, de la ubicación de la luminarias de emergencia.

De acuerdo con este medio de escape y salida de emergencia implementados se relevó el tiempo promedio en evacuar la planta utilizando la fórmula (3), considerando una distancia a recorrer de 15 m a una velocidad de evacuación de 0,2 m/seg a causa de pánico y un flujo medio de 1,5 pers/m.seg.

$$t_e = \left(\frac{P}{AF} \right) + \left(\frac{L}{v} \right) = \frac{22 \text{ pers}}{1,1 \text{ m} \times 1,5 \text{ pers/m.seg}} + \frac{15 \text{ m}}{0,2 \text{ m/seg}} = 88,4 \text{ seg}$$

5.3.2 - Determinación de la carga de fuego y los extintores necesarios

Para el cálculo de los extintores se consideró todo el material que puede hacer de elemento combustible tanto en las oficinas administrativas dentro de planta como del sector de producción.

Procedemos al cálculo de los extintores para el sector administrativo de 25m², donde calculamos primero la carga de fuego de cada elemento combustible almacenado y en uso dentro del sector.

En el mismo tenemos los siguientes elementos:

- Papel (6 Mcal/kg)

$$Q_1 = 100kg \times 6 \frac{\text{Mcal}}{\text{kg}} = 600 \text{ Mcal}$$

- 4 Bibliotecas de madera (4,4 Mcal/kg)

$$Q_2 = 4 \times 60Kg \times 4,4 \frac{\text{Mcal}}{\text{kg}} = 1.056 \text{ Mcal}$$

- 4 Escritorios de madera (4,4 Mcal/kg)

$$Q_3 = 4 \times 38Kg \times 4,4 \frac{\text{Mcal}}{\text{kg}} = 669 \text{ Mcal}$$

- 2 Puertas de madera (420 Mcal/m²)

$$Q_4 = 2 \times 1,6m^2 \times 420 \frac{\text{Mcal}}{m^2} = 1.344 \text{ Mcal}$$

- Placas de Yeso (19 Mcal/m²)

$$Q_5 = 39m^2 \times 19 \frac{Mcal}{m^2} = 741 \text{ Mcal}$$

- 10 Sillas de plástico con cuerina (160 Mcal/m²)

$$Q_6 = 10 \times 0,34m^2 \times 160 \frac{Mcal}{m^2} = 540 \text{ Mcal}$$

De modo que en total tenemos:

$$Q_T = \sum Q_i = 4.950 \text{ Mcal}$$

Luego utilizando la formula (4) obtenemos la carga equivalente Q_e de la siguiente manera:

$$q_e = \frac{Q_T}{\text{sup.}4,4 \frac{Mcal}{kg}} = \frac{4.950 \text{ Mcal}}{5 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 4,4 \frac{Mcal}{kg}} = 45 \frac{kg}{m^2}$$

$$q_e = 45 \frac{kg}{m^2}$$

Ahora determinamos de acuerdo a la tabla 2 el tipo de riesgo de acuerdo a la actividad industrial y Riesgo 3 (muy combustible) nos determina que nuestra categoría es R3.

Luego por las tablas 3 y 4 determino con la carga equivalente y la categoría R3 el potencial extintor necesario para el sector de oficina.

Dando un valor de:

- Tipo A: 3A
- Tipo B: 8B

Luego por la tabla 5 determinamos que el matafuego tipo ABC de 10 Kg con 3A y 12BC cumple con los requerimientos.

Ahora procedemos al cálculo de los extintores para el sector de producción de 125m², donde calculamos primero la carga de fuego de cada elemento combustible almacenado y en uso dentro del sector.

En el mismo tenemos los siguientes elementos:

- Papel (6 Mcal/kg)

$$Q_1 = 10kg \times 6 \frac{Mcal}{kg} = 60 \text{ Mcal}$$

- 13 Puestos de trabajo con 2 tablas de madera (4,4 Mcal/kg)

$$Q_2 = 26 \times 600 \frac{Kg}{m^3} \times 1m \times 2m \times 0,01m \times 4,4 \frac{Mcal}{kg} = 1.372,8 \text{ Mcal}$$

- 1 Puertas de madera (420 Mcal/m²)

$$Q_3 = 1,6m^2 \times 420 \frac{Mcal}{m^2} = 672 \text{ Mcal}$$

- Placas de Yeso (19 Mcal/m²)

$$Q_4 = 13m^2 \times 19 \frac{Mcal}{m^2} = 247 \text{ Mcal}$$

- 10 Sillas de plástico (144 Mcal/m²)

$$Q_5 = 10 \times 0,1m^2 \times 144 \frac{Mcal}{m^2} = 144 \text{ Mcal}$$

- 100 cajas de cartón (72 Mcal/m²)

$$Q_6 = 100 \times 1,78m^2 \times 72 \frac{Mcal}{m^2} = 12.816 \text{ Mcal}$$

- 7 Latas de Pintura Alto-transito (10 Mcal/kg)

$$Q_7 = 7 \text{ latas} \times 4 \frac{Kg}{lata} \times 10 \frac{Mcal}{kg} = 280 \text{ Mcal}$$

- 2 Latas de Solvente (10 Mcal/kg)

$$Q_8 = 2 \text{ latas} \cdot 4 \frac{\text{Kg}}{\text{lata}} \times 10 \frac{\text{Mcal}}{\text{kg}} = 80 \text{Mcal}$$

De modo que en total tenemos:

$$Q_T = \sum Q_i = 15.671,8 \text{ Mcal}$$

Luego utilizando la formula (4) obtenemos la carga equivalente Q_e de la siguiente manera:

$$q_e = \frac{Q_T}{\text{sup.} 4,4 \frac{\text{Mcal}}{\text{kg}}} = \frac{15.671,8 \text{ Mcal}}{5 \text{ m} \times 25 \text{ m} \times 4,4 \frac{\text{Mcal}}{\text{kg}}} = 28,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$
$$q_e = 28,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Ahora determinamos de acuerdo a la tabla 2 el tipo de riesgo de acuerdo a la actividad industrial y Riesgo 3 (muy combustible) nos determina que nuestra categoría es R3.

Luego por las tablas 3 y 4 determino con la carga equivalente y la categoría R3 el potencial extintor necesario para el sector de oficina.

Dando un valor de:

- Tipo A: 2A
- Tipo B: 6B

Luego por la tabla 5 determinamos que el matafuego tipo ABC de 7 Kg con 2A y 8BC cumple con los requerimientos.

Luego por cuestiones de seguridad se optó por colocar 2 matafuegos de 2,5 Kg con 1A y 4BC donde uno de los cuales se ubicó próximo al TS2 que suministra energía a todo el sector de calidad, y el

restante se ubicó sobre la salida de emergencia que se encuentra a mitad de recorrido hacia ambos lados del pasillo de producción.

En el anexo xx se puede observar la ubicación del matafuego de 10 Kg en el sector de oficina y la ubicación de los 2 matafuegos de 2,5 Kg en el sector de producción.

5.3.3 - Determinación del equipo de Protección Personal (EPP)

Se relevó el nivel sonoro en dB el cual afecta al personal dentro del sector de producción, donde se utilizan solamente atornilladores neumáticos de mano con un nivel sonoro de 81 dB.

Para el cálculo de simultaneidad para obtener el nivel sonoro de todos los equipos se recurrió al grafico 1 que nos da la suma de dos sonidos en simultáneo.

Utilizando el grafico anterior se procedió a obtener la simultaneidad de 10 atornilladores neumáticos que arrojo un valor de 91,5 dB.

Este valor se obtiene de ir sumando de a dos los valores de sonidos presentes. Se procede entrando con la diferencia entre ambos sonidos hasta chocar la curva y se lee sobre la columna vertical el Δ dB y se lo debe sumar al valor más alto de los dos sonidos a sumar.

Donde se establece por el decreto 351/79 en el anexo 5 capitulo 13 un máximo de ruido de 90 dB sin uso de protector auditivo, siendo nuestro caso superior con lo que se aconseja el uso de los mismos.

En nuestro caso se optó por implementar el uso de tapones Endoaural con cordel (Ver ficha técnica en Anexos – Protector Auditivo) que presentan una atenuación del ruido de 20 dB, lo que nos garantiza la salud del oído. Además por decreto se aconseja que por encima de 85 dB se debe realizar en forma periódica un examen audiométrico de los operarios.

En calzado de seguridad se optó por un zapato con punta de acero según norma IRAM 3160, que protege contra golpes, caída de objetos y/o penetración de objetos.

En cuanto a protector visual se optó por una gafa de protección con marco del tipo integral lo que resguarda el órgano de la vista ante el contacto con partículas que pueden ser nocivas.

El uniforme de trabajo utilizado es de grafa donde se utiliza un pantalón y una camisa que protege el cuerpo contra el polvo, la suciedad y partículas de materiales peligrosos.

5.3.4 - Determinación del nivel de iluminación

De acuerdo al Decreto 351/79 se establece un nivel de iluminación de 500 lux para sector de oficina y de 750 lux en el sector de producción destinado al ensamble de componentes eléctricos medianos. Obteniéndose como resultado la necesidad de colocar 48 paneles LED de 37,8 W y de flujo luminoso de 3120 lúmenes cada uno, homogéneamente distribuidos para cumplimentar los niveles de iluminación recomendados.

Para visualizar el cálculo, remitirse al Apartado 4.3.5 – *ILUMINACIÓN de Instalación Eléctrica*.

6 – SEGUIMIENTO DE IMPLEMENTACIÓN DE OBRA

Una vez confeccionados los cálculos y diseños de cada una de las instalaciones industriales se comenzó con la etapa de implementación para culminar con el montaje final de la Planta Industrial.

Se procedió con la coordinación y seguimiento de la colocación y construcción de los sistemas por parte de terceros, para garantizar la correcta ejecución de la obra.

El seguimiento se llevó a cabo en las siguientes etapas:

- **Instalación eléctrica**
 - Habilitación de medidor de electricidad en cooperativa local
 - Instalación de bocas, cañerías y tableros
 - Distribución de cables
 - Confección de tableros con termomagnéticas y disyuntores
 - Instalación de tomacorrientes, teclas, artefactos de iluminación y equipos
 - Verificación y validación del funcionamiento

- **Instalación de aire acondicionado**
 - Instalación de equipos sobre el techo
 - Distribución de ductos en cieloraso
 - Colocación de difusores y rejillas de retorno
 - Instalación de termoestatos
 - Verificación y validación del funcionamiento

- **Instalación de elementos de seguridad e higiene**
 - Instalación de medios de escape adecuados
 - Instalación de extintores
 - Instalación de señalizaciones
 - Verificación de EPP correspondientes
 - Verificación y validación del nivel de iluminación
 - (recomendado 750 lux – Real medido en planta 800 lux)

- **Instalación de aire comprimido fue considerado como una futura instalación en la empresa**

Con estas instalaciones el montaje real del proyecto cumple con las necesidades de la empresa acorde con las normativas vigentes para desarrollar la actividad correspondiente.

7 - ANEXOS