

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

Ampliación de las instalaciones eléctricas, gas natural y aire comprimido en la empresa Aberturas Pampeanas.

Carrera: Ingeniería Electromecánica (Plan 2004)

Estudiante: Collman, Iván Misael.
DNI: 31.482.584
Legajo N° 2940

Tutores: Cr. Diribarne, Gustavo (Aberturas Pampeanas).
Ing. Mandrile, Daniel Alberto (Facultad de Ingeniería).

ÍNDICE

MEMORIA DESCRIPTIVA GENERAL	1
MEMORIA TÉCNICA GENERAL	2
INSTALACIÓN DE GAS NATURAL	4
1.1. MEMORIA DESCRIPTIVA	5
1.2. MEMORIA TÉCNICA	6
ARTEFACTOS:	7
RESULTADOS OBTENIDOS:	12
1.3. MEMORIA DE CÁLCULO	15
CÁLCULOS OBTENIDOS:	18
INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO	22
2.1. MEMORIA DESCRIPTIVA	23
2.2. MEMORIA TÉCNICA	24
MÁQUINAS HERRAMIENTAS:	26
RESULTADOS OBTENIDOS:	37
2.3. MEMORIA DE CÁLCULO	44
CÁLCULOS OBTENIDOS:	58
ILUMINACIÓN	60
3.1. MEMORIA DESCRIPTIVA	61
3.2. MEMORIA TÉCNICA	62
RESULTADOS OBTENIDOS:	64
3.3. MEMORIA DE CÁLCULO	69

CÁLCULOS OBTENIDOS:	75
INSTALACIÓN ELECTRICA	80
4.1. MEMORIA DESCRIPTIVA	81
4.2. MEMORIA TÉCNICA	82
EQUIPOS SELECCIONADOS:	82
RESULTADOS OBTENIDOS:	88
4.3. MEMORIA DE CÁLCULO	94
DISTRIBUCIÓN DE CIRCUITOS EN TABLEROS SECCIONALES:	97
CÁLCULO DE CIRCUITOS:	99
5.1. BIBLIOGRAFÍA..	140

Memoria Descriptiva General

El proyecto se realizó en una fábrica ubicada en la ciudad de General Pico, provincia de La Pampa, situada en la Ruta Provincial 1 N.º 1611.

Este proyecto atendió las necesidades planteadas por el propietario del establecimiento. Se procedió al análisis de la infraestructura ya montada, y a partir de ésta, diseñar y proyectar las diversas instalaciones del actual inmueble y su futura ampliación faltante hasta el momento. De ésta manera, se buscó resguardar la seguridad, cumpliendo con lo establecido por las normas vigentes, y obtener un óptimo funcionamiento en la producción.

Dentro de las actividades desarrolladas, se incluyen:

- Instalación de gas natural en baja presión
- Instalación de aire comprimido
- Iluminación interior
- Instalación eléctrica

Lo mencionado anteriormente implicó diseñar, calcular y seleccionar diversos elementos o dispositivos.

Memoria Técnica General

La elaboración del proyecto se desarrolló en las siguientes etapas principales:

Etapa N.º 1:

Recopilación de datos, análisis de la situación actual, relevamiento de datos de máquinas, equipos, elementos y ubicación.

Análisis y estudio de las normativas y reglamentaciones requeridas para cada fin en particular.

Etapa N.º 2:

1. Análisis, diseño y cálculo de la instalación de gas natural en baja presión para el inmueble actual y la futura ampliación.
2. Selección de cañería, accesorios y equipamiento.
3. Especificación de materiales y realización de planos.

Etapa N.º 3:

1. Análisis, diseño y cálculo de la instalación de aire comprimido para el inmueble actual y la futura ampliación.
2. Selección de cañería, accesorios y equipamiento.
3. Especificación de materiales y realización de planos.

Etapa N.º 4:

1. Análisis, diseño y cálculo del sistema de iluminación para la futura ampliación.
2. Selección de equipamiento de iluminación.
3. Especificación de materiales y realización de planos.

Etapas N.º 5:

1. Análisis, diseño y cálculo de la instalación eléctrica para la futura ampliación.
2. Selección de accesorios y equipamiento.
3. Especificación de materiales y realización de planos.

Instalación de Gas Natural

1.1. Memoria descriptiva

La presente instalación constará del cálculo, diseño y verificación de la red de gas natural existente en la empresa Aberturas Pampeanas. La misma es abastecida con gas natural en baja presión (0.02 kgf/cm^2), adoptando una caída de presión máxima admisible, entre el regulador y el consumo más alejado, inferior o igual a 10 mm de columna de agua.

La garita de regulación se encuentra fuera de la empresa, sobre la línea municipal, donde comienza la cañería principal hacia el interior de la nave en forma subterránea a una profundidad de 0.5 m de modo que no sufra deterioros por presiones sobre el terreno.

Dentro de la nave y finalizada la zona de oficina, la cañería principal se eleva a una altura de 6.5 m, en el centro de la nave.

Del trazado de cañería existente, el cual se distribuye embutido en la pared o en forma aérea sobre ménsulas sujetas a la pared o a la estructura metálica, se diseñó un nuevo trazado aéreo buscando el recorrido más corto con el fin de satisfacer los consumos de la futura ampliación.

1.2. Memoria técnica

Conociendo los artefactos a utilizar en la ampliación y los existentes de la red de gas, se determinó el caudal necesario de cada uno de ellos, para luego calcular el caudal total que abastecerá la empresa en su totalidad.

La red de gas futura se realizará mediante uniones roscadas continuando con la existente, la cual utiliza caños de material acero al carbono, conforme a Norma NAG 251.



Imagen 1.2.1: Identificación del caño

DIÁMETRO NOMINAL Nominal Diameter		ESPESOR NOMINAL Nominal Wall Thickness	PESO TEÓRICO Nominal Weight	PRUEBA HIDROSTÁTICA Hydrostatic Test	CAÑOS POR PAQUETE Pipes per Bundler	
Pulgadas Inches	mm	mm	kg/m	Bar	NAG 250	NAG 251
1/2	21.30	2.35	1.101	50	182	91
3/4	26.70	2.35	1.426	50	112	56
1	33.40	2.90	2.208	50	88	44
1 1/4	42.20	2.90	2.832	50	60	30
1 1/2	48.30	2.90	3.255	50	60	30
2	60.30	3.25	4.584	50	42	21
2 1/2	76.10	3.25	5.854	50	32	16
3	88.90	3.65	7.693	50	24	12
4	114.30	4.05	11.040	50	14	7

Tabla 1.2.1: Caños para conducción de gas NAG 250 – NAG 251

El trazado de gas futuro, al igual que el actual, será pintado de color amarillo, según lo indicado por Norma IRAM 2507 para permitir su inmediata identificación.

Por otro lado, la cañería que se encuentra enterrada se ubica a una profundidad de 0.5 m respecto al nivel del terreno natural. Protegida contra la corrosión mediante una cinta plástica autoadhesiva de polietileno.

Además, cuenta con una malla plástica de color amarillo con la leyenda “GAS”, entre la superficie y la cañería de gas.

Dentro de la nave, el trayecto subterráneo hasta el centro de la misma, se encuentra a 0.2 m bajo el piso de cemento.

Artefactos:

❖ Tubos radiantes:

La empresa cuenta con dos tubos radiantes, de los cuales uno se reubicará en otro sector de trabajo por cuestiones de producción y se pretende instalar dos más, ya que representan la mejor alternativa frente a los tradicionales sistemas de calefacción para ambientes de gran altura o de espacios abiertos.

Dicho artefacto se basa en el principio de la transmisión de calor por radiación, donde los cuerpos a diferente temperatura y a una determinada distancia experimentan un intercambio de calor bajo la forma de ondas electromagnéticas, calentando los objetos (pisos, muebles, herramientas, personas) indirectamente del aire desde el cuerpo de mayor temperatura al de menor temperatura.



Imagen 1.2.2: Tubo radiante monotubular

Los tubos radiantes existentes corresponden a la marca CIROC modelo TRM-35, siendo de las mismas características los próximos a adquirir.

Características técnicas:

- **Marca:** CIROC
- **Modelo:** TRM-35
- **Tipo:** Monotubular
- **Potencia:** 33500 kcal/h
- **Consumo Gas:** 3.6 m³/h
- **Potencia Eléctrica 220 V.:** 80 W
- **Largo:** 6440 mm
- **Ancho:** 350 mm
- **Alto:** 185 mm

MODELO	TIPO	POTENCIA Kcal./h	CONSUMO m ³ /h Gas Natural	POT. ELECTRICA 220 Volts	DIMENSIONES STD. mm.		
					LARGO	ANCHO	ALTO
TRB-20	BITUBO	19.700	2,15	80 W	6440	500	132
TRM-20	MONOTUBO	19.700	2,15	80 W	6440	300	132
TRB-35	BITUBO	33.500	3,6	80 W	6440	560	185
TRM-35	MONOTUBO	33.500	3,6	80 W	6440	350	185

Tabla 1.2.2: Modelos de tubos radiantes CIROC

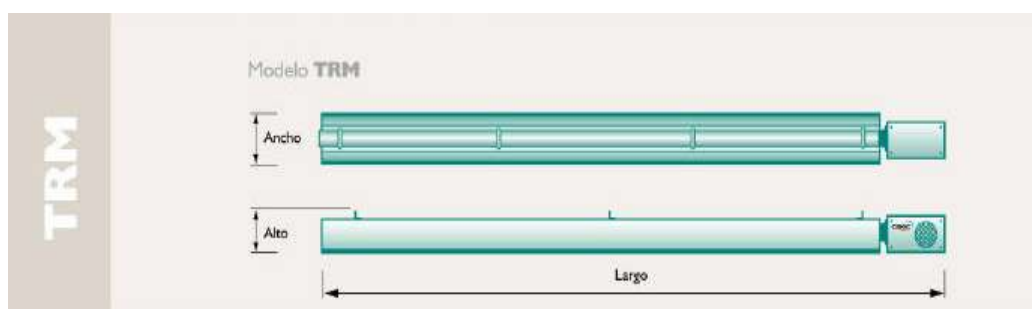


Imagen 1.2.3:

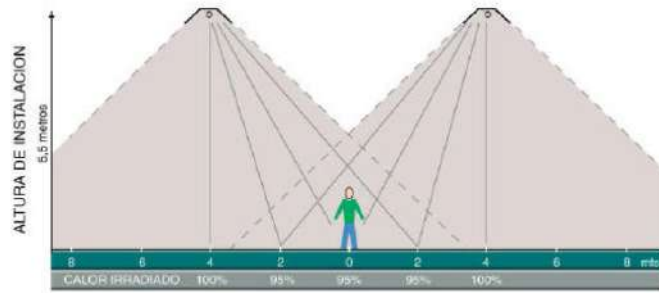


Imagen 1.2.4:

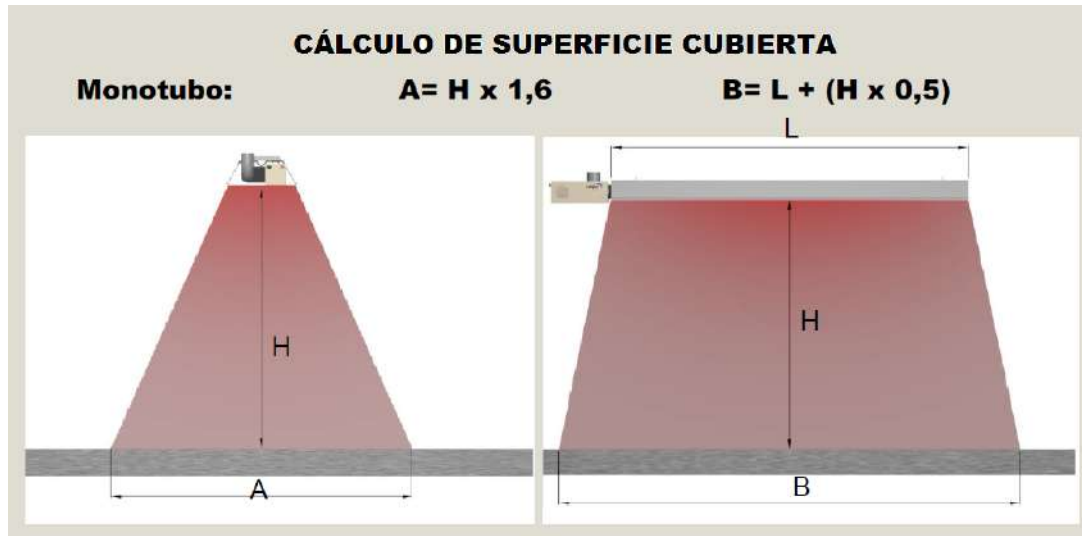


Imagen 1.2.5:

Debido al trazado de la cañería de gas natural y a la presente posición de los tubos radiantes, se considera fijar una altura de 6 m para la instalación o reubicación de los mismos.

❖ **Termotanque:**

La empresa cuenta con la instalación de 1 termotanque en la zona de depósito, además existe la posibilidad de colocar un segundo termotanque en el sector de vestuario.

El termotanque existente corresponde a la marca Universal modelo 33/50 L (TU-33), siendo de las mismas características el próximo a adquirir.



Imagen 1.2.6: Termotanque UNIVERSAL TU-33

Características técnicas:

- **Marca:** UNIVERSAL
- **Modelo:** TU-33
- **Recuperación:** 273 L/h
- **Potencia:** 7000 kcal/h
- **Presión de trabajo:** 4.5 kg/cm²
- **Presión de prueba:** 9 kg/cm²
- **Largo:** 730 mm
- **Ancho:** 430 mm

❖ **Anafe:**

Dentro de la nave se encuentran instalados dos anafes de una hornalla, de los cuales uno se encuentra en la cocina correspondiente a la zona de oficinas y el restante se encuentra en la cocina dentro de la zona de trabajo.



Imagen 1.2.6: Anafe BROGAS de 1 hornalla

Características técnicas:

- **Marca:** BROGAS
- **Tipo:** 1 hornalla
- **Potencia:** 1000 kcal/h
- **Largo:** 310 mm
- **Ancho:** 310 mm

❖ **Calefactor:**

Se encuentran instalados dos calefactores para calefaccionar las oficinas y el “showroom”



Imagen 1.2.7: Calefactor COPPENS 40 MU

General	2500			4000			6000		
	2500	4000	6000	2500	4000	6000	2500	4000	6000
Potencia Máxima (kcal)	2500	4000	6000						
Espacio a calefaccionar (m3)	50	80	116						
Consumo máximo GN (m3/h)	0,27	0,43	0,62						
Consumo máximo GE (kg/h)	0,21	0,31	0,49						
Opción tiraje posterior derecha	✓	✓	✓						
Opción tiraje posterior izquierda	✓	✓	✓						
Opción tiraje lateral derecha	✓	✓	✓						
Opción tiraje lateral izquierda	✓	✓	✓						
Tiro balanceado uniforme (TBU)	✓	✓	✓						
Tiro balanceado (TB)	✓	✓	✓						
Tiro natural (TN)			✓						
Sin tiraje (ST)									
Dimensiones (en cm)				2500	4000	6000			
Ancho total (A)				38,6	45,6	56			
Alto total (B)				65,5	61,5	80			
Profundidad total (C)				16,5	18,8	21			
Eje frontal tiraje (D)				6,8	8	9,6			
Eje lateral tiraje (E)				8,3	8,3	11			
Entrada de aire (H1)				40,6	39,1	42,6			
Salida de gases (H2)				48,2	47,6	53,6			
Diámetro caño tiraje TB				6	7,5	10			
Diámetro caño tiraje TBU				7,5Ø	7,5Ø	7,5Ø			
Diámetro caño tiraje TB				6Ø	7,5Ø	10Ø			
Peso embalado (kg) TB				14	16	26			
Peso embalado (kg) TBU				16	18	28			
Volumen embalado (m³)				0,080	0,095	0,16			

Tabla 1.2.3: Modelos de calefactores COPPENS

Características técnicas:

- **Marca:** COPPENS
- **Modelo:** 40 MU
- **Espacio a calefaccionar:** 80 m³
- **Potencia:** 4000 kcal/h
- **Tiro:** Balanceado
- **Alto:** 615 mm
- **Ancho:** 456 mm
- **Profundidad:** 188 mm

Resultados obtenidos:

A continuación se detallan los resultados obtenidos

Tabla cañerías baja presión		
Tramo	Longitud [m]	Diámetro [pulg]
Medidor – A	16.3	2 1/2
A – B	5	2 1/2
B – C	10	2 1/2
C – D	5.8	3/4
C – E	11.7	2
E – F	7	2
F – G	8	2
G – H	40.9	3/4
G – I	8	2
I – J	5	1 1/2
J – K	15	1 1/4
Calefactor 1 – A	0.5	3/8
Calefactor 2 – B	0.5	3/8
Anafe 1 – D	2.85	3/8

Termotanque 1 – D	6.3	$\frac{3}{4}$
Tubo Radiante 1 – F	3	1
Tubo Radiante 2 – I	16	$1 \frac{1}{4}$
Tubo Radiante 3 – J	3	$1 \frac{1}{4}$
Anafe 2 – H	5.3	$\frac{3}{8}$
Termotanque 2 – H	0.4	$\frac{3}{4}$
Tubo Radiante 4 – K	3	$1 \frac{1}{4}$

Tabla 1.2.4: Resultados obtenidos

Tabla cañerías baja presión			
Tramo	Accesorios	Diámetro [pulg]	Observaciones
Medidor – A	5 codos 90°	$2 \frac{1}{2}$	NAG 251
A – B	1 tee paso recto	$2 \frac{1}{2}$	NAG 251
B – C	1 tee paso recto 1 codo a 90°	$2 \frac{1}{2}$	NAG 251 NAG 251
C – D	1 tee paso recto 1 reducción	$\frac{3}{4}$	NAG 251 NAG 251
C – E	1 tee derivación 1 codo a 90° 1 reducción 1 válvula esférica	2	NAG 251 NAG 251 NAG 251 BRONCE
E – F	1 tee paso recto	2	NAG 251
F – G	1 tee paso recto	2	NAG 251
G – H	1 tee derivación 1 reducción 5 codos a 90°	$\frac{3}{4}$	NAG 251 NAG 251 NAG 251
G – I	1 tee paso recto	2	NAG 251
I – J	1 tee paso recto 1 reducción	$1 \frac{1}{2}$	NAG 251 NAG 251
J – K	1 tee paso recto 1 reducción	$1 \frac{1}{4}$	NAG 251 NAG 251
Calefactor 1 – A	1 tee derivación 1 reducción 3 codos a 90° 1 válvula esférica	$\frac{3}{8}$	NAG 251 NAG 251 NAG 251 BRONCE

Calefactor 2 – B	1 tee derivación 1 reducción 3 codos a 90° 1 válvula esférica	$\frac{3}{8}$	NAG 251 NAG 251 NAG 251 BRONCE
Anafe 1 – D	1 tee derivación 1 reducción 3 codos a 90° 1 válvula esférica	$\frac{3}{8}$	NAG 251 NAG 251 NAG 251 BRONCE
Termotanque 1 – D	1 tee paso recto 1 reducción 3 codos a 90° 1 válvula esférica	$\frac{3}{4}$	NAG 251 NAG 251 NAG 251 BRONCE
Tubo Radiante 1 – F	1 tee derivación 1 reducción 1 válvula esférica	1	NAG 251 NAG 251 BRONCE
Tubo Radiante 2 – I	1 tee derivación 1 reducción 1 válvula esférica	$1 \frac{1}{4}$	NAG 251 NAG 251 BRONCE
Tubo Radiante 3 – J	1 tee derivación 1 reducción 1 válvula esférica	$1 \frac{1}{4}$	NAG 251 NAG 251 BRONCE
Anafe 2 – H	1 tee paso recto 1 reducción 4 codos a 90° 1 válvula esférica	$\frac{3}{8}$	NAG 251 NAG 251 NAG 251 BRONCE
Termotanque 2 – H	1 tee derivación 1 codo 90° 1 válvula esférica	$\frac{3}{4}$	NAG 251 NAG 251 BRONCE
Tubo Radiante 4 – K	1 tee derivación 1 válvula esférica	$1 \frac{1}{4}$	NAG 251 BRONCE

Tabla 1.2.5: Resultados obtenidos

NOTA 1: Los tramos correspondientes desde el Medidor al punto G se encuentran instalados con anterioridad a realizar el presente trabajo, con lo cual lo especificado en la Tabla 1.2.4 no es coincidente con lo que se encuentra en la realidad.

Debido a la instalación existente y a los futuros artefactos a colocar en la ampliación, se recomienda cambiar el diámetro a 2"½ del tramo desde el Medidor al punto C, ya que el diámetro actual es de 2" y no cumple con el caudal requerido por la nave.

1.3. Memoria de cálculo

Las propiedades físicas del gas que se utilizan son las siguientes:

- Poder calorífico: 9300 kcal/m³
- Densidad: 0.65 (Aire = 1)

Para calcular el diámetro de cada tramo, consideramos el caudal que pasa por el mismo y la longitud de cálculo, esta es, la que recorre el caudal que pasa por el tramo, desde el regulador hasta el consumo.

Artefacto	Consumo [kcal/m ³]	Caudal Unitario [m ³ /h]	Cantidad	Caudal Total [m ³ /h]
Tubo radiador	33500	3.6	4	14.4
Termotanque	7000	0.75	2	1.5
Anafe	1000	0.11	2	0.22
Calefactor	4000	0.43	2	0.86

Tabla 1.3.1: Artefactos y caudal

Caudal Total de la Instalación: 16.98 [m³/h]

El caudal necesario para cada artefacto se obtuvo a partir de la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{C}{P_C}$$

Donde:

- Q : Caudal [m³/h]
- C : Consumo [kcal/h]
- P_C : Poder calorífico del gas natural (9300 kcal/m³)

El diámetro de la cañería de gas se determinó utilizando las Tabla 1.3.2 y Tabla 1.3.3 propiedad de ENARGAS en la cual se considera una caída de presión de 10 mm de columna de agua.

Se seleccionaron todos los diámetros de la cañería sin considerar los accesorios. Luego se agregaron los accesorios y sus respectivas longitudes equivalentes; se recalculan los diámetros, teniendo en cuenta la longitud total. (longitud de cálculo más longitud equivalente de accesorios).

De la Tabla 1.3.4 se determina la longitud equivalente de cada accesorio en función del diámetro considerado.

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

(Gas natural)

Densidad 0,65

Para caída de presión h = 10 mm

Longitud de cañería en metros	DIÁMETROS DE LA CAÑERÍA EN MILIMETROS						
	9,5 (3/8")	13 (1/2")	19 (3/4")	25 (1")	32 (1 1/4")	38 (1 1/2")	51 (2")
2	1.745	3.580	9.895	20.260	35.695	55.835	114.615
3	1.425	2.925	8.065	16.540	28.900	45.585	93.580
4	1.235	2.535	6.985	14.325	25.080	39.480	81.050
5	1.105	2.265	6.250	12.810	22.885	35.310	72.490
6	1.005	2.070	5.705	11.695	20.435	32.230	66.165
7	930	1.915	5.280	10.835	18.920	29.845	61.265
8	870	1.790	4.940	10.130	17.695	27.910	57.295
9	820	1.690	4.655	9.550	16.685	26.320	54.025
10	780	1.600	4.420	9.060	15.825	24.965	51.245
12	710	1.460	4.035	8.270	14.450	22.790	46.790
14	660	1.355	3.735	7.655	13.375	21.100	43.315
16	615	1.265	3.495	7.190	12.510	19.595	40.515
18	580	1.195	3.290	6.750	11.795	18.605	38.190
20	550	1.130	3.125	6.405	11.190	17.855	36.240
22	525	1.080	2.980	6.105	10.670	16.830	34.550
24	500	1.035	2.850	5.845	10.215	16.110	33.060
26	480	990	2.740	5.620	9.815	15.485	31.785
28	465	960	2.640	5.415	9.460	14.920	30.630
30	450	925	2.550	5.230	9.135	14.100	29.580
32	435	895	2.470	5.065	8.850	13.955	29.075
34	420	870	2.395	4.910	8.580	13.535	27.785
36	410	845	2.330	4.775	8.340	13.155	27.005
38	400	820	2.265	4.650	8.120	12.805	26.295
40	390	800	2.210	4.525	7.910	12.480	25.615
42	380	780	2.155	4.420	7.720	12.180	25.005
44	370	765	2.105	4.320	7.545	11.900	24.430
46	360	745	2.060	4.220	7.375	11.635	23.885
48	355	730	2.015	4.135	7.225	11.395	23.395
50	350	715	1.975	4.035	7.075	11.165	22.920
55	330	685	1.885	3.860	6.750	10.845	21.850
60	315	655	1.805	3.695	6.460	10.190	20.920
65	305	630	1.730	3.550	6.210	9.695	20.105
70	295	605	1.670	3.420	5.980	9.430	19.360
75	285	585	1.615	3.310	5.780	9.115	18.715
80	275	565	1.565	3.200	5.595	8.830	18.120
85	265	550	1.515	3.105	5.425	8.555	17.565
90	260	535	1.470	3.015	5.270	8.315	17.070
95	250	520	1.435	2.940	5.135	8.100	16.630
100	245	505	1.400	2.865	5.005	7.895	16.205
110	235	485	1.330	2.730	4.770	7.530	15.460
120	225	460	1.275	2.615	4.570	7.210	14.800
130	215	445	1.225	2.515	4.390	6.930	14.225
140	205	430	1.180	2.420	4.230	6.670	13.685
150	200	415	1.140	2.340	4.090	6.450	13.340
160	195	400	1.105	2.265	3.955	6.240	12.815
170	190	390	1.070	2.195	3.835	6.050	12.425
180	185	380	1.045	2.135	3.730	5.890	12.085
190	175	370	1.015	2.070	3.625	5.730	11.765
200	170	360	990	2.025	3.540	5.580	11.460

Tabla 1.3.2: Caudales para cañerías de diferentes diámetros

**CAUDAL EN LITROS DE GAS POR HORA, PARA CAÑERIAS
DE DIFERENTES DIAMETROS Y LONGITUDES**

(Gas natural)

Densidad 0,65

Para caída de presión h = 10 mm

Longitud de la cañería en metros	DIAMETROS DE LAS CAÑERIAS, EN MILIMETROS		
	63 (2 1/2")	76 (3")	101 (4")
2	198.330	312.851	624.217
3	161.915	255.411	524.304
4	140.219	221.186	454.046
5	125.419	197.840	406.125
6	114.511	180.834	370.802
7	106.025	167.250	343.325
8	99.165	156.425	321.108
9	93.479	147.457	302.898
10	88.689	139.903	287.189
12	80.957	127.705	282.151
14	74.963	119.249	242.740
16	70.109	110.593	227.024
18	66.110	104.283	214.071
20	62.709	98.919	203.062
22	59.794	94.322	190.784
24	57.244	90.298	185.383
26	54.991	86.890	178.092
28	53.002	83.808	174.449
30	51.202	80.768	165.800
32	49.582	78.312	160.553
34	48.094	75.865	155.735
36	46.739	73.728	151.349
38	45.496	71.767	147.322
40	44.344	69.951	143.594
42	43.277	68.267	140.138
44	42.279	66.692	136.905
46	41.349	65.227	133.897
48	40.478	63.852	131.075
50	39.660	62.560	128.424
55	37.815	59.850	122.403
60	36.205	57.109	117.233
65	34.784	54.870	112.838
70	33.521	52.876	108.545
75	32.383	51.081	104.860
80	31.354	49.459	101.531
85	30.419	47.984	98.502
90	29.563	46.634	95.729
95	28.774	45.389	93.175
100	28.043	44.237	90.800
110	26.738	42.178	86.583
120	25.600	40.384	82.900
130	24.896	38.800	79.649
140	23.701	37.387	76.749
150	22.898	36.120	74.156
160	22.170	34.972	71.791
170	21.509	33.929	69.649
180	20.902	32.972	67.687
190	20.344	32.092	65.879
200	19.830	31.230	64.217

Tabla 1.3.3: Caudales para cañerías de diferentes diámetros

LONGITUDES EQUIVALENTES DE ACCESORIOS A ROSCA, EN DIAMETROS

Codo a 45°	14 d	Te flujo a 90°	60 d
Codo a 90°	30 d	Válvula globo	333 d
Curva	20 d	Válvula esclusa	7 d
Te flujo a través	20 d	Válvula macho	100 d
Reducciones	10 d menor		

Tabla 1.3.4: Longitudes equivalentes de accesorios.

Cálculos obtenidos:

En la siguiente tabla se muestran los cálculos y el diámetro final de las cañerías.

Tabla cañerías baja presión			
Tramo	Accesorios	Diámetro [pulg]	Longitud equivalente [m]
Medidor – A	5 codos 90°	2 1/2	9.6
A – B	1 tee paso recto	2 1/2	1.28
B – C	1 tee paso recto 1 codo a 90°	2 1/2	3.2
C – D	1 tee paso recto 1 reducción	3/4	1.47
C – E	1 tee derivación 1 codo a 90° 1 reducción 1 válvula esférica	2	8.43
E – F	1 tee paso recto	2	1.02
F – G	1 tee paso recto	2	1.02
G – H	1 tee derivación 1 reducción 5 codos a 90°	3/4	6.1
G – I	1 tee paso recto	2	1.02
I – J	1 tee paso recto 1 reducción	1 1/2	1.4
J – K	1 tee paso recto 1 reducción	1 1/4	1.08
Calefactor 1 – A	1 tee derivación 1 reducción 3 codos a 90° 1 válvula esférica	3/8	5.27
Calefactor 2 – B	1 tee derivación 1 reducción 3 codos a 90° 1 válvula esférica	3/8	5.27
Anafe 1 – D	1 tee derivación 1 reducción 3 codos a 90° 1 válvula esférica	3/8	2.57
Termotanque 1 – D	1 tee paso recto 1 reducción 3 codos a 90° 1 válvula esférica	3/4	2.72

Tubo Radiante 1 – F	1 tee derivación 1 reducción 1 válvula esférica	1	4.56
Tubo Radiante 2 – I	1 tee derivación 1 reducción 1 válvula esférica	1 1/4	4.98
Tubo Radiante 3 – J	1 tee derivación 1 reducción 1 válvula esférica	1 1/4	4.2
Anafe 2 – H	1 tee paso recto 1 reducción 4 codos a 90° 1 válvula esférica	3/8	2.09
Termotanque 2 – H	1 tee derivación 1 codo 90° 1 válvula esférica	3/4	2.66
Tubo Radiante 4 – K	1 tee derivación 1 válvula esférica	1 1/4	3.52

Tabla 1.3.5: Longitud equivalente total

Tabla cañería baja presión							
Tramo	Caudal [L/h]	Longitud calculo [m]	Diámetro tentativo [pulg]	Accesorios	Longitud equivalente [m]	Longitud total [m]	Diámetro final [pulg]
Medidor – A	16980	104.4	2 1/2		9.6	114	2 1/2
A – B	16550	104.4	2 1/2		1.28	105.68	2 1/2
B – C	16120	104.4	2 1/2		3.2	107.6	2 1/2
C – D	860	43.1	3/4		1.47	44.57	3/4
C – E	15260	104.4	2		8.43	112.83	2
E – F	15260	104.4	2		1.02	105.42	2
F - G	11660	104.4	2		1.02	105.42	2
G - H	860	104.4	3/4		6.1	110.5	3/4
G – I	10800	89	2		1.02	90.02	2
I – J	7200	89	1 1/2		1.4	90.4	1 1/2
J - K	3600	89	1 1/4		1.08	90.08	1 1/4

Tabla 1.3.6: Resultados obtenidos

Tabla cañería baja presión (Artefactos)							
Tramo	Caudal [L/h]	Longitud calculo [m]	Diámetro tentativo [pulg]	Accesorios	Longitud equivalente [m]	Longitud total [m]	Diámetro final [pulg]
Calefactor 1 – A	430	17	3/8		5.27	22.27	3/8
Calefactor 2 – B	430	22	3/8		5.27	27.27	3/8
Anafe 1 – D	110	40.15	3/8		2.57	42.72	3/8
Termotanque 1 – D	750	43.3	1/2		2.72	46.02	3/4
Tubo Radiante 1 – F	3600	53	1		4.56	57.56	1
Tubo Radiante 2 – I	3600	82	1 1/4		4.98	86.98	1 1/4
Tubo Radiante 3 – J	3600	74	1 1/4		4.2	78.2	1 1/4
Anafe 2 – H	110	104.4	3/8		2.09	106.49	3/8
Termotanque 2 – H	750	99.4	3/4		2.66	102.06	3/4
Tubo Radiante 4 – K	3600	89	1 1/4		3.52	92.52	1 1/4

Tabla 1.3.7: Resultados obtenidos

Instalación de Aire Comprimido

2.1. Memoria descriptiva

La futura instalación constará del cálculo y diseño de la red de aire comprimido. El suministro se hará por medio de un compresor a tornillo, el cual se encuentra junto al tanque pulmón en el exterior de la nave dentro de una garita protectora. La ubicación del compresor y tanque pulmón se determinó a fin de reducir los niveles de ruido y el riesgo potencial hacia el personal por explosión.

La traza de la cañería se realizará de forma ramificada recorriendo la planta dispuesta sobre ménsulas vinculadas a los tirantes de la estructura o a la pared lateral de la fábrica.

Desde el tanque pulmón ubicado en la zona de servicio hasta cualquier extremo de la cañería de servicio a las máquinas o equipos deberá existir una pendiente aproximadamente del 0,3% de la longitud de la misma.

Las líneas de servicio serán tomadas de la parte superior de la línea secundaria (para evitar tomar el condensado) según corresponda. Las mismas bajarán hasta una altura de 1,65 m desde el nivel del suelo en las mesas de armado o 1 m si es utilizado en máquinas fijas.

Al inicio de la cañería principal y secundarias, se determinó la colocación de válvulas esféricas para interrumpir el suministro de aire de ser necesario.

En el extremo de las cañerías se colocarán válvulas esféricas para poder cortar el suministro a cada máquina en forma independiente, y luego válvulas de acople rápido para permitir la conexión de las máquinas. Dependiendo del caso se colocara también sistemas tipo FRL o simplemente un regulador.

2.2. Memoria técnica

El diseño de la instalación de aire comprimido implica el cálculo de cañerías principales, secundarias y de servicio, selección del compresor, tanque pulmón, accesorios y unidades FRL.

De acuerdo a la disposición de los puntos de trabajo y de consumos de la planta, se adoptó un sistema ramificado.

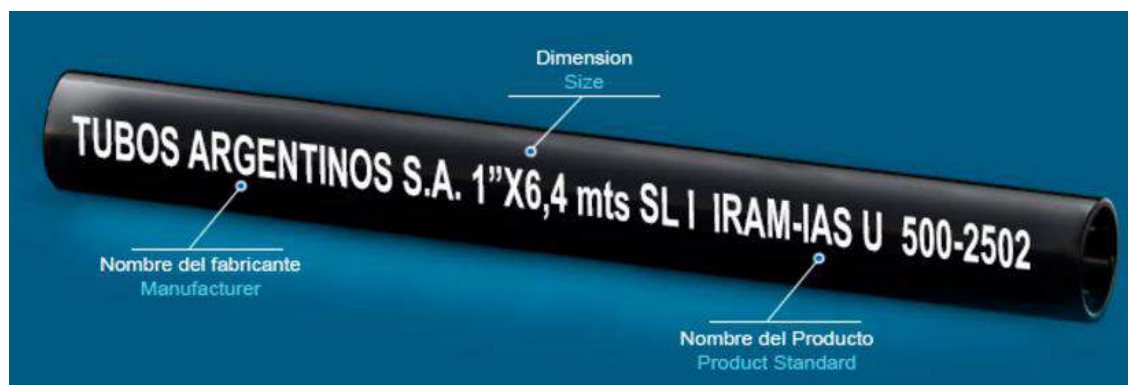


Imagen 2.2.1: Identificación del caño

DIÁMETRO NOMINAL Nominal Diameter		ESPESOR NOMINAL Nominal Wall Thickness	PESO TEÓRICO Nominal Weight	PRUEBA HIDROSTÁTICA Hydrostatic Test	CAÑOS POR PAQUETE Pipes per Bundle
Pulgadas Inches	mm	mm	kg/m	Bar	
1/2	21.30	2.35	1.101	50	169
3/4	26.70	2.35	1.426	50	127
1	33.40	2.90	2.206	50	91
1 1/4	42.20	2.90	2.832	50	61
1 1/2	48.30	2.90	3.255	50	61
2	60.30	3.25	4.584	50	37
2 1/2	76.10	3.25	5.854	50	37
3	88.90	3.65	7.693	50	19
4	114.30	4.05	11.040	50	19

Tabla 2.2.1: Caños para conducción de agua, gas, vapor, aire presurizado y fluidos no corrosivos. IRAM-IAS U 500-2502

El trazado de aire comprimido será pintado de color azul, según lo indicado por Norma IRAM 2507 para permitir su inmediata identificación.

La cañería principal se calculó utilizando el total del caudal consumido, más un 10% para contemplar pérdidas por fugas en el sistema y se adicionó un 10% para futuras ampliaciones. La cañería será instalada una altura de 6.3 m respecto del piso de la planta, montada sobre ménsulas vinculadas a los tirantes de la estructura o empotradas en la pared lateral.

Las cañerías utilizadas y todos sus accesorios son de acero al carbono según norma ASTM A53 Gr A, Schedule 40, conforme a Norma IRAM 2502. Los espesores se estimaron por el método Schedule y se verificaron mediante el método ASME para recipientes a presión. La cañería principal se armó en tramos de tubos roscado. Se seleccionaron bridas Slip-On serie #150 según norma ASA B.16.5, al igual que los restantes accesorios (codos, tes, etc.).

Las bajadas hacia los consumos, se realizaron por medio de tes colocadas de forma tal que la toma de aire sea desde la parte superior de la cañería para evitar que se introduzca condensado a las máquinas. Estas bajadas alimentan una o dos máquinas y constan de: una unidad FRL, una válvula esférica, una Te y acoples rápidos para alimentar a las máquinas.

Se colocó la cañería principal y secundaria con una pendiente de 0,3%, con el fin de recolectar y poder extraer el condensado producido en las mismas.

Máquinas herramientas:

❖ Limpiadora de esquinas:

La empresa cuenta con 1 máquina herramienta automática limpiadora de esquinas que corresponden a la marca INTEL-MACH modelo KT-504/2, la cual se encuentra próxima a las mesas de armado en la zona de trabajo

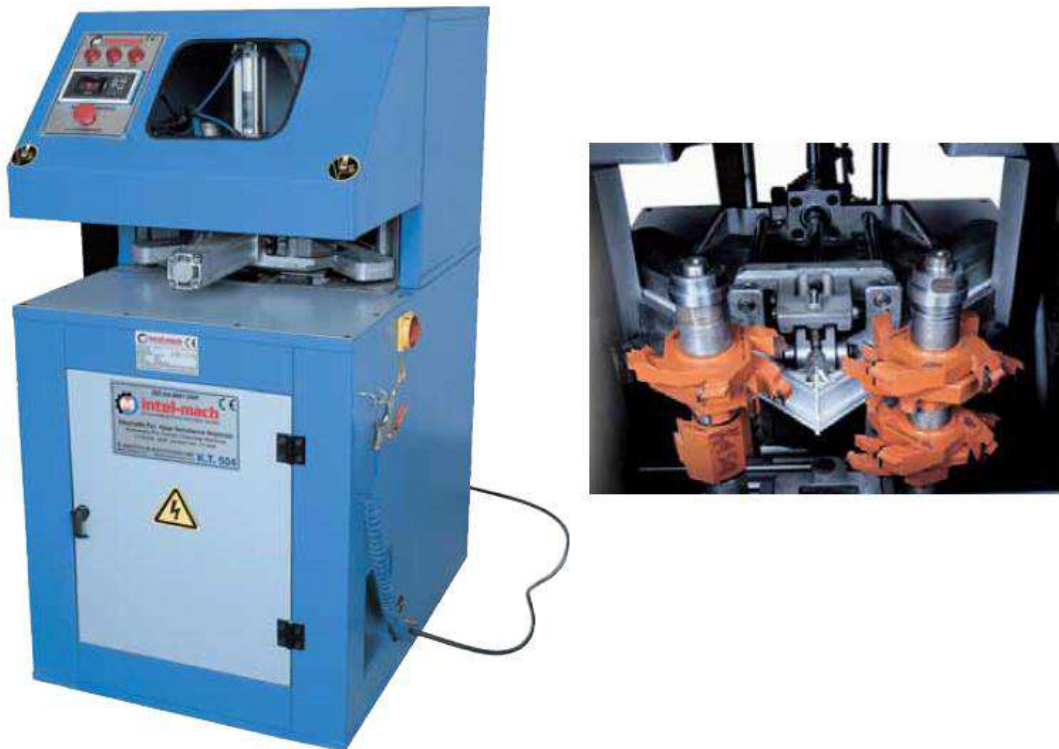


Imagen 2.2.2: Máquina limpiadora de esquinas INTEL-MACH, modelo KT-504/2.

Características técnicas:

- **Marca:** INTEL-MACH
- **Modelo:** KT-504/2
- **Consumo aire:** 60 l/min
- **Presión de aire:** 6 bar
- **Potencia eléctrica:** 1,5 hp
- **Largo:** 925 mm
- **Ancho:** 665 mm
- **Alto:** 1300 mm

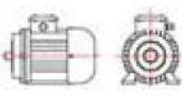
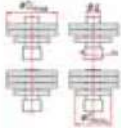
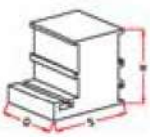
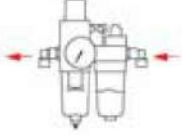
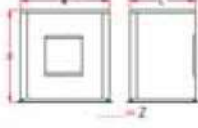
														
HP	1 - 1.5	ØD Max	ØD Min	Ød	n	S	K	Air Pressure Давление воздуха	Air Consumption Расход воздуха		W	L	H	Z
N(1/min)	3000 rpm	230 mm	80 mm	32 mm	3000 rpm	100 mm	90 mm	6 bar	60 Lt/min	2	665 mm	925 mm	1300 mm	137 Kg
3~/Hz	400/50									4	665 mm	925 mm	1300 mm	165 Kg
A	3.75									6	665 mm	925 mm	1300 mm	170 Kg

Tabla 2.2.2: Ficha técnica INTEL-MACH KT-504/02

❖ **Copiadora:**

La empresa cuenta con 2 máquinas herramientas copiadora que pertenecen a la marca OK INDUSTRIAL modelo COPY PLUS NEUMÁTICA, de las cuales una de las máquinas se encuentra próxima a las mesas de armado en la zona de trabajo y la restante se ubica en otra zona de trabajo donde se mecaniza perfiles de aluminio.



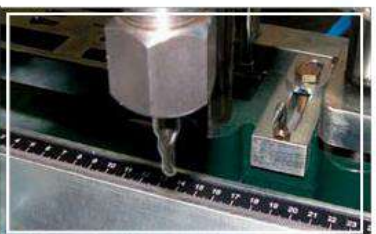
Indicador de medida



Pico lubricador



Plantilla con Perno copiator



Area de Fresado

Imagen 2.2.3: Máquina copiadora OK INDUSTRIAL, modelo Copy Plus Neumática

Características técnicas:

- **Marca:** OK INDUSTRIAL
- **Modelo:** COPY PLUS NEUMATICA
- **Consumo aire:** 20 l/min (aprox.)
- **Presión de aire:** 6 bar
- **Potencia eléctrica:** 1,5 hp
- **Largo:** 500 mm
- **Ancho:** 570 mm
- **Alto:** 1650 mm

❖ **Soldadora de PVC:**

Dentro de la nave se encuentran instaladas 1 soldadora de PVC que corresponden a la marca INTEL-MACH modelo ZW-505, la cual se encuentra próxima a las mesas de armado en la zona de trabajo



Imagen 2.2.4: Máquina Soldadora de PVC INTEL-MACH, modelo ZW-505

Características técnicas:

- **Marca:** INTEL-MACH
- **Modelo:** ZW-505
- **Consumo aire:** 15 l/min
- **Presión de aire:** 6 bar
- **Potencia eléctrica:** 1500 W
- **Largo:** 640 mm
- **Ancho:** 750 mm
- **Alto:** 1280 mm

W	1500		Standard	Max	Min	Air Pressure Давление воздуха	Air Consumption Расход воздуха	W	750 mm
1~/Hz	230/50	S	110 mm	150 mm	10 mm			L	640 mm
A	6.5	K	62 mm	160 mm	35 mm	6 bar	15 Lt/min	H	1280 mm
		Q	∞	∞	∞			Z	85 Kg
T			160 mm	212 mm	14 mm				

Tabla 2.2.3: Ficha técnica INTEL-MACH ZW-505

❖ **Taladro neumático:**

La futura utilización de taladros neumáticos correspondientes a la marca TORREON modelo ZZ6-P en las mesas de trabajo o armado, reduce los riesgos eléctricos y costos frente a las máquinas eléctricas.



Imagen 2.2.4: Taladro neumático TORREON, modelo ZZ6-P

Características técnicas:

- **Marca:** TORREON
- **Modelo:** ZZ6-P
- **Descripción:** Pistola
- **Presión de aire:** 7 bar
- **Consumo de aire:** 300 l/min
- **Capacidad de mandril:** 10 mm
- **Velocidad libre:** 2300 rpm
- **Largo:** 180 mm

MODELO MODEL	DESCRIPCION DESCRIPTION	CAP MANDRIL CHUCK CAPACITY	VELOCIDAD LIBRE FREE SPEED	LARGO TOTAL TOTAL LENGHT	PESO TOTAL TOTAL WEIGHT
ZZ6 P	Pistola / grip	10 mm	2300 rpm	180 mm	0,95kg
CONECTOR AIRE AIR INLET	MANGUERA HOSE	PRESION DE AIRE AIR PRESSURE	CONSUMO DE AIRE AIR CONSUMPTION	POTENCIA POWER	DbA DbA
1/4" BSP	8 mm	7kg/cm2	300 lts/min	0,4 HP	90

Tabla 2.2.4: Ficha técnica TORREON ZZ6-P

❖ **Amoladora neumático:**

La futura implementación de amoladoras neumáticas correspondientes a la marca TORREON modelo NL 20/80 en las mesas de trabajo o armado, brinda una elevada potencia en relación con su peso y tamaño para la realización de tareas.



Imagen 2.2.5: Amoladora neumático TORREON, modelo NL 20/80

Características técnicas:

- **Marca:** TORREON
- **Modelo:** NL 20/80
- **Descripción:** Angular
- **Presión de aire:** 7 bar
- **Consumo de aire:** 800 l/min
- **Capacidad de disco:** 7"
- **Velocidad libre:** 8000 rpm
- **Altura:** 180 mm

MODELO MODEL	DESCRIPCIÓN DESCRIPTION	VELOCIDAD LIBRE FREE SPEED	ALTURA TOTAL TOTAL LENGTH	PESO TOTAL TOTAL WEIGHT	
LN 20/80	Para disco de 7" / 7" Spindle Size	8000 rpm	180 mm	4,90 kg	
CONECTOR AIRE AIR INLET	MANGUERA HOSE	PRESIÓN DE AIRE AIR PRESSURE	CONSUMO AIRE AIR CONSUMPTION	POTENCIA POWER	dBA dBA
1/2" BSP	13 mm	7 kg/cm ²	800 Lts/min	2,0 HP	95

Tabla 2.2.5: Ficha técnica TORREON NL 20/80

❖ **Mesa de corte de vidrio:**

La futura ampliación contará con la instalación de una mesa de corte de vidrio que corresponde a la marca TUROMAS modelo LAM 104.



Imagen 2.2.6: Mesa de corte de vidrio TUROMAS, modelo LAM 104

Características técnicas:

- **Marca:** TUROMAS
- **Modelo:** LAM 104
- **Presión de aire:** 7 bar
- **Consumo de aire:** 100 l/min
- **Potencia eléctrica:** 16 kW
- **Espesor de vidrio:** 8 + 8 mm
- **Altura:** 950 mm
- **Peso:** 2400 kg

❖ **Prensa DVH:**

La empresa cuenta con una máquina herramienta para el armado del DVH (Doble Vidrio Hermético) con el sistema de espaciadores orgánicos de Truseal Technologies.

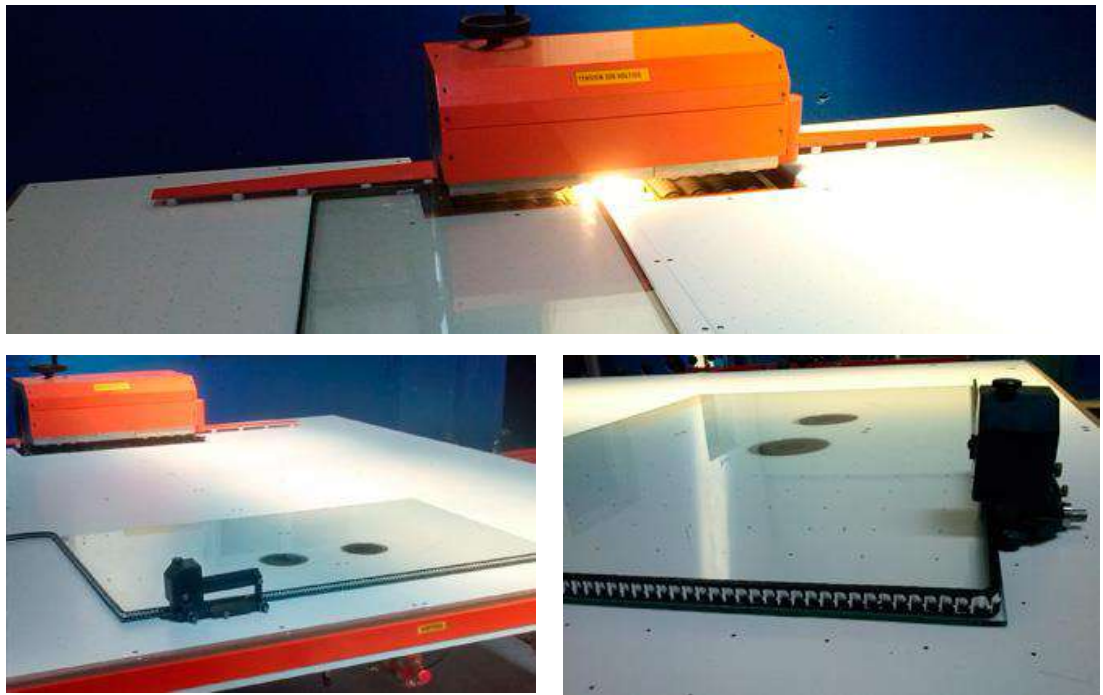


Imagen 2.2.8: Prensa DVH TRUSEAL TECHNOLOGIES, modelo MSP 50

Características técnicas:

- **Marca:** TRUSEAL TECHNOLOGIES
- **Modelo:** MSP 50
- **Presión de aire:** 5 bar
- **Consumo de aire:** 5000 l/min
- **Potencia eléctrica:** 3.6 kW
- **Largo:** 2400 mm
- **Ancho:** 2080 mm
- **Alto:** 900 mm

❖ **Retestadora:**

Dicha máquina herramienta corresponde a la marca OK INDUSTRIAL modelo RET 250-45, ubicada en el sector de mecanizado de perfiles de aluminio



Imagen 2.2.9: Máquina Retestadora OK INDUSTRIAL, modelo RET 250-45

Características técnicas:

- **Marca:** OK INDUSTRIAL
- **Modelo:** RET 250-45
- **Consumo aire:** 313 l/min
- **Presión de aire:** 6 bar
- **Potencia eléctrica:** 1,5 HP
- **Largo:** 400 mm
- **Ancho:** 480 mm
- **Alto:** 1000 mm

❖ **Punzonadora:**

En el sector de mecanizado de perfiles de aluminio se encuentran instaladas dos punzonadoras que corresponden a la marca OK INDUSTRIAL, modelo



Imagen 2.2.10: Máquina Punzonadora OK INDUSTRIAL, modelo POK M2-45

Características técnicas:

- **Marca:** OK INDUSTRIAL
- **Modelo:** POK M2-45
- **Consumo aire:** 60 l/min
- **Presión de aire:** 8 bar
- **Largo:** 400 mm
- **Ancho:** 480 mm
- **Alto:** 1400 mm

❖ **Cortadora de perfil:**

En el sector de mecanizado de aluminio se ubica una cortadora de perfiles de Aluminio/PVC que corresponden a la marca OK INDUSTRIAL, modelo SOK 350-45. La misma cuenta actualmente con una mesa dimensional para corte obtenida como accesorio.



Imagen 2.2.10: Máquina cortadora de perfiles OK INDUSTRIAL, modelo SOK 350-45

Características técnicas:

- **Marca:** OK INDUSTRIAL
- **Modelo:** SOK 350-45
- **Consumo aire:** 130 l/min
- **Presión de aire:** 5 bar
- **Potencia eléctrica:** 1,5 hp
- **Largo:** 500 mm
- **Ancho:** 570 mm
- **Alto:** 1550 mm

Resultados obtenidos:

A continuación se detallan los resultados obtenidos

	Tramo	Longitud [m]	Caudal [Nm ³ /min]	Diámetro Final [pulg]	Schedule	Observación
	Principal	58	4,1	1½"	40	IRAM 2502
Secundaria	Secundaria 1	9	0,049	1/2"	40	IRAM 2502
	Secundaria 2	5	0,2	1/2"	40	IRAM 2502
	Secundaria 3	5	0,2	1/2"	40	IRAM 2502
	Secundaria 4	15	2,7	1"	40	IRAM 2502
	Secundaria 5	6,5	0,15	1/2"	40	IRAM 2502
	Secundaria 6	6	0,024	1/2"	40	IRAM 2502
	Secundaria 7	5,5	0,013	1/2"	40	IRAM 2502
Servicio	Servicio A	5,8	0,018	1/2"	40	IRAM 2502
	Servicio B	5,8	0,026	1/2"	40	IRAM 2502
	Servicio C	5,8	0,005	1/2"	40	IRAM 2502
	Servicio D	4,7	0,2	1/2"	40	IRAM 2502
	Servicio E	4,7	0,08	1/2"	40	IRAM 2502

	Servicio F	4,7	0,2	1/2"	40	IRAM 2502
	Servicio G	4,7	0,2	1/2"	40	IRAM 2502
	Servicio H	4,7	2,5	3/4"	40	IRAM 2502
	Servicio I	5,8	0,124	1/2"	40	IRAM 2502
	Servicio J	5,8	0,026	1/2"	40	IRAM 2502
	Servicio K	5,8	0,012	1/2"	40	IRAM 2502
	Servicio L	5,8	0,012	1/2"	40	IRAM 2502
	Servicio M	5,8	0,013	1/2"	40	IRAM 2502

Tabla 2.2.6: Resultados obtenidos

	Tramo	Accesorios	Observación
	Principal	1 Brida	Serie #150
		1 válvulas esférica	Comercial
		8 Tee paso recto	IRAM 2502
		2 codos a 90°	IRAM 2502
Secundaria	Secundaria 1	1 tee en derivación	IRAM 2502
		1 reducción	IRAM 2502
		1 válvula esférica	Comercial
		3 tee paso recto	IRAM 2502
	Secundaria 2	1 tee en derivación	IRAM 2502
		1 reducción	IRAM 2502
		1 válvula esférica	Comercial
		1 tee paso recto	IRAM 2502
	Secundaria 3	1 tee en derivación	IRAM 2502
		1 reducción	IRAM 2502
		1 válvula esférica	Comercial
		1 tee paso recto	IRAM 2502
	Secundaria 4	1 tee en derivación	IRAM 2502
		1 reducción	IRAM 2502
		1 válvula esférica	Comercial
		2 tee paso recto	IRAM 2502
		1 codo 90°	IRAM 2502
	Secundaria 5	1 tee en derivación	IRAM 2502
		1 reducción	IRAM 2502
		1 válvula esférica	Comercial
		2 tee paso recto	IRAM 2502
	Secundaria 6	1 tee en derivación	IRAM 2502
		1 reducción	IRAM 2502
		1 válvula esférica	Comercial
		2 tee paso recto	IRAM 2502
	Secundaria 7	1 tee en derivación	IRAM 2502
		1 reducción	IRAM 2502
		1 válvula esférica	Comercial
1 tee paso recto		IRAM 2502	
Servicio	Servicio A	1 tee en derivación	IRAM 2502
		3 codos a 90°	IRAM 2502
		1 válvula esférica	Comercial
	Servicio B	1 tee en derivación	IRAM 2502
		3 codos a 90°	IRAM 2502
		1 válvula esférica	Comercial
	Servicio C	1 tee en derivación	IRAM 2502
		3 codos a 90°	IRAM 2502
		1 válvula esférica	Comercial

	Servicio D	2 tee en derivación	IRAM 2502
		2 codos a 90°	IRAM 2502
		1 válvula esférica	Comercial
	Servicio E	1 tee en derivación	IRAM 2502
		3 codos a 90°	IRAM 2502
		1 válvula esférica	Comercial
	Servicio F	2 tee en derivación	IRAM 2502
		2 codos a 90°	IRAM 2502
		1 válvula esférica	Comercial
	Servicio G	2 tee en derivación	IRAM 2502
		1 reducción	IRAM 2502
		2 codos a 90°	IRAM 2502
		1 válvula esférica	Comercial
	Servicio H	1 tee en derivación	IRAM 2502
		1 reducción	IRAM 2502
		3 codos a 90°	IRAM 2502
		1 válvula esférica	Comercial
	Servicio I	1 tee en derivación	IRAM 2502
		3 codos a 90°	IRAM 2502
		1 válvula esférica	Comercial
Servicio J	1 tee en derivación	IRAM 2502	
	3 codos a 90°	IRAM 2502	
	1 válvula esférica	Comercial	
Servicio K	1 tee en derivación	IRAM 2502	
	3 codos a 90°	IRAM 2502	
	1 válvula esférica	Comercial	
Servicio L	1 tee en derivación	IRAM 2502	
	3 codos a 90°	IRAM 2502	
	1 válvula esférica	Comercial	
Servicio M	1 tee en derivación	IRAM 2502	
	3 codos a 90°	IRAM 2502	
	1 válvula esférica	Comercial	

Tabla 2.2.7: Resultados obtenidos

A continuación se detallan los elementos seleccionados:

❖ **Compresor:**

Es el encargado de convertir la energía mecánica, en energía neumática comprimiendo el aire. El compresor aspira aire de la atmósfera y lo comprime en un volumen más pequeño, almacenándolo en un depósito.



Imagen 2.2.11: Compresor a tornillo SULLAIR, línea 2000, modelo 2209

Características técnicas:

- **Marca:** SULLAIR
- **Línea:** 2000
- **Modelo:** 2209
- **Tipo:** Tornillo
- **Caudal Nominal:** 3,4 m³/min
- **Presión de Aire:** 9 bar
- **Potencia Eléctrica:** 30 hp
- **Largo:** 1351 mm
- **Ancho:** 800 mm
- **Alto:** 1351 mm
- **Peso:** 658 kg

❖ **Tanque pulmón:**

El tanque de almacenamiento de aire comprimido es un recipiente presurizado que, además de servir como acumuladores, desempeñan dos funciones importantes en la instalación de aire comprimido: Compensan las fluctuaciones de la demanda y separan el condensado del aire comprimido.



Imagen 2.2.12: Tanque pulmón KAESER, modelo 1000 vertical

Características técnicas:

- **Marca:** KAESER Compresores®
- **Modelo:** 1000
- **Tipo:** Vertical
- **Volumen:** 1 m³
- **Presión de Aire Max:** 11 bar
- **Diámetro:** 800 mm
- **Alto:** 2265 mm

❖ **Unidad FRL:**

La instalación neumática depende en buena forma del acondicionamiento del aire para que su funcionamiento sea durable y seguro. Con lo cual, se seleccionó unidades FRL (Filtro-Regulador-Lubricador) con el fin de proteger las máquinas herramientas.



Imagen 2.2.13: FRL SMC® , modelo AC40

Características técnicas:

- **Marca:** SMC®
- **Modelo:** AC40
- **Fluido:** Aire
- **Presión de Aire Max:** 1 MPa
- **Grado de Filtración:** 5 µm

NOTA 1: En las cañerías de servicio se colocarán cañerías de ½” aunque por cálculo no fueran necesarios, se considera el diámetro mínimo para evitar posibles roturas por golpes u otros esfuerzos

NOTA 2: Actualmente, la empresa cuenta con la instalación y utilización de tres compresores de aire, que distribuyen el aire de forma ramificada mediante una distribución flexibles.

Tanto el sector de aluminio, como el de PVC cuentan con un compresor a pistón de doble efecto con una capacidad de 200 litros.

El restante compresor a pistón de simple efecto se ubica próximo a la máquina de DVH, ya que el mismo, con una capacidad de 50 litros solo se utiliza para el funcionamiento de dicha máquina.

2.3. Memoria de cálculo

Se determinaron los consumos de aire de cada una de las máquinas teniendo en cuenta sus dimensiones y requerimientos (copiadora PVC/Aluminio y retestadora), o extrayendo los datos del fabricante (limpiadora de esquinas, soldadora de PVC, taladro, amoladora, mesa de corte de vidrio, prensa DVH, punzonadora, cortadora de perfiles de Aluminio).

Para dimensionar la cañería y seleccionar los accesorios se debió trabajar con aire libre y no con el caudal a presión de trabajo, con lo cual se necesita transformar este caudal:

$$Q = Q_1 \frac{(P + 1,033)}{1,033}$$

Dónde:

- Q = Caudal de aire libre $\left[\frac{Nm^3}{min}\right]$
- Q_1 = Caudal de aire comprimido $\left[\frac{m^3}{min}\right]$
- P = Presión del aire comprimido $\left[\frac{kg}{cm^2}\right]$

Ecuación 2.3.1

El consumo de las copiadoras de PVC/Aluminio y retestadora se determinó teniendo cuenta las dimensiones de sus respectivos cilindros y la cantidad de operaciones por minuto que realizan:

$$Q = S \cdot L \cdot n \cdot \frac{(P + 1,033)}{1,033}$$

Dónde:

- Q = Caudal de aire libre $\left[\frac{Nm^3}{min}\right]$
- S = Sección del cilindro $\left(S = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4}\right) [m^2]$
- L = Longitud del cilindro $[m]$
- n = Cantidad de operaciones por minuto $\left[\frac{1}{min}\right]$
- P = Presión del aire comprimido $\left[\frac{kg}{cm^2}\right]$

Ecuación 2.3.2

Retestadora: Dicha máquina herramienta posee tres pistones de los cuales, dos son de doble acción e idénticos, con las siguientes características $\varnothing = 22 \text{ mm}$, $L = 300 \text{ mm}$, $P = 6 \text{ kg/cm}^2$ y $n = 1 \text{ operación/min}$.

$$Q_{\text{pistón}} = \frac{\pi \cdot 0,022^2}{4} \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot \frac{(6 + 1,033)}{1,033} = 0,0077 \frac{\text{Nm}^3}{\text{min}}$$

Al ser pistones de doble efecto, el consumo por operación será:

$$Q_{\text{pistón doble efecto}} = 2 \cdot Q_{\text{pistón}} = 0,0154 \frac{\text{Nm}^3}{\text{min}}$$

El pistón restante tiene las siguientes características: $\varnothing = 18 \text{ mm}$, $L = 150 \text{ mm}$, $P = 6 \text{ kg/cm}^2$ y $n = 1 \text{ operación/min}$.

$$Q_{\text{pistón simple efecto}} = \frac{\pi \cdot 0,018^2}{4} \cdot 0,15 \cdot 1 \cdot \frac{(6 + 1,033)}{1,033} = 0,0052 \frac{\text{Nm}^3}{\text{min}}$$

Para determinar el consumo total de la máquina se debe considerar el caudal necesario para realizar la operación.

$$Q_{\text{TOTAL}} = n_{\text{num de pistones}} \cdot Q_{\text{pistón doble efecto}} + Q_{\text{pistón simple efecto}}$$

$$Q_{\text{TOTAL}} = 2 \cdot 0,0154 + 0,0052 = 0,0313 \frac{\text{Nm}^3}{\text{min}}$$

Copiadora PVC/Aluminio: La máquina herramienta cuenta con un soplete desempolvador y un pistón de simple acción con las siguientes características: $\varnothing = 20 \text{ mm}$, $L = 150 \text{ mm}$, $P = 6 \text{ kg/cm}^2$ y $n = 1 \text{ operación/min}$.

$$Q_{\text{pistón simple efecto}} = \frac{\pi \cdot 0,02^2}{4} \cdot 0,15 \cdot 1 \cdot \frac{(6 + 1,033)}{1,033} = 0,0032 \frac{\text{Nm}^3}{\text{min}}$$

El caudal del soplete es obtenido a partir de **tabla 2.3.1**, como soplete desempolvador.

Consumo de aire comprimido

<u>Herramienta</u>	<u>Consumo</u> lts./min.	<u>Presión</u> kg./cm.
Soplete p. pintar, baja presión	50	2
" " " , alta presión, bajo consumo	100	3
" " " , alta presión	150	4
" " " " " " , gran producción	200	5
" desempolvador	130	4
" rociador	170	4
Pulidora de pintura	600	6
Válvula p. inflado de cubiertas	50	2
Elevador hidráulico	170	7
Limpiadora de bujías	140	6
Pistola de engrase	120	7
Arenador, boquilla de 3 mm.	600	4
" " " 4 mm.	1000	4
" " " 6 mm.	2000	4
Martillo liviano	170	6
" mediano	450	6
" pesado	700	6
Remachadora para 1/2"	600	7
" " 1"	900	7
" " 1 1/2"	1100	7
Agujereadora hasta 6 mm.	340	6
" " 12 mm.	700	6
" " 25 mm.	1200	6
Amoladora 4"	700	6
" 6"	1000	6
" 8"	1300	6
Pisón para fundición	340	6
Aspiradora	170	8

Según datos: de "IMACO"

Tabla 2.3.1: Consumos de aire comprimido

$$Q_{\text{soplete}} = 0,13 \frac{\text{Nm}^3}{\text{min}}$$

Resultando un consumo total de la máquina de:

$$Q_{\text{TOTAL}} = Q_{\text{pistón simple efecto}} + Q_{\text{soplete}} = 0,1332 \frac{\text{Nm}^3}{\text{min}}$$

El resto de los consumos de determinaron a partir de los datos del fabricante y se conformó la siguiente tabla especificando todos los consumos.

Toma	Máquina	Cantidad	Presión [kg/cm²]	Caudal Nominal [Nm³/min]	Coefficiente de utilización	Caudal total [m³/min]
A	Limpiadora de esquinas	1	6	0,060	0,3	0,018
B	Copiadora de PVC	1	6	0,130	0,2	0,026
C	Soldadora de PVC	1	6	0,015	0,3	0,005
D	Taladro	1	7	0,300	0,4	0,120
	Amoladora	1	7	0,800	0,1	0,080
E	Mesa de corte de vidrio	1	7	0,100	0,8	0,080
F	Taladro	1	7	0,300	0,4	0,120
	Amoladora	1	7	0,800	0,1	0,080
G	Taladro	1	7	0,300	0,4	0,120
	Amoladora	1	7	0,800	0,1	0,080
H	Prensa DVH	1	5	5,000	0,3	1,500
I	Retestadora	1	6	0,310	0,4	0,124
J	Copiadora de Al	1	6	0,130	0,2	0,026

K	Punzonadora 1	1	8	0,060	0,2	0,012
L	Punzonadora 2	1	8	0,060	0,2	0,012
M	Cortadora de perfiles de Aluminio	1	5	0,130	0,1	0,013

Tabla 2.3.2: Consumos

Caudal Total: 2,42 [Nm³/min]

Al caudal total obtenido se le adicionó un 20% de caudal, donde un 10% contempla pérdidas y fugas ocasionadas en la cañería, el restante 10% corresponde a una futura ampliación de la planta

$$Q_{\text{Total}} = 2,42 \cdot 1,15 = 2,783 \frac{\text{Nm}^3}{\text{min}}$$

El caudal del compresor se obtuvo de la siguiente formula:

$$Q_{\text{Compresor}} = \frac{Q_{\text{Total}}}{C} \quad \text{Dónde:}$$

- $Q_{\text{Compresor}} = \text{Caudal del compresor} \left[\frac{\text{Nm}^3}{\text{min}} \right]$
- $Q_{\text{Total}} = \text{Caudal demandado por la instalación} \left[\frac{\text{Nm}^3}{\text{min}} \right]$
- $C = \text{Coeficiente de consumo. Se adopta } 0,8$

Ecuación 2.3.3

$$Q_{\text{Compresor}} = \frac{2,783}{0,85} = 3,27 \frac{\text{Nm}^3}{\text{min}}$$

Del manual del fabricante SULLAIR Compresores® se seleccionó a partir de la línea 2200, el modelo 2209, con una presión de trabajo de 9 bar y un caudal nominal de 3,4 m³/min.

Para el cálculo del volumen del tanque pulmón, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\frac{V_D}{Q_{\text{Compresor}}} = \frac{t_0'}{t_0} \quad \text{Dónde:}$$

- V_D = Caudal del tanque pulmón [Nm^3]
- $Q_{\text{Compresor}}$ = Caudal del compresor [$\frac{\text{Nm}^3}{\text{min}}$]
- t_0' = Tiempo de operación con máximo número de maniobras [min]
- t_0 = Tiempo de operaciones [min]

Ecuación 2.3.4

El valor de t_0 se obtiene del siguiente gráfico:

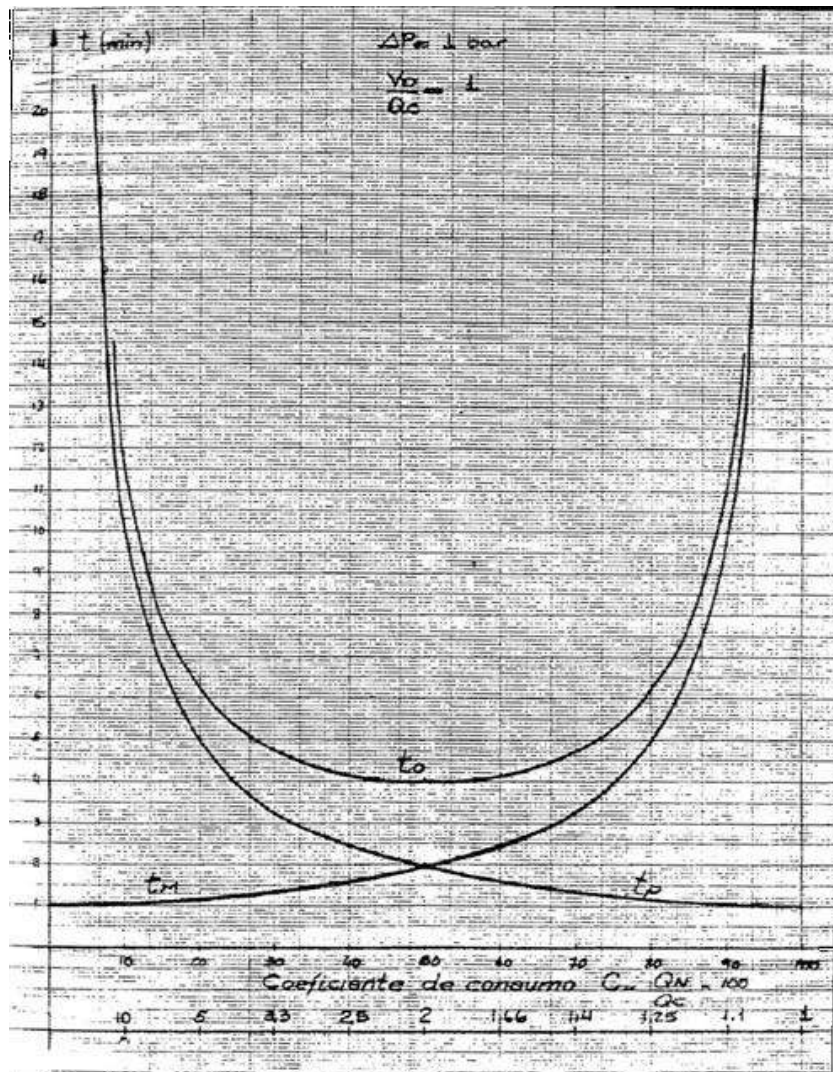


Gráfico 2.3.1: Tiempo de operación de un compresor

Para un coeficiente de consumo de **C = 85%**, **t₀ = 7,9 min**.

En este caso de **t₀'** se debe tener en cuenta que para un compresor a tornillo el número máximo de maniobras por hora es 40, entonces:

$$t_0' = \frac{60 \frac{\text{min}}{\text{h}}}{40 \frac{1}{\text{h}}} = 1,5 \text{ min}$$

De la Ecuación 2.3.4 se obtiene:

$$\frac{V_D}{Q_{\text{Compresor}}} = \frac{1,5}{7,9} = 0,19$$

$$V_D = 0,19 \cdot Q_{\text{Compresor}} = 0,19 \cdot 3,27 = 0,621 \text{ m}^3$$

Del manual del fabricante KAESER Compresores®, se seleccionó el modelo 1000 vertical, con un volumen de **1 m³** y una presión admisible de 11 bar.

Para el cálculo de condensado generado dentro del sistema se utilizó la siguiente fórmula:

$$C = 7,2 \cdot 10^{-4} \cdot Q_N \cdot \varphi \cdot (X_{si} - X_{sf}) \quad \text{Dónde:}$$

- $C = \text{Condensado} \left[\frac{l}{h} \right]$
- $Q_N = \text{Caudal nominal aspirado por el compresor} \left[\frac{\text{Nm}^3}{\text{min}} \right]$
- $\varphi = \text{Porcentaje de servicio en carga del compresor} [\%]$
- $X_{si} = \text{Humedad absoluta del aire aspirado} \left[\frac{\text{gAgua}}{\text{kgAire seco}} \right]$
- $X_{sf} = \text{Humedad absoluta del aire comprimido} \left[\frac{\text{gAgua}}{\text{kgAire seco}} \right]$

Ecuación 2.3.5

Los valores de X_{si} y X_{sf} , se obtienen del siguiente gráfico:

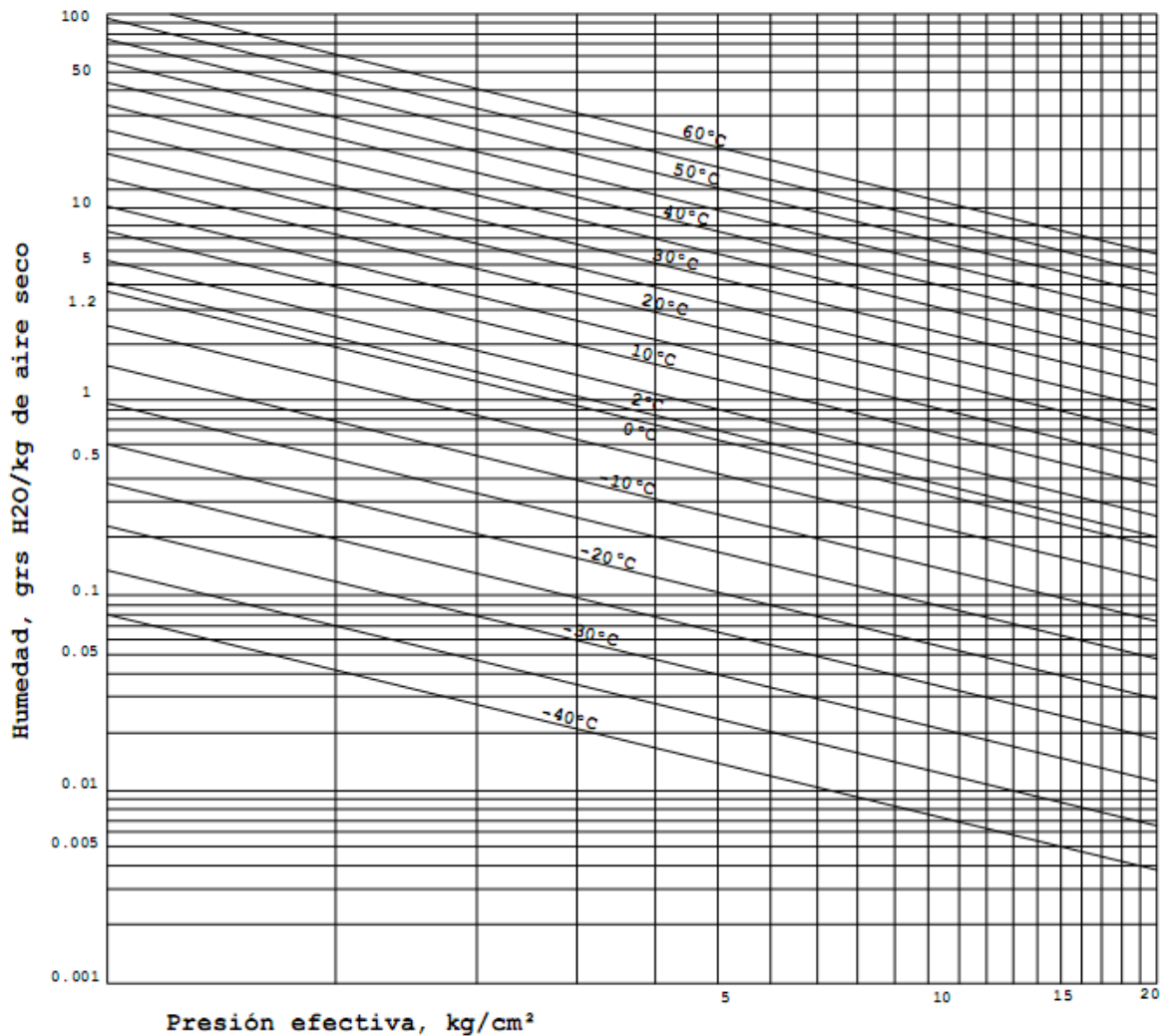


Grafico 2.3.2: Humedad en función de la temperatura y presión

Entrando con la presión atmosférica ($1 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ relativa) y la temperatura ambiente (20°C) se obtiene una humedad:

$$X_s = 15 \frac{\text{g Agua}}{\text{kg Aire seco}}$$

Tomando una humedad relativa $X_r = 80\%$, obtenemos:

$$X_{si} = X_s \cdot X_r = 12 \frac{\text{g Agua}}{\text{kg Aire seco}}$$

Ahora, entrando con la presión del aire de salida ($8 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ relativa) y temperatura ambiente, se obtiene:

$$X_{sf} = 1,8 \frac{g_{\text{Agua}}}{kg_{\text{Aire seco}}}$$

Adoptando $\varphi = 80\%$ y el caudal total de la instalación, de la **Ecuación 2.3.5** se obtiene:

$$C = 1,99 \frac{l}{h}$$

Considerando una jornada laboral de 16 h, por ejemplo, el condensado total sería:

$$C = 31,96 l$$

El cálculo de la cañería se diseñó a partir de un trazado que fue dividido en tres tipos de cañería

- ❖ *Cañería principal*, es aquella que sale del depósito y conduce la totalidad del caudal de aire comprimido. Se considera una velocidad máxima admisible del aire de $8 \frac{m}{s}$.
- ❖ *Cañería secundaria*, son aquellas que se derivan de la principal y se distribuyen por las áreas de trabajo y de la cuales se desprenden las tuberías de servicio. Se considera una velocidad máxima admisible del aire de 10 a $15 \frac{m}{s}$.
- ❖ *Cañería de servicio*, se desprende de las secundarias y son las que alimentan a los equipos neumáticos. Se considera una velocidad máxima admisible del aire de 15 a $20 \frac{m}{s}$.

Para el cálculo del diámetro de la cañería es necesario tener en cuenta la presión de servicio, el caudal normal y las pérdidas de carga. Esta última, es la pérdida de energía que se va originando en el aire comprimido ante los diferentes obstáculos que se presentan en su recorrido hacia los puntos de utilización.

La pérdida de carga admisible en las bocas de utilización no debe ser mayor que el 3% de la presión de servicio del compresor.

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 del tubo.
2. Pérdida de carga en accesorios producida en curvas, T, válvulas de la cañería.

El diámetro se determinó utilizando el **Grafico 2.3.3**, en el cual, se ingresa por la parte superior con el valor de presión deseada, trazando una vertical hasta interceptar con la horizontal que proviene de la escala de caudales normales que se encuentra a la derecha. Luego de fijar el punto de intersección, trazamos una paralela a las líneas oblicuas hasta interceptarla con la vertical levantada desde el valor de caída de presión por metro $\left(\frac{\Delta P}{L}\right)$, que se encuentra en la parte inferior. Proyectando dicho punto hacia la izquierda, obtenemos en ella el diámetro de la cañería.

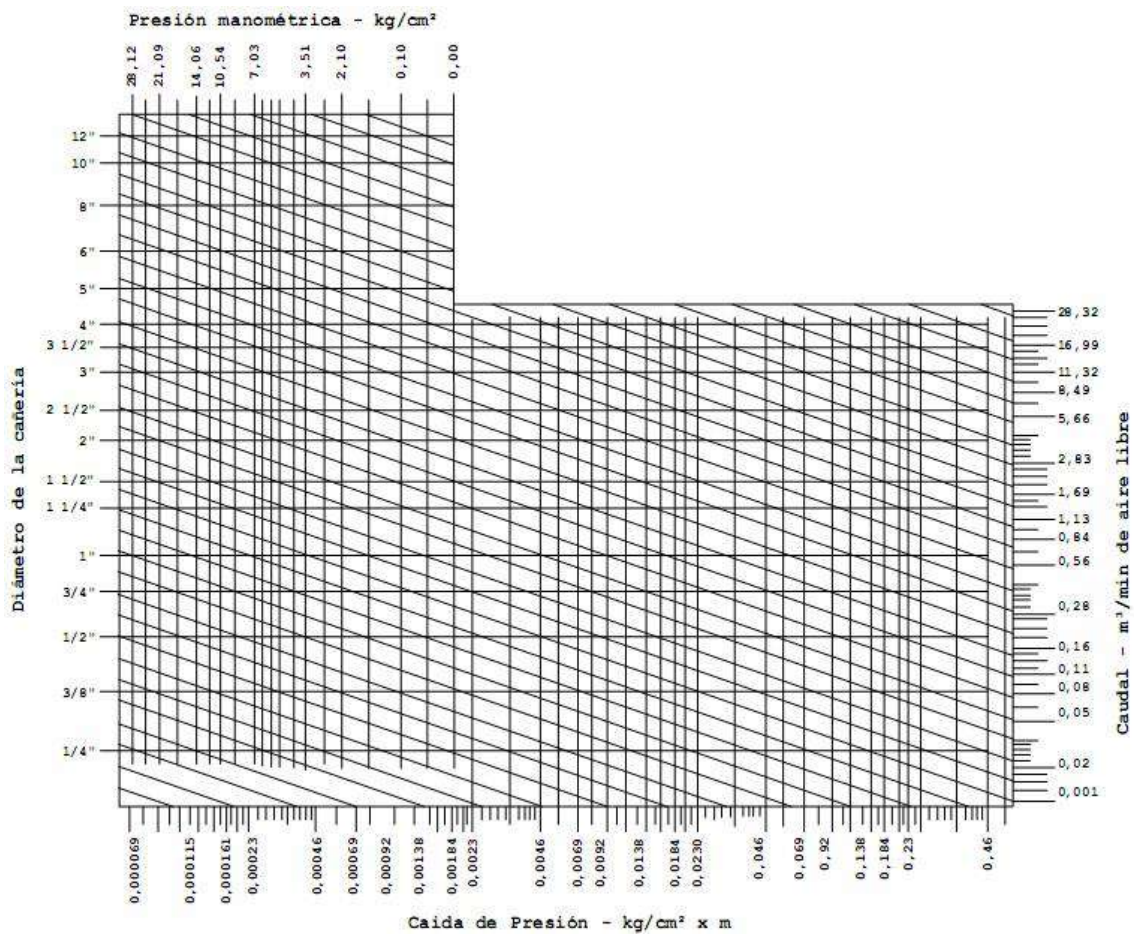


Grafico 2.3.3: Diámetro de cañería para aire comprimido

El valor de pérdida de carga o caída de presión por unidad de longitud $\left(\frac{\Delta P}{L}\right)$ se obtiene fijando un porcentaje en cuestión y determinando la longitud de cañería recta dependiendo del trazado.

En el cálculo se adoptó una pérdida de carga porcentual máxima del 1% en la cañería principal, 1% en la cañería secundaria y por último, en la cañería de servicio el restante 1%.

Además se consideró que todos los consumos se encuentran en el extremo más lejano del mismo, adoptando el caudal y longitud máxima de cada tramo.

Luego de obtener un valor aproximado del diámetro de la cañería, agregamos a la longitud máxima de cada tramo la longitud equivalente de los accesorios. Obteniendo un nuevo valor de pérdida de carga o caída de presión por unidad de longitud $\left(\frac{\Delta P}{L}\right)$, con lo cual, volvemos a ingresar al **Grafico 2.3.3** siguiendo el procedimiento anterior para determinar el diámetro de la cañería.

Por último, se verifica que la velocidad del fluido para las dimensiones de cañería adoptadas no superen los máximos establecidos para cada tramo.

La siguiente tabla muestra la longitud equivalente de diversos accesorios de cañería en función del diámetro:

Accesorio de cañería	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
Válvula esclusa (completamente abierta)	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)	0,78	0,76	1	1,28	1,81	2,13	2,46	3,16
Curva 90°	0,42	0,42	0,52	0,64	0,73	1,06	1,24	1,58
Curva 45°	0,15	0,15	0,23	0,29	0,37	0,48	0,57	0,73
Válvula globo (completamente abierta)	4,26	4,26	5,68	7,04	8,98	11,75	13,77	17,57
Válvula angular (completamente abierta)	2,43	2,43	2,83	3,5	4,48	5,88	6,88	8,83
Válvula esférica (completamente abierta)	0,045	0,045	0,05	0,065	0,085	0,11	0,13	0,165
Reducción	$l_e = 70 \cdot (D_n - d_n)$ Donde l_e = Longitud equivalente [m] D_n = Diámetro mayor [m] d_n = Diámetro menor [m]							

Tabla 2.3.2: Pérdida de carga por fricción en accesorios de cañerías [m]

Para determinar la pérdida de carga en las reducciones fue necesario obtener las dimensiones de los caños para conducción de agua, gas, vapor, petróleo, aire presurizado y fluidos no corrosivos bajo normas ASTM.

DIMENSIONES - TUBOS ASTM A-53 Gr. A										
DIAMETRO NOMINAL	DIAMETRO EXTERIOR	ESPEORES NOMINALES								
		NUMERO DE "SCHEDULE" (CEDULA)								
		20	30	40	60	80	100	120	140	160
PULG	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1/8	10,3			1,73		2,41				
1/4	13,7			2,24		3,02				
3/8	17,1			2,31		3,2				
1/2	21,3			2,77		3,73				4,78
3/4	26,7			2,87		3,91				5,56
1	33,4			3,38		4,55				6,35
1 1/4	42,2			3,56		4,85				6,35
1 1/2	48,3			3,68		5,08				7,14
2	60,3			3,91		5,54				8,74
2 1/2	73			5,16		7,01				9,52
3	88,9			5,49		7,62				11,13
3 1/2	101,6			5,74		8,08				
4	114,3			6,02		8,56		11,13		13,49
5	141,3			6,55		9,52		12,7		15,88
6	168,3			7,11		10,97		14,27		18,26
8	219,1	6,35	7,04	8,18	10,31	12,7	15,09	18,26	20,62	23,01
10	273	6,35	7,8	9,27	12,7	15,09	18,26	21,4	25,4	23,6
12	323,8	6,35	8,38	10,31	14,3	17,48	21,4	25,4	28,6	33,3
14	355,6	7,92	9,52	11,1	15,1	19	23,8	27,8	31,8	35,7
16	406,4	7,92	9,52	12,7	16,7	21,4	26,2	30,4	36,5	40,5
18	457,2	7,92	11,11	14,3	19	23,8	29,4	34,9	39,7	45,2
20	508	9,52	12,7	15,1	26,6	26,2	32,5	38,1	44,4	60
24	609,6	9,52	14,3	17,4	24,6	30,9	38,9	46	52,4	59,5
30	762	12,7	15,9							

Tabla 2.3.3: Caños ASTM A-53 Grado A

Cálculos obtenidos:

Tramo	Longitud [m]	Presión de trabajo [kg/cm ²]	Caudal [Nm ³ /min]	Δp [%]	Δp [kg/cm ²]	Δp/L	Diámetro tentativo [pulg]	Accesorios	Longitud equivalente accesorios [m]	Longitud equivalente accesorios total [m]	Longitud total [m]	Δp/L Final	Diámetro Final [pulg]	Diámetro de Diseño [pulg]	Espesor [mm]	Diámetro externo [mm]	Área [m ²]	Velocidad [m/s]	Presión Admisible según ASME (Kg/cm ²)
Principal	58	8	4,1	1%	0,08	0,00138	1½"	1 válvulas esférica	0,13	7,97	65,97	0,0012	1½"	1½"	2,9	48,3	0,001316	6,49	36,36
								8 Tee paso recto	5,36										
								2 codos a 90°	2,48										
Secundaria 1	9	8	0,049	1%	0,08	0,00889	1/4"	1 tee en derivación	0,78	3,697	12,697	0,0063	1/4"	1/2"	2,35	21,3	0,000195	0,52	46,44
								1 reducción	2,422										
								1 válvula esférica	0,045										
								3 tee paso recto	0,45										
Secundaria 2	5	8	0,2	1%	0,08	0,01600	1/4"	1 tee en derivación	0,78	3,397	8,397	0,0095	1/4"	1/2"	2,35	21,3	0,000195	2,14	46,44
								1 reducción	2,422										
								1 válvula esférica	0,045										
								1 tee paso recto	0,15										
Secundaria 3	5	8	0,2	1%	0,08	0,01600	1/4"	1 tee en derivación	0,78	3,397	8,397	0,0095	1/4"	1/2"	2,35	21,3	0,000195	2,14	46,44
								1 reducción	2,422										
								1 válvula esférica	0,045										
								1 tee paso recto	0,15										
Secundaria 4	15	8	2,7	1%	0,08	0,00533	1"	1 tee en derivación	1,81	4,568	19,568	0,0041	1"	1"	2,9	33,4	0,000557	10,09	53,09
								1 reducción	1,043										
								1 válvula esférica	0,085										
								2 tee paso recto	0,9										
								1 codo 90°	0,73										
Secundaria 5	6,5	8	0,15	1%	0,08	0,01231	1/4"	1 tee en derivación	0,78	3,547	10,047	0,0080	1/4"	1/2"	2,35	21,3	0,000195	1,60	46,44
								1 reducción	2,422										
								1 válvula esférica	0,045										
								2 tee paso recto	0,3										
Secundaria 6	6	8	0,024	1%	0,08	0,01333	1/4"	1 tee en derivación	0,78	3,587	9,587	0,0083	1/4"	1/2"	2,35	21,3	0,000195	0,26	46,44
								1 reducción	2,422										
								1 válvula esférica	0,085										
								2 tee paso recto	0,3										
Secundaria 7	5,5	8	0,013	1%	0,08	0,01455	1/4"	1 tee en derivación	0,78	3,397	8,897	0,0090	1/4"	1/2"	2,35	21,3	0,000195	0,14	46,44
								1 reducción	2,422										
								1 válvula esférica	0,045										
								1 tee paso recto	0,15										

Servicio A	5,8	8	0,018	1%	0,08	0,01379	1/4"	1 tee en derivación	0,78	2,085	7,885	0,0101	1/4"	1/2"	2,35	21,3	0,000195	0,19	46,44
								3 codos a 90°	1,26										
								1 válvula esférica	0,045										
Servicio B	5,8	8	0,026	1%	0,08	0,01379	1/4"	1 tee en derivación	0,78	2,085	7,885	0,0101	1/4"	1/2"	2,35	21,3	0,000195	0,28	46,44
								3 codos a 90°	1,26										
								1 válvula esférica	0,045										
Servicio C	5,8	8	0,005	1%	0,08	0,01379	1/4"	1 tee en derivación	0,78	2,085	7,885	0,0101	1/4"	1/2"	2,35	21,3	0,000195	0,05	46,44
								3 codos a 90°	1,26										
								1 válvula esférica	0,045										
Servicio D	4,7	8	0,2	1%	0,08	0,01702	1/4"	2 tee en derivación	1,56	2,445	7,145	0,0112	1/4"	1/2"	2,35	21,3	0,000195	2,14	46,44
								2 codos a 90°	0,84										
								1 válvula esférica	0,045										
Servicio E	4,7	8	0,08	1%	0,08	0,01702	1/4"	1 tee en derivación	0,78	2,085	6,785	0,0118	1/4"	1/2"	2,35	21,3	0,000195	0,85	46,44
								3 codos a 90°	1,26										
								1 válvula esférica	0,045										
Servicio F	4,7	8	0,2	1%	0,08	0,01702	1/4"	2 tee en derivación	1,56	2,445	7,145	0,0112	1/4"	1/2"	2,35	21,3	0,000195	2,14	46,44
								2 codos a 90°	0,84										
								1 válvula esférica	0,045										
Servicio G	4,7	8	0,2	1%	0,08	0,01702	1/4"	2 tee en derivación	1,56	3,824	8,524	0,0094	1/4"	1/2"	2,35	21,3	0,000195	2,14	46,44
								1 reducción	1,379										
								2 codos a 90°	0,84										
								1 válvula esférica	0,045										
Servicio H	4,7	8	2,5	1%	0,08	0,01702	3/4"	1 tee en derivación	1,28	4,004	8,704	0,0092	3/4"	3/4"	2,35	26,7	0,000345	15,10	36,85
								1 reducción	0,469										
								3 codos a 90°	2,19										
								1 válvula esférica	0,065										
Servicio I	5,8	8	0,124	1%	0,08	0,01379	1/4"	1 tee en derivación	0,78	2,085	7,885	0,0101	1/4"	1/2"	2,35	21,3	0,000195	1,32	46,44
								3 codos a 90°	1,26										
								1 válvula esférica	0,045										
Servicio J	5,8	8	0,026	1%	0,08	0,01379	1/4"	1 tee en derivación	0,78	2,085	7,885	0,0101	1/4"	1/2"	2,35	21,3	0,000195	0,28	46,44
								3 codos a 90°	1,26										
								1 válvula esférica	0,045										
Servicio K	5,8	8	0,012	1%	0,08	0,01379	1/4"	1 tee en derivación	0,78	2,085	7,885	0,0101	1/4"	1/2"	2,35	21,3	0,000195	0,13	46,44
								3 codos a 90°	1,26										
								1 válvula esférica	0,045										
Servicio L	5,8	8	0,012	1%	0,08	0,01379	1/4"	1 tee en derivación	0,78	2,085	7,885	0,0101	1/4"	1/2"	2,35	21,3	0,000195	0,13	46,44
								3 codos a 90°	1,26										
								1 válvula esférica	0,045										
Servicio M	5,8	8	0,013	1%	0,08	0,01379	1/4"	1 tee en derivación	0,78	2,085	7,885	0,0101	1/4"	1/2"	2,35	21,3	0,000195	0,14	46,44
								3 codos a 90°	1,26										
								1 válvula esférica	0,045										

Iluminación

3.1. Memoria descriptiva

Ésta sección tiene como objetivo calcular la cantidad de luminarias necesarias en la futura ampliación que realizará la Empresa Aberturas Pampeanas, para obtener una iluminación que responda a las diferentes actividades a desarrollar.

La ampliación se hará por medio de luminarias tipo campana industrial colgante, la cual es ideal para lámparas de mercurio halogenado o sodio de alta presión.

Los artefactos lumínicos se instalarán a una altura de 6 m, manteniendo la altura de las luminarias presentes en la actual nave.

3.2. Memoria técnica

El presente diseño y cálculo de iluminación consta con la ubicación y número de luminarias necesarias en la ampliación, para obtener una iluminación que corresponda al ambiente laboral, evitando iluminación localizada y permitiendo desarrollar las tareas reduciendo riesgos.

Artefacto lumínico seleccionado:

Se seleccionó una única luminaria para el estudio de la iluminación, la cual concuerda con las existentes actualmente en la nave. Dicha luminaria pertenece al fabricante Lumenac Iluminación, modelo POLAR 2 250 W HQI-E.



Imagen 3.2.1: Luminaria POLAR 2 250 W HQI-E

Características:

- **Cuerpo:** de aluminio inyectado en una sola pieza con aletas de enfriamiento.
- **Reflector/óptica:** policarbonato metalizado con pulido especular interior.
- **Pintura:** poliéster texturada horneada.
- **Portalámparas:** de tipo cerámico con resorte bajo el contacto central. T240, 16A / 750V y tensión de encendido 5kV.
- **Cableado:** interno con aislación primaria de silicona y malla protectora de fibra de vidrio, y terminal.
- **Equipo:** balasto, ignitor electrónico, capacitor y bornera de conexión. 230V / 50Hz.
- **Montaje:** brida de acero para colgar Ø int. 19 mm.
- **Accesorio:** lente cónica acrílica, con clips de acero inoxidable para sujeción IP23.
- **Aplicaciones:** comercial, decorativa, almacenes y depósitos

Curvas Polares de Intensidad Luminosa

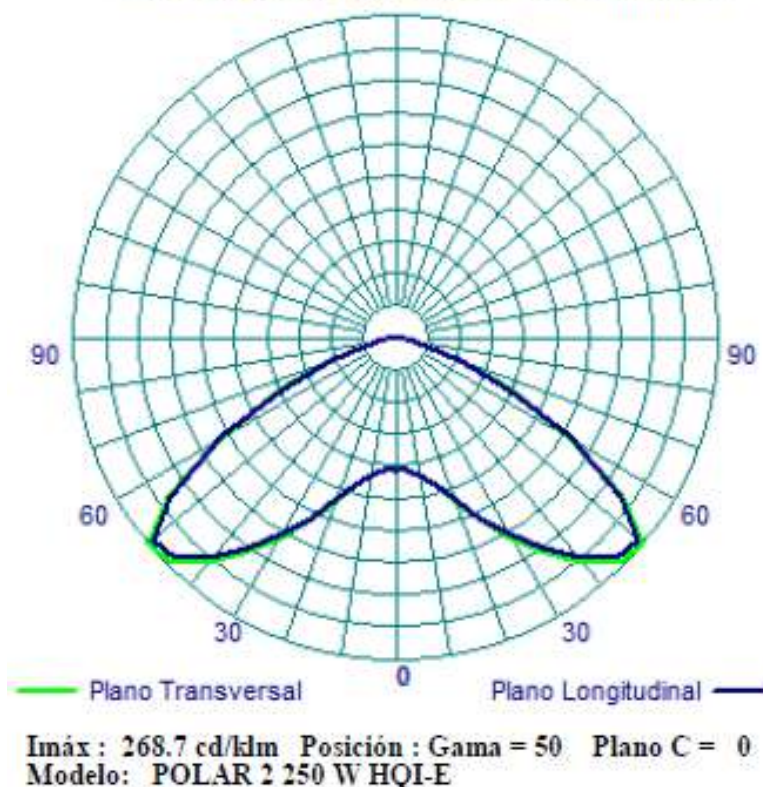


Imagen 3.2.2: Fotometría de la luminaria POLAR 2 250 W HQI-E

Resultados obtenidos:

A continuación se detallan los resultados obtenidos

INFORMACION DE LAS LUMINARIAS



Marca :	LUMENAC
Modelo:	POLAR 2 250 W HQI-E
Altura de Montaje:	6.00 m
Tono de Luz :	Luz Día
Factor de Balasto(%):	100
Potencia Unitaria :	280 W
Flujo de Cálculo Total :	19000 lm
Número de Lámparas :	1
Orientación :	0 °

Imagen 3.2.3: Información de la luminaria

UBICACION DE LAS LUMINARIAS

Distribución Uniforme

Luminaria A - Cantidad = 30	Orientación 0.00 °	Rot. Axial: 0 °
Xo: 2.02 m	DX: 4.05 m	NX: 10
Yo: 2.00 m	DY: 4.00 m	NY: 3

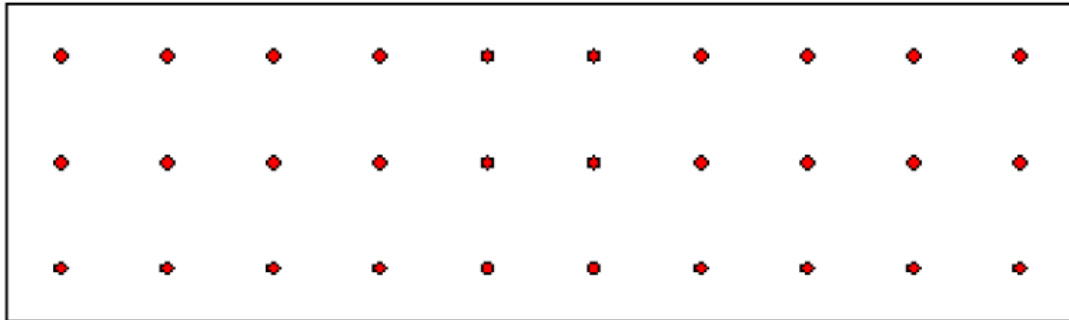
Grilla de Cálculo

XGo: 0.15 m	DXG: 0.31 m	NXG: 128
YGo: 0.18 m	DYG: 0.37 m	NYG: 32

Imagen 3.2.4: Ubicación de las luminarias

DISTRIBUCION DE LUMINARIAS

Luminarias Encendidas = 30



Largo:40.5 m Ancho: 12 m Altura: 6 m Plano de trabajo: 0.8 m

Imagen 3.2.5: Distribución de luminarias

INTERPRETACION DE LAS VARIABLES

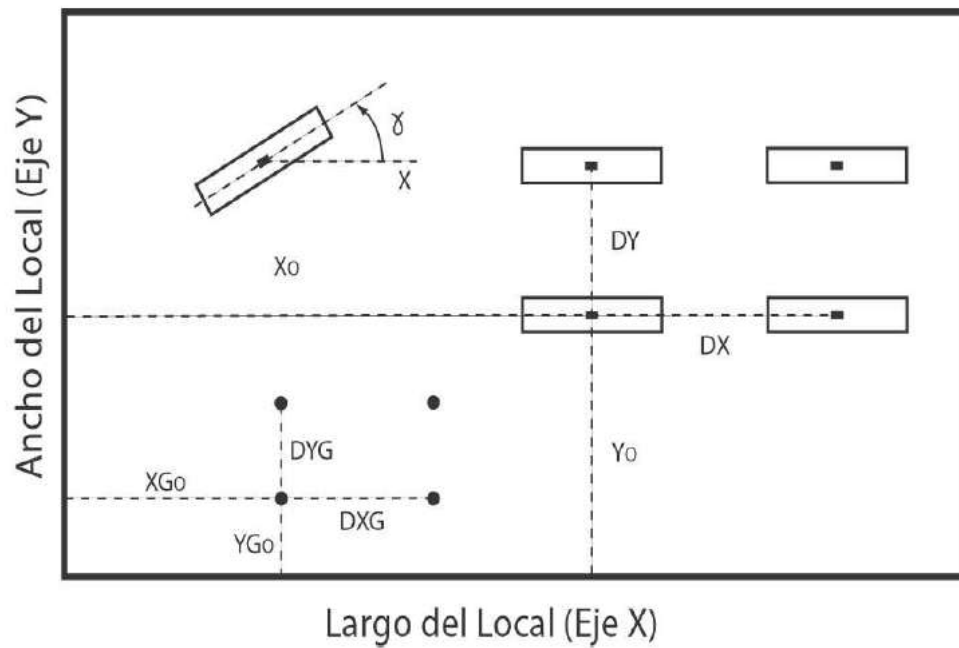


Imagen 3.2.6: Interpretación de las variables

DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS:

- Eje X: Coincidente con el Largo del Local.
- Eje Y: Coincidente con el Ancho del Local.

Los símbolos representan el Centro Geométrico de las Luminarias.

- Xo: Distancia desde el Eje Y al centro de la primer Luminaria (medida según el Largo del local , (Eje X)).
- Yo: Distancia desde el Eje X al centro de la primer Luminaria (medida según el Ancho del Local, (Eje Y)).
- DX - DY: Distancia entre Luminarias según el Eje X ó el Eje Y respectivamente.
- NX - NY: Número de luminarias en fila, ubicadas a lo largo del Eje X ó del Eje Y respectivamente.

GRILLA DE CÁLCULO:

La ubicación de los Puntos de cálculo (Grilla), se define con el mismo criterio.

- Coordenadas del Primer punto de Cálculo: XGo, YGo.
- Distancias entre Puntos de Cálculo: DXG, DYG:
- Cantidad de Puntos de Cálculo: NXG, NYG:

ORIENTACIÓN DE LAS LUMINARIAS

El ángulo Gama de orientación se mide en Sentido Antihorario a partir del Eje X, hasta el eje longitudinal de la luminaria.

➤ Illuminación plano de trabajo

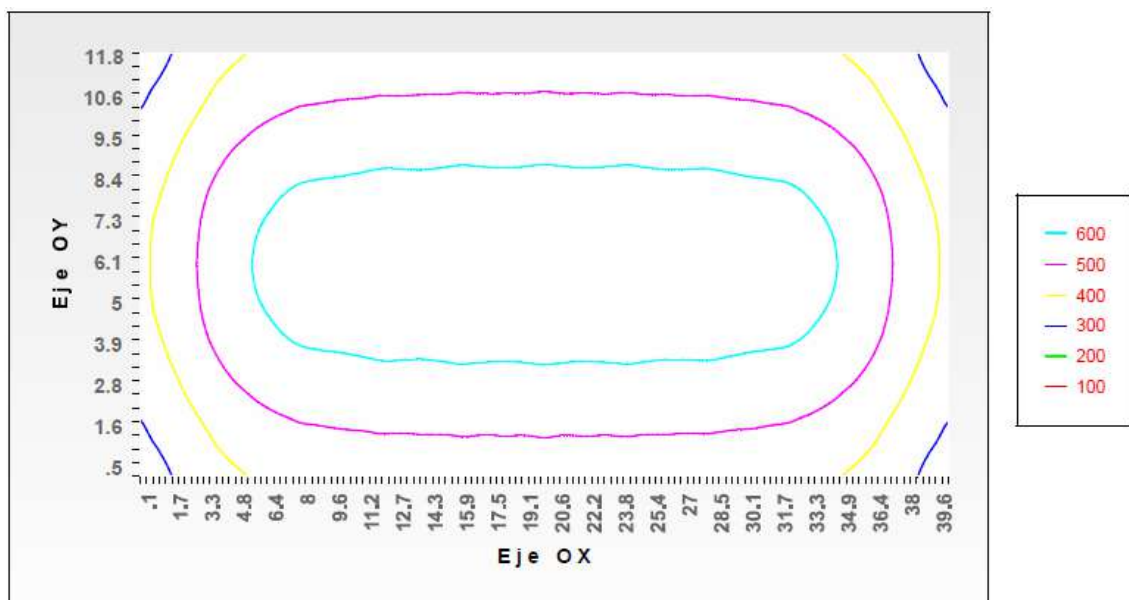
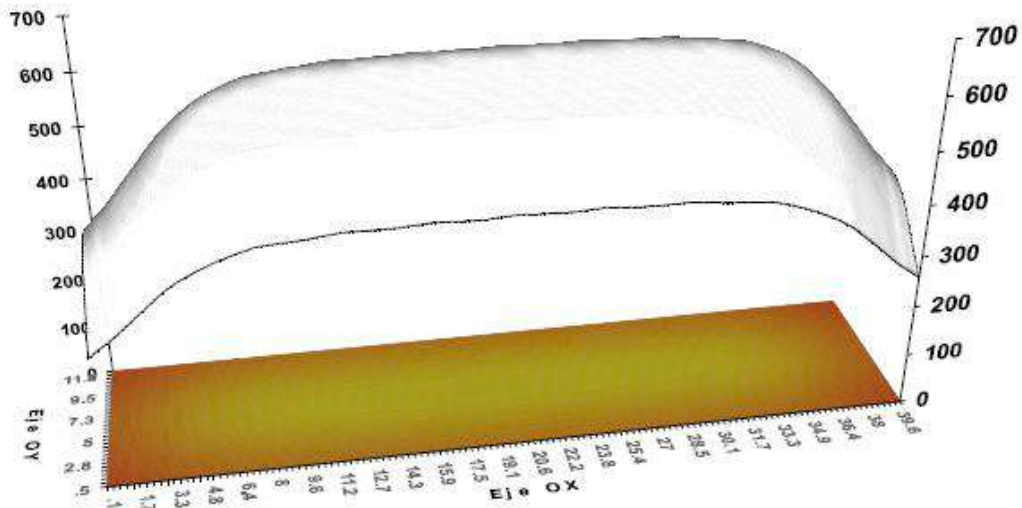
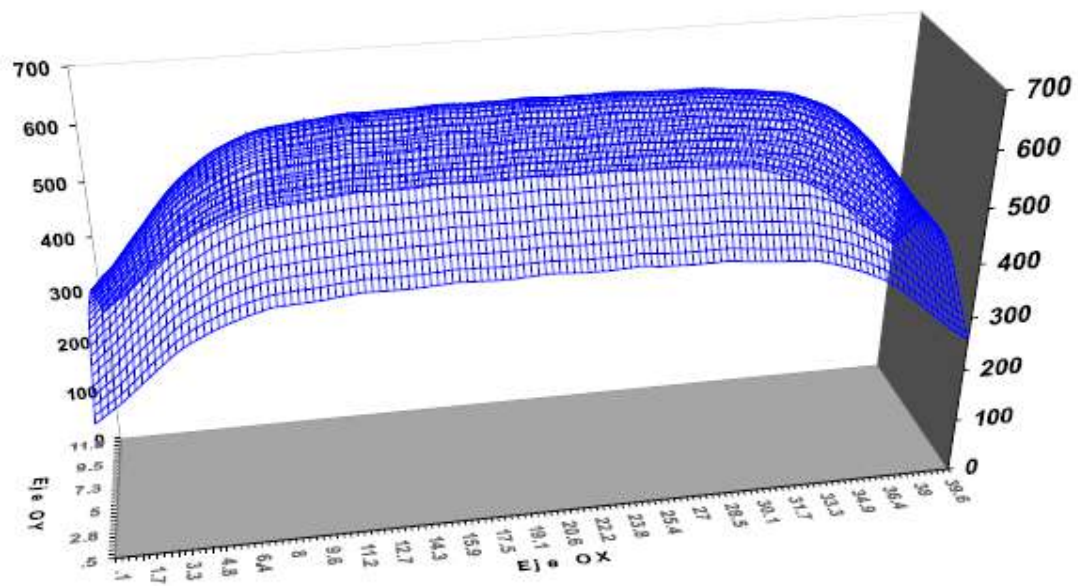


Imagen 3.2.7: Iluminancia en el plano de trabajo



DISTRIBUCIÓN DE ILUMINANCIAS {Ejes X - Y:(m) | Eje Z:(lux)}

Imagen 3.2.8: Iluminancia en el plano de trabajo



DISTRIBUCIÓN DE ILUMINANCIAS {Ejes X - Y:(m) | Eje Z:(lux)}

Imagen 3.2.9: Iluminancia en el plano de trabajo

Valores característicos obtenidos

Iluminancia Media (E_{med}):	525 <i>lux</i>
Iluminancia Máxima (E_{max}):	662 <i>lux</i>
Iluminancia Mínima (E_{min}):	225 <i>lux</i>
Uniformidad G1 (E_{min}/E_{med}):	1 : 2,1
Uniformidad G2 (E_{min}/E_{max}):	1 : 2,6
Flujo Total de Lámparas:	570000 <i>lm</i>
Flujo Total por Unidad de Área:	1173 <i>lm/m²</i>
Potencia Eléctrica Total:	8,4 <i>kW</i>
Potencia Eléctrica Específica:	17,28 <i>W/m²</i>

Tabla 3.2.1: Valores obtenidos en el plano de trabajo

3.3. Memoria de cálculo

Para calcular el número de artefactos lumínicos se utilizó la reglamentación de la Ley 19.587, Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo, Decreto 351/79 – Capitulo 12; el cual establece la intensidad mínima de iluminación, medida sobre el plano de trabajo, ya sea éste horizontal, vertical u oblicuo.

En la Tabla 3.3.1 se establece los niveles lumínicos de acuerdo con la dificultad de la tarea visual y en la Tabla 3.3.2, de acuerdo con el destino del local.

Clase de tarea visual	Iluminación sobre el plano de trabajo (lux)	Ejemplos de tareas visuales
Visión ocasional solamente	100	Para permitir movimientos seguros por ej. en lugares de poco tránsito: Sala de calderas, depósito de materiales voluminosos y otros
Tareas intermitentes ordinarias y fáciles, con contraste fuertes	100 a 300	Trabajos simples, intermitentes y mecánicos, inspección general y contado de partes de stock, colocación de maquinaria pesada
Tarea moderadamente crítica y prolongadas, con detalles medianos	300 a 750	Trabajos medianos, mecánicos y manuales, inspección y montaje; trabajos comunes de oficina, tales como: lectura, escritura y archivo
Tareas severas y prolongadas y de poco contraste	750 a 1500	Trabajos finos, mecánicos y manuales, montajes e inspección; pintura extrafina, sopleteado, costura de ropa oscura
Tareas muy severas y prolongadas, con detalles minuciosos o muy poco contraste	1500 a 3000	Montaje e inspección de mecanismos delicados, fabricación de herramientas y matrices; inspección con calibrador, trabajo de molienda fina
	3000	Trabajo fino de relojería y reparación
Tareas excepcionales, difíciles o importantes	5000 a 10000	Casos especiales, como por ejemplo: iluminación

del campo operatorio en una sala de cirugía

Tabla 3.3.1: Intensidad Media de Iluminación para Diversas Clases de Tarea Visual

Tipo de edificio, local y tarea visual	Valor mínimo de iluminación
Metalúrgica	
Fundiciones:	
Depósito de barras y lingotes	100
Arena:	
Transporte, tamizado y mezcla, manipulación automática:	
Transportadoras, elevadores, trituradores y tamices	100
Fabricación de noyos:	
Fino	300
Grueso	200
Depósito de placas modelos	100
Zona de pesado de cargas	100
Taller de moldeo:	
Iluminación general	250
Iluminación localizada en moldes	500
Llenado de moldes	200
Desmolde	100
Acerías:	
Depósito de minerales y carbón	100
Zona de colado	100
Trenes de laminación	200
Fragüe:	
Fabricación de alambre:	
Laminación en frío	300
Laminación en caliente	200
Depósito de productos terminados	100
Mecánica general:	
Depósito de materiales	100
Inspección y control de calidad:	
Trabajo grueso: contar, control grueso de objetos de depósito y otros	300
Trabajo mediano: ensamble previo	600
	70

Trabajo fino: dispositivos de calibración, mecánica de precisión	1200
Trabajo muy fino: calibración e inspección de piezas de montaje pequeñas	2000
Trabajo minucioso: instrumentos muy pequeños	3000
Talleres de montaje:	
Trabajo grueso: montaje de máquinas pesadas	200
Trabajo mediano: montaje de máquinas, chasis de vehículos	400
Trabajo fino: iluminación localizada	1200
Trabajo muy fino: instrumentos y mecanismos pequeños de precisión	2000
Trabajo minucioso: iluminación localizada	3000
Depósito de piezas sueltas y productos terminados:	
Iluminación general	100
Áreas específicas:	
Mesas, ventanillas, etc	300
Elaboración de metales en láminas:	
Trabajo en banco y máquinas especiales	500
Máquinas, herramientas y bancos de trabajo:	
Iluminación general	300
Iluminación localizada para trabajos delicados en banco o máquina	1000
Trabajo de piezas pequeñas en banco o máquina, rectificación de piezas medianas, fabricación de herramientas, ajuste de máquinas	500
Soldadura	300
Tratamiento superficial de metales	300
Pintura:	
Preparación de los elementos	400
Preparación, dosaje y mezcla de colores	1000
Cabina de pulverización	400
Pulido y terminación	600
Inspección y retoque	600

Tabla 3.3.2: Intensidad Mínima de Iluminación

Para determinar el número de artefactos lumínicos, se utilizó el programa LumenLux, el cual contiene información fotométrica que permite trabajar con una amplia diversidad de perfiles en el contexto del alumbrado de interiores y exteriores.

Es necesario conocer ciertas características del ambiente que se iluminará, además de la intensidad lumínica necesaria. Dichas características se detallan en las Tablas 3.3.3 y Tabla 3.3.4.

CARACTERÍSTICA DE LA LUMINARIA	POLUCION DEL AMBIENTE	COEFICIENTE DE MANTENIMIENTO
CERRADA	Reducida	90%
	Moderada	80%
	Importante	70%
ABIERTA	Reducida	80%
	Moderada	70%
	Importante	60%

Tabla 3.3.3: Coeficiente de mantenimiento de iluminación

Color	Grado de reflexión p %	Material	Grado de reflexión p %
Bianco	70-85	Mezcla mortero claro	35-55
Placa acústica blanca	50-65	Mezcla mortero oscuro	20-30
Gris piedra	40-50	Hormigón claro	30-50
Gris oscuro	10-20	Hormigón oscuro	15-25
Negro	3-9	Piedra arenisca clara	30-40
Crema-amarillo claro	50-75	Piedra arenisca oscura	15-25
Amarillo marrón	30-40	Ladrillo claro	30-40
Marrón oscuro	10-20	Ladrillo oscuro	15-25
Rosa	45-55	Mármol blanco	60-70
Rojo claro	30-50	Granito	15-25
Rojo oscuro	10-20	Madera clara	30-50
Verde claro	45-65	Madera oscura	10-25
Verde oscuro	10-20	Aluminio mate	55-60
Celeste	45-55	Acero pulido	55-65
Azul oscuro	5-15	Zinc pulido	55

Tabla 3.3.3: Grado de reflexión de colores y materiales

Los datos obtenidos para el cálculo de luminaria, que serán ingresados en el software LumenLUX son:

- Nivel de iluminancia (E_m): 600 lux
- Coeficiente de mantenimiento: 80%
- Reflexión:
 - Techo: $\rho_{techo} = 55\%$
 - Paredes: $\rho_{pared} = 30\%$
 - Piso: $\rho_{piso} = 25\%$
- Dimensiones del local:
 - Largo: 40.5 m
 - Ancho: 12 m
 - Altura: 6 m
 - Plano de trabajo: 0.8 m
- Modelo de luminaria: POLAR 2 250 W HQI-E

Dimensiones (m)			
Largo	40.5		
Ancho	12		
Altura	6		
Plano de trabajo	.8		
Reflectancias (%)			
Techo	55		
Piso	25		
Pared 1 - Frente	30		
Pared 2 - Derecha	30		
Pared 3 - Fondo	30		
Pared 4 - Izquierda	30		
Estimador de Cantidad de Luminarias o Nivel Medio de Iluminación			
Modelo	POLAR 2 250 W HQI-E	Altura de Montaje (m)	6
Opción	<input checked="" type="radio"/> Cantidad de Luminarias	Iluminación Media (lux)	600
	<input type="radio"/> Iluminación Media (lux)	Cantidad de Luminarias	29.5
			<input type="button" value="Ayuda"/> <input type="button" value="Volver"/> <input type="button" value="Aceptar"/>
Para realizar un cálculo más preciso se sugiere utilizar el procedimiento de cálculo exhaustivo. Ventana de trabajo: Alumbrado de Interiores - Distribución de Luminarias			

Imagen 3.3.1: Grilla de cálculo de LumenLUX

El software estima 29,5 luminarias, que a los fines prácticos se colocarán 30 luminarias.

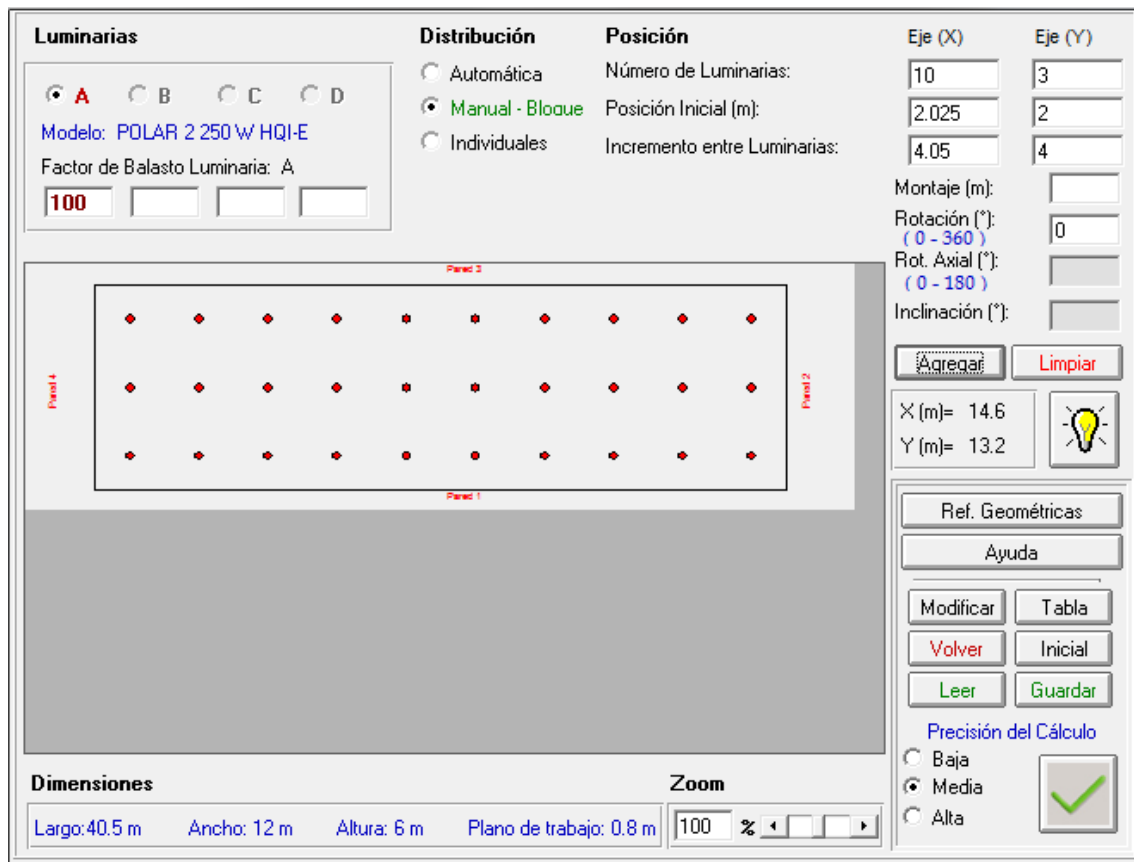


Imagen 3.3.2: Distribución de artefactos lumínicos

Datos y Resultados del Proyecto

Número de Luminarias distintas 1 Coef. Mantenimiento 0.80

Luminarias Utilizadas

POLAR 2 250 W HQI-E Altura de Montaje: 6.00 m
 Flujo de lámparas: 19.0 klm
 Factor de Balasto: 100 %

Illuminancia Media (Emed): 526.0 lux
 Illuminancia Mínima (Emin): 255.0 lux
 Illuminancia Máxima (Emáx): 662.0 lux

G1 = Emin / Emed = 1 : 2
G2 = Emin / Emáx = 1 : 2.5

Imagen 3.3.3: Datos y resultados utilizando 30 luminarias

Cálculos obtenidos:

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos de la luminancia en función de la distancias

Y\X	0.15	0.47	0.79	1.10	1.42	1.73	2.05	2.37	2.68	3.00	3.31	3.63	3.95	4.26	4.58	4.89	5.21	5.53	5.84	6.16	6.47	6.79	7.11	7.42	7.74	8.05	8.37	8.69	9.00	9.32	9.63
11.81	255	264	273	280	289	298	309	318	329	338	347	358	367	375	381	387	393	398	403	407	411	415	419	423	426	430	430	431	432	433	433
11.43	265	274	283	290	300	309	321	330	342	352	361	372	381	389	397	404	410	415	420	425	429	434	439	441	444	448	449	450	452	453	452
11.06	275	284	294	301	311	321	334	344	356	366	376	387	397	405	414	420	426	434	439	443	449	453	457	460	463	467	468	469	471	472	473
10.68	286	296	306	313	323	335	347	357	368	378	389	400	411	419	427	434	441	447	454	459	464	467	471	475	479	483	484	484	485	487	488
10.31	296	306	317	325	337	348	360	371	383	393	404	415	426	435	443	452	458	466	473	478	483	487	491	494	498	502	503	504	506	507	509
9.93	309	320	331	338	350	362	374	385	396	407	418	430	441	450	459	467	475	482	489	494	499	504	508	511	515	519	521	521	523	525	526
9.56	319	331	343	350	362	374	387	399	411	422	434	446	458	467	477	485	492	500	507	513	518	523	528	531	535	539	541	542	544	544	546
9.18	330	342	354	362	373	386	399	412	424	437	450	462	474	485	494	503	510	517	524	530	535	541	547	551	555	559	560	562	563	564	564
8.81	342	354	367	373	386	399	411	424	437	450	464	476	488	499	509	517	525	532	539	545	551	557	563	567	571	575	577	578	580	580	580
8.43	351	364	376	384	397	410	423	437	450	464	477	490	502	514	524	532	541	548	555	562	568	573	579	583	588	591	593	595	596	597	598
8.06	360	373	386	394	407	421	434	448	461	476	490	503	516	528	537	546	555	562	569	576	582	588	594	598	603	607	609	610	611	613	613
7.68	367	380	394	401	415	429	442	456	469	484	499	512	525	538	547	556	564	572	579	586	592	598	604	609	614	618	620	621	622	623	623
7.31	371	385	399	407	421	435	449	463	477	492	506	519	532	545	555	565	574	581	589	596	602	608	614	618	622	626	628	630	632	633	633
6.93	375	390	404	411	425	440	454	469	482	496	511	524	538	550	561	570	579	587	596	603	609	614	619	625	628	632	635	637	638	639	640
6.56	377	391	406	414	429	445	458	472	485	499	514	528	541	553	564	574	583	592	601	608	614	618	624	628	632	637	638	640	642	643	645
6.18	377	392	407	416	431	447	460	475	488	501	516	529	543	554	565	576	586	596	603	610	616	622	626	629	634	639	641	642	645	647	649
5.81	377	392	407	416	431	447	460	475	488	501	516	529	543	554	565	576	586	596	603	610	616	622	626	629	634	638	641	642	645	647	649
5.43	377	391	406	414	429	445	458	473	485	499	514	528	541	553	564	574	583	592	601	608	614	618	624	628	632	637	638	640	642	643	645
5.06	375	390	404	411	425	440	454	469	482	496	511	524	538	550	561	570	579	587	596	603	609	614	619	625	628	632	635	637	638	639	640
4.68	371	385	399	407	421	435	449	463	477	492	506	519	532	545	555	565	574	581	589	596	602	608	614	618	622	626	628	630	632	633	633
4.31	367	380	394	401	415	429	442	456	469	484	499	512	525	538	547	556	564	572	579	586	592	598	604	609	614	618	620	621	622	623	623
3.93	360	373	386	394	407	421	434	448	461	476	490	503	516	528	537	546	555	562	569	576	582	588	594	598	603	607	609	610	611	613	613
3.56	351	364	376	384	397	410	424	437	450	464	477	490	502	514	524	532	541	549	555	562	568	574	579	583	588	591	593	595	596	597	598
3.18	342	354	367	373	386	399	411	424	437	450	464	476	488	499	509	517	525	532	539	545	551	557	563	567	571	575	576	578	580	580	580
2.81	330	342	354	362	374	386	399	412	424	437	450	462	475	485	494	503	510	517	524	530	535	541	547	551	555	559	560	562	563	564	564
2.43	319	331	343	350	362	374	387	399	411	422	434	446	458	467	477	485	492	500	507	513	518	523	528	531	535	539	541	542	544	544	546
2.06	309	320	331	338	350	362	374	385	397	407	419	430	441	450	459	467	475	482	489	494	499	504	508	511	515	519	521	521	523	525	526
1.68	296	306	317	325	337	349	360	371	383	393	404	415	426	435	443	452	458	466	473	478	483	487	491	494	498	502	503	504	506	507	509
1.31	286	296	306	313	323	335	347	357	368	378	389	400	411	419	427	434	441	447	454	460	464	467	471	475	479	483	484	484	485	487	488
0.93	275	284	294	301	311	321	334	344	356	366	376	387	397	405	414	420	426	433	439	443	449	453	457	460	463	467	468	469	471	472	473
0.56	265	274	283	290	300	309	321	330	342	352	361	372	381	389	397	404	410	415	420	425	430	434	439	441	444	448	449	450	452	453	452
0.18	255	264	273	280	289	298	309	318	329	338	348	358	367	375	381	387	392	398	403	407	412	415	419	423	426	430	431	431	432	433	433

Y\X	9.95	10.27	10.58	10.90	11.21	11.53	11.85	12.16	12.48	12.79	13.11	13.43	13.74	14.06	14.37	14.69	15.01	15.32	15.64	15.95	16.27	16.59	16.90	17.22	17.53	17.85	18.17	18.48	18.80	19.11	19.43	
11.81	434	435	436	438	439	440	441	443	443	442	441	442	441	442	442	442	443	443	444	446	446	445	445	444	444	443	443	443	443	444	445	
11.43	454	454	456	457	459	459	461	462	462	461	462	461	461	461	461	462	463	463	464	465	465	465	464	465	464	463	463	463	463	463	465	465
11.06	474	475	476	477	478	479	480	482	481	481	481	481	481	482	482	482	482	483	484	485	486	484	484	484	484	483	483	483	484	484	485	
10.68	490	491	491	492	493	494	496	498	497	496	496	496	497	498	498	498	498	498	499	500	502	500	499	499	499	499	499	500	500	499	499	499
10.31	510	511	513	513	513	514	515	517	517	516	517	517	518	518	519	519	518	519	519	520	521	520	519	520	520	520	520	520	520	519	520	
9.93	528	529	530	531	531	532	534	535	535	534	534	536	535	536	536	536	536	537	537	538	539	538	537	537	538	538	538	538	538	538	538	
9.56	547	548	550	550	552	553	554	555	555	555	555	555	555	555	556	556	556	558	558	559	559	559	558	558	558	558	557	558	558	558	559	
9.18	566	567	567	569	571	573	574	576	575	576	575	574	573	574	574	574	576	577	578	579	580	579	579	578	577	576	577	576	576	577	579	
8.81	581	583	584	586	588	589	591	592	592	592	591	590	590	590	591	591	592	594	595	596	596	595	595	594	593	593	592	593	593	594	595	
8.43	599	600	602	603	604	606	608	609	609	609	608	608	608	607	608	609	610	610	611	613	613	613	612	611	611	610	610	610	611	611	612	
8.06	614	615	617	619	620	622	624	625	625	624	624	624	623	623	623	624	626	626	627	629	629	628	628	627	626	625	625	625	626	627	628	
7.68	624	626	627	629	631	633	635	636	636	635	634	634	634	633	634	635	636	637	638	640	640	640	638	638	637	636	636	636	637	638	638	
7.31	634	636	637	639	641	642	643	645	645	644	645	644	644	644	644	644	646	647	647	648	649	648	648	648	647	646	646	646	647	648	648	
6.93	642	643	644	645	647	649	650	651	651	651	650	651	651	651	651	651	652	653	654	654	655	655	655	653	653	653	653	653	653	654	654	
6.56	648	649	649	650	651	653	654	655	655	655	655	655	656	657	657	656	657	657	658	659	659	659	658	658	657	658	660	659	658	658	659	
6.18	650	651	653	654	653	654	656	657	657	656	658	659	659	659	660	660	660	660	659	661	662	660	660	661	662	662	662	662	662	661	661	
5.81	650	651	653	654	653	654	656	657	657	656	658	659	659	659	660	660	660	660	659	661	662	660	660	661	662	662	662	662	662	661	661	
5.43	648	649	650	650	651	653	654	655	655	655	655	655	656	657	657	656	657	657	658	659	659	659	659	658	657	658	660	659	658	658	659	
5.06	642	643	644	645	647	649	650	651	651	651	650	651	651	651	651	651	652	653	654	654	655	655	655	653	653	653	654	653	653	654	654	
4.68	634	636	637	639	641	642	643	645	645	644	645	644	644	644	644	644	646	647	648	648	649	648	648	648	647	646	646	646	647	648	648	
4.31	624	626	627	629	631	633	635	636	636	635	634	634	634	634	634	635	636	637	638	640	640	640	638	638	637	636	636	636	637	638	638	
3.93	614	615	617	619	620	622	624	625	625	624	624	624	623	623	623	624	626	626	627	629	629	628	628	627	626	625	625	625	626	627	628	
3.56	599	600	601	603	604	606	608	609	609	609	608	608	608	607	608	609	610	610	612	613	613	613	612	611	611	610	610	610	611	611	612	
3.18	581	583	584	586	588	589	591	592	592	592	591	590	590	590	591	591	592	594	595	596	596	595	595	594	593	593	592	593	593	594	595	
2.81	566	567	568	570	571	573	574	576	575	576	575	574	573	574	574	575	576	577	578	579	580	579	579	578	577	576	577	576	576	578	579	
2.43	547	548	550	550	552	553	554	555	555	555	555	555	555	555	556	556	556	558	558	559	559	559	558	558	558	558	558	558	558	558	559	
2.06	528	529	530	531	531	532	534	535	535	534	534	536	535	536	536	536	536	537	537	538	539	538	537	537	538	538	538	538	538	538	538	
1.68	510	511	513	513	513	514	516	517	517	516	517	517	518	518	519	519	518	519	519	520	521	520	519	520	520	520	521	520	520	519	520	
1.31	490	491	491	492	493	494	496	498	497	496	496	496	497	498	498	498	498	498	499	500	502	500	499	499	499	499	500	500	499	499	499	
0.93	474	475	476	477	478	479	480	482	481	481	481	481	481	482	482	482	482	483	484	485	486	485	484	484	483	484	483	484	484	485		
0.56	454	454	456	458	459	459	461	462	462	461	462	461	461	461	461	462	463	463	464	465	465	465	464	465	464	463	463	463	463	465	465	
0.18	434	435	436	438	439	440	442	443	442	442	441	442	441	442	442	442	443	444	444	446	446	445	445	444	444	443	444	443	443	445	445	

Y\X	19.75	20.06	20.38	20.69	21.01	21.33	21.64	21.96	22.27	22.59	22.91	23.22	23.54	23.85	24.17	24.49	24.80	25.12	25.43	25.75	26.07	26.38	26.70	27.01	27.33	27.65	27.96	28.28	28.59	28.91	29.23	
11.81	445	447	447	446	445	445	444	443	443	443	443	444	444	445	446	446	444	444	443	442	442	442	441	441	441	442	442	443	442	440	439	
11.43	465	466	466	465	465	465	463	463	463	463	463	465	464	464	465	465	464	464	463	462	461	461	461	461	462	461	461	462	461	460	458	
11.06	485	486	486	485	484	484	484	484	483	483	483	484	484	484	485	485	484	483	482	482	482	481	481	481	481	481	481	482	481	479	478	
10.68	501	502	502	501	499	499	499	500	501	500	499	499	499	500	501	501	499	498	498	497	498	499	497	496	496	496	497	498	496	495	493	
10.31	520	521	521	520	520	519	520	520	520	520	520	519	519	520	521	520	519	519	518	518	519	518	518	517	516	516	517	517	516	514	514	
9.93	538	539	540	538	538	537	538	538	538	538	538	537	537	538	539	538	537	537	536	537	536	536	535	535	534	534	534	535	534	532	531	
9.56	559	560	560	559	559	558	558	558	558	558	558	558	558	559	559	559	558	557	556	556	556	555	555	555	555	554	555	555	554	553	552	
9.18	580	580	581	580	579	578	577	576	577	576	577	577	579	579	580	579	578	577	576	575	574	575	573	574	574	575	575	576	574	573	571	
8.81	596	597	597	596	595	594	593	593	592	592	593	594	595	595	596	596	595	594	593	591	591	590	590	590	590	591	591	592	592	591	590	588
8.43	613	614	614	613	612	612	611	610	610	610	611	611	612	613	613	613	612	610	610	609	608	608	608	608	608	608	609	609	608	606	605	
8.06	628	630	630	629	628	628	626	625	625	625	626	627	627	628	629	629	627	626	626	624	623	623	623	623	623	624	624	625	625	624	622	620
7.68	640	641	641	640	639	638	637	636	636	636	637	637	638	639	640	640	639	637	636	635	634	634	633	634	634	635	636	636	635	633	631	
7.31	649	649	649	649	648	648	647	646	646	646	646	648	648	648	649	649	648	647	646	645	644	644	643	644	644	644	645	644	643	642	641	
6.93	655	656	656	655	655	654	653	653	654	653	653	653	655	655	655	655	654	653	652	652	651	651	650	650	650	651	651	651	650	649	647	
6.56	660	660	660	660	659	658	658	659	660	659	658	658	658	659	659	659	658	658	657	656	657	657	656	655	655	655	655	655	654	653	651	
6.18	661	662	662	661	661	661	662	662	662	662	662	661	660	660	661	661	660	660	660	660	660	659	659	659	657	656	657	657	656	654	654	
5.81	661	662	662	661	661	661	662	662	662	662	662	661	660	660	661	661	660	660	660	660	660	659	659	659	657	656	657	657	656	654	654	
5.43	660	660	660	659	659	658	658	659	660	659	658	658	658	659	659	659	658	658	657	656	657	657	656	655	655	655	655	655	654	653	651	
5.06	655	656	656	655	655	654	653	653	654	653	653	653	655	655	655	655	654	653	652	652	651	651	650	650	650	651	651	651	650	649	647	
4.68	649	649	649	649	648	648	647	646	646	645	646	648	648	648	649	649	648	647	646	645	644	644	644	644	644	645	644	645	644	644	642	641
4.31	640	641	641	640	639	638	637	636	636	636	637	637	638	639	640	640	639	637	636	635	634	634	634	634	634	635	636	636	635	633	631	
3.93	628	630	630	629	628	628	626	625	625	625	626	627	627	628	629	629	627	626	626	624	623	623	623	623	624	624	624	625	625	624	622	620
3.56	613	614	614	613	612	612	611	610	610	610	611	611	612	612	613	613	612	610	610	609	608	608	608	608	608	608	608	609	609	608	607	604
3.18	596	597	597	596	595	594	593	593	592	593	593	594	595	595	596	596	595	594	593	591	591	590	590	590	590	591	591	592	592	591	590	588
2.81	579	580	581	580	579	578	577	576	577	576	577	577	579	579	580	579	578	578	576	575	574	575	573	574	574	575	575	576	574	573	572	
2.43	559	560	560	559	559	558	558	558	558	558	558	558	558	559	559	559	558	557	556	556	556	556	555	555	555	554	555	555	554	553	552	
2.06	538	539	540	538	538	538	538	538	538	538	538	537	538	538	539	538	537	537	536	537	536	536	535	536	535	534	534	535	534	532	531	
1.68	520	521	522	520	520	520	520	521	520	520	520	519	520	520	521	520	519	519	518	519	519	518	518	517	517	516	517	516	515	514		
1.31	501	502	502	501	499	499	499	500	501	500	499	499	499	500	501	501	499	498	498	497	498	499	497	496	496	496	497	498	496	495	493	
0.93	485	486	486	485	484	484	484	484	484	484	484	484	484	484	485	485	484	483	482	482	482	481	482	481	481	481	481	482	481	479	478	
0.56	465	466	466	465	465	465	464	463	463	463	464	465	464	464	466	465	464	464	463	462	461	461	461	461	462	461	462	462	461	460	458	
0.18	446	447	447	446	445	445	444	443	444	443	443	444	445	445	447	446	445	443	443	442	442	442	441	441	442	442	442	443	442	440	439	

Y\X	29.54	29.86	30.17	30.49	30.80	31.12	31.44	31.75	32.07	32.38	32.70	33.02	33.33	33.65	33.97	34.28	34.60	34.91	35.23	35.54	35.86	36.18	36.49	36.81	37.13	37.44	37.76	38.07	38.39	38.70	39.02
11.81	438	436	435	434	434	433	432	431	431	430	426	423	420	416	412	408	403	399	393	388	382	375	368	359	349	340	330	319	310	301	290
11.43	458	456	454	454	453	452	452	450	449	448	445	442	439	435	430	426	421	416	410	405	398	390	383	374	363	354	344	332	322	312	301
11.06	477	476	475	474	473	472	471	470	468	468	464	461	457	453	449	445	439	434	427	421	415	406	399	389	378	367	358	346	335	325	312
10.68	492	491	491	490	489	487	485	484	484	483	479	475	472	468	464	460	455	448	441	435	428	420	412	402	391	380	370	359	349	338	325
10.31	512	512	512	510	509	507	506	504	503	502	498	494	492	487	484	479	473	467	459	453	445	436	427	417	405	395	384	372	362	351	339
9.93	530	530	529	528	527	525	523	521	521	519	516	511	508	505	500	495	490	483	476	469	460	451	442	432	420	409	398	387	375	364	352
9.56	550	549	548	547	546	545	544	542	541	539	536	532	528	523	519	514	508	501	493	487	478	468	459	448	436	424	412	401	389	376	364
9.18	570	568	567	566	564	564	563	562	560	559	555	552	547	542	536	532	525	518	511	504	496	486	476	464	452	439	426	414	401	388	375
8.81	586	584	583	582	580	580	579	578	577	575	571	567	563	558	552	546	540	533	526	519	510	501	490	478	465	453	439	426	413	400	388
8.43	603	602	600	599	598	597	596	595	594	592	588	584	579	574	569	563	556	549	542	534	525	516	504	492	479	466	452	439	425	412	399
8.06	619	617	615	614	613	613	611	610	609	607	604	599	594	589	583	577	571	563	556	548	539	530	518	505	492	478	464	450	436	422	409
7.68	629	628	626	625	624	623	622	621	620	618	614	610	605	599	593	587	580	573	566	558	549	540	527	514	501	487	471	458	444	430	417
7.31	640	637	636	634	633	633	632	630	629	627	623	619	614	609	603	597	590	582	575	566	556	546	534	521	508	494	479	465	451	436	423
6.93	645	644	644	642	640	639	638	637	634	633	629	625	620	615	609	604	597	589	580	572	562	552	540	526	513	498	484	471	456	441	428
6.56	650	649	649	648	646	643	642	640	639	637	633	629	625	619	614	610	602	594	585	576	565	555	543	530	516	502	487	475	460	445	431
6.18	653	653	651	650	649	647	644	642	641	639	635	630	627	623	618	611	604	597	588	578	567	556	545	531	518	504	490	477	462	447	434
5.81	653	653	651	650	649	647	644	642	641	639	635	630	627	623	618	611	604	597	588	578	567	556	545	531	518	504	490	477	462	447	434
5.43	650	649	649	648	646	643	642	640	639	637	633	629	625	619	614	610	602	594	585	576	565	555	543	530	516	502	487	475	460	445	431
5.06	645	644	644	642	640	639	638	637	634	633	629	625	620	615	609	604	597	589	580	572	562	552	540	526	513	498	484	471	456	441	428
4.68	640	637	636	634	633	633	632	630	629	627	623	619	614	609	603	597	590	582	575	566	556	546	534	521	508	494	479	465	451	436	423
4.31	629	628	626	625	624	623	622	621	620	618	614	610	605	599	593	587	580	573	566	558	549	539	527	514	501	487	471	458	444	430	417
3.93	619	617	615	614	613	613	611	610	609	607	604	599	595	590	583	577	571	563	556	548	539	530	518	505	492	478	464	450	436	422	409
3.56	604	602	600	599	598	597	596	595	594	592	588	584	579	574	569	563	556	549	542	534	525	516	505	492	479	466	452	439	425	412	399
3.18	586	584	583	582	580	580	579	578	577	575	572	567	563	558	552	546	540	533	526	519	510	501	490	478	466	453	439	427	413	400	388
2.81	570	568	567	566	564	564	563	562	560	559	555	552	547	542	536	532	525	518	511	504	496	486	476	464	452	439	426	414	401	388	375
2.43	550	549	548	547	547	544	544	542	540	539	536	532	529	523	519	514	508	501	493	487	478	468	459	448	436	424	412	401	389	376	364
2.06	530	530	529	528	527	525	524	521	521	519	516	511	508	505	500	495	490	483	476	469	460	452	442	432	420	409	398	387	375	364	352
1.68	512	512	511	510	509	507	506	504	503	502	498	494	492	487	484	479	473	467	460	453	445	436	427	417	405	395	384	373	362	351	338
1.31	492	491	491	491	489	487	486	484	484	483	479	475	472	468	464	461	455	448	441	435	428	420	412	402	391	380	370	359	349	338	325
0.93	477	476	475	474	473	472	471	470	468	468	464	461	457	453	449	445	439	434	427	421	415	406	399	389	377	367	358	346	335	325	312
0.56	458	456	454	453	453	452	452	450	449	448	445	442	439	435	430	426	421	416	410	405	398	390	383	374	363	354	344	332	322	312	301
0.18	438	436	435	435	434	433	432	431	431	430	426	423	420	416	412	408	403	399	393	388	382	375	368	359	349	340	330	320	310	301	290

Y\X	39.34	39.65	39.97	40.29
11.81	281	275	266	257
11.43	292	285	276	267
11.06	302	296	286	277
10.68	315	307	297	288
10.31	326	319	308	298
9.93	340	333	321	310
9.56	352	345	333	321
9.18	364	356	344	332
8.81	375	368	356	344
8.43	386	378	366	353
8.06	396	388	375	362
7.68	403	396	382	369
7.31	409	401	387	373
6.93	413	406	392	377
6.56	416	408	393	379
6.18	418	410	394	380
5.81	418	410	394	380
5.43	416	408	394	379
5.06	413	406	392	377
4.68	409	401	387	373
4.31	403	396	382	369
3.93	396	388	375	362
3.56	386	378	366	353
3.18	375	368	356	344
2.81	364	356	344	332
2.43	352	345	333	321
2.06	340	333	321	310
1.68	326	319	308	298
1.31	315	307	297	288
0.93	302	296	286	277
0.56	292	285	276	266
0.18	281	275	266	257

Instalación Eléctrica

4.1. Memoria descriptiva

La presente instalación constará del cálculo, diseño, distribución de líneas y ubicación de tableros y puntos de utilización correspondientes a la futura instalación eléctrica en la empresa Aberturas Pampeanas.

La Instalación eléctrica se desarrolló según la Reglamentación para Instalaciones en Inmuebles de la Asociación Electrotécnica Argentina y Normas IRAM, de forma tal que se garantice el funcionamiento del sistema y la seguridad de las personas, considerando lo establecido en el Decreto 351/79, reglamentario de la Ley N° 19587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo, establecido en su Anexo VI, Capítulo 14, punto 3.

Construido a nivel de la línea municipal se encuentra el pilar de mampostería, donde con acceso desde la vía pública, se encuentra instalado el gabinete para medición y el cableado de la línea de alimentación, en su parte posterior y con acceso desde el espacio verde se encuentra el Tablero Principal (TP).

Desde el Tablero Principal (TP), por canalización subterránea, se alimentará mediante el Circuito Seccional General (CSG), el Tablero Seccional General (TSG) que se ubicará dentro de la futura ampliación.

Desde el Tablero Seccional General (TSG) y mediante bandeja portacables colocada en forma vertical, hasta la intersección con la bandeja portacables montada a lo largo de la nave de manera horizontal, se alimentará mediante el Circuito Seccional 1 (CS1) y Circuito Seccional 2 (CS2) los tableros que se denominan Tablero Seccional 1 y Tablero Seccional 2.

Comenzando desde la bandeja portacables horizontal ubicada a una altura de 3,5 m y utilizando para canalización tubos de PVC se alimentarán las bocas de iluminación que se encontraran distribuidas.

4.2. Memoria técnica

Conociendo las máquinas herramientas a utilizar en la ampliación y las características de cada una de ellas, se determinó la demanda de potencia máxima simultánea.

Mediante la cual se contempló el cálculo y dimensionado de la instalación eléctrica, respetando las normas IRAM y la Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles de la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA).

Equipos seleccionados:

- **Interruptor Automático Modular Termomagnético**

Características:

- Amplia selección de capacidades de desconexión y curvas de disparo: B, C, D.
- Conformidad con las normas: IEC EN60898 o IEC 60947-2 según la versión, con certificación de las autoridades oficiales nacionales.
- Adecuados para el aislamiento de acuerdo con las normas industriales: IEC 60947.
- Voltaje de funcionamiento: hasta 440 V.
- Voltaje de aislamiento: 500 V
- Módulos de fuga a tierra complementarios opcionales: VIGI C60
- Auxiliares opcionales: indicación de estado y disparo, desconexión en derivación, disparo por baja tensión, disparo por sobretensión.



Imagen 4.2.1: Interruptor termomagnético bipolar, tripolar y tetrapolar

- **Interruptor Diferencial**

Características:

- Interrumpen automáticamente un circuito en caso de defecto de aislamiento entre conductores activos y tierra, igual o superior a 30 o 300 mA.
- Tensión de empleo: 230 / 415 VCA +10%, -20%
- Poder de corte: Reforzado mediante interruptores automáticos Multi 9, solo para gamas ID e ID'si'
- Conexionado: bornes de caja para cable flexible de hasta 35 mm² o rígido de hasta 50 mm²
- Interruptor diferencial, 30 mA / 300 mA
- No admite auxiliares.



Imagen 4.2.2: Interruptor diferencial

- **Gabinete o Central de Distribución Modular**

Características:

- Modelo: Luxury
- Normas de Fabricación: IEC 62208, IEC 60670-24
- Grado de Protección: IP 40
- Resistencia al Impacto: IK 07 (10 J), según IEC 62262
- Material: Termoplástico técnico autoextinguible, libre de halógenos



Imagen 4.2.3: Gabinete, modelo Luxury

- **Tablero Modular para Tomas Industriales**

Características:

- Modelo: CBOX
- Sistema completo de cajas estancas
- Material: Termoplástico técnico autoextinguible, libre de halógenos



Imagen 4.2.4: *Tablero Modular, modelo CBOX*

- **Tomacorrientes**

Características:

- Sistema completo de estancas
- Material: Termoplástico técnico autoextinguible, libre de halógenos



- Posición de la espiga y alveolo de tierra

Imagen 4.2.5: *Tomacorrientes*

- **Tubos de PVC Rígidos y Accesorios**

Características:

- Normas de Fabricación: IEC 61386-1, IEC 61386-21
- Normas de Fabricación: IEC 61386-1, 61386-21, 61386-22, IRAM 62386-1, 62386-21, 62386-22, IEC 60670
- Grado de Protección: IP 54
- Material: Termoplástico técnico autoextinguible, libre de halógenos



Imagen 4.2.6: *Tubos y accesorios de PVC*

- **Bandejas y Ménsulas**

Características:

- ◆ Material:
 - Chapa de acero pregalvanizada en origen (PG).
 - Acero inoxidable.
 - Chapa galvanizada por inmersión en caliente (ZI).
 - Chapa revestida con pintura epoxi en polvo.
 - Chapa prepintada en origen.
- Normas de Fabricación: Norma IEC 61537

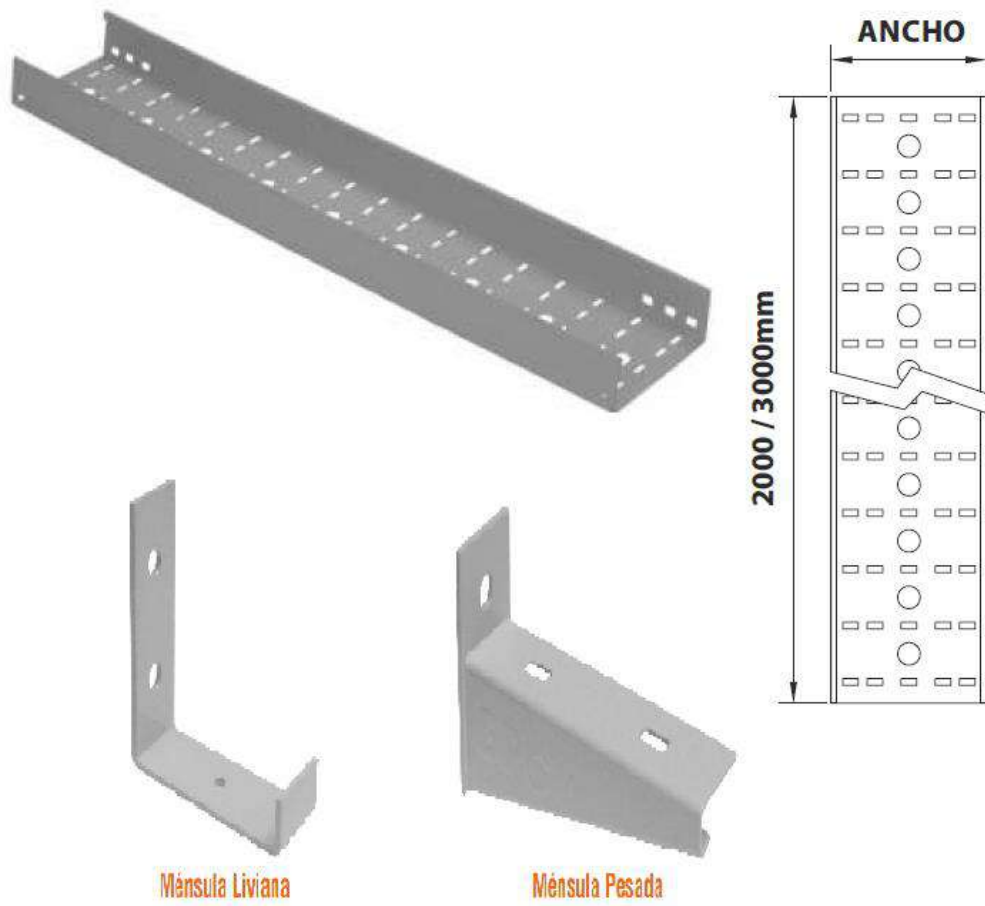


Imagen 4.2.7: Bandeja recta y ménsulas

Resultados obtenidos:

❖ Línea Principal (LP)

Para dicho cálculo, se consideró la carga total por fase para poder obtener la corriente máxima en base a cada una de las potencias, donde mediante la suma de éstas, se calcula la corriente máxima por fase.

- Carga Total: **76962,87 V. A**
- Canalización: Tubo de PVC rígido semipesado \varnothing **100 mm**
- Conductor: IRAM 2178 1(3 \times 70/35) + **PE(35) aislación PVC**

❖ Tablero Principal (TP)

- Ubicación: Pilar de alimentación sobre el Limite Municipal (LM)
- Emplazamiento: Embutido
- Grado de protección: IP 65
- En la tapa, sobre la parte externa poseerá la identificación de "Tablero eléctrico principal"
- Clase 2
- Interruptor automático tetrapolar C120N $I_n = 125 A$ Schneider Electric, clase 3, el cual posee un poder de corte 10 kA.
- La protección diferencial se obtiene mediante un interruptor diferencial Merlin Gerin tetrapolar Vigi C120 "Si", del tipo superinmunizado y selectivo, el cual cuenta con $I_n = 125 A$ y una sensibilidad de 300 mA.

❖ Circuito Seccional General (CSG)

Para dicho cálculo, se consideró la carga total por fase para poder obtener la corriente máxima en base a cada una de las potencias, donde mediante la suma de éstas, se calcula la corriente máxima por fase.

- Carga Total: **76962,87 V. A**
- Canalización: Conductor directamente enterrado
- Conductor: IRAM 2178 1(**3 × 70/35**) + **PE(35) aislación PVC**

❖ **Tablero Seccional General (TSG)**

- Ubicación: Interior de la nave
- Emplazamiento: Amurado
- Grado de protección: IP 65
- En la tapa, sobre la parte externa poseerá la identificación de “Tablero eléctrico seccional”
- Clase 2
- Interruptor automático termomagnético tetrapolar $I_n = 125 A$ Schneider Electric C120N, curva C, clase 3, el cual posee un poder de corte 10 kA
- Interruptor diferencial tetrapolar $I_n = 80 A$ Schneider Electric, sensibilidad 30 mA.
- Interruptor automático termomagnético tetrapolar $I_n = 40 A$ Schneider Electric P60N, curva C, clase 3, el cual posee un poder de corte 4500 A. (Propio de ACU 1)
- Interruptor automático termomagnético bipolar $I_n = 25 A$ Schneider Electric P60N, curva C, clase 3, el cual posee un poder de corte 4500 A. (Propio de ACU 2)
- Interruptor automático termomagnético tetrapolar $I_n = 50 A$ Schneider Electric P60N, curva C, clase 3, el cual posee un poder de corte 4500 A. (Propio de ACU 3)
- Interruptor diferencial tetrapolar $I_n = 40 A$ Schneider Electric, sensibilidad 30 mA.
- Interruptor automático termomagnético bipolar $I_n = 10 A$ Schneider Electric P60N, curva C, clase 3, el cual posee un poder de corte 4500 A. (Propio de TUG 1)

- Interruptor automático termomagnético bipolar $I_n = 20 A$ Schneider Electric P60N, curva C, clase 3, el cual posee un poder de corte 4500 A. (Propio de TUE 1)
- Interruptor automático termomagnético bipolar $I_n = 10 A$ Schneider Electric P60N, curva C, clase 3, el cual posee un poder de corte 4500 A. (Propio de IUG_{ext})
- Interruptor automático termomagnético bipolar $I_n = 10 A$ Schneider Electric P60N, curva C, clase 3, el cual posee un poder de corte 4500 A. (Propio de IUG 1)
- Interruptor automático termomagnético bipolar $I_n = 10 A$ Schneider Electric P60N, curva C, clase 3, el cual posee un poder de corte 4500 A. (Propio de IUG 2)
- Interruptor automático termomagnético bipolar $I_n = 10 A$ Schneider Electric P60N, curva C, clase 3, el cual posee un poder de corte 4500 A. (Propio de IUG 3)
- Interruptor diferencial tetrapolar $I_n = 25 A$ Schneider Electric, sensibilidad 30 mA.
- Interruptor automático termomagnético tetrapolar $I_n = 16 A$ Schneider Electric P60N, curva C, clase 3, el cual posee un poder de corte 4500 A. (Propio de OCE 7)

❖ **Circuito de Alimentación de Carga Única 1 (ACU 1)**

- Conductor: IRAM 2178 $1(4 \times 16) + PE(16)$ *aislación PVC*

❖ **Circuito de Alimentación de Carga Única 2 (ACU 2)**

- Conductor: IRAM 2178 $1(2 \times 4) + PE(4)$ *aislación PVC*

❖ **Circuito de Alimentación de Carga Única 3 (ACU 3)**

- Conductor: IRAM 2178 $1(3 \times 25/16) + PE(16)$ *aislación PVC*

❖ **Circuito de Otros Circuitos Especiales 7 (OCE 7)**

- Conductor: IRAM 2178 $1(4 \times 4) + PE(4)$ *aislación PVC*

❖ **Circuito de Toma de Uso General (TUG 1, TUG 2, TUG 3)**

- Conductor: IRAM 247-3 $2(1 \times 2, 5) + PE(2, 5)$ *aislación PVC*

❖ **Circuito de Toma de Uso Especial (TUE 1, TUE 2, TUE 3)**

- Conductor: IRAM 247-3 $2(1 \times 4) + PE(4)$ *aislación PVC*

❖ **Circuito de Iluminación de Uso General (IUG 1, IUG 2, IUG 3, IUG_{ext})**

- Conductor: IRAM 247-3 $2(1 \times 4) + PE(4)$ *aislación PVC*

❖ **Circuito Seccional 1 (CS1), Circuito Seccional 2 (CS2)**

Para dicho cálculo, se consideró la carga total por fase para poder obtener la corriente máxima en base a cada una de las potencias, donde mediante la suma de éstas, se calcula la corriente máxima por fase.

- Carga Total: **12032,7 V.A**
- Canalización: Conductor sobre bandeja
- Conductor: IRAM 2178 $1(4 \times 6) + PE(6)$ *aislación PVC*

❖ **Tablero Seccional 1 (TS1), Tablero Seccional 2 (TS2)**

- Ubicación: Interior de la nave

- Emplazamiento: Amurado
- Grado de protección: IP 65
- En la tapa, sobre la parte externa poseerá la identificación de “Tablero eléctrico seccional”
- Clase 2
- Interruptor diferencial tetrapolar $I_n = 25 A$ Schneider Electric, sensibilidad 30 mA.
- Interruptor automático termomagnético bipolar $I_n = 20 A$ Schneider Electric P60N, curva C, clase 3, el cual posee un poder de corte 4500 A. (Propio de OCE 1). (Propio de OCE 4).
- Interruptor automático termomagnético tetrapolar $I_n = 20 A$ Schneider Electric P60N, curva C, clase 3, el cual posee un poder de corte 4500 A. (Propio de OCE 2). (Propio de OCE 5).
- Interruptor automático termomagnético tetrapolar $I_n = 20 A$ Schneider Electric P60N, curva C, clase 3, el cual posee un poder de corte 4500 A. (Propio de OCE 3). (Propio de OCE 6).
- Interruptor automático termomagnético bipolar $I_n = 10 A$ Schneider Electric P60N, curva C, clase 3, el cual posee un poder de corte 4500 A. (Propio de TUG 2). (Propio de TUG 3)
- Interruptor automático termomagnético bipolar $I_n = 20 A$ Schneider Electric P60N, curva C, clase 3, el cual posee un poder de corte 4500 A. (Propio de TUE 2). (Propio de TUE 3).

❖ **Circuito de Otros Circuitos Especiales (OCE 1, OCE 2, OCE 3, OCE 4, OCE 5, OCE 6)**

- Conductor: IRAM 247-3 $4(1 \times 6) + PE(6)$ *aislación PVC*

NOTA 1: Para proteger a las personas contra riesgos de contacto con masas puestas accidentalmente bajo tensión, éstas deberán estar puestas a tierra.

Las masas deberán estar unidas eléctricamente a una toma a tierra o a un conjunto de tomas a tierra interconectadas.

El circuito de puesta a tierra deberá ser: continuo, permanente, tener la capacidad de carga para conducir la corriente de falla y una resistencia apropiada.

Los valores de las resistencias de las puestas a tierra de las masas, deberán estar de acuerdo con el umbral de tensión de seguridad y los dispositivos de corte elegidos, de modo de evitar llevar o mantener las masas a un potencial peligroso en relación a la tierra o a otra masa vecina.

4.3. Memoria de cálculo

Circuitos eléctricos:

- **Circuitos de iluminación general: (IUG ext, IUG 1, IUG 2, IUG 3)**

Circuito	Valor mínimo de potencia máxima simultanea	Potencia [V.A]
IUG ext :	1x6x150	900
IUG 1:	1x12x150	1800
IUG 2:	1x9x150	1350
IUG 3:	1x9x150	1350
Total		5400

- **Circuitos de tomas general: (TUG 1, TUG 2, TUG 3)**

Circuito	Valor mínimo de potencia máxima simultanea	Potencia [V.A]
TUG 1		2200
TUG 2		2200
TUG 3		2200
Total		6600

- **Circuitos de tomas especiales: (TUE 1, TUE 2, TUE 3)**

Circuito	Valor mínimo de potencia máxima simultanea	Potencia [V.A]
TUE 1		3300
TUE 2		3300
TUE 3		3300
Total		9900

- **Circuitos de carga única: (ACU 1, ACU 2)**

- **Alimentación de carga única 1: (ACU 1)**

Dicho circuito corresponde a una mesa de corte de vidrio que se encuentra en una ubicación fija. La cual tiene las siguientes características:

- Potencia: 16000 W

- Tensión: 380 V

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = \frac{P}{\mu \cdot \cos \varphi} = 22222,22 \text{ V.A}$$

Suponiendo un rendimiento 0.9 y $\cos \varphi=0,8$

➤ **Alimentación de carga única 2: (ACU 2)**

Dicho circuito corresponde a una hidrolijadora que se encuentra en una ubicación fija. La cual tiene las siguientes características:

- Potencia: 1,5 CV
- Tensión: 220 V

$$S = U \cdot I = \frac{P [\text{cv}] \cdot 735}{\mu \cdot \cos \varphi} = 1531,25 \text{ V.A}$$

Suponiendo un rendimiento 0.9 y $\cos \varphi=0,8$

➤ **Alimentación de carga única 3: (ACU 3)**

Dicho circuito corresponde a un compresor ubicado en el exterior de la nave. El cual tiene las siguientes características:

- Potencia: 30hp
- Tensión: 380 V

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = \frac{P [\text{hp}] \cdot 745}{\mu \cdot \cos \varphi} = 31041,66 \text{ V.A}$$

Suponiendo un rendimiento 0.9 y $\cos \varphi=0,8$

- **Circuitos específicos: (OCE 1, OCE 2, OCE 3, OCE 4, OCE 5, OCE 6)**

Dicho circuitos alimentan cargas no comprendidas en los circuitos anteriores

➤ **Otro circuito específico 1: (OCE 1, OCE 4)**

- Intensidad: 16 A
- Tensión: 220 V

$$S = U \cdot I = 3520 \text{ V.A}$$

➤ **Otro circuito específico 2: (OCE 2, OCE 5)**

- Intensidad: 16 A
- Tensión: 380 V

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = 10530,87 \text{ V.A}$$

➤ **Otro circuito específico 3: (OCE 3, OCE 6)**

- Intensidad: 16 A
- Tensión: 380 V

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = 10530,87 \text{ V.A}$$

➤ **Otro circuito específico 4: (OCE 7)**

El circuito será previsto para alimentar la segunda etapa de la ampliación de la nave.

- Intensidad: 15 A
- Tensión: 380 V

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = 9872,69 \text{ V.A}$$

Grado de electrificación:

La futura ampliación contará con una superficie de 486 m².

De la pág. 27 de la Reglamentación determinamos un grado de electrificación SUPERIOR y de la pág. 45 para el grado de electrificación superior obtenemos un coeficiente de simultaneidad de 0,7 que afectará la demanda de potencia máxima simultánea (DPMS).

Para la demanda de potencia máxima simultánea especial (DPMS_e), se propone un coeficiente de 0,7 para los circuitos que alimentan la mesa de corte, hidrolijadora y compresor.

Por otro lado, se propone un coeficiente de 0,4 para los restantes circuitos especiales

$$DPMS = (5400 + 2200 + 3300 + 9872,69) \cdot 0,7 = 14540,88 \text{ V.A}$$

$$DPMSe_1 = (22222,22 + 1531,25 + 31041,66) \cdot 0,7 = 38356,59 \text{ V.A}$$

$$DPMSe_2 = (2200 + 3300 + 3520 + 10530,87 + 10530,87) \cdot 0,4 = 12032,7 \text{ V.A}$$

$$Carga_{Total} = DPMS + DPMSe_1 + 2 \cdot DPMSe_2$$

$$Carga_{Total} = 14540,88 + 38356,59 + 2 \cdot 12032,7 = 76962,87 \text{ V.A}$$

Distribución de circuitos en Tableros Seccionales:

Tablero Seccional 1					
Circuito	Potencia [V.A]	I_B [A]	I [A]		
			R	S	T
IUG ext	900	4,09	4,09		
IUG 1	1800	8,18		8,18	
IUG 2	1350	6,13			6,13
IUG 3	1350	6,13			6,13
TUG 1	2200	10		10	
TUE 1	3300	15	15		
ACU 1	22222,22	33,76	33,76	33,76	33,76
ACU 2	1531,25	6,96			6,96
ACU 3	31041,66	47,16	47,16	47,16	47,16
OCE 7	9872,69	15	15	15	15
TOTAL	75567,82		115,01	114,1	115,14
Coeficiente de simultaneidad: 0,7		$I_B \cong 80,6 \text{ A}$			

Tabla 4.3.2: Distribución de Tablero Seccional 1

Tablero Seccional 2					
Circuito	Potencia [V.A]	I_B [A]	I [A]		
			R	S	T
TUG 2	2200	10	10		
TUE 2	3300	15			15
OCE 1	3520	16		16	
OCE 2	10530,87	16	16	16	16
OCE 3	10530,87	16	16	16	16
TOTAL	30081,74		42	48	47
Coeficiente de simultaneidad: 0,4		$I_B \cong 19,2 \text{ A}$			

Tabla 4.3.3: Distribución de Tablero Seccional 2

Tablero Seccional 3					
Circuito	Potencia [V.A]	I_B [A]	I [A]		
			R	S	T
TUG 3	2200	10	10		
TUE 3	3300	15		15	
OCE 4	3520	16			16
OCE 5	10530,87	16	16	16	16
OCE 6	10530,87	16	16	16	16
TOTAL	30081,74		42	47	48
Coeficiente de simultaneidad: 0,4		$I_B \cong 19,2 \text{ A}$			

Tabla 4.3.4: Distribución de Tablero Seccional 3

Cálculo de Circuitos:

Circuito Seccional General (CSG)

Para este cálculo se considera la suma de las corrientes máximas en base a cada una de las potencias con el fin de dimensionar la fase más cargada.

1) Determinación de la corriente de proyecto I_B

De las tablas 4.3.2, 4.3.3 y 4.3.4 obtenemos la corriente máxima la cual es afectada por el coeficiente de simultaneidad.

Tablero Seccional:	I_B [A]
1	80,6
2	19,2
3	19,2
Total:	119

$$I_B = 119 A$$

2) Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible I_Z

$$I_Z \geq I_B$$

$$I_Z = I'_Z \cdot F_1 \cdot F_2 \geq I_B \quad \rightarrow \quad I'_Z = \frac{I_B}{F_1 \cdot F_2}$$

Temperatura ambiente $\rightarrow T = 45^\circ\text{C}$

$F_1 = 1$ (factor de corrección para temperatura del suelo distinta de 25°C para cable enterrados o tendidos dentro de caños o conductos enterrados) (pág. 108 de La Reglamentación)

$F_2 = 1$ (factor de corrección para resistividades térmicas del terreno diferentes de 1 K.m/W a aplicar sobre los valores de intensidades de corriente admisibles para cables dispuestos dentro de caños o conductos enterrados (método de referencia D1) o cables directamente enterrados (método de referencia D2)) (pág. 108 de La Reglamentación)

$$I'_Z = \frac{I_B}{F_1 \cdot F_2} = \frac{119}{1 \cdot 1} = 119 \text{ A}$$

Para cables con conductor de cobre, que cumplen con las normas IRAM 2178, aislación de PVC, de la pág. 104 de La Reglamentación se selecciona $I = 169 \text{ A}$ con lo que la sección del conductor será 70 mm^2 .

La sección del conductor verifica con las secciones mínimas de los conductores propuesta en la pág. 89.

$$I_Z = I'_Z \cdot F_t \cdot F_a = 119 \cdot 1 \cdot 1 = 119 \text{ A}$$

3) Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección I_n

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$119 \text{ A} \leq I_n \leq 169 \text{ A}$$

Del catálogo Schneider Electric se seleccionó un interruptor automático tetrapolar C120N de $I_n = 125 \text{ A}$, curva C, clase 3, poder de corte 10 kA.

Se seleccionó, un interruptor diferencial Merlin Gerin tetrapolar Vigi C120 "Si", del tipo superinmunizado y selectivo, el cual cuenta con $I_n = 125 \text{ A}$ y una sensibilidad de 300 mA

4) Verificación de la protección por sobrecarga

Para interruptores automáticos $I_2 = 1,3 \cdot I_n$, donde $I_n > 63 \text{ A}$ (tiempo convencional 2 horas)

$$1,3 \cdot I_n \leq 1,45 \cdot I_Z$$

$$162,5 \text{ A} \leq 245,05 \text{ A}$$

5) Determinación de la corriente de cortocircuito máxima I''_k

Subestación transformadora: $S = 160 \text{ kV.A}$

$$U_T = 13,2/0,400 - 0,230 \text{ kV}$$

$$u_T = 4\%$$

Para el cálculo de la impedancia (Z_T) en bornes del transformador, se utilizó la siguiente expresión:

$$Z_T = \frac{u_T}{100\%} \cdot \frac{(U_T)^2}{S_T}$$

Z_T = Impedancia del transformador
 u_T = Tensión de cortocircuito
 U_T = Tensión de línea BT
 S_T = Potencia del Transformador

$$Z_T = \frac{u_T}{100\%} \cdot \frac{(U_T)^2}{S_T} = \frac{4}{100\%} \cdot \frac{(400)^2}{16000} = 0,04 \Omega \approx X_T$$

Ahora determino la máxima corriente presunta de cortocircuito prevista para el transformador de distribución mediante la siguiente expresión:

$$I''_k = \frac{c}{\sqrt{3}} \cdot \frac{U_n}{Z_T}$$

I''_k = Corriente de cortocircuito
 c = Factor de tensión (igual a 1,05 en el punto de falla)
 U_n = Tensión nominal
 Z_T = Impedancia del transformador

$$I''_k = \frac{c}{\sqrt{3}} \cdot \frac{U_n}{Z_T} = \frac{1,05}{\sqrt{3}} \cdot \frac{380}{0,04} = 5759,07 \text{ A}$$

La Línea de Alimentación Aérea (LAD) es un conductor preensamblado IRAM 2263, 1(3 x 95/50) Al.

La distancia de la subestación transformadora hasta la línea municipal del inmueble donde se encuentra medidor es $l = 80 \text{ m}$.

En los bornes del medidor tenemos:

$$R_{3x95/50-20^{\circ}\text{C}} = 0,411 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$X_{3x95/50-20^{\circ}\text{C}} = 0,084 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Luego:

$$R_{LAD} = 0,08 \text{ km} \cdot 0,411 \frac{\Omega}{\text{km}} = 0,032 \Omega$$

$$X_{LAD} = 0,08 \text{ km} \cdot 0,084 \frac{\Omega}{\text{km}} = 0,006 \Omega$$

La corriente presunta en bornes del medidor la determino de la siguiente manera

$$I''_{k_i} = \frac{c}{\sqrt{3}} \cdot \frac{U_n}{Z_{k_i}}$$

$$Z_{k_i} = \sqrt{(R_1 + R_2 + \dots + R_i)^2 + (X_1 + X_2 + \dots + X_i)^2}$$

El subíndice "i" nos indica los valores parciales de resistencia (R) y reactancia inductiva (X) de cada tramo hasta el punto en consideración.

$$Z_{TTP} = \sqrt{(R_{LAD})^2 + (X_T + X_{LAD})^2}$$

$$Z_{TTP} = \sqrt{(0,032)^2 + (0,04 + 0,006)^2} = 0,056 \Omega$$

$$I''_{kTP} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{TTP}} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 0,056} = 3917,73 \text{ A}$$

En bornes del tablero principal (TP) y considerando despreciable la distancia desde el medidor, tomamos para la línea principal (LP) un conductor de sección **70 mm²**.

Resultando, **LP = 3(1 × 70) + 1(1 × 35) + PE(35)** para conductores IRAM NM247-3

Por último se calcula la resistencia del circuito seccional para luego obtener la corriente de cortocircuito en bornes del tablero seccional general (TSG), que se encontrara a una distancia de **l = 50 m**

Para dicho circuito se utilizará un conductor de cobre IRAM 2178, aislación de PVC de **70 mm²** de sección.

$$R_{70-20^{\circ}\text{C}} = 0,268 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

La resistencia del circuito seccional será:

$$R_{70-70^{\circ}\text{C}} = R_{20^{\circ}\text{C}} \cdot (1 + \alpha \cdot (T_{70^{\circ}\text{C}} - 20))$$

$$R_{70-70^{\circ}\text{C}} = 0,268 \cdot (1 + 0,00393 \cdot (70 - 20)) = 0,32 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Luego, la resistencia del circuito seccional general será:

$$R_{CSG} = l \cdot R_{70-70^{\circ}\text{C}} = 0,05 \text{ km} \cdot 0,32 \frac{\Omega}{\text{km}} = 0,016 \Omega$$

Con lo cual la impedancia hasta el tablero seccional general es:

$$Z_{TSG} = \sqrt{(R_{LAD} + R_{CSG})^2 + (X_T + X_{LAD})^2}$$

$$Z_{TSG} = \sqrt{(0,032 + 0,016)^2 + (0,04 + 0,006)^2}$$

$$Z_{TSG} = 0,066 \Omega$$

Entonces la corriente de cortocircuito en bornes del tablero seccional general (TSG) es:

$$I''_{kTSG} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 0,066} = 3324,13 \text{ A}$$

Recordemos que el poder de corte del interruptor termomagnético es de 10 kA.

6) Verificación por la máxima exigencia térmica

Utilizando dispositivos de protección que presentan características de limitación de la corriente de cortocircuito, o con tiempo de apertura inferior a 0,1 s, la protección de los conductores queda asegurada si se cumple la siguiente expresión:

$$k^2 \cdot S^2 \geq I^2 \cdot t$$

t = Duración de la interrupción
o tiempo de desconexión
en segundos.

S = Sección del conductor en
 mm^2 .

I = Intensidad de corriente de
cortocircuito expresada
como valor eficaz.

k = Un factor que toma en
cuenta la resistividad,
coeficiente de temperatura
y la capacidad térmica
volumétrica del conductor, y
las temperaturas inicial y
final del mismo.

El valor de $I^2 \cdot t$ se obtiene a partir de curvas que otorga el fabricante de interruptor, debido a que el producto fue fabricado según IEC 60947-2

$$k^2 \cdot S^2 \geq 200000 A^2 \cdot s$$

$$115^2 \cdot 70^2 A^2 \cdot s \geq 200000 A^2 \cdot s$$

$$64802500 A^2 \cdot s \geq 200000 A^2 \cdot s$$

Por lo tanto, vemos que se verifica correctamente, dado que la sección elegida es de $70 mm^2$

7) Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito $I_{k min}$

En este caso, la $I_{k min}$ es al final del circuito seccional (CS), es decir, que debe actuar la protección por corriente de cortocircuito del interruptor del tablero principal (TP).

$$10 \cdot I_n < I_{k min}$$
$$1250 A < 3324,13 A$$

8) Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito seccional

El circuito tiene una longitud de conductor de $l = 50 m$.

Se considera una caída de tensión del 1%, ya que en ningún caso la caída de tensión en los circuitos seccionales deberá exceder dicho porcentaje.

La corriente que demanda la instalación: $I_B = 119 A$

Resistencia del cable de cobre a 20°C, de sección $50mm^2$ es:

$$R_{70-20^\circ C} = 0,268 \frac{\Omega}{km}$$

Considerando que para la caída de tensión (ΔU) se toma la temperatura en el conductor, suponemos una temperatura de 70°C que es la máxima posible en el conductor.

$$R_{50-70^\circ C} = R_{20^\circ C} \cdot (1 + \alpha \cdot (T_{70^\circ C} - 20))$$

$$R_{50-70^\circ C} = 0,268 \cdot (1 + 0,00393 \cdot (70 - 20)) = 0,32 \frac{\Omega}{km}$$

El denominado “factor de potencia”, en circuitos de las características de los aquí utilizados, depende fundamentalmente de la carga conectada. A falta de valores más precisos utilizaré los siguientes: $\cos \varphi = 0,85$ y $\sin \varphi = 0,53$ propuestos por La Reglamentación en la pág. 141

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 119 \cdot 0,05 \cdot (0,32 \cdot 0,85 + 0,075 \cdot 0,53)$$

$$\Delta U = 3,21 V$$

Obtenemos un valor de 0,84% de caída de tensión.

Conductor IRAM 2178: $1(3 \times 70/35) + PE(35)$ *aislación PVC*

Circuito Seccional I (CSI), Circuito Seccional II (CSII)

Para este cálculo se considera la suma de las corrientes máximas en base a cada una de las potencias con el fin de dimensionar la fase más cargada.

1) Determinación de la corriente de proyecto I_B

De las tablas 4.3.3 o 4.3.4, ya que ambos circuitos seccionales son idénticos, obtenemos la corriente máxima la cual es afectada por el coeficiente de simultaneidad.

$$I_B = 19,2 A$$

2) Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible I_Z

$$I_Z \geq I_B$$
$$I_Z = I'_Z \cdot F_1 \cdot F_2 \geq I_B \quad \rightarrow \quad I'_Z = \frac{I_B}{F_1 \cdot F_2}$$

Temperatura ambiente $\rightarrow T = 45^\circ C$

$F_1 = 0,91$ (factor de corrección por temperatura ambiente distinta de $40^\circ C$)
(pág. 95 de La Reglamentación)

$F_2 = 0,82$ (factor de reducción para agrupamiento de más de un circuito monofásico o trifásico o más de un cable multipolar. Una sola capa sobre una bandeja perforada horizontal o vertical.) (pág. 100 de La Reglamentación)

$$I'_Z = \frac{I_B}{F_1 \cdot F_2} = \frac{19,2}{0,91 \cdot 0,82} = 25,73 \text{ A}$$

Para cables con conductor de cobre, que cumplen con las normas IRAM 2178, aislación de PVC, de la pág. 96 de La Reglamentación se selecciona $I = 37 \text{ A}$ con lo que la sección del conductor será 6 mm^2 .

La sección del conductor verifica con las secciones mínimas de los conductores propuesta en la pág. 89.

$$I_Z = I'_Z \cdot F_t \cdot F_a = 37 \cdot 0,91 \cdot 0,82 = 27,6 \text{ A}$$

3) Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección I_n

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$19,2 \text{ A} \leq I_n \leq 27,6 \text{ A}$$

Del catálogo Schneider Electric se seleccionó $I_n = 20 \text{ A}$, interruptor termomagnético tetrapolar P60N, curva C, clase 3, poder de corte 4500 A.

4) Verificación de la protección por sobrecarga

Para interruptores automáticos $I_2 = 1,45 \cdot I_n$, donde $I_n \leq 63 \text{ A}$ (tiempo convencional 1 horas)

$$1,45 \cdot I_n \leq 1,45 \cdot I_Z$$

$$29 \text{ A} \leq 40,02 \text{ A}$$

5) Determinación de la corriente de cortocircuito máxima I''_k

Se calcula la resistencia del circuito seccional para luego calcular la corriente de cortocircuito en el extremo más alejado

La distancia del TSG al TS2 es $l = 28,8 \text{ m}$.

$$R_{6-20^\circ\text{C}} = 3,08 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

La resistencia del circuito seccional será:

$$R_{6-70^{\circ}\text{C}} = R_{20^{\circ}\text{C}} \cdot (1 + \alpha \cdot (T_{70^{\circ}\text{C}} - 20))$$

$$R_{6-70^{\circ}\text{C}} = 3,08 \cdot (1 + 0,00393 \cdot (70 - 20)) = 3,68 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Luego, la resistencia del circuito seccional será:

$$R_{CS} = l \cdot R_{70-70^{\circ}\text{C}} = 0,0288 \text{ km} \cdot 3,68 \frac{\Omega}{\text{km}} = 0,105 \Omega$$

Con lo cual la impedancia hasta el tablero seccional es:

$$Z_{TS2} = \sqrt{(R_{LAD} + R_{CSG} + R_{CS2})^2 + (X_T + X_{LAD})^2}$$
$$Z_{TS2} = \sqrt{(0,032 + 0,016 + 0,105)^2 + (0,04 + 0,006)^2}$$
$$Z_{TS2} = 0,159 \Omega$$

Entonces la corriente de cortocircuito en bornes del tablero seccional (TS2) es:

$$I''_{kTS2} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 0,159} = 1379,83 \text{ A}$$

Recordemos que el poder de corte del interruptor termomagnético es de 100 kA en el TP.

6) Verificación por la máxima exigencia térmica

Interruptores con corte $\leq 0,1 \text{ s}$

$$K^2 \cdot S^2 \geq I^2 \cdot t$$

De la pág. 136 de La Reglamentación, para conductores de cobre con aislación de PVC, resulta $K = 115$.

De la pág. 232 de La Reglamentación, para interruptores automáticos de $16 \text{ A} < I_n \leq 32 \text{ A}$, con poder de corte de 4500 A, clase 3, curva C, obtenemos: $I^2 \cdot t = 39000 \text{ A}^2 \cdot \text{s}$

$$K^2 \cdot S^2 \geq I^2 \cdot t$$

$$115^2 \cdot 4^2 \geq 39000$$

$$211600 \geq 39000$$

7) Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito $I_{k min}$

$$10 \cdot I_n < I_{k min}$$
$$200 A < 1379,83 A$$

8) Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito seccional

El circuito más desfavorable corresponde al circuito seccional II (CSII) por tener la mayor distancia, tiene una longitud de conductor de $l = 28,8 m$.

Se considera una caída de tensión del 1%, ya que en ningún caso la caída de tensión en los circuitos seccionales deberá exceder dicho porcentaje.

La corriente que demanda la instalación: $I_B = 19,2 A$

Resistencia del cable de cobre a 20°C, de sección $6 mm^2$ es:

$$R_{6-20^\circ C} = 3,08 \frac{\Omega}{km}$$

$$R_{6-70^\circ C} = R_{20^\circ C} \cdot (1 + \alpha \cdot (T_{70^\circ C} - 20))$$

$$R_{6-70^\circ C} = 3,08 \cdot (1 + 0,00393 \cdot (70 - 20)) = 3,68 \frac{\Omega}{km}$$

El denominado “factor de potencia”, en circuitos de las características de los aquí utilizados, depende fundamentalmente de la carga conectada. A falta de valores más precisos utilizaré los siguientes: $\cos \varphi = 0,85$ y $\sin \varphi = 0,53$ propuestos por La Reglamentación en la pág. 141

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 19,2 \cdot 0,0288 \cdot (3,68 \cdot 0,85 + 0,099 \cdot 0,53)$$

$$\Delta U = 3,04 V$$

Obtenemos un valor de 0,8% de caída de tensión.

Conductor IRAM 2178: **1(4 × 6) + PE(6) aislación PVC**

Circuito de Alimentación de Carga Única 1 (ACU 1)

Para este cálculo se considera la corrientes máximas en base a la potencias con el fin de dimensionar la fase.

1) Determinación de la corriente de proyecto I_B

De las tablas 4.3.2, obtenemos la corriente máxima la cual es afectada por el coeficiente de simultaneidad.

$$I_B = 33,76 A$$

2) Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible I_Z

$$I_Z \geq I_B$$
$$I_Z = I'_Z \cdot F_1 \cdot F_2 \geq I_B \quad \rightarrow \quad I'_Z = \frac{I_B}{F_1 \cdot F_2}$$

Temperatura ambiente → $T = 45^\circ\text{C}$

$F_1 = 0,91$ (factor de corrección por temperatura ambiente distinta de 40°C)
(pág. 95 de La Reglamentación)

$F_2 = 0,88$ (factor de reducción para agrupamiento de más de un circuito monofásico o trifásico o más de un cable multipolar. Una sola capa sobre una bandeja perforada horizontal o vertical.) (pág. 100 de La Reglamentación)

$$I'_Z = \frac{I_B}{F_1 \cdot F_2} = \frac{33,76}{0,91 \cdot 0,88} = 42,16 A$$

Para cables con conductor de cobre, que cumplen con las normas IRAM 2178, aislación de PVC, de la pág. 96 de La Reglamentación se selecciona $I = 70 A$ con lo que la sección del conductor será **16 mm²**.

$$I_Z = I'_Z \cdot F_t \cdot F_a = 70 \cdot 0,91 \cdot 0,88 = 56,06 \text{ A}$$

3) Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección I_n

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$33,76 \text{ A} \leq I_n \leq 56,06 \text{ A}$$

Del catálogo Schneider Electric se seleccionó $I_n = 40 \text{ A}$, interruptor termomagnético tetrapolar P60N, curva C, clase 3, poder de corte 4500 A.

4) Verificación de la protección por sobrecarga

Para interruptores automáticos $I_2 = 1,45 \cdot I_n$, donde $I_n \leq 63 \text{ A}$ (tiempo convencional 1 horas)

$$1,45 \cdot I_n \leq 1,45 \cdot I_Z$$

$$58 \text{ A} \leq 81,29 \text{ A}$$

5) Determinación de la corriente de cortocircuito máxima I''_k

Se calcula la resistencia del circuito terminal para luego calcular la corriente de cortocircuito en el extremo más alejado.

Recordando que la I''_k máxima en el TSG es 3324 A.

La distancia del TSG al punto de consumo es $l = 10 \text{ m}$.

$$R_{16-20^\circ\text{C}} = 1,15 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

La resistencia del circuito será:

$$R_{16-70^\circ\text{C}} = R_{20^\circ\text{C}} \cdot (1 + \alpha \cdot (T_{70^\circ\text{C}} - 20))$$

$$R_{16-70^\circ\text{C}} = 1,15 \cdot (1 + 0,00393 \cdot (70 - 20)) = 1,37 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Luego, la resistencia del circuito terminal será:

$$R_{ACU1} = l \cdot R_{16-70^\circ\text{C}} = 0,01 \text{ km} \cdot 1,37 \frac{\Omega}{\text{km}} = 0,0137 \Omega$$

Con lo cual la impedancia hasta ACU1:

$$Z_C = \sqrt{(R_{LAD} + R_{CSG} + R_{ACU1})^2 + (X_T + X_{LAD})^2}$$

$$Z_C = \sqrt{(0,032 + 0,016 + 0,0137)^2 + (0,04 + 0,006)^2}$$

$$Z_C = 0,077 \Omega$$

Entonces la corriente de cortocircuito en ACU1 es:

$$I''_{kTS} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 0,077} = 2849,26 A$$

6) Verificación por la máxima exigencia térmica

Utilizando dispositivos de protección que presentan características de limitación de la corriente de cortocircuito, o con tiempo de apertura inferior a 0,1 s, la protección de los conductores queda asegurada si se cumple la siguiente expresión:

$$k^2 \cdot S^2 \geq I^2 \cdot t$$

t = Duración de la interrupción
o tiempo de desconexión
en segundos.

S = Sección del conductor en
 mm^2 .

I = Intensidad de corriente de
cortocircuito expresada
como valor eficaz.

k = Un factor que toma en
cuenta la resistividad,
coeficiente de temperatura
y la capacidad térmica
volumétrica del conductor, y
las temperaturas inicial y
final del mismo.

El valor de $I^2 \cdot t$ se obtiene a partir de curvas que otorga el fabricante de interruptor, debido a que el producto fue fabricado según IEC 60898

$$k^2 \cdot S^2 \geq 27000 A^2 \cdot s$$

$$115^2 \cdot 16^2 A^2 \cdot s \geq 27000 A^2 \cdot s$$

$$3385600 A^2 \cdot s \geq 27000 A^2 \cdot s$$

Por lo tanto, vemos que se verifica correctamente, dado que la sección elegida es de 16 mm^2

7) Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito $I_{k \min}$

$$10 \cdot I_n < I_{k \min}$$

$$400 A < 2849,26 A$$

8) Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito

El punto más alejado del circuito tiene una longitud de $l = 10 \text{ m}$.
Hasta el tablero seccional general (TSG), existe una caída de tensión de 3,21 V, por lo que según pág. 89 de La Reglamentación la caída de tensión para este circuito no debe superar el 4%.

La corriente que demanda la instalación: $I_B = 33,76 A$

Resistencia del cable de cobre a 20°C , de sección 16 mm^2 es:

$$R_{16-20^\circ\text{C}} = 1,15 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$R_{16-70^\circ\text{C}} = R_{20^\circ\text{C}} \cdot (1 + \alpha \cdot (T_{70^\circ\text{C}} - 20))$$

$$R_{16-70^\circ\text{C}} = 1,15 \cdot (1 + 0,00393 \cdot (70 - 20)) = 1,37 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

El denominado “factor de potencia”, en circuitos de las características de los aquí utilizados, depende fundamentalmente de la carga conectada. A falta de valores más precisos utilizaré los siguientes: $\cos \varphi = 0,85$ y $\sin \varphi = 0,53$ propuestos por La Reglamentación en la pág. 141

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 33,76 \cdot 0,01 \cdot (1,37 \cdot 0,85 + 0,084 \cdot 0,53)$$

$$\Delta U = 0,71 \text{ V}$$

Obtenemos un valor de 0,18% de caída de tensión

Conductor IRAM 2178: **1(4 × 16) + PE(16) aislación PVC**

Circuito de Alimentación de Carga Única 2 (ACU 2)

Para este cálculo se considera la corrientes máximas en base a la potencias con el fin de dimensionar la fase.

1) Determinación de la corriente de proyecto I_B

De las tablas 4.3.2, obtenemos la corriente máxima la cual es afectada por el coeficiente de simultaneidad.

$$I_B = 6,96 \text{ A}$$

2) Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible I_Z

$$I_Z \geq I_B$$

$$I_Z = I'_Z \cdot F_1 \cdot F_2 \geq I_B \quad \rightarrow \quad I'_Z = \frac{I_B}{F_1 \cdot F_2}$$

Temperatura ambiente $\rightarrow T = 45^\circ\text{C}$

$F_1 = 0,91$ (factor de corrección por temperatura ambiente distinta de 40°C)

(pág. 95 de La Reglamentación)

$F_2 = 1$ (factor de reducción para agrupamiento de más de un circuito monofásico o trifásico o más de un cable multipolar. Una sola capa sobre una bandeja perforada horizontal o vertical.) (pág. 100 de La Reglamentación)

$$I'_Z = \frac{I_B}{F_1 \cdot F_2} = \frac{6,96}{0,91 \cdot 1} = 7,65 \text{ A}$$

Para cables con conductor de cobre, que cumplen con las normas IRAM 2178, aislación de PVC, de la pág. 96 de La Reglamentación se selecciona $I = 35 \text{ A}$ con lo que la sección del conductor será 4 mm^2 .

$$I_Z = I'_Z \cdot F_t \cdot F_a = 35 \cdot 0,91 \cdot 1 = 31,85 \text{ A}$$

3) Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección I_n

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$6,96 \text{ A} \leq I_n \leq 31,85 \text{ A}$$

Del catálogo Schneider Electric se seleccionó $I_n = 25 \text{ A}$, interruptor termomagnético bipolar P60N, curva C, clase 3, poder de corte 4500 A.

4) Verificación de la protección por sobrecarga

Para interruptores automáticos $I_2 = 1,45 \cdot I_n$, donde $I_n \leq 63 \text{ A}$ (tiempo convencional 1 horas)

$$1,45 \cdot I_n \leq 1,45 \cdot I_Z$$

$$36,25 \text{ A} \leq 46,18 \text{ A}$$

5) Determinación de la corriente de cortocircuito máxima I''_k

Se calcula la resistencia del circuito seccional para luego calcular la corriente de cortocircuito en el extremo más alejado.

La distancia del TSG al punto de consumo es $l = 22,5 \text{ m}$.

$$R_{4-20^{\circ}\text{C}} = 4,61 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

La resistencia del circuito terminal será:

$$R_{4-70^{\circ}\text{C}} = R_{20^{\circ}\text{C}} \cdot (1 + \alpha \cdot (T_{70^{\circ}\text{C}} - 20))$$

$$R_{4-70^{\circ}\text{C}} = 4,61 \cdot (1 + 0,00393 \cdot (70 - 20)) = 5,51 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Luego, la resistencia del circuito será:

$$R_{ACU2} = l \cdot R_{4-70^{\circ}\text{C}} = 2 \cdot 0,0225 \text{ km} \cdot 5,51 \frac{\Omega}{\text{km}} = 0,248 \Omega$$

Con lo cual la impedancia hasta ACU2 es:

$$Z_C = \sqrt{(R_{LAD} + R_{CSG} + R_{ACU2})^2 + (X_T + X_{LAD})^2}$$

$$Z_C = \sqrt{(0,032 + 0,016 + 0,248)^2 + (0,04 + 0,006)^2}$$

$$Z_C = 0,299 \Omega$$

Entonces la corriente de cortocircuito en ACU2 es:

$$I''_{kTS} = \frac{220}{0,299} = 735,78 \text{ A}$$

6) Verificación por la máxima exigencia térmica

Interruptores con corte $\leq 0,1 \text{ s}$

$$K^2 \cdot S^2 \geq I^2 \cdot t$$

De la pág. 136 de La Reglamentación, para conductores de cobre con aislación de PVC, resulta $K = 115$.

De la pág. 232 de La Reglamentación, para interruptores automáticos de $16 \text{ A} \leq I_n \leq 32 \text{ A}$, con poder de corte de 4500 A, clase 3, curva C, obtenemos: $I^2 \cdot t = 39000 \text{ A}^2 \cdot \text{s}$

$$K^2 \cdot S^2 \geq I^2 \cdot t$$

$$115^2 \cdot 4^2 \geq 39000$$

$$211600 \geq 39000$$

7) Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito $I_{k min}$

$$10 \cdot I_n < I_{k min}$$
$$250 A < 735,78 A$$

8) Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito

El punto más alejado del circuito tiene una longitud de $l = 22,5 m$.

La corriente que demanda la instalación: $I_B = 6,96A$

Resistencia del cable de cobre a 20°C, de sección $4 mm^2$ es:

$$R_{4-20^\circ C} = 4,61 \frac{\Omega}{km}$$

$$R_{4-70^\circ C} = R_{20^\circ C} \cdot (1 + \alpha \cdot (T_{70^\circ C} - 20))$$

$$R_{4-70^\circ C} = 4,61 \cdot (1 + 0,00393 \cdot (70 - 20)) = 5,51 \frac{\Omega}{km}$$

El denominado “factor de potencia”, en circuitos de las características de los aquí utilizados, depende fundamentalmente de la carga conectada. A falta de valores más precisos utilizare los siguientes: $\cos \varphi = 0,85$ y $\sin \varphi = 0,53$ propuestos por La Reglamentación en la pág. 141

$$\Delta U = 2 \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$$

$$\Delta U = 2 \cdot 6,96 \cdot 0,0225 \cdot (5,51 \cdot 0,85 + 0,099 \cdot 0,53)$$

$$\Delta U = 1,48 V$$

Obtenemos un valor de 0,67% de caída de tensión

Conductor IRAM 2178: $1(2 \times 4) + PE(4)$ *aislación PVC*

Circuito de Alimentación de Carga Única 3 (ACU 3)

Para este cálculo se considera la corrientes máximas en base a la potencias con el fin de dimensionar la fase.

1) Determinación de la corriente de proyecto I_B

De las tablas 4.3.2, obtenemos la corriente máxima la cual es afectada por el coeficiente de simultaneidad.

$$I_B = 47,16 A$$

2) Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible I_Z

$$I_Z \geq I_B$$
$$I_Z = I'_Z \cdot F_1 \cdot F_2 \geq I_B \quad \rightarrow \quad I'_Z = \frac{I_B}{F_1 \cdot F_2}$$

Temperatura ambiente $\rightarrow T = 45^\circ\text{C}$

$F_1 = 0,91$ (factor de corrección por temperatura ambiente distinta de 40°C)
(pág. 95 de La Reglamentación)

$F_2 = 0,82$ (factor de reducción para agrupamiento de más de un circuito monofásico o trifásico o más de un cable multipolar. Una sola capa sobre una bandeja perforada horizontal o vertical.) (pág. 100 de La Reglamentación)

$$I'_Z = \frac{I_B}{F_1 \cdot F_2} = \frac{47,16}{0,91 \cdot 0,82} = 63,2 A$$

Para cables con conductor de cobre, que cumplen con las normas IRAM 2178, aislación de PVC, de la pág. 96 de La Reglamentación se selecciona $I = 88 A$ con lo que la sección del conductor será 25 mm^2 .

$$I_Z = I'_Z \cdot F_t \cdot F_a = 88 \cdot 0,91 \cdot 0,82 = 65,66 A$$

3) Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección I_n

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$
$$47,16 A \leq I_n \leq 66,65 A$$

Del catálogo Schneider Electric se seleccionó $I_n = 50 A$, interruptor termomagnético tetrapolar P60N, curva C, clase 3, poder de corte 4500 A.

4) Verificación de la protección por sobrecarga

Para interruptores automáticos $I_2 = 1,45 \cdot I_n$, donde $I_n \leq 63 A$ (tiempo convencional 1 horas)

$$1,45 \cdot I_n \leq 1,45 \cdot I_Z$$
$$72,5 A \leq 96,64 A$$

5) Determinación de la corriente de cortocircuito máxima I''_k

Se calcula la resistencia del circuito seccional para luego calcular la corriente de cortocircuito en el extremo más alejado.

La distancia del TSG al punto de consumo es $l = 42,5 m$.

$$R_{25-20^\circ C} = 0,727 \frac{\Omega}{km}$$

La resistencia del circuito será:

$$R_{25-70^\circ C} = R_{20^\circ C} \cdot (1 + \alpha \cdot (T_{70^\circ C} - 20))$$

$$R_{25-70^\circ C} = 0,727 \cdot (1 + 0,00393 \cdot (70 - 20)) = 0,87 \frac{\Omega}{km}$$

Luego, la resistencia del circuito terminal será:

$$R_{ACU3} = l \cdot R_{25-70^\circ C} = 0,0425 km \cdot 0,87 \frac{\Omega}{km} = 0,037 \Omega$$

Con lo cual la impedancia hasta ACU3 es:

$$Z_C = \sqrt{(R_{LAD} + R_{CSG} + R_{ACU3})^2 + (X_T + X_{LAD})^2}$$
$$Z_C = \sqrt{(0,032 + 0,016 + 0,037)^2 + (0,04 + 0,006)^2}$$
$$Z_C = 0,097 \Omega$$

Entonces la corriente de cortocircuito en ACU3 es:

$$I''_{kTS} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 0,097} = 2261,78 \text{ A}$$

6) Verificación por la máxima exigencia térmica

Utilizando dispositivos de protección que presentan características de limitación de la corriente de cortocircuito, o con tiempo de apertura inferior a 0,1 s, la protección de los conductores queda asegurada si se cumple la siguiente expresión:

$$k^2 \cdot S^2 \geq I^2 \cdot t$$

t = Duración de la interrupción
o tiempo de desconexión
en segundos.

S = Sección del conductor en
 mm^2 .

I = Intensidad de corriente de
cortocircuito expresada
como valor eficaz.

k = Un factor que toma en
cuenta la resistividad,
coeficiente de temperatura
y la capacidad térmica
volumétrica del conductor, y
las temperaturas inicial y
final del mismo.

El valor de $I^2 \cdot t$ se obtiene a partir de curvas que otorga el fabricante de interruptor, debido a que el producto fue fabricado según IEC 60898

$$k^2 \cdot S^2 \geq 27000 \text{ A}^2 \cdot s$$

$$115^2 \cdot 25^2 \text{ A}^2 \cdot s \geq 35000 \text{ A}^2 \cdot s$$

$$8265625 \text{ A}^2 \cdot s \geq 35000 \text{ A}^2 \cdot s$$

Por lo tanto, vemos que se verifica correctamente, dado que la sección elegida es de 25 mm^2

7) Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito $I_{k \min}$

$$10 \cdot I_n < I_{k \min}$$
$$500 \text{ A} < 2261,78 \text{ A}$$

8) Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito

El punto más alejado del circuito tiene una longitud de $l = 42,5 \text{ m}$.

La corriente que demanda la instalación: $I_B = 47,16 \text{ A}$

Resistencia del cable de cobre a 20°C , de sección 25 mm^2 es:

$$R_{25-20^\circ\text{C}} = 0,727 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$R_{25-70^\circ\text{C}} = R_{20^\circ\text{C}} \cdot (1 + \alpha \cdot (T_{70^\circ\text{C}} - 20))$$

$$R_{25-70^\circ\text{C}} = 0,727 \cdot (1 + 0,00393 \cdot (70 - 20)) = 0,87 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

El denominado “factor de potencia”, en circuitos de las características de los aquí utilizados, depende fundamentalmente de la carga conectada. A falta de valores más precisos utilizaré los siguientes: $\cos \varphi = 0,85$ y $\sin \varphi = 0,53$ propuestos por La Reglamentación en la pág. 141

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 47,16 \cdot 0,0425 \cdot (0,87 \cdot 0,85 + 0,083 \cdot 0,53)$$

$$\Delta U = 2,71 \text{ V}$$

Obtenemos un valor de 0,71% de caída de tensión

Conductor IRAM 2178: $1(3 \times 25/16) + PE(16)$ *aislación PVC*

Otros Circuitos Especiales (OCE 1, OCE 2, OCE 3, OCE 4, OCE 5, OCE

6)

Para este cálculo se considera la corrientes máximas en base a la potencias con el fin de dimensionar la fase.

1) Determinación de la corriente de proyecto I_B

De las tablas 4.3.3 y 4.3.4, obtenemos la corriente máxima la cual es afectada por el coeficiente de simultaneidad.

$$I_B = 16 A$$

2) Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible I_Z

$$I_Z \geq I_B$$

$$I_Z = I'_Z \cdot F_1 \cdot F_2 \geq I_B \quad \rightarrow \quad I'_Z = \frac{I_B}{F_1 \cdot F_2}$$

Temperatura ambiente $\rightarrow T = 45^\circ\text{C}$

$F_1 = 0,91$ (factor de corrección por temperatura ambiente distinta de 40°C)
(pág. 95 de La Reglamentación)

$F_2 = 0,7$ (factor de corrección por agrupamiento de circuitos monofásico o trifásico en un mismo caño.) (pág. 95 de La Reglamentación)

$$I'_Z = \frac{I_B}{F_1 \cdot F_2} = \frac{16}{0,91 \cdot 0,7} = 25,11 A$$

Para cables con conductor de cobre, que cumplen con las normas IRAM 247-3, aislación de PVC, de la pág. 94 de La Reglamentación se selecciona $I = 32 A$ con lo que la sección del conductor será 6 mm^2 .

$$I_Z = I'_Z \cdot F_t \cdot F_a = 32 \cdot 0,91 \cdot 0,7 = 20,38 A$$

3) Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección I_n

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$
$$16 A \leq I_n \leq 20,38 A$$

Del catálogo Schneider Electric se seleccionó $I_n = 20 A$, interruptor termomagnético bipolar P60N, curva C, clase 3, poder de corte 4500 A.

4) Verificación de la protección por sobrecarga

Para interruptores automáticos $I_2 = 1,45 \cdot I_n$, donde $I_n \leq 63 A$ (tiempo convencional 1 horas)

$$1,45 \cdot I_n \leq 1,45 \cdot I_Z$$
$$29 A \leq 29,55 A$$

5) Determinación de la corriente de cortocircuito máxima I''_k

Se calcula la resistencia del circuito terminal para luego calcular la corriente de cortocircuito en el extremo más alejado.

La distancia del TS2 al punto de consumo es $l = 1,5 m$.

$$R_{6-20^\circ C} = 2,97 \frac{\Omega}{km}$$

La resistencia del circuito será:

$$R_{6-70^\circ C} = R_{20^\circ C} \cdot (1 + \alpha \cdot (T_{70^\circ C} - 20))$$

$$R_{6-70^\circ C} = 3,08 \cdot (1 + 0,00393 \cdot (70 - 20)) = 3,68 \frac{\Omega}{km}$$

Luego, la resistencia del circuito terminal será:

$$R_{OCE1} = l \cdot R_{70-70^\circ C} = 2 \cdot 0,015 km \cdot 3,68 \frac{\Omega}{km} = 0,1104 \Omega$$

Con lo cual la impedancia hasta OCE1 es:

$$Z_C = \sqrt{(R_{LAD} + R_{CSG} + R_{CS2} + R_{OCE1})^2 + (X_T + X_{LAD})^2}$$
$$Z_C = \sqrt{(0,032 + 0,016 + 0,105 + 0,1104)^2 + (0,04 + 0,006)^2}$$
$$Z_C = 0,267 \Omega$$

Entonces la corriente de cortocircuito en bornes del tablero seccional es:

$$I''_{kTS} = \frac{220}{0,267} = 823,97 A$$

6) Verificación por la máxima exigencia térmica

Interruptores con corte $\leq 0,1 s$

$$K^2 \cdot S^2 \geq I^2 \cdot t$$

De la pág. 136 de La Reglamentación, para conductores de cobre con aislación de PVC, resulta $K = 115$.

De la pág. 232 de La Reglamentación, para interruptores automáticos de $16 A \leq I_n \leq 32 A$, con poder de corte de 4500 A, clase 3, curva C, obtenemos: $I^2 \cdot t = 39000 A^2 \cdot s$

$$K^2 \cdot S^2 \geq I^2 \cdot t$$

$$115^2 \cdot 6^2 \geq 39000$$

$$476100 \geq 39000$$

7) Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito $I_{k min}$

$$10 \cdot I_n < I_{k min}$$

$$200 A < 823,97 A$$

8) Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito

El punto más alejado del circuito tiene una longitud de $l = 1,5 m$.

La corriente que demanda la instalación: $I_B = 16A$

Resistencia del cable de cobre a 20°C, de sección $6 mm^2$ es:

$$R_{6-20^\circ C} = 2,97 \frac{\Omega}{km}$$

$$R_{6-70^\circ C} = R_{20^\circ C} \cdot (1 + \alpha \cdot (T_{70^\circ C} - 20))$$

$$R_{6-70^{\circ}\text{C}} = 2,97 \cdot (1 + 0,00393 \cdot (70 - 20)) = 3,55 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

El denominado “factor de potencia”, en circuitos de las características de los aquí utilizados, depende fundamentalmente de la carga conectada. A falta de valores más precisos utilizaré los siguientes: $\cos \varphi = 0,85$ y $\sin \varphi = 0,53$ propuestos por La Reglamentación en la pág. 141

$$\Delta U = 2 \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$$

$$\Delta U = 2 \cdot 16 \cdot 0,0015 \cdot (3,55 \cdot 0,85 + 0 \cdot 0,53)$$

$$\Delta U = 0,14 \text{ V}$$

Obtenemos un valor de 0,06% de caída de tensión

Conductor IRAM 247-3: $4(1 \times 6) + PE(6)$ *aislación PVC*

Otros Circuitos Especiales (OCE 7)

Para este cálculo se considera la corrientes máximas en base a la potencias con el fin de dimensionar la fase.

1) Determinación de la corriente de proyecto I_B

De las tablas 4.3.2, obtenemos la corriente máxima la cual es afectada por el coeficiente de simultaneidad.

$$I_B = 15 \text{ A}$$

2) Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible I_Z

$$I_Z \geq I_B$$

$$I_Z = I'_Z \cdot F_1 \cdot F_2 \geq I_B \quad \rightarrow \quad I'_Z = \frac{I_B}{F_1 \cdot F_2}$$

Temperatura ambiente → $T = 45^{\circ}\text{C}$

$F_1 = 0,91$ (factor de corrección por temperatura ambiente distinta de 40°C)
(pág. 95 de La Reglamentación)

$F_2 = 0,82$ (factor de reducción para agrupamiento de más de un circuito monofásico o trifásico o más de un cable multipolar. Una sola capa sobre una bandeja perforada horizontal o vertical.) (pág. 100 de La Reglamentación)

$$I'_Z = \frac{I_B}{F_1 \cdot F_2} = \frac{15}{0,91 \cdot 0,82} = 20,10 \text{ A}$$

Para cables con conductor de cobre, que cumplen con las normas IRAM 2178, aislación de PVC, de la pág. 96 de La Reglamentación se selecciona $I = 30 \text{ A}$ con lo que la sección del conductor será 4 mm^2 .

$$I_Z = I'_Z \cdot F_t \cdot F_a = 30 \cdot 0,91 \cdot 0,82 = 22,39 \text{ A}$$

3) Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección I_n

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$
$$15 \text{ A} \leq I_n \leq 22,39 \text{ A}$$

Del catálogo Schneider Electric se seleccionó $I_n = 16 \text{ A}$, interruptor termomagnético tetrapolar P60N, curva C, clase 3, poder de corte 4500 A.

4) Verificación de la protección por sobrecarga

Para interruptores automáticos $I_2 = 1,45 \cdot I_n$, donde $I_n \leq 63 \text{ A}$ (tiempo convencional 1 horas)

$$1,45 \cdot I_n \leq 1,45 \cdot I_Z$$
$$23,2 \text{ A} \leq 32,46 \text{ A}$$

5) Determinación de la corriente de cortocircuito máxima I''_k

Se calcula la resistencia del circuito seccional para luego calcular la corriente de cortocircuito en el extremo más alejado.

La distancia del TSG al punto de consumo es $l = 30 \text{ m}$.

$$R_{4-20^\circ\text{C}} = 4,61 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

La resistencia del circuito será:

$$R_{4-70^\circ\text{C}} = R_{20^\circ\text{C}} \cdot (1 + \alpha \cdot (T_{70^\circ\text{C}} - 20))$$

$$R_{4-70^\circ\text{C}} = 4,61 \cdot (1 + 0,00393 \cdot (70 - 20)) = 5,51 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Luego, la resistencia del circuito seccional será:

$$R_{OCE7} = l \cdot R_{70-70^\circ\text{C}} = 0,03 \text{ km} \cdot 5,51 \frac{\Omega}{\text{km}} = 0,165 \Omega$$

Con lo cual la impedancia hasta el tablero seccional es:

$$Z_C = \sqrt{(R_{LAD} + R_{CSG} + R_{OCE7})^2 + (X_T + X_{LAD})^2}$$
$$Z_C = \sqrt{(0,032 + 0,016 + 0,165)^2 + (0,04 + 0,006)^2}$$
$$Z_C = 0,218 \Omega$$

Entonces la corriente de cortocircuito en bornes del tablero seccional es:

$$I''_{kTS} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 0,218} = 1006,39 \text{ A}$$

6) Verificación por la máxima exigencia térmica

Interruptores con corte $\leq 0,1 \text{ s}$

$$K^2 \cdot S^2 \geq I^2 \cdot t$$

De la pág. 136 de La Reglamentación, para conductores de cobre con aislación de PVC, resulta $K = 115$.

De la pág. 232 de La Reglamentación, para interruptores automáticos de $I_n \leq 16 \text{ A}$, con poder de corte de 4500 A, clase 3, curva C, obtenemos: $I^2 \cdot t = 39000 \text{ A}^2 \cdot \text{s}$

$$K^2 \cdot S^2 \geq I^2 \cdot t$$

$$115^2 \cdot 2,5^2 \geq 30000$$

$$82656,25 \geq 39000$$

7) Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito $I_{k \min}$

$$10 \cdot I_n < I_{k \min}$$

$$160 A < 1006,39 A$$

8) Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito

El punto más alejado del circuito tiene una longitud de $l = 30 m$.

La corriente que demanda la instalación: $I_B = 15A$

Resistencia del cable de cobre a 20°C, de sección $4 mm^2$ es:

$$R_{4-20^\circ C} = 4,61 \frac{\Omega}{km}$$

$$R_{4-45^\circ C} = R_{20^\circ C} \cdot (1 + \alpha \cdot (T_{70^\circ C} - 20))$$

$$R_{4-45^\circ C} = 4,61 \cdot (1 + 0,00393 \cdot (70 - 20)) = 5,51 \frac{\Omega}{km}$$

El denominado “factor de potencia”, en circuitos de las características de los aquí utilizados, depende fundamentalmente de la carga conectada. A falta de valores más precisos utilizare los siguientes: $\cos \varphi = 0,85$ y $\sin \varphi = 0,53$ propuestos por La Reglamentación en la pág. 141

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 15 \cdot 0,03 \cdot (5,51 \cdot 0,85 + 0,099 \cdot 0,53)$$

$$\Delta U = 3,69 V$$

Obtenemos un valor de 0,97% de caída de tensión

Conductor IRAM 2178: $1(4 \times 4) + PE(4)$ *aislación PVC*

Circuitos de Tomas de Uso General (TUG 1, TUG 2, TUG 3)

Para este cálculo se considera la corrientes máximas en base a la potencias con el fin de dimensionar la fase.

1) Determinación de la corriente de proyecto I_B

De las tablas 4.3.2, 4.3.3 y 4.3.4, obtenemos la corriente máxima la cual es afectada por el coeficiente de simultaneidad.

$$I_B = 10 A$$

2) Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible I_Z

$$I_Z \geq I_B$$

$$I_Z = I'_Z \cdot F_1 \cdot F_2 \geq I_B \quad \rightarrow \quad I'_Z = \frac{I_B}{F_1 \cdot F_2}$$

Temperatura ambiente $\rightarrow T = 45^\circ\text{C}$

$F_1 = 0,91$ (factor de corrección por temperatura ambiente distinta de 40°C)
(pág. 95 de La Reglamentación)

$F_2 = 0,8$ (factor de corrección por agrupamiento de circuitos monofásico o trifásico en un mismo caño.) (pág. 95 de La Reglamentación)

$$I'_Z = \frac{I_B}{F_1 \cdot F_2} = \frac{10}{0,91 \cdot 1} = 13,74 A$$

Para cables con conductor de cobre, que cumplen con las normas IRAM 247-3, aislación de PVC, de la pág. 96 de La Reglamentación se selecciona $I = 21 A$ con lo que la sección del conductor será $2,5 \text{ mm}^2$.

$$I_Z = I'_Z \cdot F_t \cdot F_a = 21 \cdot 0,91 \cdot 0,8 = 15,28 A$$

3) Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección I_n

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$
$$10 A \leq I_n \leq 15,28 A$$

Del catálogo Schneider Electric se selecciono $I_n = 10 A$, interruptor termomagnético bipolar P60N, curva C, clase 3, poder de corte 4500 A.

4) Verificación de la protección por sobrecarga

Para interruptores automáticos $I_2 = 1,45 \cdot I_n$, donde $I_n \leq 63 A$ (tiempo convencional 1 horas)

$$1,45 \cdot I_n \leq 1,45 \cdot I_Z$$
$$14,5 A \leq 22,17 A$$

5) Determinación de la corriente de cortocircuito máxima I''_k

Se calcula la resistencia del circuito seccional para luego calcular la corriente de cortocircuito en el extremo más alejado.

La distancia del TS2 al punto de consumo es $l = 1,5 m$.

$$R_{2,5-20^\circ\text{C}} = 7,28 \frac{\Omega}{km}$$

La resistencia del circuito será:

$$R_{2,5-70^\circ\text{C}} = R_{20^\circ\text{C}} \cdot (1 + \alpha \cdot (T_{70^\circ\text{C}} - 20))$$

$$R_{2,5-70^\circ\text{C}} = 7,28 \cdot (1 + 0,00393 \cdot (70 - 20)) = 8,71 \frac{\Omega}{km}$$

Luego, la resistencia del circuito terminal será:

$$R_{TUG} = l \cdot R_{70-70^\circ\text{C}} = 2 \cdot 0,0015 km \cdot 8,71 \frac{\Omega}{km} = 0,026 \Omega$$

Con lo cual la impedancia hasta el tablero seccional es:

$$Z_C = \sqrt{(R_{LAD} + R_{CSG} + R_{CS2} + R_{TUG3})^2 + (X_T + X_{LAD})^2}$$
$$Z_C = \sqrt{(0,032 + 0,016 + 0,105 + 0,026)^2 + (0,04 + 0,006)^2}$$
$$Z_C = 0,185 \Omega$$

Entonces la corriente de cortocircuito en el extremo de TUG3 es:

$$I''_{kTS} = \frac{220}{0,185} = 1189,19 \text{ A}$$

6) Verificación por la máxima exigencia térmica

Interruptores con corte $\leq 0,1 \text{ s}$

$$K^2 \cdot S^2 \geq I^2 \cdot t$$

De la pág. 136 de La Reglamentación, para conductores de cobre con aislación de PVC, resulta $K = 115$.

De la pág. 232 de La Reglamentación, para interruptores automáticos de $I_n \leq 16 \text{ A}$, con poder de corte de 4500 A, clase 3, curva C, obtenemos: $I^2 \cdot t = 30000 \text{ A}^2 \cdot \text{s}$

$$K^2 \cdot S^2 \geq I^2 \cdot t$$

$$115^2 \cdot 2,5^2 \geq 30000$$

$$82656,25 \geq 30000$$

7) Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito $I_{k \min}$

$$10 \cdot I_n < I_{k \min}$$

$$100 \text{ A} < 1189,19 \text{ A}$$

8) Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito

El punto más alejado del circuito tiene una longitud de $l = 1,5 \text{ m}$.

La corriente que demanda la instalación: $I_B = 10 \text{ A}$

Resistencia del cable de cobre a 20°C, de sección $2,5 \text{ mm}^2$ es:

$$R_{2,5-20^\circ\text{C}} = 7,28 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$R_{2,5-70^{\circ}\text{C}} = R_{20^{\circ}\text{C}} \cdot (1 + \alpha \cdot (T_{70^{\circ}\text{C}} - 20))$$

$$R_{2,5-45^{\circ}\text{C}} = 7,28 \cdot (1 + 0,00393 \cdot (70 - 20)) = 8,71 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

El denominado “factor de potencia”, en circuitos de las características de los aquí utilizados, depende fundamentalmente de la carga conectada. A falta de valores más precisos utilizare los siguientes: $\cos \varphi = 0,85$ y $\sin \varphi = 0,53$ propuestos por La Reglamentación en la pág. 141

$$\Delta U = 2 \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$$

$$\Delta U = 2 \cdot 10 \cdot 0,0015 \cdot (8,71 \cdot 0,85 + 0 \cdot 0,53)$$

$$\Delta U = 0,22 \text{ V}$$

Obtenemos un valor de 0,1% de caída de tensión

Conductor IRAM 247-3: $2(1 \times 2,5) + PE(2,5)$ *aislación PVC*

Circuitos de Tomas de Uso Especial (TUE 1, TUE 2, TUE 3)

Para este cálculo se considera la corrientes máximas en base a la potencias con el fin de dimensionar la fase.

1) Determinación de la corriente de proyecto I_B

De las tablas 4.3.2, 4.3.3 y 4.3.4, obtenemos la corriente máxima la cual es afectada por el coeficiente de simultaneidad.

$$I_B = 16 \text{ A}$$

2) Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible I_Z

$$I_Z \geq I_B$$

$$I_Z = I'_Z \cdot F_1 \cdot F_2 \geq I_B \quad \rightarrow \quad I'_Z = \frac{I_B}{F_1 \cdot F_2}$$

Temperatura ambiente $\rightarrow T = 45^\circ\text{C}$

$F_1 = 0,91$ (factor de corrección por temperatura ambiente distinta de 40°C)
(pág. 95 de La Reglamentación)

$F_2 = 0,8$ (factor de corrección por agrupamiento de circuitos monofásico o trifásico en un mismo caño.) (pág. 95 de La Reglamentación)

$$I'_Z = \frac{I_B}{F_1 \cdot F_2} = \frac{16}{0,91 \cdot 0,8} = 21,98 \text{ A}$$

Para cables con conductor de cobre, que cumplen con las normas IRAM 247-3, aislación de PVC, de la pág. 96 de La Reglamentación se selecciona $I = 28 \text{ A}$ con lo que la sección del conductor será 4 mm^2 .

$$I_Z = I'_Z \cdot F_t \cdot F_a = 28 \cdot 0,91 \cdot 0,8 = 20,38 \text{ A}$$

3) Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección I_n

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$16 \text{ A} \leq I_n \leq 20,38 \text{ A}$$

Del catálogo Schneider Electric se seleccionó $I_n = 20 \text{ A}$, interruptor termomagnético bipolar P60N, curva C, clase 3, poder de corte 4500 A.

4) Verificación de la protección por sobrecarga

Para interruptores automáticos $I_2 = 1,45 \cdot I_n$, donde $I_n \leq 63 \text{ A}$ (tiempo convencional 1 horas)

$$1,45 \cdot I_n \leq 1,45 \cdot I_Z$$

$$23,2 \text{ A} \leq 29,55 \text{ A}$$

5) Determinación de la corriente de cortocircuito máxima I''_k

Se calcula la resistencia del circuito seccional para luego calcular la corriente de cortocircuito en el extremo más alejado.

La distancia del TS2 al punto de consumo es $l = 1,5 \text{ m}$.

$$R_{4-20^\circ\text{C}} = 4,55 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

La resistencia del circuito será:

$$R_{4-70^\circ\text{C}} = R_{20^\circ\text{C}} \cdot (1 + \alpha \cdot (T_{70^\circ\text{C}} - 20))$$

$$R_{4-70^\circ\text{C}} = 4,55 \cdot (1 + 0,00393 \cdot (70 - 20)) = 5,44 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Luego, la resistencia del circuito seccional será:

$$R_{TUE3} = l \cdot R_{70-70^\circ\text{C}} = 2 \cdot 0,0015 \text{ km} \cdot 5,44 \frac{\Omega}{\text{km}} = 0,016 \Omega$$

Con lo cual la impedancia hasta el tablero seccional es:

$$Z_C = \sqrt{(R_{LAD} + R_{CSG} + R_{CS2} + R_{TUE3})^2 + (X_T + X_{LAD})^2}$$
$$Z_C = \sqrt{(0,032 + 0,016 + 0,105 + 0,016)^2 + (0,04 + 0,006)^2}$$
$$Z_C = 0,175 \Omega$$

Entonces la corriente de cortocircuito en bornes del tablero seccional es:

$$I''_{kTS} = \frac{220}{0,175} = 1257,14 \text{ A}$$

6) Verificación por la máxima exigencia térmica

Interruptores con corte $\leq 0,1 \text{ s}$

$$K^2 \cdot S^2 \geq I^2 \cdot t$$

De la pág. 136 de La Reglamentación, para conductores de cobre con aislación de PVC, resulta $K = 115$.

De la pág. 232 de La Reglamentación, para interruptores automáticos de $I_n \leq 16 \text{ A}$, con poder de corte de 4500 A, clase 3, curva C, obtenemos: $I^2 \cdot t = 30000 \text{ A}^2 \cdot \text{s}$

$$K^2 \cdot S^2 \geq I^2 \cdot t$$

$$115^2 \cdot 4^2 \geq 30000$$

$$211600 \geq 30000$$

7) Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito $I_{k \min}$

$$10 \cdot I_n < I_{k \min}$$

$$200 \text{ A} < 1257,14 \text{ A}$$

8) Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito

El punto más alejado del circuito tiene una longitud de $l = 1,5 \text{ m}$.

La corriente que demanda la instalación: $I_B = 16 \text{ A}$

Resistencia del cable de cobre a 20°C, de sección 4 mm^2 es:

$$R_{4-20^\circ\text{C}} = 4,55 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$R_{4-70^\circ\text{C}} = R_{20^\circ\text{C}} \cdot (1 + \alpha \cdot (T_{70^\circ\text{C}} - 20))$$

$$R_{4-70^\circ\text{C}} = 4,55 \cdot (1 + 0,00393 \cdot (70 - 20)) = 5,44 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

El denominado “factor de potencia”, en circuitos de las características de los aquí utilizados, depende fundamentalmente de la carga conectada. A falta de valores más precisos utilizare los siguientes: $\cos \varphi = 0,85$ y $\sin \varphi = 0,53$ propuestos por La Reglamentación en la pág. 141

$$\Delta U = 2 \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$$

$$\Delta U = 2 \cdot 16 \cdot 0,0015 \cdot (5,44 \cdot 0,85 + 0 \cdot 0,53)$$

$$\Delta U = 0,22 \text{ V}$$

Obtenemos un valor de 0,1% de caída de tensión

Conductor IRAM 247-3: $2(1 \times 4) + PE(4)$ **aislación PVC**

Circuitos de Iluminación de Uso General (IUG 1, IUG 2, IUG 3, IUG_{ext})

Para este cálculo se considera la corrientes máximas en base a la potencias con el fin de dimensionar la fase.

1) Determinación de la corriente de proyecto I_B

De las tablas 4.3.2, obtenemos la corriente máxima la cual es afectada por el coeficiente de simultaneidad.

$$I_B = 6,13 A$$

2) Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible I_Z

$$I_Z \geq I_B$$
$$I_Z = I'_Z \cdot F_1 \cdot F_2 \geq I_B \quad \rightarrow \quad I'_Z = \frac{I_B}{F_1 \cdot F_2}$$

Temperatura ambiente $\rightarrow T = 45^\circ\text{C}$

$F_1 = 0,91$ (factor de corrección por temperatura ambiente distinta de 40°C)
(pág. 95 de La Reglamentación)

$F_2 = 0,8$ (factor de corrección por agrupamiento de circuitos monofásico o trifásico en un mismo caño.) (pág. 95 de La Reglamentación)

$$I'_Z = \frac{I_B}{F_1 \cdot F_2} = \frac{6,13}{0,91 \cdot 0,8} = 8,42 A$$

Para cables con conductor de cobre, que cumplen con las normas IRAM 247-3, aislación de PVC, de la pág. 96 de La Reglamentación se selecciona $I = 26 A$ con lo que la sección del conductor será 4 mm^2 .

$$I_Z = I'_Z \cdot F_t \cdot F_a = 26 \cdot 0,91 \cdot 0,8 = 18,93 A$$

3) Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección I_n

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$
$$6,13 A \leq I_n \leq 18,93 A$$

Del catálogo Schneider Electric se seleccionó $I_n = 10 A$, interruptor termomagnético bipolar P60N, curva C, clase 3, poder de corte 4500 A.

4) Verificación de la protección por sobrecarga

Para interruptores automáticos $I_2 = 1,45 \cdot I_n$, donde $I_n \leq 63 A$ (tiempo convencional 1 horas)

$$1,45 \cdot I_n \leq 1,45 \cdot I_Z$$
$$14,5 A \leq 22,17 A$$

5) Determinación de la corriente de cortocircuito máxima I''_k

Se calcula la resistencia del circuito seccional para luego calcular la corriente de cortocircuito en el extremo más alejado.

La distancia del TSG al punto de consumo es $l = 60 m$.

$$R_{4-20^\circ C} = 4,55 \frac{\Omega}{km}$$

La resistencia del circuito será:

$$R_{4-70^\circ C} = R_{20^\circ C} \cdot (1 + \alpha \cdot (T_{70^\circ C} - 20))$$

$$R_{4-70^\circ C} = 4,55 \cdot (1 + 0,00393 \cdot (70 - 20)) = 5,44 \frac{\Omega}{km}$$

Luego, la resistencia del circuito terminal será:

$$R_{IUE3} = l \cdot R_{70-70^\circ C} = 2 \cdot 0,06 km \cdot 5,44 \frac{\Omega}{km} = 0,652 \Omega$$

Con lo cual la impedancia hasta IUG3 es:

$$Z_C = \sqrt{(R_{LAD} + R_{CSG} + R_{IUG3})^2 + (X_T + X_{LAD})^2}$$
$$Z_C = \sqrt{(0,032 + 0,016 + 0,652)^2 + (0,04 + 0,006)^2}$$
$$Z_C = 0,707 \Omega$$

Entonces la corriente de cortocircuito en bornes del tablero seccional es:

$$I''_{kTS} = \frac{220}{0,707} = 311,17 A$$

6) Verificación por la máxima exigencia térmica

Interruptores con corte $\leq 0,1 s$

$$K^2 \cdot S^2 \geq I^2 \cdot t$$

De la pág. 136 de La Reglamentación, para conductores de cobre con aislación de PVC, resulta $K = 115$.

De la pág. 232 de La Reglamentación, para interruptores automáticos de $I_n \leq 16 A$, con poder de corte de 4500 A, clase 3, curva C, obtenemos: $I^2 \cdot t = 30000 A^2 \cdot s$

$$K^2 \cdot S^2 \geq I^2 \cdot t$$

$$115^2 \cdot 2,5^2 \geq 30000$$

$$82656,25 \geq 30000$$

7) Verificación de la actuación de la protección por corriente mínima de cortocircuito $I_{k min}$

$$10 \cdot I_n < I_{k min}$$

$$100 A < 311,17 A$$

8) Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito

El punto más alejado del circuito tiene una longitud de $l = 60 m$.

La corriente que demanda la instalación: $I_B = 6,13 A$

Resistencia del cable de cobre a 20°C, de sección $2,5 mm^2$ es:

$$R_{4-20^\circ C} = 4,55 \frac{\Omega}{km}$$

$$R_{4-70^\circ C} = R_{20^\circ C} \cdot (1 + \alpha \cdot (T_{70^\circ C} - 20))$$

$$R_{4-70^\circ C} = 4,55 \cdot (1 + 0,00393 \cdot (70 - 20)) = 5,44 \frac{\Omega}{km}$$

El denominado “factor de potencia”, en circuitos de las características de los aquí utilizados, depende fundamentalmente de la carga conectada. A falta de valores más precisos utilizare los siguientes: $\cos \varphi = 0,85$ y $\sin \varphi = 0,53$ propuestos por La Reglamentación en la pág. 141

$$\Delta U = 2 \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$$

$$\Delta U = 2 \cdot 6,13 \cdot 0,06 \cdot (5,44 \cdot 0,85 + 0 \cdot 0,53)$$

$$\Delta U = 3,4 \text{ V}$$

Obtenemos un valor de 1,54% de caída de tensión

Conductor IRAM 247-3: $2(1 \times 4) + PE(4)$ *aislación PVC*

5.1. Bibliografía.

1. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (Ed.). (1977). *Sistemas de seguridad para la identificación de cañerías*. (IRAM 2507) Buenos Aires: IRAM.
2. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (Ed.). (1982). *Colores y señales de seguridad. Colores y señales Fundamentales*. (IRAM 10005) Buenos Aires: IRAM.
3. Asociación Electrotécnica Argentina. (Ed.). (2006). *Reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles*. (AEA 90364-7-771). Buenos Aires: AEA.
4. Ente Nacional Regulador del Gas. (Ed.). (1989). *Disposiciones y normas para la ejecución de instalaciones domiciliarias de gas dispuestas por ENARGAS*. Buenos Aires: ENARGAS.
5. Higiene y Seguridad en el Trabajo. Ley N° 19587. (1972). Decreto N° 351/79. (1979). Republica Argentina.
6. Fernández, C. (Ed.). (1960). *Manual de Luminotecnia*. Buenos Aires: Westinghouse.
7. Llobera, R. R. (Ed.). (1982). *Tratado General de Gas alta, media, baja presión*. Buenos Aires: Cesarini Hnos.
8. Saldarriaga, J. (Ed.). (1998). *Hidráulica de las Tuberías*. Bogotá: Emma Ariza H.
9. Varetto, R. H. (Ed.). (2011). *Tuberías*. Buenos Aires: Alsina.
10. Vilorio, J. R. (Ed.). (2002). *Prontuario Básico de Fluidos*. Madrid: Paraninfo.
11. Industria Metalúrgica Sud Americana S.A. (Ed.). (2003). *Manual de Cables eléctricos*. Buenos Aires: Fontana Diseño.