
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL 
FACULTAD REGIONAL CONCEPCIÓN DEL URUGUAY
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO FINAL DE CARRERA (P F C)

Tomo II

“Memorias de cálculo”

Preparo: Guillermo E. Calabrese

Año: 2016

Listado Memorias de cálculo

- Iluminación
- Instalación eléctrica y puesta a tierra
- Instalación Neumática
- Instalación gas para soldadura

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL



FACULTAD REGIONAL CONCEPCIÓN DEL URUGUAY

Ingeniería electromecánica

PROYECTO FINAL DE CARRERA (P F C)

“Memorias de cálculo - Iluminación”

Índice

ILUMINACIÓN.....	4
Introducción.....	4
Planta Baja:.....	4
Planta Alta:.....	5
Resumen de requisitos de iluminación	5
Cálculo de Iluminación	6
Iluminación Interior	6
Marco Teórico.....	6
Cálculo aproximado del número de luminarias NL	6
Coeficiente de Utilización (<i>Cu</i>)	7
Índice del local (K):	7
Altura de montaje hm	7
Factor de mantenimiento (<i>fm</i>)	8
Factor de reflexión	8
Selección de luminaria.....	8
Selección de lámpara	9
Rendimiento del local (ηLo).....	9
Requisitos de iluminación según actividad.....	9
Desarrollo.....	10
Selección de luminarias y lámparas.....	10
Iluminación General Taller.....	10
Lámpara:.....	10
Iluminación Sala de preparación superficies, Pintado, Secado y Ensamble	10
Iluminación oficinas, sala de reuniones y espacios comunes	11
Cálculo del índice K.....	11
Obtención del rendimiento de local ηLo	12
El factor de mantenimiento:	13

G-1508Z- MEMORIAS DE CÁLCULO- ILUMINACIÓN - Rev01

Rev 0.1

Calculo de luminarias del proyecto	13
Obtención de potencia consumida por las luminarias.....	14
Verificación	14
Distribución de luminarias	15
Listado de Planos Iluminación	15

ILUMINACIÓN

Introducción

En la industria metalúrgica una de las principales razones para realizar un correcto cálculo de iluminación son los riesgos de trabajo como los accidentes y la salud visual de los operarios, que ocasionados por una deficiente o incorrecta iluminancia en los puestos de trabajo.

También hay que destacar que una persona que ve mejor trabaja mejor y esto ayuda a mejorar productividad de la misma.

Para los cálculos se tendrán en cuenta los requerimientos de la norma europea sobre iluminación para interiores UNE-EN12464-1, que cumple y supera los requisitos de la AADL (Asociación Argentina de Luminotecnia), que establece los límites de iluminación media E_m , índice de reproducción de colores R_a , índice de deslumbramiento unificado UGR, entre otros parámetros para cada actividad.

Para poder cumplir con la normativa se realiza el estudio de los requerimientos de cada sector, se estudian de forma independiente teniendo en cuenta la actividad que se realiza en los mismos. Para esto nos valemos del siguiente lay out

Planta Baja:

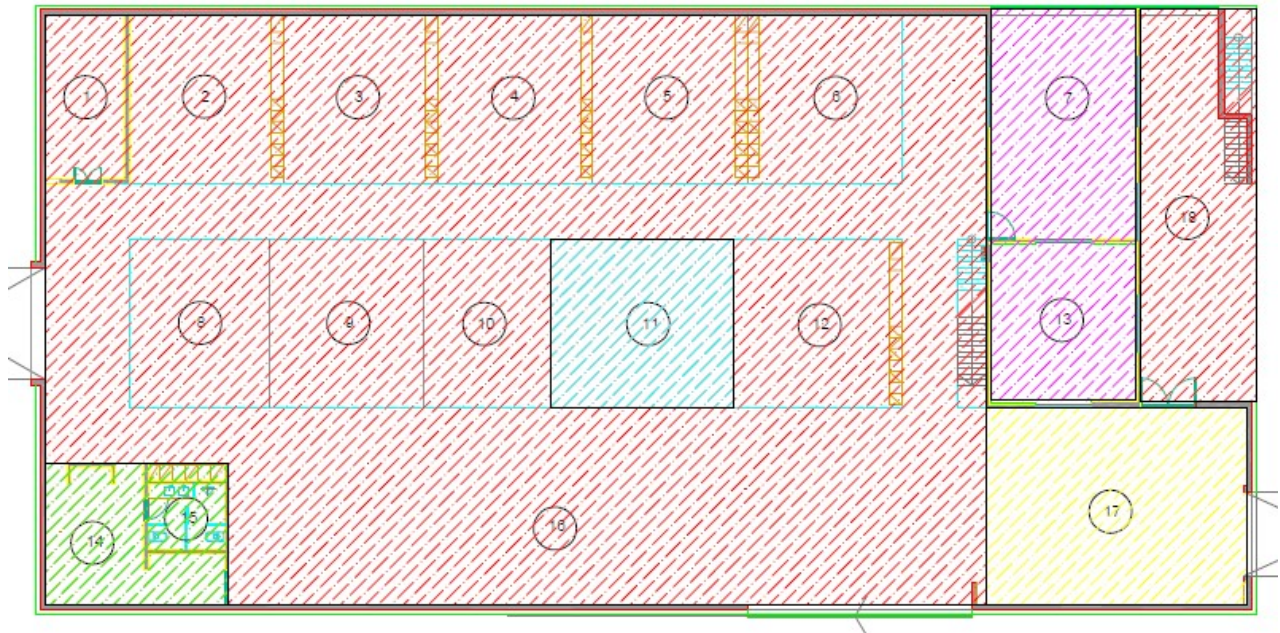


Figura N°1

Planta Alta: oficinas, sala de reunión

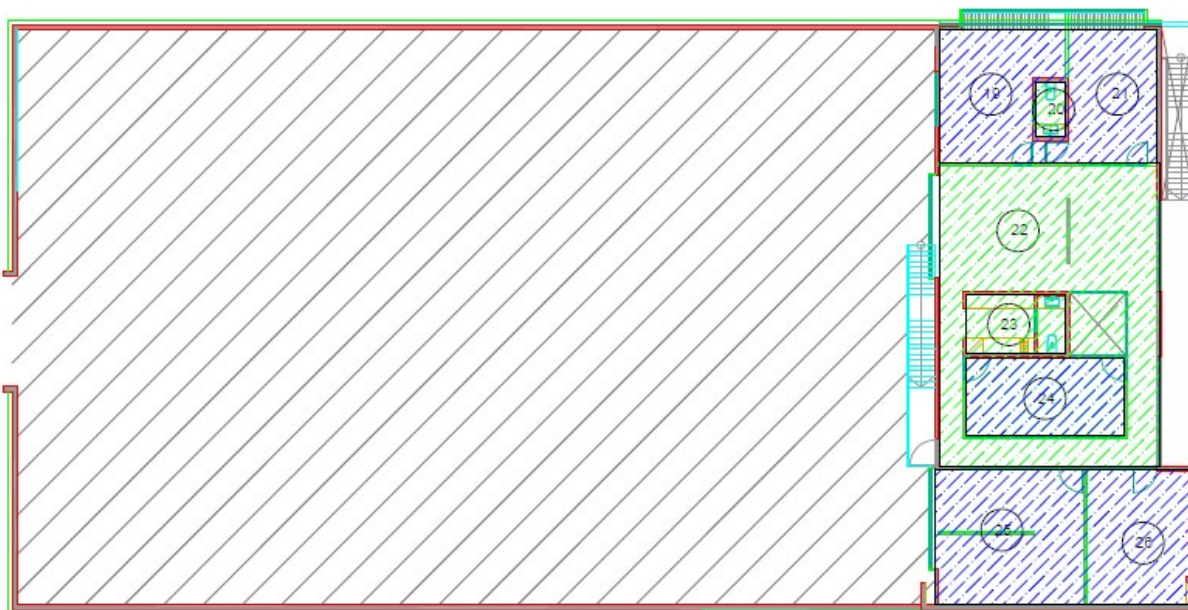


Figura N°2

Resumen de requisitos de iluminación

La siguiente tabla muestra los requerimientos normativos por cada área, identificados mediante el color de sombreado de las figuras 1 y2.

Color	Em [Lux]	UGR	Ra
	300	25	60
	200	25	80
	300	25	80
	750	25	80
	500	19	60
	500	19	80

Tabla N°1

Cálculo de Iluminación

Iluminación Interior

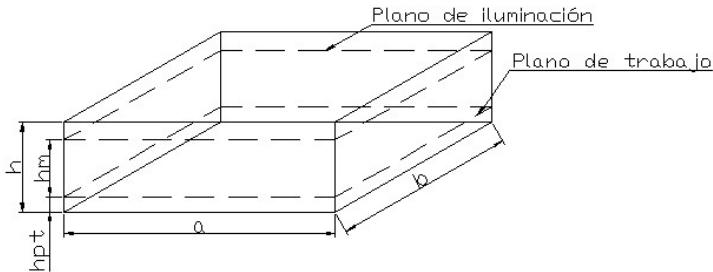
Marco Teórico

El cálculo de iluminación interior se basa en determinar el flujo luminoso total necesario (Φ), considerando un nivel medio de iluminancia (E_m) que corresponda con los valores tabulados según norma UNE-EN12464-1, en función a la actividad que se realizará en el local.

Los datos que se requieren son:

- Dimensiones del local.
- Valores de reflectancia de sus superficies.
- Indicador del comportamiento de la luminaria, llamado coeficiente de utilización.

El esquema aproximado del habitáculo es el siguiente:



Dónde:

a = ancho del local.

b = largo del local.

h = altura del local.

h_{pt} = altura del plano de trabajo.

h_m = altura de montaje de la luminaria sobre el plano de trabajo.

Cálculo aproximado del número de luminarias N_L

La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$N_L = \frac{E_m [\text{lux}] \times S [\text{m}^2]}{\eta_L \times \phi_L \times \eta_{Lo} \times F_m}$$

Dónde:

E_m = nivel de iluminación medio (en lux).

S = superficie a iluminar (en m²).

η_L = Rendimiento de la luminaria seleccionada

ϕ_L = flujo luminoso de la lámpara (en lúmenes).

η_{Lo} = Rendimiento del local.

F_m = Factor de mantenimiento.

Este flujo luminoso se ve afectado los coeficientes rendimiento de local y factor de mantenimiento (f_m), que se definen a continuación:

Coeficiente de Utilización (C_u)

Mide que porcentaje de la emisión luminosa total de una luminaria es aprovechada en un determinado local. Este porcentaje dependerá de las proporciones del local (Índice del local K), del poder reflectante de las superficies (reflectancias) según sus colores y texturas, del tipo de distribución luminosa de la luminaria y su rendimiento (η_L) y la altura del local (h).

Índice del local (K):

Para distribución con luz directa, semi-directa y mixta, el índice de local se calcula con la siguiente fórmula.

$$K = \frac{a \times b}{H \times (a + b)}$$

$$H = h_m - h_{pt}$$

a = ancho del local.

b = largo del local.

h = altura del local.

H = altura de cálculo.

h_{pt} = altura del plano de trabajo.

h_m = altura de montaje de la luminaria sobre el plano de trabajo.

Altura de montaje h_m

Solo aplicable a luminarias de alumbrado general del tipo suspendidas

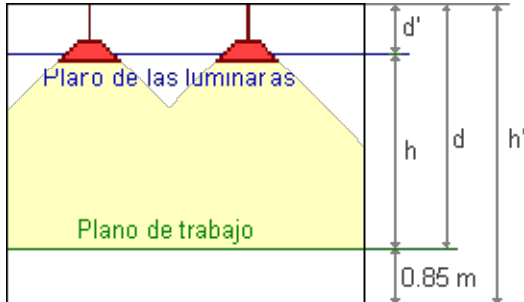
Mínima

$$h_m = \frac{2}{3} \times (h - h_{pt})$$

Preparó: Guillermo E Calabrese	Revisó:GP 15/05	Aprobó:	Página 7 de 15
-----------------------------------	-----------------	---------	----------------

Ideal

$$h_m = \frac{4}{5} \times (h - h_{pt})$$



$h = h_m$: altura entre el plano de trabajo y las luminarias

h' : altura del local

d : altura del plano de trabajo al techo

d' : altura entre el plano de trabajo y las luminarias

Factor de mantenimiento (f_m)

Este indicador tiene en cuenta la depreciación de las características fotométricas de las luminarias y el envejecimiento de las lámparas. Varía según las condiciones ambientales y la forma en que se efectúa el mantenimiento.

Tipo de mantenimiento	Factor de mantenimiento con relación a la luminaria
Bueno	0,75
Medio	0,65
Pésimo	0,55

Factor de reflexión

Color	Reflexión	Material	Reflexión
Blanco	0,70 – 0,85	Hormigón claro	0,30 – 0,50
Gris claro	0,40 – 0,50	Hormigón oscuro	0,15 – 0,25
Gris oscuro	0,10 – 0,20	Ladrillo claro	0,30 – 0,40
Marrón claro	0,30 – 0,40	Ladrillo oscuro	0,15 – 0,25
Marrón oscuro	0,10 – 0,20	Granito	0,15 – 0,25

Datos obtenidos del manual de luminotecnica Tomo II AADL (asociación argentina de luminotecnica)

Selección de luminaria

Se debe adoptar una luminaria que se adecue con el tipo de establecimiento y actividad que se realizará en el mismo.

Preparó: Guillermo E Calabrese	Revisó:GP 15/05	Aprobó:	Página 8 de 15
-----------------------------------	-----------------	---------	----------------

Otros indicadores a tener en consideración son la distribución luminosa y rendimiento de la luminaria. El tipo de distribución lumínica, se utiliza para la determinar del rendimiento del local (η_{Lo}), y el rendimiento de la luminaria (η_L) lo empleamos para determinar el factor de utilización (Cu).

Selección de lámpara

El tipo de lámpara a utilizar debe ser compatible con la luminaria adoptada.

Los datos relevantes de la lámpara son: tipo de lámpara (incandescente, fluorescente, de descarga, etc.), potencia, tensión, corriente, flujo, vida útil.

También es muy importante a la hora de la selección de la lámpara que la misma se ajuste a los requerimiento de la norma UNE-EN12464-1 en cuanto al índice de reproducción de colores (Ra)

Rendimiento del local (η_{Lo}).

El rendimiento del local se determina ingresando a la tabla que nos proporcionan los fabricantes de luminarias con el índice de local (K), y con los valores de reflexión de techo (ρ_T), pared (ρ_P) y piso (ρ_{Pi}) determinamos el rendimiento del local (η_{Lo}).

Si el valor de K no está tabulado, debemos interpolar entre sus valores más próximos.

Requisitos de iluminación según actividad

Los requerimientos de iluminación de cada sector se encuentran acorde a la norma UNE-EN12464-1.

Referencia UNE-EN1264-1	Tipo actividad	Em [Lux]	UGR	Ra [%]
1.2.4	Cuartos de baño, servicio	200	25	80
2.13.3	Soldadura	300	25	60
2.13.5	Mecanización de precisión	500	19	60
2.13.13	Preparación de superficies y pintura	750	25	80
2.6.5	Ensamblaje mecánico, eléctrico	300	25	80
2.8.4	Vestuario, área común	200	25	80
3.4	Puesto de trabajo CAD	500	19	80
3.5	Sala de conferencias y reuniones	500	19	80

Desarrollo

Selección de luminarias y lámparas

Iluminación General Taller

Para los sectores 1-6,8-12 y 16 considera el mismo requerimiento de iluminación general. Que corresponde a las tareas de soldadura descrita en la tabla "Requisitos de iluminación según actividad"

El sector 11 que corresponde a mecanizado, se trata de forma particular ya que el mismo tiene especificaciones luminotécnicas superiores que se logran mediante iluminación focalizada.



Se utilizarán reflectores tipo campana suspendidos de alto rendimiento para naves de gran altura, marca Philips modelo "Cabana HPK150" que utiliza lámparas de descarga de alta intensidad.

Lámpara:

La lámpara escogida es: Philips HPI Plus 400W 645 BU-P

Philips HPI Plus lámpara de halogenuros metálicos que produce un alto rendimiento lumínico.

Generan una elevada cantidad de luz, son muy eficientes y su ciclo de vida permite reducir el número de reemplazos. Ofrece una luz blanca (4500K). Su ciclo de vida es de 20000 horas de media, que le permitirán obtener un ahorro al verse reducidos los reemplazos.



Iluminación Sala de preparación superficies, Pintado, Secado y Ensamble

Sectores 7,13, 17 y 18.

Para los mismos se ha escogido el mismo tipo de artefacto y lámpara. No importa que sean diferentes los niveles de iluminancia media Em, porque esto se logra variando la cantidad de luminarias en cada área.

Preparó: Guillermo E Calabrese	Revisó:GP 15/05	Aprobó:	Página 10 de 15
-----------------------------------	-----------------	---------	-----------------

Se utiliza la línea "Pacific" de Philips que está diseñada a prueba de polvo, chorro de agua e impactos. Lo que se condice con los requerimientos para la sala de preparación de superficies y pintura, en la cual se lleva a cabo el lavado con desengrasante de las piezas para luego ser pintadas.



El modelo exacto es el Pacific TCW215 2X58W que permite montar dos tubos, consta de balastro electrónico que evita el efecto de Flicker.

Lámpara fluorescente Philips MASTER TL-D super 80 58W 865.

Esta lámpara brinda una excelente reproducción de colores Ra superior al 80% y una temperatura de luz de 6500°K que corresponde a la llamada luz día.

Iluminación oficinas, sala de reuniones y espacios comunes

Sectores 14,19-26

En los sectores de oficina es muy importante que la iluminación sea uniforme para evitar el deslumbramiento. Por eso se ha escogido el modelo "Savio" TCS760 de Philips que cumple con los requerimientos de la norma europea EN 12464-1 en cuanto a uniformidad, índice de deslumbramiento UGR <19, reproducción de colores Ra >80 y temperatura de luz 6500K



La misma está equipada con dos tubos fluorescentes Philips MASTER TL5 54W 865.

Cálculo del índice K

Cálculo del índice K						
Sector	Ancho a	Largo b	Altura de montaje Hm	Altura plano de trabajo Hpt	Altura de cálculo H	Índice K
Taller (1-6,8-12,14-16)	21	33,5	6	0,85	5,15	2,506458
7	8,2	5,13	3	0,85	2,15	1,467786
Preparó: Guillermo E Calabrese	Revisó:GP 15/05		Aprobó:		Página 11 de 15	

G-1508Z- MEMORIAS DE CÁLCULO- ILUMINACIÓN - Rev01

Rev 0.1

13	5,68	5,13	3	0,85	2,15	1,253723
14	5	3,5	3	0,85	2,15	0,957592
15	2,3	2,7	3	0,85	2,15	0,577674
17	7	9,2	3	0,85	2,15	1,848981
18	14	4,15	3	0,85	2,15	1,488885
19	4,85	4,58	3	0,85	2,15	1,095613
20	2	1,05	3	0,85	2,15	0,320244
21	4,85	3,25	3	0,85	2,15	0,905111
22	4,58	7,95	3	0,85	2,15	1,351584
23	2,16	3,63	3	0,85	2,15	0,629859
24	2,83	5,79	3	0,85	2,15	0,884136
25	4,93	5,39	3	0,85	2,15	1,197616
26	4,93	3,74	3	0,85	2,15	0,989147

Obtención del rendimiento de local η_{Lo}

Los datos referidos al rendimiento del local fueron obtenidos de la tabla de factor de utilización brindadas por el fabricante de la luminaria. (Ver anexo iluminación)

Factor de reflexión					
Sector	Techo ρ_t	Pared ρ_p	Piso ρ_{pi}	Índice K	Rendimiento del Local η_{Lo}
Taller (1-6,8-12,14-16)	0,3	0,3	0,1	2,51	0,68
7	0,7	0,3	0,2	1,47	0,41
13	0,7	0,3	0,2	1,25	0,37
14	0,7	0,5	0,2	0,96	0,41
15	0,7	0,5	0,2	0,58	0,3
17	0,7	0,3	0,2	1,85	0,43
18	0,7	0,3	0,2	1,49	0,4
19	0,7	0,5	0,3	1,10	0,44
20	0,7	0,5	0,3	0,32	0,32
21	0,7	0,5	0,3	0,91	0,42
22	0,7	0,5	0,3	1,35	0,48
23	0,7	0,5	0,3	0,63	0,33
24	0,7	0,5	0,3	0,88	0,41
25	0,7	0,5	0,3	1,20	0,46
26	0,7	0,5	0,3	0,99	0,425

El factor de mantenimiento:

Que utilizaremos en esta instalación será de $F_m = 0,75$. Este valor corresponde con un mantenimiento relativamente bueno, para tipo de luminarias abiertas y cerradas.

Calculo de luminarias del proyecto

La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$N_L = \frac{E_m[\text{lux}] \times S[\text{m}^2]}{\eta_L \times \phi_L \times \eta_{Lo} \times F_m}$$

Dónde:

E_m = nivel de iluminación medio (en lux).

S = superficie a iluminar (en m^2).

η_L = Rendimiento de la luminaria seleccionada

ϕ_L = flujo luminoso de la lámpara (en lúmenes).

η_{Lo} = Rendimiento del local.

F_m = Factor de mantenimiento.

$N^\circ lc$ = número de luminarias de cálculo

$N^\circ rl$ = número real de luminarias del proyecto

Cálculo aproximado de Luminarias										
Sector	Ancho a	Largo b	S [m2]	η_L	η_{Lo}	ϕ_{Lt}	Fm	E [lux]	N° lc	N° rl
Taller (1-6,8-12,14-16)	21	33,5	703,5	0,76	0,68	32500	0,75	300	16,75	18
7	8,2	5,13	42,066	0,67	0,41	10000	0,75	750	15,31	15
13	5,68	5,13	29,138	0,67	0,37	10000	0,75	750	11,75	12
14	5	3,5	17,5	0,54	0,41	8300	0,75	200	2,54	3
15	2,3	2,7	6,21	0,54	0,3	8300	0,75	200	1,232	1
17	7	9,2	64,4	0,67	0,43	10000	0,75	300	8,941	10
18	14	4,15	58,1	0,67	0,4	10000	0,75	300	8,672	8
19	4,85	4,58	22,213	0,54	0,44	8300	0,75	500	7,509	6
20	2	1,05	2,1	0,54	0,32	8300	0,75	200	0,39	1
21	4,85	3,25	15,763	0,54	0,42	8300	0,75	500	5,582	6
22	4,58	7,95	36,411	0,54	0,48	8300	0,75	200	4,513	5
23	2,16	3,63	7,8408	0,54	0,33	8300	0,75	200	1,414	2
24	2,83	5,79	16,386	0,54	0,41	8300	0,75	500	5,945	6
25	4,93	5,39	26,573	0,54	0,46	8300	0,75	500	8,592	8
26	4,93	3,74	18,438	0,54	0,425	8300	0,75	500	6,453	6

Obtención de potencia consumida por las luminarias

Para la determinación del consumo se tuvo en cuenta el requerimiento energético del equipo completo, es decir lámpara y balastro

Sector	N° Luminarias	Consumo [w]	Potencia [w]
Taller (1-6,8-12,14-16)	18	428	7704
7	15	110	1650
13	12	110	1320
14	3	118	354
15	1	118	118
17	10	110	1100
18	8	110	880
19	6	118	708
20	1	118	118
21	6	118	708
22	5	118	590
23	2	118	236
24	6	118	708
25	8	118	944
26	6	118	708
Potencia Total			17846

Verificación

Los datos obtenidos de forma manual nos brindan solo un panorama aproximado, ya que no se tienen en cuenta muchos factores como la curva de distribución lumínica de los artefactos, índice UGR entre otros. Para comprobar los cálculos anteriormente realizados se utilizara el software DIALUX 4.12

De la verificación surgen los siguientes datos, que serán los utilizados a lo largo del proyecto.

Sector	N° Luminarias	Modelo	Consumo [w]	Potencia [w]
Taller (1-6,8-12,14-16)	15	Cabana HPK150	428	6420
7	12	Pacific TCW215	110	1320
13	8	Pacific TCW215	110	880
14	3	Savio TCS760	118	354
15	1	Savio TCS760	118	118

Preparó: Guillermo E Calabrese	Revisó: GP 15/05	Aprobó:	Página 14 de 15
-----------------------------------	------------------	---------	-------------------------------

17	6	Pacific TCW215	110	660
18	6	Pacific TCW215	110	660
19	4	Savio TCS760	118	472
20	1	Savio TCS760	118	118
21	4	Savio TCS760	118	472
22	6	Savio TCS760	118	708
23	2	Savio TCS760	118	236
24	4	Savio TCS760	118	472
25	4	Savio TCS760	118	472
26	3	Savio TCS760	118	354
Potencia total				13716 W

Para mayor detalle de los cálculos, verificación de la iluminación media y curvas isolux dirigirse al anexo Iluminación. Donde se halla la verificación con el software y las curvas fotométricas de las luminarias.

Distribución de luminarias

La distribución de las luminarias en el proyecto se ha hecho con el criterio de maximizar la distribución lumínica Em (Iluminación máxima/iluminación mínima), manteniendo este factor lo más cercano a 0,5 en lo posible.

Los datos de instalación se pueden encontrar en los planos de iluminación taller y oficinas, como así también en el anexo iluminación "Verificación mediante software DIALux 4.12"

Listado de Planos Iluminación

- B-1508Z-I-001 Rev0.0 Iluminación taller
- B-1508Z-I-002 Rev0.0 Iluminación oficinas

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL 
FACULTAD REGIONAL CONCEPCIÓN DEL URUGUAY
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO FINAL DE CARRERA (P F C)

“Memorias de cálculo-Instalación eléctrica”

Índice

Instalación eléctrica.....	5
Potencia instalada maquinaria y tomas	5
Potencia instalada Iluminación	6
Iluminación Taller.....	6
Iluminación Oficinas.....	6
Tableros seccionales.....	7
Tableros seccionales A,B,C.....	7
Tablero seccional D	7
Tablero seccional E	8
Descripción de los tableros seccionales.....	8
Determinación de la demanda de la instalación	8
Factor de utilización máxima (Ku).....	9
Factor de simultaneidad (ks).....	9
Calculo de las demandas	9
Tabla de cálculo de demanda máxima.....	10
Análisis de los datos obtenidos	11
Demanda por sector	11
Demanda por Tableros Seccionales	12
Demanda tablero Principal	12
Tableros eléctricos	13
Disposición de los tableros	13
Esquema disposición de tableros	14
Esquema disposición Bandejas	15
Calculo de conductores.....	15
Tablero Principal - Tableros sectoriales.....	15
Sección mínima teórica aconsejable	15
Distancias de cálculo tablero principal tableros seccionales.....	16

Determinación de la sección mínima teórica aconsejable.....	16
Intensidad admisible.....	17
Características de los conductores Sintenax Valio:.....	17
Intensidad máxima admisible según el fabricante	18
Factor de corrección por temperatura (Fct)	18
Factor de corrección por agrupamiento (Fca).....	18
Selección de conductores	19
Calculo de la caída de tensión real de la línea.	20
Tableros sectoriales – Consumos	20
Selección de conductores.....	21
Calculo de la caída de tensión real de la línea	23
Máxima caída de tensión	24
Protecciones	24
Corriente de carga máxima: Ib.....	24
Corriente máxima permitida: Iz	24
Intensidades máximas	25
Valores prácticos para un esquema de protección.....	25
Calculo de corrientes de corto circuito.....	26
Tabla de resultados	27
Selección de interruptores termo magnéticos.....	27
Interruptores	28
Tablero principal.....	28
Tableros seccionales.....	28
Selección y verificación de protecciones sectoriales por tablero seccional.....	30
Tablero A.....	30
Tablero B.....	30
Tablero C.....	31
Tablero D (Iluminación taller).....	31

G-1508Z- MEMORIAS DE CÁLCULO- INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Rev 0.1

Tablero E (Oficinas).....	31
Selectividad.....	31
Selectividad total.....	32
Selectividad parcial.....	32
Sin selectividad.....	32
Tabla de selectividad.....	33
Tablero Principal.....	33
Protecciones diferenciales.....	34
Medidas de protección contra contactos indirectos	34
Accesorios	35
Juego de barras.....	35
Gabinetes tableros.....	36
Calculo de las bandejas porta cables.....	36
Cálculo de la bandeja.....	37
Tomacorrientes industriales.....	38
Puestos de trabajo	38
Determinación de los tomacorrientes	38
Selección de Tomas.....	39
Diseño de puesta a tierra (PAT)	39
Esquema de Conexión a Tierra	39
Resistencia Puesta a tierra reglamentaria	40
Diseño Puesta a tierra.	41
Selección de las jabalinas	41
Selección de la cámara de inspección	42
Sección del conductor puesta a tierra y protección	42
Resistencia de propagación:	43
Cálculo de la resistencia de tierra	45
Listado Planos Eléctricos	45

Instalación eléctrica

Para poder comenzar con el cálculo y desarrollo de la misma lo primero que se realizó fue el relevamiento de las cargas preponderantes. Se utilizó como referencia la figura 1 y 2, en donde se muestran los diferentes sectores de la metalúrgica. De ese análisis surgen las siguientes tablas

Potencia instalada maquinaria y tomas

Código	Sector	Descripción	Potencia Aparente [Va]	Potencia Activa [W]	Cos fi	Tensión
TUE	1	Tomas uso especial TUE	3300	2640	0,8	220
C-SM-E-01-02		Soldadora Mig-Mag Tauro PC450 URSUS	19800	15840	0,8	380
C-SM-E-02-02	2	Soldadora Mig-Mag Tauro PC450 URSUS	19800	15840	0,8	380
C-AC-E-01-02		Amoladora chica	1294,12	1100	0,85	220
C-TA-E-01-02		Taladro	1066,67	800	0,75	220
C-SM-E-01-03		Soldadora Mig-Mag Tauro PC450 URSUS	19800	15840	0,8	380
C-SM-E-02-03	3	Soldadora Mig-Mag Tauro PC450 URSUS	19800	15840	0,8	380
C-AC-E-01-03		Amoladora chica	1294,12	1100	0,85	220
C-TA-E-01-03		Taladro	1066,67	800	0,75	220
C-SM-E-01-04		Soldadora Mig-Mag Tauro PC450 URSUS	19800	15840	0,8	380
C-SM-E-02-04	4	Soldadora Mig-Mag Tauro PC450 URSUS	19800	15840	0,8	380
C-AC-E-01-04		Amoladora chica	1294,12	1100	0,85	220
C-TA-E-01-04		Taladro	1066,67	800	0,75	220
C-SM-E-01-05		Soldadora Mig-Mag Tauro PC450 URSUS	19800	15840	0,8	380
C-SM-E-02-05	5	Soldadora Mig-Mag Tauro PC450 URSUS	19800	15840	0,8	380
C-AG-E-01-05		Amoladora Grande	2588,24	2200	0,85	220
C-TA-E-01-05		Taladro	1066,67	800	0,75	220
C-SM-E-01-06		Soldadora Mig-Mag Tauro PC450 URSUS	19800	15840	0,8	380
C-SM-E-02-06	6	Soldadora Mig-Mag Tauro PC450 URSUS	19800	15840	0,8	380
C-AC-E-01-06		Amoladora chica	1294,12	1100	0,85	220
C-HI-E-01-07	7	hidrolavadora	2073,17	1700	0,82	220
C-AC-E-01-07		Amoladora chica	1294,12	1100	0,85	220
C-PO-E-01-09		Pantógrafo oxicorte	10190,22	8152,17	0,8	380
C-PL-E-01-09	9	Plasma Hypertherm powermax 65	10201,78	9589,67	0,94	380
C-PL-E-02-09		Plasma Hypertherm powermax 65	13492,68	12683,12	0,94	380
C-AG-E-01-09		Amoladora Grande	2588,24	2200	0,85	220
C-PE-E-01-10	10	Plegadora	12941,18	11000	0,85	380
C-TO-E-01-11		Torno 20Hp	20208,67	16571,11	0,82	380
C-TO-E-02-11	11	Torno 10Hp	10356,94	8285,56	0,8	380
C-SE-E-01-11		Serrucho	1116,40	971,26	0,87	380
C-TB-E-01-11		Taladro de banco	803,16	642,53	0,8	220

G-1508Z- MEMORIAS DE CÁLCULO- INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Rev 0.1

C-AC-E-01-13	13	Amoladora chica	1294,12	1100	0,85	220
TUG	14 y 15	Tomas Monofásicos TUG	2200	1760	0,8	220
C-SM-E-01-16		Soldadora Mig-Mag Tauro PC450 URSUS	19800	15840	0,8	380
C-SM-E-02-16	16	Soldadora Mig-Mag Tauro PC450 URSUS	19800	15840	0,8	380
C-CO-E-01-16		Compresor	7705,24	6395,35	0,83	380
C-AC-E-01-16		Amoladora chica	1294,12	1100	0,85	220
C-PH-E-01-17	17	prensa hidráulica 20hp	21677,33	17341,86	0,8	380
TUE	18	Tomas uso especial TUE	3300	2640	0,8	220
Potencia Taller KVA			375,67			
TUG	19-22	Tomas Monofásicos TUG	2200	1760	0,8	220
TUE	23 y 24	Tomas uso especial TUE	3300	2640	0,8	220
TUG	25 y 26	Tomas Monofásicos TUG	2200	1760	0,8	220
Potencia Oficinas KVA			7,7			

Potencia instalada Iluminación

Estos consumos fueron obtenidos de los cálculos luminotécnicos hechos de forma manual y de su posterior verificación mediante el software DIALux 4.12. Ver calculo luminotécnico y su anexo "Iluminación"

Iluminación Taller

Sector	N° Luminarias	Consumo [w]	Potencia Activa [w]	Cos Fi	Potencia Aparente [VA]
(1-6,8-12,14-16)	15	428	6420	0,85	7552,94
7	12	110	1320	0,92	1434,78
13	8	110	880	0,92	956,52
14	3	118	354	0,92	384,78
15	1	118	118	0,92	128,26
17	6	110	660	0,92	717,39
18	6	110	660	0,92	717,39
Consumo Total			10,41 kW		11,89 kVA

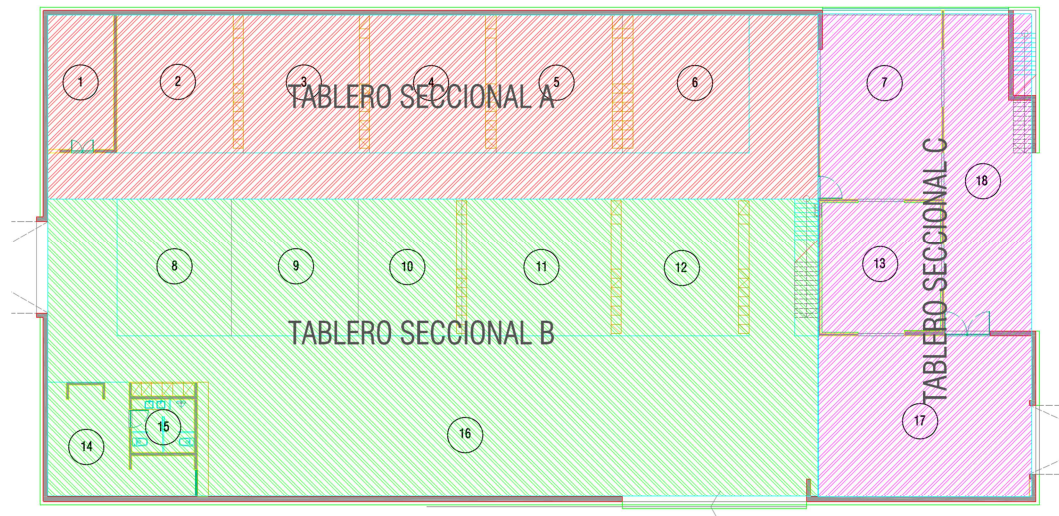
Iluminación Oficinas

Sector	N° Luminarias	Consumo [w]	Potencia Activa [w]	Cos Fi	Potencia Aparente[VA]
19	4	118	472	0,92	513,04
20	1	118	118	0,92	128,26
21	4	118	472	0,92	513,04
22	6	118	708	0,92	769,57
23	2	118	236	0,92	256,52
24	4	118	472	0,92	513,04
25	4	118	472	0,92	513,04
26	3	118	354	0,92	384,78
Consumo Total			3,30 kW		3,59 kVA

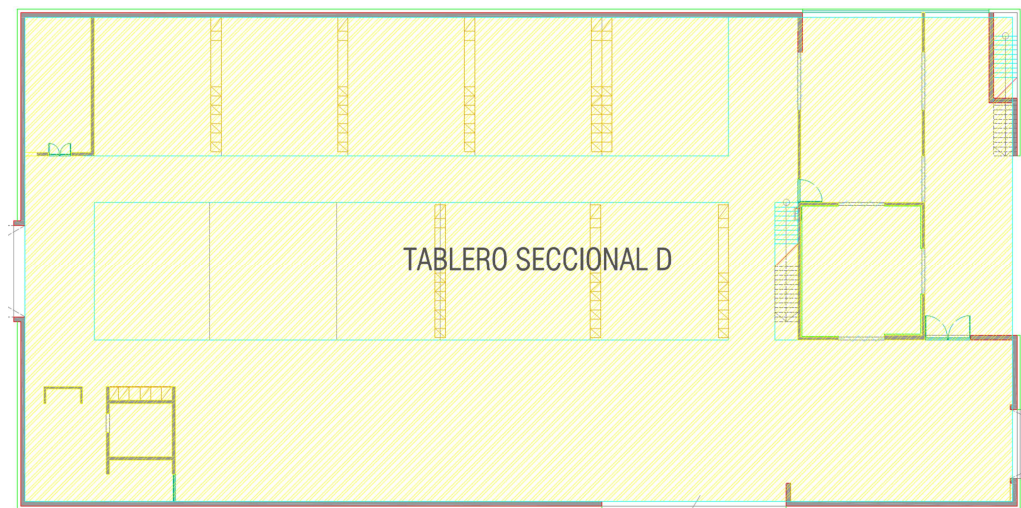
Tableros seccionales

Para que la instalación sea más eficiente, ordenada e intuitiva se decidió por la sectorización en cinco tableros los cuales albergan los diferentes circuitos de carga. A continuación se brindan croquis esquemático que muestra lo que se comentó anteriormente.

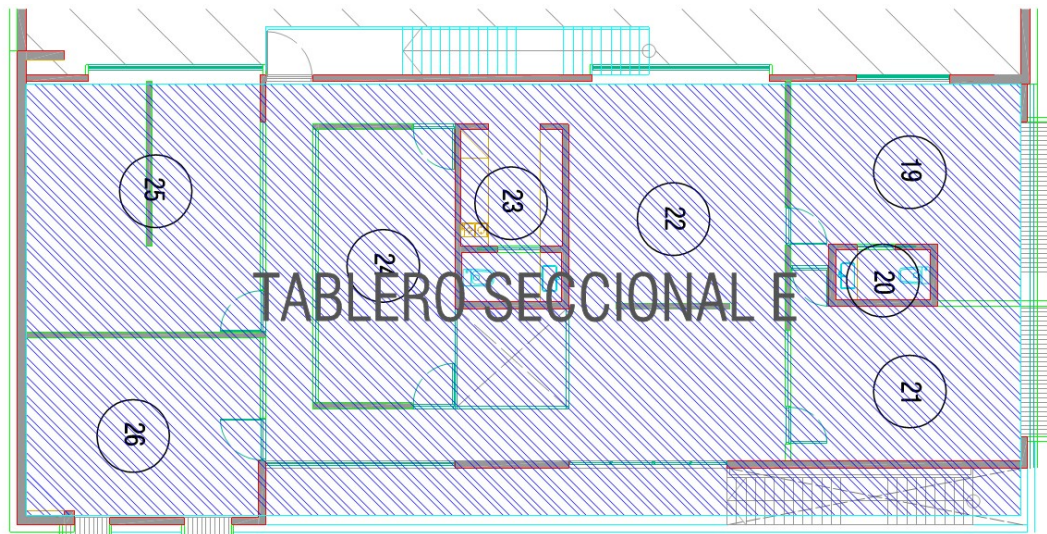
Tableros seccionales A,B,C



Tablero seccional D (Iluminación taller)



Tablero seccional E



Descripción de los tableros seccionales

Tablero A: Sectores 1 al 6

Consumos caracterizados principalmente por equipos de soldadura Mig-Mag y herramientas manuales.

Tablero B: Sectores 8 al 12 y 14 al 16

Abarca variados consumos entre los que se encuentran corte por plasma, pantógrafo, plegadora, tornos, compresor y soldadoras Mig-Mag entre otros.

Tablero C: Sectores 7, 13, 17 y 18

Su principal demanda viene dado por la prensa para realizar las uniones hidráulicas

Tablero D: Sectores 1 al 18 (iluminación taller)

Tiene a cargo toda la potencia consumida por la iluminación del taller

Tablero E: Sectores 19 al 26

Alimenta el área de oficinas incluyendo la iluminación

Determinación de la demanda de la instalación

Para diseñar la instalación se debe evaluar la demanda máxima de potencia que se solicita al sistema.

Un diseño que simplemente se base en la suma aritmética de todas las cargas existentes en la instalación sería extremadamente caro y poco práctico desde el punto de vista de la ingeniería. Por eso se trabajara con dos factores que tienen en cuenta el grado de utilización K_u , que es aplicado a las cargas puntuales y la simultaneidad de las cargas K_s , que es

Preparó: Guillermo E Calabrese	Revisó: GP 15/05	Aprobó:	Página 8 de 46
-----------------------------------	------------------	---------	----------------

diferente en cada nivel de la instalación, partiendo desde los puestos de trabajo hasta el tablero principal.¹

Los valores de los factores proporcionados están basados en la experiencia y en los registros extraídos de las instalaciones.

Factor de utilización máxima (Ku)

En condiciones normales de funcionamiento, el consumo de potencia de una carga es a veces inferior que la indicada como potencia nominal, una circunstancia bastante común que justifica la aplicación de un factor de utilización (ku) en la estimación de los valores reales. Este factor se le debe aplicar a cada carga individual, con especial atención a los motores eléctricos, que raramente funcionan con carga completa.

En instalaciones industriales:

Ku= 0,75 para los motores

Ku= 1 para iluminación

Para circuitos de tomas de corriente, el factor depende totalmente del tipo de aplicación por lo que la evaluación se debe hacer para cada caso en particular

Factor de simultaneidad (ks)

Es una práctica no es común que el funcionamiento simultáneo de todas las cargas instaladas. Es decir, siempre hay cierto grado de variabilidad y este hecho se tiene en cuenta a nivel de estimación mediante el uso del factor de simultaneidad (ks).

El factor ks se aplica a cada grupo de cargas ya sean sectoriales, tableros secundarios o principales.

Calculo de las demandas

Nomenclatura

Ku = Factor de utilización máxima

Ks1= Factor de simultaneidad sectorial

Ks2= Factor de simultaneidad tableros secundarios

Ks3= Factor de simultaneidad tablero principal

PA= Potencia aparente de la carga

DMPA1= Demanda máxima de potencia aparente individual afectada por Ku

DMPA2= Demanda máxima de potencia aparente sectorial

DMPA2= Demanda máxima de potencia aparente tableros secundarios

DMPAT= Demanda máxima de potencia aparente en el tablero principal

¹ Guía de diseño de instalaciones eléctricas Según normas internacionales IEC60364 ISBN 84-609-8658-6

G-1508Z- MEMORIAS DE CÁLCULO- INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Rev 0.1

Tabla de cálculo de demanda máxima

SECTOR		POTENCIA		Ku	DMPA1 [kVA]	Ks1	DMPA2 [kVA]	Ks2	DMPA3 [kVA]	Ks3	DMPAT [kVA]
	Descripción	PA [VA]									
1	TUE	3300		1	3,3	0,7	2,31	TABLERO SECCIONAL A Ks=0,9	80,54		
2	C-SM-E-01-02	19800		0,8	15,84	0,5	16,76				
	C-SM-E-02-02	19800		0,8	15,84						
	C-AC-E-01-02	1294,12		0,8	1,04						
	C-TA-E-01-02	1066,67		0,75	0,8						
3	C-SM-E-01-03	19800		0,8	15,84	0,5	16,76				
	C-SM-E-02-03	19800		0,8	15,84						
	C-AC-E-01-03	1294,12		0,8	1,04						
	C-TA-E-01-03	1066,67		0,75	0,8						
4	C-SM-E-01-04	19800		0,8	15,84	0,5	16,76				
	C-SM-E-02-04	19800		0,8	15,84						
	C-AC-E-01-04	1294,12		0,8	1,04						
	C-TA-E-01-04	1066,67		0,75	0,8						
5	C-SM-E-01-05	19800		0,8	15,84	0,5	17,28				
	C-SM-E-02-05	19800		0,8	15,84						
	C-AG-E-01-05	2588,24		0,8	2,07						
	C-TA-E-01-05	1066,67		0,75	0,8						
6	C-SM-E-01-06	19800		0,8	15,84	0,6	19,63				
	C-SM-E-02-06	19800		0,8	15,84						
	C-AC-E-01-06	1294,12		0,8	1,04						
9	C-PO-E-01-09	10190,22		0,90	9,17	0,7	21,05				
	C-PL-E-01-09	10201,78		0,80	8,16						
	C-PL-E-02-09	13492,68		0,80	10,79						
	C-AG-E-01-09	2588,24		0,75	1,94						
10	C-PE-E-01-10	12941,18		0,75	9,71	1	9,71	TABLERO SECCIONAL B Ks= 0,9	67,64		
11	C-TO-E-01-11	20208,67		0,75	15,16	0,7	17,09				
	C-TO-E-02-11	10356,94		0,75	7,77						
	C-SE-E-01-11	1116,40		0,80	0,89						
	C-TB-E-01-11	803,16		0,75	0,60						
14 y 15	TUG	2200		1	2,2	0,7	1,54	TABLERO SECCIONAL C KS=0,9	19,74		
16	C-SM-E-01-16	19800		0,8	15,84	0,65	25,77				
	C-SM-E-02-16	19800		0,8	15,84						
	C-CO-E-01-16	7705,24		0,90	6,93						
	C-AC-E-01-16	1294,12		0,8	1,04						
7	C-HI-E-01-07	2073,17		1	2,07	0,75	2,33				
	C-AC-E-01-07	1294,12		0,8	1,04						
13	C-AC-E-01-13	1294,12		0,8	1,04	1	1,04	TABLERO SECCIONAL D KS=1	11,89		
17	C-PH-E-01-17	21677,33		0,75	16,26	1	16,26				
18	TUE	3300		1	3,3	0,7	2,31	TABLERO SECCIONAL E KS=0,8	7,19		
19-22	TUG	2200,00		1	2,2	0,7	1,54				
23 y 24	TUE	3300		1	3,3	0,7	2,31				
25 y 26	TUG	2200		1	2,2	0,7	1,54				
Iluminación											
19	"Savio" TCS760	513,04		1	0,51	1	0,51	TABLERO SECCIONAL E KS=0,8	7,19		
20	"Savio" TCS760	128,26		1	0,13	1	0,13				
21	"Savio" TCS760	513,04		1	0,51	1	0,51				
22	"Savio" TCS760	769,57		1	0,77	1	0,77				
23	"Savio" TCS760	256,52		1	0,26	1	0,26				
24	"Savio" TCS760	513,04		1	0,51	1	0,51				
25	"Savio" TCS760	513,04		1	0,51	1	0,51				
26	"Savio" TCS760	384,78		1	0,38	1	0,38				
(1-6,8-12,14-16)	Cabana HPK150	7552,94		1	7,55	1	7,55	TABLERO SECCIONAL D KS=1	11,89		
14	"Savio" TCS760	384,78		1	0,38	1	0,38				
15	"Savio" TCS760	128,26		1	0,13	1	0,13				
7	Pacific TCW215 2X58W	1434,78		1	1,43	1	1,43				
13	Pacific TCW215 2X58W	956,52		1	0,96	1	0,96				
17	Pacific TCW215 2X58W	717,39		1	0,72	1	0,72				
18	Pacific TCW215 2X58W	717,39		1	0,72	1	0,72				
		398,85			324,04		207,46		187,00	Total	168,30

Preparó:
Guillermo E Calabrese

Revisó: GP 15/05

Aprobó:

Página 10 de 46

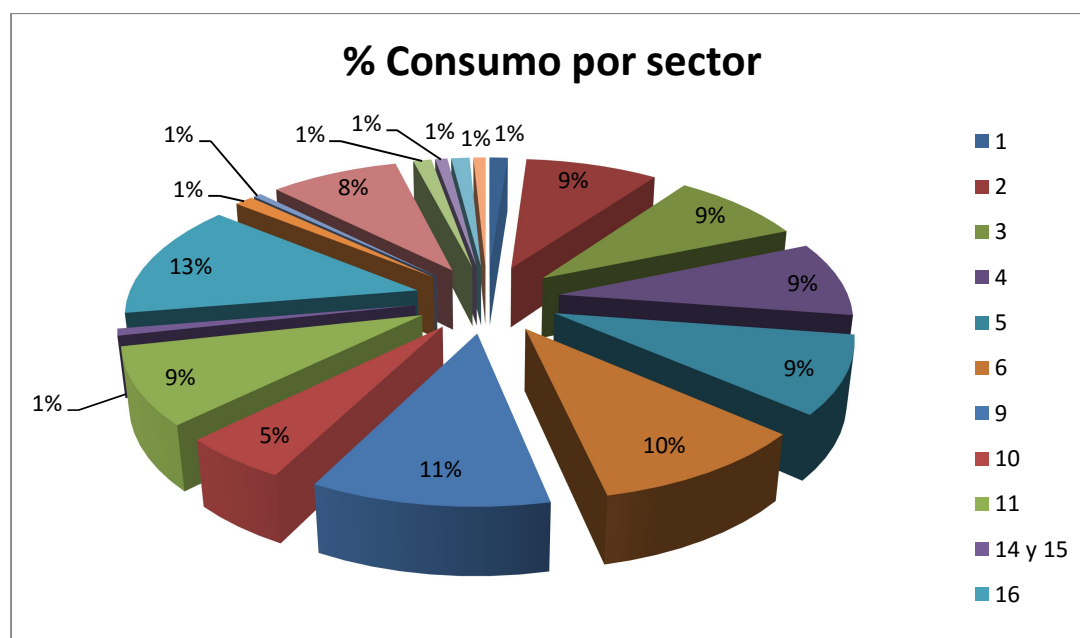
Análisis de los datos obtenidos

Demanda por sector

Se consideró solo la fuerza motriz. La potencia instalada para iluminación no, ya que trabaja en circuitos totalmente independientes

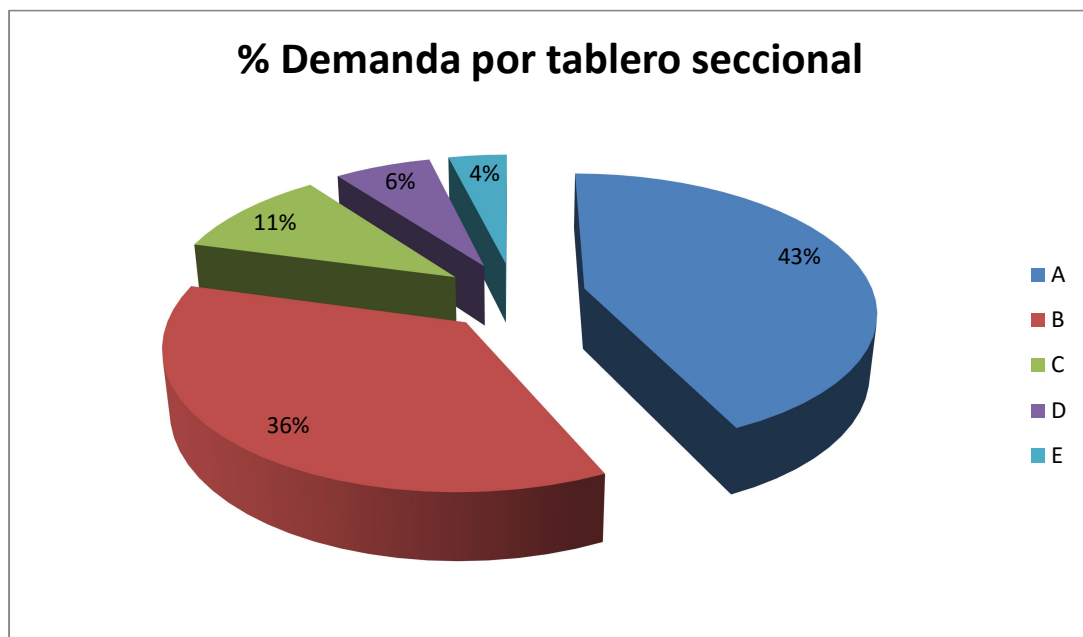
Estos datos se utilizaran para calcular los conductores y luego las protecciones

Demanda por sector	
Sectores	Demanda [Kva]
1	2,31
2	16,76
3	16,76
4	16,76
5	17,28
6	19,63
9	21,05
10	9,71
11	17,09
14 y 15	1,54
16	25,77
7	2,33
13	1,04
17	16,26
18	2,31
19-22	1,54
23y24	2,31
25 y 26	1,54



Demanda por Tableros Seccionales

Demanda por sector	
Tablero	Demanda [Kva]
TA	80,54
TB	67,64
TC	19,74
TD	11,89
TE	7,19



Demanda tablero Principal (TP)

La potencia máxima calculada mediante los factores de utilización y simultaneidad es de 168kVA, debe destacarse que se partió de una potencia total instalada mucho mayor cercano a los 399kVa. Los que nos da un coeficiente global de la instalación de $F_g=0,42$ lo que puede parecer un valor demasiado pequeño, pero está dentro de lo previsto para una metalúrgica donde dicho valor no debería superar nunca $F_g=0,6$ y tampoco ser menor a 0,4.

Tableros eléctricos ²

Aspectos generales:

- Los tableros deben poseer un dispositivo en su cabecera que actúe como corte general.
- Los tableros se instalan en lugares secos, ambientes normales, de fácil acceso y alejados de otras instalaciones.
- Delante de la superficie frontal del tablero habrá un espacio libre suficiente para facilitar la realización de trabajos y operaciones, el que no será menor que 1 metro. Para tableros con puerta se adopta una distancia, con puertas abiertas, no menor a 0,5 metros.
- El recinto donde se ubica el tablero debe disponer de iluminación artificial adecuada para operar en forma segura y efectiva los dispositivos de maniobra y poder leer los instrumentos con facilidad. La intensidad luminosa exigida es de 200lx, medido a un metro del nivel del piso sobre el frente del tablero.
- El tablero principal debe instalarse dentro de la propiedad, a una distancia de la caja de medidor individual o del gabinete de medidores no superior a los 2 metros.
- Los tableros seccionales deben instalarse en lugares de fácil localización, con buen nivel de iluminación y a una altura adecuada, tal que facilite el accionamiento de los elementos de maniobra y protección, no debiendo interponerse obstáculos que dificulten su acceso.
- Todo tablero eléctrico deberá llevar en su frente el logotipo, marcado de forma indeleble, que prevenga la existencia de riesgo de choque eléctrico de acuerdo a la norma IRAM. Además deberá llevar en el frente del mismo la identificación "TABLERO ELECTRICO PRINCIPAL" o "TABLERO ELECTRICO SECCIONAL" según corresponda, en caracteres de fácil lectura.
- Los elementos de maniobra y protección deben ser interruptores automáticos tetrapolares o bipolares según corresponda ,con todos los polos protegidos.(incluyendo el neutro).

Disposición de los tableros

El tablero principal está ubicado en el Sector 17, por ser el lugar más cercano al medidor de energía de la compañía distribuidora. Siempre respetando la distancia máxima de 2m

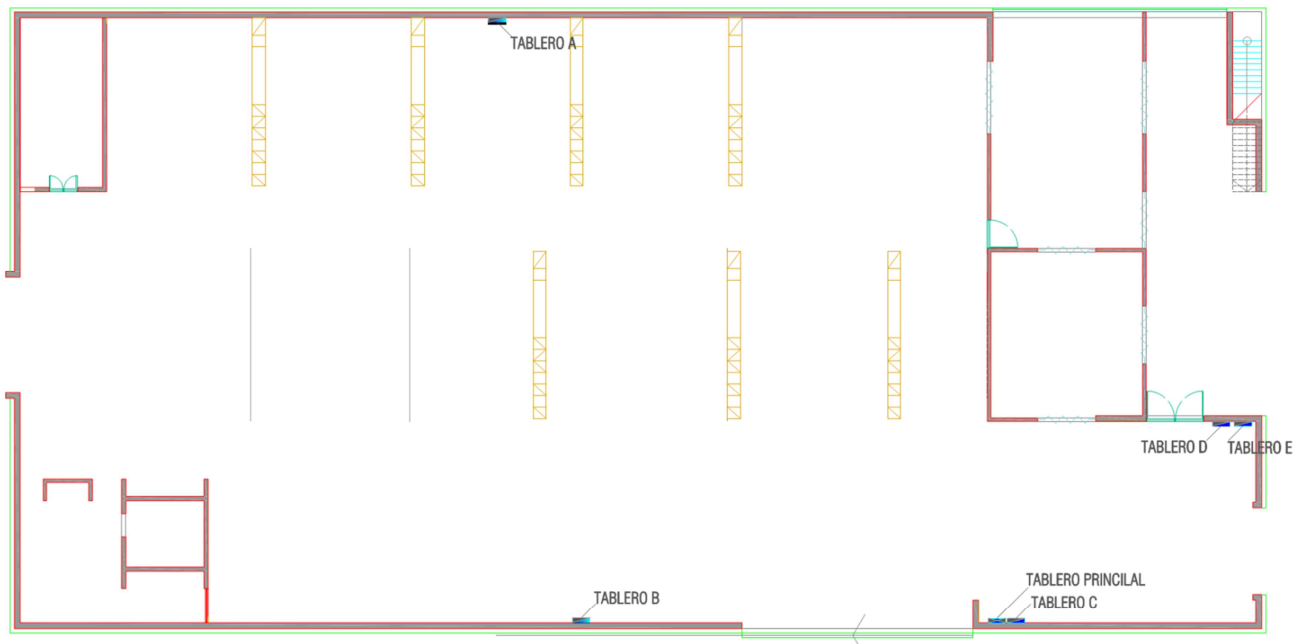
² Reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles AEA Sección 771.20

Preparó: Guillermo E Calabrese	Revisó:GP 15/05	Aprobó:	Página 13 de 46
-----------------------------------	-----------------	---------	-----------------

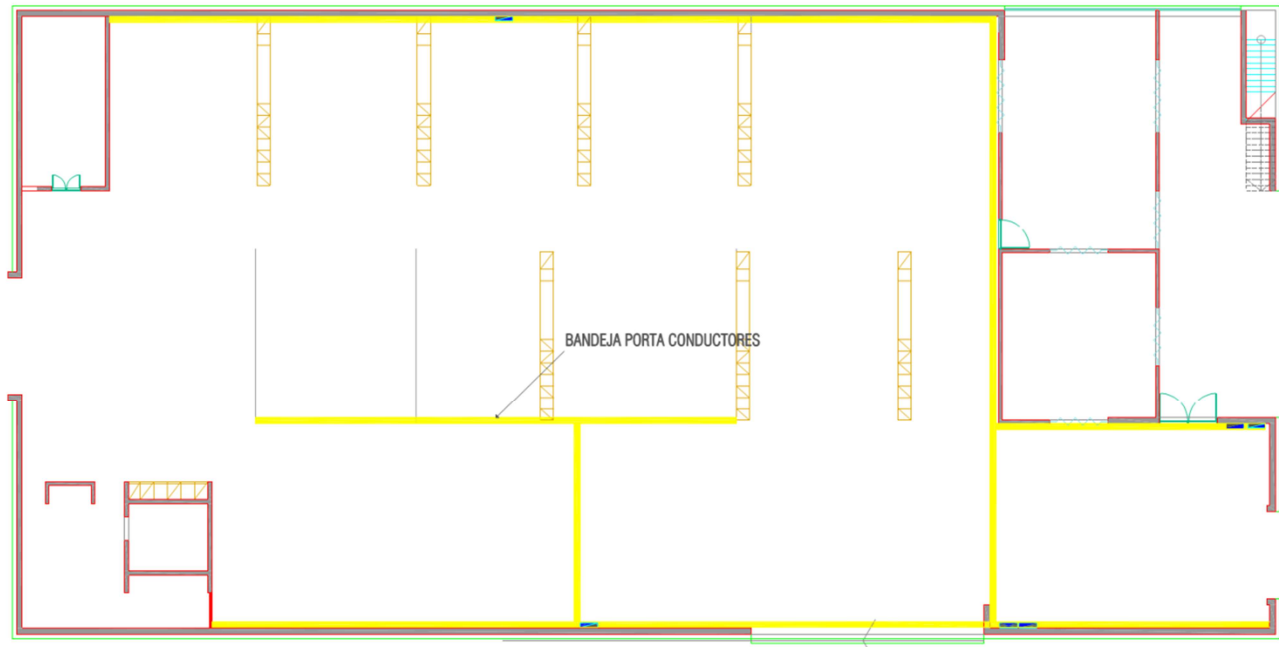
entre medidor y tablero exigido por la normativa de la AEA. Este alimenta los tableros seccionales, que se encuentran ubicados en función del consumo y su accesibilidad.

Disposición de los tableros	
Tablero	Sector
TP	17
TA	4
TB	16
TC	17
TD	17
TE	17

Esquema disposición de tableros



Esquema disposición Bandejas



Calculo de conductores

Tablero Principal - Tableros sectoriales

Para hacer una primera aproximación se realizara el cálculo de sección mínima aconsejable se debe tener en cuenta los requerimientos normativos de la reglamentación de la AEA.

La máxima caída de tensión admisible entre los bornes del tablero principal y cualquier punto de la instalación no debe superar los siguientes valores:³

- Circuitos de iluminación 3%
- Alimentación de motores en régimen 5% y 15% durante el arranque

Sección mínima teórica aconsejable

Ecuación a aplicar

$$S_{min} \geq \frac{K \times I \times L \times \rho_{cond} \times \cos \varphi}{\Delta U}$$

³ Reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles AEA Sección 771.13

Donde

S_{min} = Sección mínima del conductor [mm^2]

K = factor según tipo de instalación

K = 2 Circuitos monofásicos

K = $\sqrt{3}$ Circuitos trifásicos

L = longitud del conductor [m]

ρ_{cond} = Resistividad del conductor

$$\rho_{cu} = \frac{1}{58} \frac{\Omega mm^2}{m}$$

ΔU = caída de tensión en voltios [V]

Distancias de cálculo tablero principal tableros seccionales

Tablero	Distancia [m]
TA	44
TB	20
TC	5
TD	22
TE	22,5

Determinación de la sección mínima teórica aconsejable

Se adoptó un ΔU del 2% para todos los circuitos menos para el D que es un circuito exclusivo de iluminación.

Tablero	ΔU %	Tensión [V]	ΔU [V]	Corriente [A]	L [m]	Cos ϕ	Smin [mm^2]
TA	2	380	7,6	122,37	44,00	0,8	16,93
TB	2	380	7,6	102,77	20,00	0,8	6,46
TC	2	380	7,6	29,99	5,00	0,8	0,47
TD	1	380	3,8	18,06	22,00	0,85	2,65
TE	2	380	7,6	10,92	22,50	0,8	0,77

Los valores de sección teórica calculados anteriormente son extremadamente pequeños por lo que se deduce que la caída de tensión no será determinante para la selección final de la sección de los conductores.

Intensidad admisible

Se seleccionaran conductores tetrapolares de cobre dispuestos sobre bandeja perforada o escalera, de la marca Prysmian, de la familia de cables Sintenax Valio

Características de los conductores Sintenax Valio:

Cables diseñados para distribución de energía en baja tensión en edificios e instalaciones industriales, en tendidos subterráneos o sobre bandejas. Especialmente aptos para instalaciones en industrias y empleos donde se requiera amplia maniobrabilidad y seguridad ante la propagación de incendios.

Normativas

IRAM 2178, IEC 60502-1

Tensión nominal de servicio: 0,6 /1,1KV

Ensayos de fuego:

No propagación de la llama: IRAM NM IEC 60332-1; NFC 32070-C2.

No propagación del incendio: IRAMNM IEC 60332-3-24; IEEE 383/74.

Certificaciones

Todos los cables de Prysmian están elaborados con Sistema de Garantía de Calidad bajo normas ISO 9001 - 2000 certificadas por la UCIEE

Aislante

PVC especial, de elevadas prestaciones eléctricas y mecánicas.

Colores de aislamiento:

Unipolares: Marrón

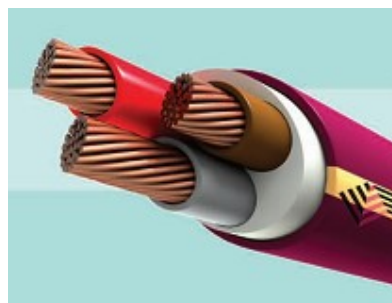
Bipolares: Marrón / Celeste

Tripolares: Marrón / Negro / Rojo

Tetrapolares: Marrón / Negro / Rojo / Celeste

Pentapolares: Marrón / Negro / Rojo / Celeste /

Verde-Amarillo



Intensidad por tablero seccional

Tablero	Tensión [V]	Corriente [A]
TA	380	122,37
TB	380	102,77
TC	380	29,99
TD	380	18,06
TE	380	10,92

Intensidad máxima admisible según el fabricante

Datos Eléctricos

Sección nominal	Método B1 y B2 Caño Embutido en pared Caño a la vista		Método C Bandeja no perforada o de fondo sólido		Método E Bandeja perforada	
mm ²	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1,5	14	13	17	15	19	16
2,5	20	17	23	21	26	22
4	26	23	31	28	35	30
6	33	30	40	36	44	37
10	45	40	55	50	61	52
16	60	54	74	66	82	70
25	78	70	97	84	104	88
35	97	86	120	104	129	110
50	-	103	146	125	157	133
70	-	130	185	160	202	170
95	-	156	224	194	245	207
120	-	179	260	225	285	240
150	-	-	299	260	330	278
185	-	-	341	297	378	317
240	-	-	401	350	447	374
300	-	-	461	403	516	432

(1) Un cable bipolar.
 (2) Un cable tripolar o tetrapolar
 (3) Un cable bipolar o dos cables unipolares
 (4) Un cable tripolar o tetrapolar o tres cables unipolares
 (5) Un cable bipolar
 (6) Un cable tripolar o tetrapolar

Factor de corrección por temperatura (Fct)

Temperatura de servicio θ_s (en °C)	Temperatura ambiente (θ_t) (en °C)										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Aislación PVC	1,40	1,34	1,29	1,22	1,15	1,08	1	0,91	0,82	0,70	0,57
Aislación XLPE	1,26	1,23	1,19	1,14	1,10	1,05	1	0,96	0,90	0,83	0,78

Factor de corrección por agrupamiento (Fca)

En la tabla siguiente se indican los factores de corrección a aplicar en los agrupamientos de varios circuitos constituidos por cables unipolares o multipolares, de acuerdo con el tipo de instalación.

Cantidad de circuitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	Métodos de Instalación
Agrupados en aire, sobre una superficie, embutidos o encerrados	1	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	A1, A2, B1, B2, D1 y D2
Una sola capa, sobre pared, piso o bandeja no perforada	1	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	0,70	0,70	0,70	C
Una sola capa fijada debajo de cielorraso	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61	0,61	0,61	C
Una sola capa sobre bandeja perforada horizontal o vertical	1	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	E y F
Una sola capa sobre bandeja tipo escalera o engrampada	1	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	E y F

Los factores Fct y Fca afectan la intensidad máxima que se puede transportar, dando una intensidad admisible menor a la brindada por la tabla **intensidad máxima admisible según el fabricante**

$$I_{Admi2} = I_{Admi} \times Fct \times Fca$$

Se asume para el desarrollo del proyecto que la temperatura ambiente es de 40°C, por lo cual no se realiza corrección por temperatura.

El factor de corrección por agrupamiento que se utilizara es de Fca=0,8 que corresponde al método de instalación E y a 5 circuitos contiguos.

Selección de conductores

Iadm= Intensidad máxima admitida

Iadm2= Intensidad corregida según los factores Fct y Fca

Tablero	Corriente [A]	Sección[mm ²]	I _{Admi} [A]	Fca	I _{Admi2} [A]
TA	122,37	70	170	0,8	136
TB	102,77	70	170	0,8	136
TC	29,99	10	52	0,8	41,6
TD	18,06	6	37	0,8	29,6
TE	10,92	6	37	0,8	29,6

En conductor del tablero B se escogió de 70 mm² para poder brindar un factor de reserva que pueda ser utilizado en el futuro. Se analizó la alternativa de 50 mm², pero el mismo estaba en sus límites de prestaciones según el método de tendido E y el factor de agrupamiento Fca.

Calculo de la caída de tensión real de la línea.

Fórmula de cálculo

$$\Delta U = K \times I \times L \times (r \times \cos \varphi + x \times \sin \varphi)$$

Donde

K = Factor igual a 2 en Circuitos monofásicos y $\sqrt{3}$ para circuitos trifásicos

L = Longitud del conductor kilometros [km]

r = Resistencia eléctrica del conductor $[\frac{\Omega}{km}]$

x = Reactancia de los conductores $[\frac{\Omega}{km}]$

ΔU = Caída de tensión en voltios [V]

Tablero	Corriente	Sección [mm ²]	L [m]	Cos ϕ	Sin ϕ	$r \frac{\Omega}{km}$	$x \frac{\Omega}{km}$	K	ΔU [V]	$\Delta U\%$
TA	122,37	4x70	44,0	0,8	0,6	0,321	0,0736	$\sqrt{3}$	2,81	0,74
TB	102,77	4x70	20,0	0,8	0,6	0,321	0,0736	$\sqrt{3}$	1,07	0,28
TC	29,99	4x10	5,0	0,8	0,6	2,29	0,086	$\sqrt{3}$	0,49	0,13
TD	18,06	4x6	22,0	0,85	0,53	3,95	0,0901	$\sqrt{3}$	3,50	0,62
TE	10,92	4x6	22,5	0,8	0,6	3,95	0,0901	$\sqrt{3}$	2,04	0,36

Tableros sectoriales – Consumos

Resumen de los consumos por tablero sectorial

TABLERO SECCIONAL TA				
SECTOR	Potencia [kVA]	Tensión [V]	Cos ϕ	Corriente [A]
1	2,31	220	0,8	10,50
2	16,76	380	0,8	25,46
3	16,76	380	0,8	25,46
4	16,76	380	0,8	25,46
5	17,28	380	0,8	26,25
6	19,63	380	0,8	29,82

TABLERO SECCIONAL TB				
SECTOR	Potencia [kVA]	Tensión [V]	Cos ϕ	Corriente [A]
9	21,05	380	0,8	31,98
10	12,94	380	0,8	19,66
11	17,09	380	0,8	25,97
14 y 15	1,54	220	0,8	7,00
16	25,77	380	0,8	39,16

TABLERO SECCIONAL TC

SECTOR	Potencia [kVA]	Tensión [V]	Cos ϕ	Corriente [A]
7	2,33	220	0,8	10,60
13	1,04	220	0,8	4,71
17	16,26	380	0,8	24,70
18	2,31	220	0,8	10,50

TABLERO SECCIONAL TD Iluminación

SECTOR	Potencia [kVA]	Tensión [V]	Cos ϕ	Corriente [A]
7,13,17,18	3,83	380	0,92	5,81
14, 15	0,51	220	0,92	2,33
Taller				
Fase R	2,52	220	0,85	11,45
Fase S	2,52	220	0,85	11,45
Fase T	2,52	220	0,85	11,45

TABLERO SECCIONAL TE Oficinas

SECTOR	Potencia [kVA]	Tensión [V]	Cos ϕ	Corriente [A]
19-22	2,2	220	0,8	10,00
23 y 24	3,3	220	0,8	15,00
25 y 26	2,2	220	0,8	10,00
Iluminación				
19-22	1,92	220	0,92	8,73
23-26	1,67	220	0,92	7,59

Selección de conductores

Método E: Bandeja perforada o Bandeja tipo escalera

Fca=0,79 que corresponde al método de instalación E y a 6 circuitos contiguos.

Iadm= Intensidad máxima admitida

Iadm2= Intensidad corregida según los factores Fct y Fca

TABLERO SECCIONAL TA

SECTOR	Corriente [A]	Sección[mm ²]	I _{Admi} [A]	Fca	I _{Admi2} [A]
1	10,50	2X2,5	26	0,82	21,32
2	25,46	4x10	52	0,82	42,64
3	25,46	4x10	52	0,82	42,64
4	25,46	4x10	52	0,82	42,64
5	26,25	4x10	52	0,82	42,64
6	29,02	4x10	52	0,82	42,64

La sección 4x10 en los sectores 4-6, se escogió para poder cumplir con una correcta protección de la instalación, ya que las termo magnéticas de la marca Schneider vienen en calibre normalizado 25 y 32A. No pudiéndose usar las de calibre 25 por ser menor a la corriente nominal que transporta el conductor y la protección de 32A sobrepasa la corriente admisible en un conductor 4X6 que es de $I_2=30,34A$, por eso se debió seleccionar la sección inmediata superior.

TABLERO SECCIONAL TB

SECTOR	Corriente [A]	Sección[mm^2]	I_{Admi} [A]	Fca	I_{Admi2} [A]
9	31,98	4x10	52	0,82	42,64
10	19,66	4x10	52	0,82	42,64
11	25,97	4x10	52	0,82	42,64
14 y 15	7,00	2x2,5	26	0,82	21,32
16	39,16	4x10	52	0,82	42,64

TABLERO SECCIONAL TC

SECTOR	Corriente [A]	Sección[mm^2]	I_{Admi} [A]	Fca	I_{Admi2} [A]
7	10,60	2x2,5	26	0,82	21,32
13	4,71	2x2,5	26	0,82	21,32
17	24,70	4x10	52	0,82	42,64
18	10,50	2x2,5	26	0,82	21,32

TABLERO SECCIONAL TD (Iluminación)

SECTOR	Corriente [A]	Sección[mm^2]	I_{Admi} [A]	Fca	I_{Admi2} [A]
7,13,17,18	5,81	4x2,5	22	0,82	18,04
14, 15	2,33	2x2,5	26	0,82	21,32
Taller					
Fase R	11,45	2x6	44	0,82	36,08
Fase S	11,45	2x6	44	0,82	36,08
Fase T	11,45	2x6	44	0,82	36,08

TABLERO SECCIONAL TE (Oficinas)

SECTOR	Corriente [A]	Sección[mm^2]	I_{Admi} [A]	Fca	I_{Admi2} [A]
19-22	10,00	2x2,5	26	0,82	21,32
23 y 24	15,00	2x2,5	26	0,82	21,32
25 y 26	10,00	2x2,5	26	0,82	21,32
Iluminación					
19-22	8,73	2x4	35	0,82	28,7
23-26	7,59	2x2,5	26	0,82	21,32

Calculo de la caída de tensión real de la línea

TABLERO SECCIONAL TA

SECTOR	Corriente	Sección[mm ²]	L [m]	Cos φ	Sin φ	$r_{\frac{\Omega}{km}}$	$x_{\frac{\Omega}{km}}$	K	ΔU [V]	ΔU%
1	10,5	2X2,5	25,0	0,8	0,6	9,55	0,0995	2	4,04	1,06
2	25,46	4x10	17,0	0,8	0,6	2,29	0,086	√3	2,41	0,37
3	25,46	4x10	11,0	0,8	0,6	2,29	0,086	√3	1,56	0,24
4	25,46	4x10	8,0	0,8	0,6	2,29	0,086	√3	1,13	0,17
5	26,25	4x10	11,0	0,8	0,6	2,29	0,086	√3	1,61	0,25
6	29,02	4x10	17	0,8	0,6	2,29	0,086	√3	1,65	0,44

TABLERO SECCIONAL TB

SECTOR	Corriente	Sección[mm ²]	L [m]	Cos φ	Sin φ	$r_{\frac{\Omega}{km}}$	$x_{\frac{\Omega}{km}}$	K	ΔU [V]	ΔU%
9	31,98	4x10	20,0	0,8	0,6	2,29	0,086	√3	2,09	0,55
10	19,66	4x10	18,0	0,8	0,6	2,29	0,086	√3	1,48	0,23
11	25,97	4x10	18,0	0,8	0,6	2,29	0,086	√3	2,60	0,40
14 y 15	7,00	2X2,5	30,0	0,8	0,6	9,55	0,0995	2	3,23	1,47
16	39,16	4x10	20,0	0,8	0,6	2,29	0,086	√3	2,56	0,67

TABLERO SECCIONAL TC

SECTOR	Corriente	Sección[mm ²]	L [m]	Cos φ	Sin φ	$r_{\frac{\Omega}{km}}$	$x_{\frac{\Omega}{km}}$	K	ΔU [V]	ΔU%
7	10,60	2X2,5	33,0	0,8	0,6	9,55	0,0995	√3	5,39	1,42
13	4,71	2X2,5	20,0	0,8	0,6	9,55	0,0995	√3	1,45	0,38
17	24,70	4x10	25,0	0,8	0,6	2,29	0,086	√3	3,44	0,53
18	10,50	2X2,5	36,0	0,8	0,6	9,55	0,0995	2	5,82	2,65

TABLERO SECCIONAL TD Iluminación

SECTOR	Corriente	Sección[mm ²]	L [m]	Cos φ	Sin φ	$r_{\frac{\Omega}{km}}$	$x_{\frac{\Omega}{km}}$	K	ΔU [V]	ΔU%
7,13,17,18	5,81	4x2,5	42,0	0,92	0,39	9,55	0,0995	√3	3,73	0,98
14, 15	2,33	2x2,5	60,0	0,92	0,39	9,55	0,0995	2	2,47	1,12
Taller										
Fase R	11,45	2x6	45,0	0,85	0,53	3,95	0,0901	2	3,51	1,60
Fase S	11,45	2x6	52,0	0,85	0,53	3,95	0,0901	2	4,06	1,84
Fase T	11,45	2x6	59	0,85	0,53	3,95	0,0901	2	4,60	2,09

TABLERO SECCIONAL TE Oficinas

SECTOR	Corriente	Sección[mm ²]	L [m]	Cos φ	Sin φ	$r_{\frac{\Omega}{km}}$	$x_{\frac{\Omega}{km}}$	K	ΔU [V]	ΔU%
19-22	10,00	2x2,5	38,0	0,8	0,6	9,55	0,0995	2	5,85	2,66
23 y 24	15,00	2x2,5	24,0	0,8	0,6	9,55	0,0995	2	5,54	2,52
25 y 26	10,00	2x2,5	30,0	0,8	0,6	9,55	0,0995	2	4,62	2,10

Iluminación										
19-22	8,73	2x4	43,0	0,92	0,39	5,92	0,0991	2	4,12	1,87
23-26	7,59	2x2,5	30	0,92	0,39	9,55	0,0995	2	4,02	1,83

Máxima caída de tensión

Para su determinación se toma el valor más desfavorable del sector, en cuanto a caída de tensión.

$$\Delta U_{Total} \% = \Delta U_{Tablero} \% + \Delta U_{Sector} \%$$

Sector	$\Delta U_{Sector} \%$	$\Delta U_{Tablero} \%$					$\Delta U_{Total} \%$
		TA	TB	TC	TD	TE	
1	1,06	0,74					1,8
14 y 15	1,47		0,28				1,75
18	2,65			0,13			2,78
Iluminación (Fase T)	2,09				0,62		2,71
Iluminación (19-22)	1,87					0,36	2,23

Protecciones

Conceptos a tener en cuenta

Corriente de carga máxima: Ib

- En el nivel de los circuitos finales, esta corriente corresponde a los kVA nominales de la carga.
- En todos los niveles de circuitos aguas arriba, esta corriente corresponde a los kVA que se deben suministrar, teniendo en cuenta los factores de simultaneidad y uso, ks y ku respectivamente.

Corriente máxima permitida: Iz

Es el valor máximo de corriente que el cableado del circuito puede llevar indefinidamente, sin reducir su vida útil estimada.

La corriente depende de varios parámetros para una sección concreta de conductores:

- Composición del cable y tipo de cableado (conductores de Cu o Al; PVC o EPR etc. aislamiento, número de conductores activos).
- Temperatura ambiente.
- Método de instalación.

- Influencia de circuitos vecinos.

Intensidades máximas

Se produce una sobre intensidad cada vez que el valor de la corriente sobrepasa la corriente de carga máxima I_b para la carga en cuestión.

Se debe cortar esta corriente tan rápido como permita la magnitud, para evitar daños permanentes en el cableado y en el aparato si la sobre intensidad se debe a un componente de carga defectuoso.

Las sobre intensidades con una duración relativamente corta, pueden aun así producirse durante el funcionamiento normal; se distinguen dos tipos de sobre intensidades:

- Sobrecargas.

Estas sobre intensidades pueden producirse en circuitos eléctricos en perfecto estado, debido a la conexión de excesivas cargas.

- Corrientes de cortocircuito.

Estas corrientes derivan del defecto de aislamiento entre los conductores en tensión o entre los conductores en tensión y la tierra (en sistemas con neutros de baja impedancia conectados a tierra) con cualquier combinación, a saber:

- Con cortocircuito trifásico (y conectado a neutro o tierra, o no).
- Con cortocircuito bifásico (y conectado a neutro o tierra, o no).
- Con cortocircuito monofásico conectado a neutro (o a tierra).

Valores prácticos para un esquema de protección⁴

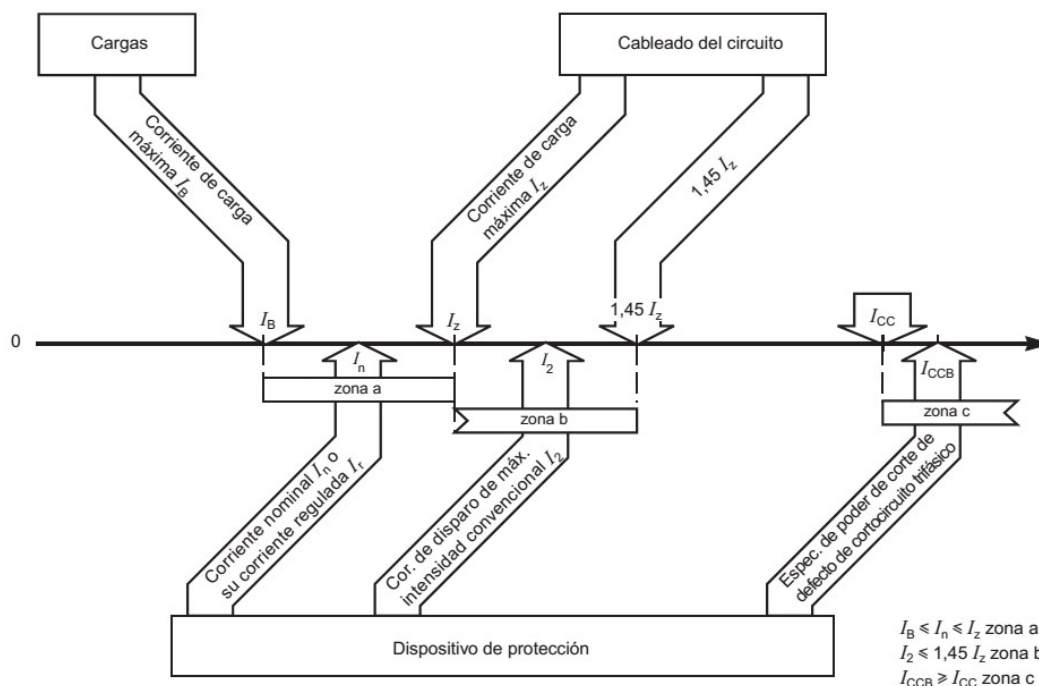
Los siguientes métodos están basados en las reglas de las normas IEC.

Reglas generales

Un elemento de protección funciona adecuadamente si:

- Su corriente nominal o de ajuste I_n es superior a la corriente de carga máxima I_b pero inferior a la corriente máxima permitida I_z para el circuito, es decir $I_b < I_n < I_z$.
- El ajuste de la corriente de disparo I_2 "convencional" es inferior a 1,45 I_z que corresponde a la zona "b".

⁴ Guía de diseño de instalaciones eléctricas Según normas internacionales IEC60364 ISBN 84-609-8658-6



Criterios para un interruptor automático: $I_B < I_n < I_z$ y la corriente nominal de corte de cortocircuito $I_{CCB} > I_{CC}$, nivel de corriente de cortocircuito trifásico en el punto de instalación. Protección mediante interruptor automático.

Gracias a su alto nivel de precisión, la corriente I_2 siempre es inferior a $1,45 I_n$, de manera que la condición $I_2 < 1,45 I_z$ siempre se cumple.

Calculo de corrientes de corto circuito

Se considera normalmente que el cortocircuito trifásico es el que provoca las corrientes más elevadas. Éste se corresponde a la unión de las tres fases. La intensidad de cortocircuito

I''_{k3p} es:

$$I''_{k3p} = \frac{U_l}{\sqrt{3} \times Z_{cc}}$$

Dónde:

I''_{k3p} = es el valor eficaz de la componente de corriente alterna de cortocircuito.

U_l = es el valor tensión de línea.

Z_{cc} = es la sumatoria de impedancia recorridas por la corriente de cortocircuito desde el generador hasta el punto de defecto.

Preparó: Guillermo E Calabrese	Revisó: GP 15/05	Aprobó:	Página 26 de 46
-----------------------------------	------------------	---------	-------------------------------

Para poder determinar el poder de cierre de los interruptores automáticos a instalar y también para definir los esfuerzos electrodinámicos que deberá soportar la instalación. Es necesario calcular la corriente de choque I_s , que representa el valor máximo de cresta de la corriente de cortocircuito, mediante la relación:

$$I_s = \sqrt{2} \times \lambda \times I''_{k3p}$$

Donde el coeficiente λ viene dado por:

$$\lambda = 1,02 + 0,98 \times e^{\frac{-3R}{X}}$$

Para calcular la corriente de corto circuito en bornes del tablero principal se consideró que el taller esta alimentado directamente desde un transformador de distribución de 500Kva 13,2/0.4kV, con $U_{cc}=4\%$.

Tabla de resultados

Tramo	TP	TA	TB	TC	TD	TE
L [m]	##	44	20	5	22	22,5
$r \frac{\Omega}{km}$	##	0,321	0,321	2,29	3,95	3,95
$x \frac{\Omega}{km}$	##	0,0736	0,0736	0,086	0,0901	0,0901
$z \frac{\Omega}{km}$	##	0,329329561	0,329329561	2,291614278	3,95102746	3,951
R[Ω]	0,0039	0,014124	0,00642	0,01145	0,0869	0,089
X[Ω]	0,01287	0,0032384	0,001472	0,00043	0,0019822	0,002
Z[Ω]	0,013447933	0,014490501	0,006586591	0,011458071	0,0869226	0,089
Rt	0,0039	0,018024	0,01032	0,01535	0,0908	0,093
Xt	0,01287	0,0161084	0,014342	0,0133	0,0148522	0,015
Zt	0,013447933	0,024173232	0,017669051	0,020310404	0,09200667	0,094
I''_{k3p}	17170,27	9075,869781	11216,80167	10802,00596	2384,53468	2334,877
λ	1,41483	1,05415	1,13317	1,05073	1,02000001	1,02000001
I_s	34355,57	13530,26	17228,41	16051,27	3439,69	3368,06

Selección de interruptores termo magnéticos

En la tabla que se encuentra a continuación hay un resumen de los datos más relevantes para la selección de las protecciones

Preparó: Guillermo E Calabrese	Revisó:GP 15/05	Aprobó:	Página 27 de 46
-----------------------------------	-----------------	---------	-----------------

Tablero	Intensidad [A]	I_2 [A]	Sección [mm^2]	I''_{k3p} [kA]	I_s [kA]
TP	255	278	150	17,2	34,36
TA	122,37	136	70	9,1	13,53
TB	102,77	106,4	50	11,2	17,20
TC	29,99	41,6	10	10,8	16,05
TD	18,06	29,6	6	2,4	3,43
TE	10,92	29,6	6	2,3	3,36

Interruptores

Tablero principal TP

Interruptor automático	
Gama	Compact NSX
Descripción	NSX400N
Calibre interruptor automático	400 A
Poder de corte	50 kA
Polos & polos protegidos	4P4d
Relé	Micrologic 2.3
Calibre relé	400 A
Reglajes largo retardo	
I_r	260 A
T_r	16 s
Reglajes corto retardo	
I_{sd}	2604 A
T_{sd}	0,02 s
Reglajes instantáneo	
I_i	4800 A



Tableros seccionales

Tablero A

Interruptor automático	
Gama	Compact NSX
Descripción	NSX160F
Calibre interruptor automático	160 A
Poder de corte	36 kA
Poder de corte reforzado	50
Polos & polos protegidos	4P4d
Relé	TM-D
Calibre relé	160 A
Reglajes largo retardo	
I_r	128 A
T_r	NA
Reglajes corto retardo	
I_{sd}	1250 A



Tablero B

Interruptor automático	
Gama	Compact NSX
Descripción	NSX160F
Calibre interruptor automático	160 A
Poder de corte	36 kA
Poder de corte reforzado	50
Polos & polos protegidos	4P4d
Relé	TM-D
Calibre relé	125 A
Reglajes largo retardo	
Ir	112 A
Reglajes corto retardo	
Isd	1250 A

Tablero C

Interruptor automático	
Gama	iC60
Descripción	iC60L
Calibre interruptor automático	40 A
Poder de corte	20 kA
Polos & polos protegidos	4P4d
Relé	C
Calibre relé	32 A
Reglajes largo retardo	
Ir	40 A
Reglajes corto retardo	
Isd	340 A



Tablero D

Interruptor automático	
Gama	iC60
Descripción	iC60L
Calibre interruptor automático	20 A
Poder de corte	25 kA
Polos & polos protegidos	4P4d
Relé	C
Calibre relé	20 A
Reglajes largo retardo	
Ir	20 A
Reglajes corto retardo	
Isd	170 A

Tablero E

Interruptor automático	
Gama	iC60
Descripción	iC60L
Calibre interruptor automático	20 A
Poder de corte	25 kA
Polos & polos protegidos	4P4d
Relé	C
Calibre relé	20 A
Reglajes largo retardo	
Ir	20 A
Reglajes corto retardo	
Isd	170 A

Selección y verificación de protecciones sectoriales por tablero seccional

Tablero A

I'' _{k3p} [kA]	I _s [kA]
9,1	13,53

TABLERO SECCIONAL A

SECTOR	In [A]	Sección[mm ²]	I ₂ [A]	Calibre	Modelo
1	10,50	2X2,5	21,32	16A	iC60N 2P curva C
2	25,46	4x10	42,64	32A	iC60N 4P curva C
3	25,46	4x10	42,64	32A	iC60N 4P curva C
4	25,46	4x10	42,64	32A	iC60N 4P curva C
5	26,25	4x10	42,64	32A	iC60N 4P curva C
6	29,02	4x10	42,64	32A	iC60N 4P curva C

Tablero B

I'' _{k3p} [kA]	I _s [kA]
11,2	17,20

TABLERO SECCIONAL B

SECTOR	In [A]	Sección[mm ²]	I ₂ [A]	Calibre	Modelo
9	31,98	4x10	42,64	32A	iC60N 4P curva C
10	19,66	4x10	42,64	32A	iC60N 4P curva C
11	25,97	4x10	42,64	32A	iC60N 4P curva C
14 y 15	7,00	2x2,5	21,32	10A	iC60N 2P curva C
16	39,16	4x10	42,64	40A	iC60N 4P curva C

Tablero C

I''_{k3p} [kA]	I_s [kA]
10,8	16,05

TABLERO SECCIONAL C

SECTOR	I_n [A]	Sección[mm ²]	I_2 [A]	Calibre	Modelo
7	10,60	2x2,5	21,32	16A	iC60N 2P curva C
13	4,71	2x2,5	21,32	10A	iC60N 2P curva C
17	24,70	4x10	42,64	32A	iC60N 4P curva C
18	10,50	2x2,5	21,32	16A	iC60N 2P curva C

Tablero D (Iluminación taller)

I''_{k3p} [kA]	I_s [kA]
1,6	2,34

TABLERO SECCIONAL D

SECTOR	I_n [A]	Sección[mm ²]	I_2 [A]	Calibre	Modelo
7,13,17,18	5,81	4x2,5	18,04	10A	iC60N 4P curva C
14, 15	2,33	2x2,5	21,32	6A	iC60N 2P curva C
Taller					
Fase R	11,45	2x6	36,08	16A	iC60N 2P curva C
Fase S	11,45	2x6	36,08	16A	iC60N 2P curva C
Fase T	11,45	2x6	36,08	16A	iC60N 2P curva C

Tablero E (Oficinas)

I''_{k3p} [kA]	I_s [kA]
1,0	1,44

TABLERO SECCIONAL E

SECTOR	I_n [A]	Sección[mm ²]	I_2 [A]	Calibre	Modelo
19-22	10,00	2x2,5	21,32	16A	iC60N 2P curva C
23 y 24	15,00	2x2,5	21,32	16A	iC60N 2P curva C
25 y 26	10,00	2x2,5	21,32	16A	iC60N 2P curva C
Iluminación					
19-22	8,73	2x4	28,7	10A	iC60N 2P curva C
23-26	7,59	2x2,5	21,32	10A	iC60N 2P curva C

Selectividad

Es la coordinación de los dispositivos de corte automático para que un defecto, ocurrido en un punto cualquiera de la red, sea eliminado por el interruptor automático colocado inmediatamente aguas arriba del defecto, y sólo por él.

Selectividad total

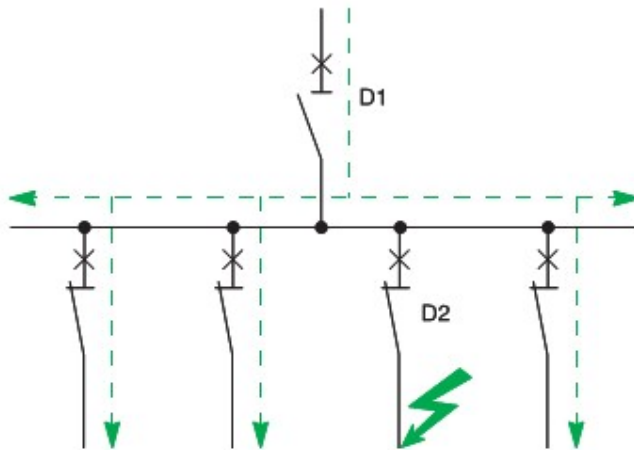
Para todos los valores del defecto, desde la sobrecarga hasta el cortocircuito franco, la distribución es totalmente selectiva si D2 se abre y D1 permanece cerrado.

Selectividad parcial

La selectividad es parcial si la condición anterior no se cumple hasta la máxima corriente de cortocircuito, sino solamente hasta un valor inferior. Este valor se conoce como límite de selectividad.

Sin selectividad

En caso de defecto, el interruptor automático D1 puede abrirse.



Para el proyecto se adoptó como criterio la selectividad total para los tableros seccionales respecto al tablero principal y en los circuitos terminales se utilizó la metodología de selectividad parcial ya que la única forma de lograr selectividad total sería mediante selectividad lógica, lo que es comúnmente usado para circuitos de procesos continuos de producción, donde la calidad y la continuidad del servicio de energía es crítico. No es el caso de la industria Metalúrgica Pecarí, que su proceso más crítico se encuentra en las oficinas de producción y diseño, en cuales las PC están provistas de UPS (sistema de energía ininterrumpida).

Tabla de selectividad

Tablero Principal

Aguas arriba	Compact NSX400N Micrologic 2.3 (Ir=260 A)		
	Aguas abajo	Ir	Selectividad
TA	Compact NSX160F 160A	128A	T
TB	Compact NSX160F 160A	125A	T
TC	iC60L 40 A	--	T
TD	iC60L 20 A	--	T
TE	iC60L 20 A	--	T

Ir= Corriente regulada en el interruptor termo magnético

T= Selectividad Total

Aguas arriba	Compact NSX160F 160A (Ir=128 A)		
Sector	Aguas abajo	Calibre	Selectividad
TA			
1	iC60N 2P curva C	16A	T
2	iC60N 4P curva C	32A	T
3	iC60N 4P curva C	32A	T
4	iC60N 4P curva C	32A	T
5	iC60N 4P curva C	32A	T
6	iC60N 4P curva C	32A	T

Aguas arriba	Compact NSX160F 160A (Ir=125 A)		
Sector	Aguas abajo	Calibre	Selectividad
TB			
9	iC60N 4P curva C	32A	T
10	iC60N 4P curva C	32A	T
11	iC60N 4P curva C	32A	T
14 y 15	iC60N 2P curva C	10A	T
16	iC60N 4P curva C	40A	T

Aguas arriba	iC60L 40 A		
Sector	Aguas abajo	Calibre	Selectividad
TC			
7	iC60N 2P curva C	16A	320 (*)
13	iC60N 2P curva C	10A	320
17	iC60N 4P curva C	32A	98
18	iC60N 2P curva C	16A	320

Aguas arriba	iC60L 20 A		
Sector	Aguas abajo	Calibre	Selectividad
TD			
7,13,17,18	iC60N 4P curva C	10A	160
14, 15	iC60N 2P curva C	6A	160
Taller			
Fase R	iC60N 2P curva C	16A	47
Fase S	iC60N 2P curva C	16A	47

Fase T	iC60N 2P curva C	16A	47
Aguas arriba		iC60L 20 A	
TE			
Sector	Aguas abajo	Calibre	Selectividad
19-22	iC60N 2P curva C	16A	47
23 y 24	iC60N 2P curva C	16A	47
25 y 26	iC60N 2P curva C	16A	47
Iluminación			
19-22	iC60N 2P curva C	10A	160
23-26	iC60N 2P curva C	10A	160

(*)= límite de selectividad en [A]

Para más detalles dirigirse al “anexo calculo eléctrico y puesta a tierra”, donde se hallan las curvas de los interruptores y se especifican numérica y gráficamente los límites de selectividad

Protecciones diferenciales

Medidas de protección contra contactos indirectos

Cuando la protección de las personas contra los contactos indirectos esté asegurada por corte automático de la alimentación, según esquema de alimentación TT, la tensión límite convencional no debe ser superior a 24 V de valor eficaz en corriente alterna, o 60 V en corriente continua.

Cada base o grupo de bases de toma de corriente deben estar protegidos por un dispositivo diferencial de corriente residual asignada de como máximo a 30 mA.

Protecciones diferenciales

Tablero/ Sector	Cantidad	Modelo	Polos	Sensibilidad	Calibre [A]	Clase
TP	1	Vigi Mb	4	300 a 3000ma	630	A
TC	1	Vigi iC60	4	30 ma	40	AC
TD	1	Vigi iC60	4	30 ma	25	AC
TE	1	Vigi iC60	4	30 ma	25	AC
Sector 1, 14y15	2	Vigi iC60	2	30 ma	25	AC
Sector 2- 6,9-11,16	8	Vigi iC60	4	30 ma	40	AC

Vigi IC60



Vigi Mb



Todos los cálculos de conductores, protecciones y selectividad fueron validados con el software Ecodial Advance Calculation V4.25 de la firma Schneider Electric. Los resultados de dicha comprobación se encuentran en el Anexo "cálculo eléctrico y puesta a tierra"

Accesorios

Juego de barras

Se propuso para el tablero principal un juego de barras de cobre. Que permite hacer el conexionado de los circuitos sectoriales de manera más ordenada y segura.

Características:

Tablero principal TP

Marca: Schneider Electric

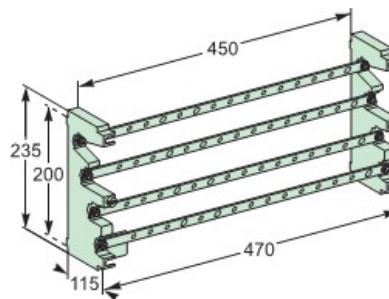
Modelo: Linergy BS (Juego de barras de potencia)

N° de barras por fase: 1.

Dimensiones: 5 x 32 x 300 mm.

Corriente nominal: 400 A.

Código de Referencia: 04054.



Tableros Seccionales TA y TB

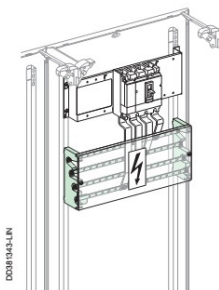
Modelo: Linergy BS

N° de barras por fase: 1.

Dimensiones: 5 x 15 x 300 mm.

Corriente nominal: 160 A.

Código de Referencia: 04052.



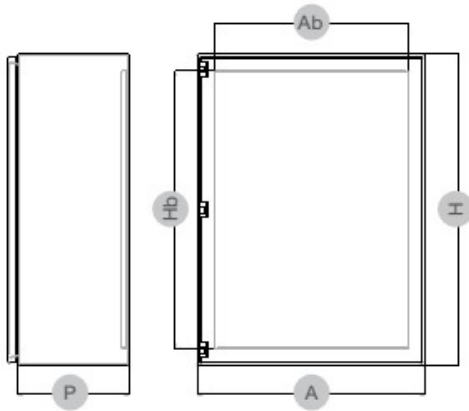
El repartidor escalonado se instala horizontalmente en la zona de la aparamenta o verticalmente en el pasillo lateral de ancho 300 mm.

Se compone de:

- 2 soportes escalonados de material aislante
- 4 barras de cobre orientado y perforado cada 25 mm:
- 13 agujeros roscados M6 para las salidas
- 4 agujeros diámetro 12,2 mm para alimentar el repartidor

Gabinetes tableros

Para los tableros se seleccionaron gabinetes de la marca GENROD, a continuación se brinda una tabla con los detalles



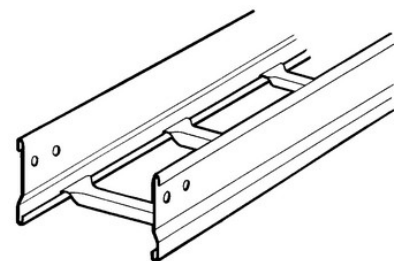
Tablero	Polos DIN mínimos	Barra distribución
TA	44	SI
TB	40	SI
TC	20	NO
TD	24	NO
TE	28	NO

Tablero	Modelo	A [mm]	H [mm]	AbXHb [mm]	P [mm]	Capacidad polos DIM	Código
TP	S9000	600	900	534x840	225	160	09 9210
TA	S9000	600	750	534x690	225	96	09 9209
TB	S9000	600	750	534x690	225	96	09 9209
TC	S9000	300	450	234x390	150	30	09 9154
TD	S9000	300	450	234x390	150	30	09 9154
TE	S9000	400	500	334x440	150	36	09 9167

Calculo de las bandejas porta cables

El cálculo se realizó con las ecuaciones y coeficientes que propone el fabricante, que en este caso es Samet.

Elección de la bandeja porta cables a instalar en el establecimiento industrial



Datos necesarios:

- 1- Sección de los cables a llevar por la bandeja.
- 2- Características del ambiente donde se montarán. (Ciudad, marino, industrial, corrosivo, no corrosivos, etc.)

Para el primer punto debemos conocer la sección útil aplicando la siguiente fórmula:

Preparó: Guillermo E Calabrese	Revisó:GP 15/05	Aprobó:	Página 36 de 46
-----------------------------------	-----------------	---------	-------------------------------

$$Sec = \frac{K \times (100 + e)}{100} \times \sum n$$

Sec= Sección útil en mm² de la bandeja.

K= Coeficiente de apilamiento de los cables que para cables mayores a 2.5mm² es de 1,4 y para cables menores 2.5mm² se deberá considerar 1,2

e= Reserva de espacio en % para futuras ampliaciones. (Este valor será de un 15 a 30%).

n=Sumatoria de las secciones de los cables a instalar en la bandeja.

Se analiza el tramo más crítico que es el que va desde el tablero principal y lleva los conductores de los tableros A, C,D y E. La bandeja resultante se replicara para toda la instalación.

Tableros	Cable	Diámetro exterior [mm]	Sección [mm ²]	Peso [kg × m]
TA	4x70	37	1075,21	3,541
TC	4x10	18	254,47	0,627
TD	4x6	16	201,06	0,433
TE	4x6	16	201,06	0,433
∑ Total			1731,8	4,67

Cálculo de la bandeja

$$Sec = \frac{1,4 \times (100 + 30)}{100} \times 1731,8 \text{ mm}^2 = 315 \quad 2$$

El fabricante nos brinda la siguiente tabla para la selección de bandejas tipo escalera, de la cual escogimos el modelo TRL-150H, que es el que más se aproxima a la sección necesaria útil calculada

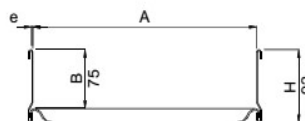
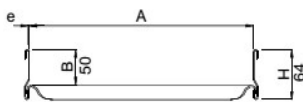
**Tabla para la determinación de la sección
Tipo escalera**

ALA 64

CODIGO	A x B mm	SECCION mm ²
TRL-150-H	150x50	7,500
TRL-300-H	300x50	15,000
TRL-450-H	450x50	22,500
TRL-600-H	600x50	30,000

ALA 92

CODIGO	A x B mm	SECCION mm ²
TRL-150	150x75	11,250
TRL-300	300x75	22,500
TRL-450	450x75	33,750
TRL-600	600x75	45,000



Tomacorrientes industriales

Para toda el área de producción se escogieron tomas corriente industriales con polaridad y corriente acorde al sector con una protección mínima IP44, salvo en el sector 7 en el que se realiza el lavado de las piezas, que se recomienda protección IP67.

En los sectores de oficina se utilizaran tomas del tipo domiciliario 2P+T de 10A ya que la instalación no fue prevista para la conexión de maquinaria de trabajo. En la cocina se utilizaran tomas de 2P+T de 20A, ya que el circuito TUE (Tomas uso especial).



Puestos de trabajo

Se utilizó el sistema de tablero modular para tomas industriales (CBOX), de la marca Cambre. Es un gabinete con protección IP44/IP55, que permite ser configurado a los requerimientos del puesto o modificado ante nuevas demandas.



Se recomienda poner un seccionador bajo en cada tomacorriente que tenga equipos móviles, así se puede realizar una inserción de la ficha sin tener tensión ni carga. Lo cual brinda mayor seguridad al operario y menor deterioro de los contactos.

Determinación de los tomacorrientes

Sector	Configuración Tomacorriente			
	32A - 5P - 380V	16A - 5P - 380V	20A - 2P+T IRAM2071	10A - 2P+T IRAM2071
1	-	-	-	4
2-6,11,16	2	1	2	-
7,13-15,18	-	1	4	-
9-10	1	2	2	-
17	1	1	-	-

Selección de Tomas



straight

⚠ IP 44

A	P	110V	230V	400V
16	3	1365	1366	1367
16	4	1388	1389	1390
16	5	1384	1386	1385
32	3	1394	1395	1396
32	4	1397	1398	1399
32	5	3449	3454	3451

Diseño de puesta a tierra (PAT)

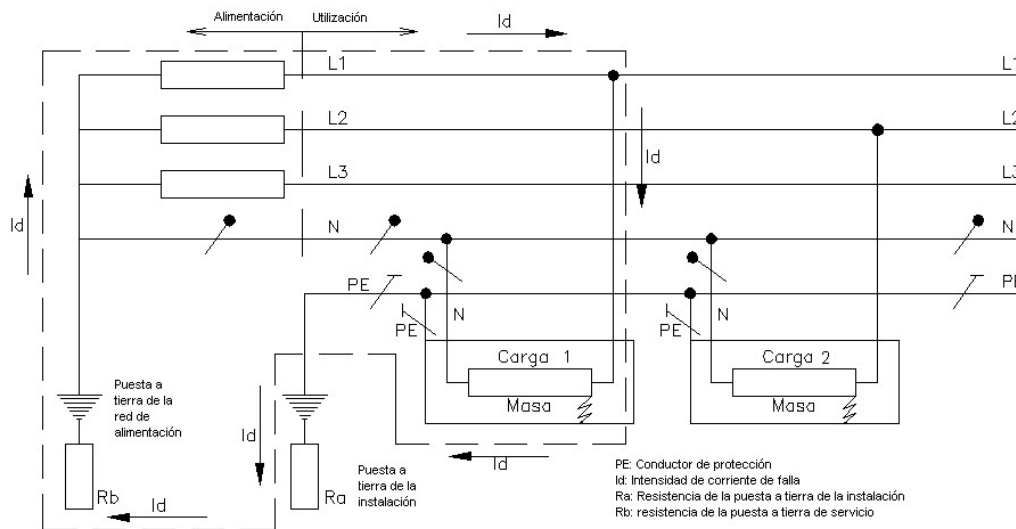
Esquema de Conexión a Tierra

Esquema de conexión a tierra TT

Es la configuración reglamentaria según la asociación electrotécnica argentina, la conexión de la tierra debe cumplir una serie de requisitos para que se considere un sistema TT, que se detallan a continuación.

Este esquema TT tiene un punto del sistema de alimentación (conductor neutro) conectado directamente a tierra (tierra de servicio) por el proveedor de energía eléctrica, y la masa eléctrica de la instalación conectada a través de un conductor de protección llamado PE, a una toma de tierra (tierra de protección) eléctricamente independiente de la toma de tierra de servicio.

Esquema TT



Neutro de alimentación a (T)ierra – Masa de la instalación a una (T)ierra independiente

La toma de tierra de la instalación deberá tener característica de “tierra independiente” frente a la toma de servicio de la red de alimentación.

Para cumplir con esta condición la toma de tierra de la instalación deberá situarse a una distancia mayor a diez veces el radio equivalente de la jabalina de mayor longitud.

$$Re \cong \frac{l}{\ln\left(\frac{l}{d}\right)}$$

Donde

Re =Radio equivalente [m]

l =Longitud de la jabalina [m]

d =Diametro de la jabalina [m]

Podemos determinar dicho radio con la siguiente tabla:⁵

Radios equivalentes para electrodos IRAM 2309 y 2310

<i>Díámetro exterior (mm)</i>	<i>Longitud (m)</i>	<i>10.Re (m)</i>
	1,5	3,2
	2,0	4,0
12,6 (1/2")	3,0	5,4
	4,5	7,6
	6,0	9,8

Resistencia Puesta a tierra reglamentaria

La Reglamentación AEA 90364, en su Parte 5 establece los valores máximos de resistencia de puesta a tierra.

Valores máximos de resistencia de puesta a tierra de protección

	Corriente diferencial máxima asignada del dispositivo diferencial I_{Dm}	Valor máximo permitido de la resistencia de la toma de tierra de las masas eléctricas $R_A [\Omega]$
Sensibilidad baja	20 A	0,6
	10 A	1,2
	5 A	2,4
	3 A	4
Sensibilidad media	1 A	12
	500mA	24
	300mA	40

⁵ Reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles AEA Sección 771.3.I

	1000mA	40
Sensibilidad alta	Hasta 30mA inclusive	40

La puesta a tierra de seguridad de la industria debe tener un valor de resistencia óhmica igual o menor a 40 Ω.

En los planos de montaje se encuentra dibujada una jabalina, la cual debe estar enterrada de tal forma que la parte superior de la misma quede a una profundidad no menor a 0,50m del nivel del suelo; la cantidad de jabalinas a colocar dependerá de la resistividad del terreno. Lo importante es que las jabalinas adicionales se coloquen a igual profundidad, y de manera de que entre dos jabalinas enterradas existan como mínimo 10Re. Ver tabla "Radios equivalentes para electrodos IRAM 2309 y 2310"

Diseño Puesta a tierra.

La instalación de puesta a tierra se realizará mediante tres jabalinas interconectadas por medio de un conductor de acero. Hincadas a una profundidad 0,5m con una separación entre ellas no inferior a 5m. Estas serán directamente conectadas a una barra equipotencial principal (BEP).

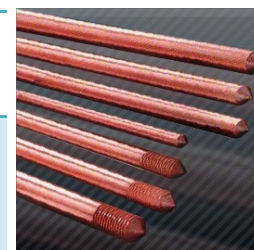
A esta barra se conectarán los siguientes elementos:

- Conductor de protección de puesta a tierra, es el conductor de interconexión con la barra de puesta a tierra (BTP) ubicada en el tablero principal.
- Conductores equipotenciales principales, estos son conectados a todos los elementos conductores extraños a la instalación eléctrica existentes incluyendo elementos metálicos de construcción.

Selección de las jabalinas

Las jabalinas a utilizar son de cobre laminado con núcleo de acero según IRAM 2309, las cuales serán hincadas en forma vertical

Material	Tipo de electrodo	Sección mínima	Observaciones	Norma IRAM aplicable
Acero/Cobre	Jabalina redonda	124 mm ² (corresponde a Ø=12,6 mm)	Jabalina JL14 x 3000 o 2 x JA14 x 1500	2309



Selección de la cámara de inspección

En los puntos de conexión de las jabalinas y de la barra equipotencial se colocarán cajas de inspección (a nivel del suelo).



Sección del conductor puesta a tierra y protección

La sección del conductor principal de puesta y el de protección se corresponderán a los valores mínimos reglamentados por la AEA⁶.

Sección de los conductores de línea de la instalación $S[mm^2]$	Sección nominal del correspondiente conductor de protección "Spe" $[mm^2]$ y del conductor de puesta a tierra "Spat" $S[mm^2]$	
	Si el conductor de protección(o el de puesta a tierra) es del mismo material que el conductor de línea	Si el conductor de protección(o el de puesta a tierra) es del mismo material que el conductor de línea
$S \leq 16$	S	$\frac{k_1}{k_2} \times S$
$16 < S \leq 35$	16	$\frac{k_1}{k_2} \times 16$
$S > 35$	$S/2$	$\frac{k_1}{k_2} \times \frac{S}{2}$

Dónde:

k_1 es el valor de k para el conductor de línea, elegido de la tabla 7771.19.II de acuerdo con los materiales del conductor y su aislación, k_2 es el valor de k para el conductor de protección, elegido de las tablas 771-C.III a 771-C.VII, según corresponda.

Para la instalación se ha seleccionado el conductor de protección Spe del mismo material e aislante que el conductor de línea, por lo que tendrá la misma sección que el conductor de fase, salvo en los tramos que comprenden idos entre el tablero principal y los tableros sectoriales que será de $35 mm^2$.

Se seleccionó un conductor de puesta a tierra Spat de Acero desnudo, por lo que se tiene que cumplir con el siguiente requerimiento de sección mínima:

Conductor de línea $S > 35$

$$Spat = \frac{k_1}{k_2} \times \frac{S}{2}$$

⁶ Reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles AEA Sección 771-C.3.1 Secciones mínimas

$$S_{pat} = \frac{115}{56} \times \frac{70 \text{ mm}^2}{2} \cong 70 \text{ mm}^2$$

k_1 de la tabla 7771.19.II conductor de cobre aislación PVC

k_2 de la tabla 771-C.VII conductor Acero

Para la interconexión de las jabalinas se seleccionó un cable de acero- cobre de 70mm² de la firma FACBSA, que será unido mediante soldadura cuproaluminotérmica Coppersteel norma IRAM 2315



CABLES TIPO A-30 NORMA IRAM 2467

Sección nominal (mm ²)	Sección real (mm ²)	Diámetro nominal (mm)	Construc. cant. y diám. (Nro.x Ø)	Masa aprox. (kg/km)	Resistencia Eléctrica (ohm /km)
16	15,78	5,6	3 x 2,58	128,5	4,03
25	24,90	7,0	3 x 3,25	203,9	2,54
35	34,93	7,6	7 x 2,52	286,7	1,84
50	49,49	9,0	7 x 3,00	406,3	1,30
70	70,00	10,7	7 x 3,56	572,1	0,92
95	91,00	12,2	7 x 4,06	744,1	0,71
120	112,00	13,5	7 x 4,51	918,2	0,57
120	114,00	13,8	19 x 2,76	927,0	0,52

Resistencia de propagación:

Es la suma de las resistencias del electrodo metálico, entre el electrodo y la tierra, y la resistencia de la tierra, donde los últimos dos dependen de la forma geométrica del electrodo y la resistividad del terreno.

Cuando se utilizan jabalinas, la resistencia de propagación se puede estimar mediante la siguiente fórmula:

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} * \left(\ln\left(\frac{2l}{d}\right) - 1 \right)$$

Dónde:

ρ [Ωm]: resistividad del terreno

l [m]: longitud de la jabalina

d [m]: diámetro de la jabalina

La resistividad del terreno se obtiene a partir del siguiente mapa, dónde para nuestra zona se establece en aproximadamente 33 ohm m de resistividad.



Considerando una jabalina normalizada IRAM 2309 (JL14 x 3000) de 3 m de longitud y 12,6 mm de diámetro, la resistencia de propagación es:

Preparó: Guillermo E Calabrese	Revisó:GP 15/05	Aprobó:	Página 44 de 46
-----------------------------------	-----------------	---------	-----------------

$$R = \frac{33}{2\pi * 3} * (\ln\left(\frac{2 * 3}{0,0126}\right) - 1)$$

$$R = 9,04\Omega$$

La normativa pide valores de 40Ω, por lo tanto con la colocación de la jabalina antes descripta es suficiente. Pero como la resistencia óhmica de la puesta a tierra puede variar, según la composición del terreno, humedad, salinidad. Se recomienda poner tres jabalinas en paralelo con una distancia entre sí de 5 metros como mínimo.

Coefficiente de reducción para jabalinas dispuestas en paralelo brindada por el fabricante (FACBSA)

N° de jab. en paralelo (n)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K	0,57	0,42	0,33	0,27	0,24	0,21	0,19	0,17	0,15

Cálculo de la resistencia de tierra

$$R = K \times R_T$$

$$R = 0,42 \times 9,04\Omega$$

$$R \cong 3,8\Omega$$

Cabe destacar que el cálculo que se despreció el aporte del conductor de interconexión entre las jabalinas, por lo que la resistencia real debería ser menor a la calculada anteriormente.

Debido al gran número de variables involucradas en cálculo, el resultado puede diferir en la realidad, es por esto que se aconseja realizar una medición de resistencia de puesta a tierra una vez finalizada la obra.

Listado Planos Eléctricos

- A-1508Z-E-001 Rev0.0 Distribución tableros
- A-1508Z-E-002 Rev0.0 Distribución Bandejas
- B-1508Z-E-001 Rev0.0 Unifilar General
- B-1508Z-E-002 Rev0.0 Unifilar Tablero A

G-1508Z- MEMORIAS DE CÁLCULO- INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Rev 0.1

- B-1508Z-E-003 Rev0.0 Unifilar Tablero B
- B-1508Z-E-004 Rev0.0 Unifilar Tablero C
- B-1508Z-E-005 Rev0.0 Unifilar Tablero D
- B-1508Z-E-006 Rev0.0 Unifilar Tablero E
- B-1508Z-E-007 Rev0.0 Tomas corriente taller
- B-1508Z-E-008 Rev0.0 Tomas corriente oficinas
- B-1508Z-E-009 Rev0.0 Puesta a tierra

Preparó: Guillermo E Calabrese	Revisó:GP 15/05	Aprobó:	Página 46 de 46
-----------------------------------	-----------------	---------	-------------------------------

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

FACULTAD REGIONAL CONCEPCIÓN DEL URUGUAY

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



PROYECTO FINAL DE CARRERA (P F C)

“Memorias de cálculo-Instalación neumática”

Índice

Determinación de consumos5

Equipos Instalados5

Calculo de consumos5

 Fu= factor de uso.....5

 Fs= factor de simultaneidad6

 Factor de reserva (Fr).....6

 Perdidas (Fp).....6

Caudal de cálculo.....6

Diseño de la línea7

 Esquema de la línea propuesta7

 Valores adoptados para la línea8

Aproximación del diámetro por velocidad8

 Ecuaciones a utilizar8

 Cálculo aproximado de diámetro tuberías.....8

 Selección diámetros comerciales.....9

 Verificación de la velocidad en la tubería9

Calculo caída de presión9

 Procedimiento y fórmulas de cálculo.....10

 Tabla de longitudes equivalentes según diámetro interior de la tubería13

 Determinación del factor de fricción13

 Accesorios de la tubería13

Obtención de la longitud equivalente por tramos14

Pérdida de carga14

 Caída de presión independiente por tramo14

 Caída de presión total por tramo expresada en [bar]14

Verificación de la tubería a la presión.....15

 Cálculo del espesor mínimo recomendado16

G-1508Z- MEMORIAS DE CÁLCULO- INSTALACIÓN NEUMÁTICA

Rev 0.1

Tuberías de consumo unitario	16
Tratamiento de aire.	17
Calidad del aire.....	17
Determinación de la calidad del aire según consumo	18
Acondicionamiento del aire	18
Selección de filtros.	18
Línea principal	18
Consumos	19
Colectores de condensado.....	19
Esquema ubicación colectores de condensado	20
Verificación compresor instalado.....	20
Caudal	20
Tamaño del depósito aire comprimido	20
Color de la tubería.....	21
Forma de aplicación del color sobre la tubería:.....	21
Sentido de circulación.....	21
Códigos según norma IRAM.....	22

Instalación Neumática

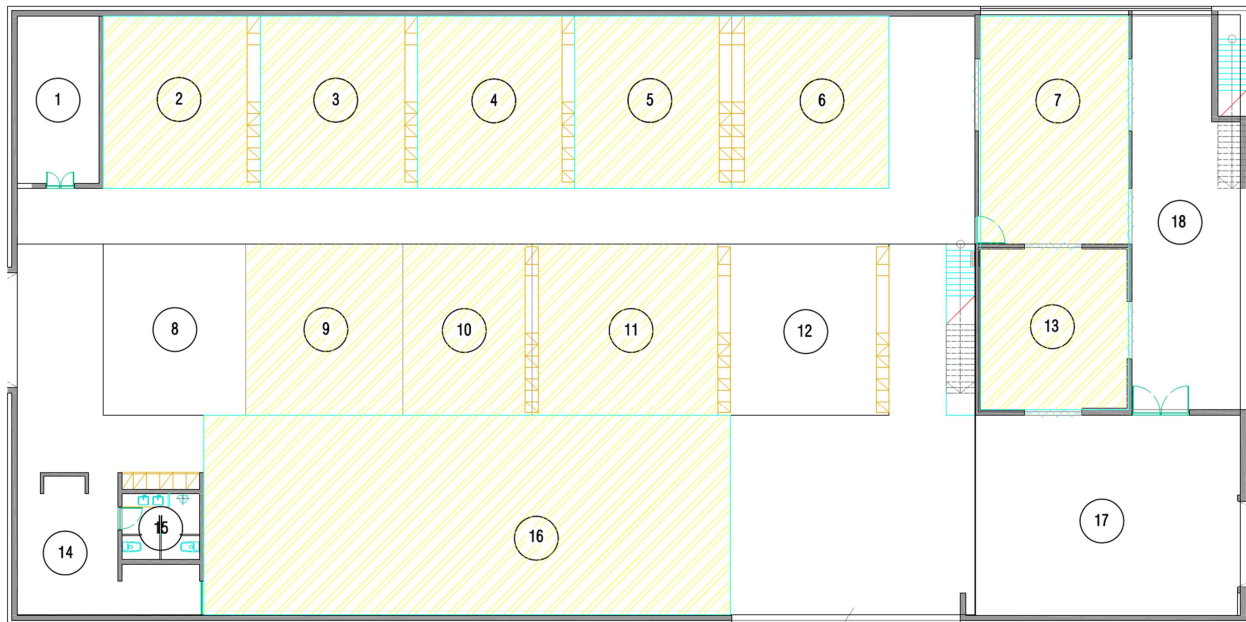
En la actualidad la empresa cuenta con una precaria y deficiente instalación neumática, ya que la misma carece de elementos filtrantes adecuado lo que causa frecuente roturas principalmente en los picos de los equipos de corte por plasma y solo abarca el área de corte de chapas y pintura.

De esta problemática surge la necesidad de proyectar para nueva nave industrial una instalación acorde a las necesidades actuales y con miras a futuras ampliaciones.

Para poder determinar los sectores en los que se brindara servicio de aire comprimido se contó con la ayuda del encargado del taller, que apporto información sobre los procesos que se realizan en cada puesto de trabajo y las mejoras que se pueden realizar.

Introducción

En los sectores sombreados que se muestran en el siguiente croquis son los que requieren de algún tipo de suministro de aire comprimido para poder llevar a cabo sus tareas, mejorarlas o facilitarlas.



Determinación de consumos

Tabla consumo según sector

Sector	Herramienta	Consumo	Presión de trabajo
2	Pistola Sopladora	140 l/min	6 bar
3	Pistola Sopladora	140 l/min	6 bar
4	Pistola Sopladora	140 l/min	6 bar
5	Pistola Sopladora	140 l/min	6 bar
6	Pistola Sopladora	140 l/min	6 bar
7	Pistola Sopladora	140 l/min	6 bar
9	Plasma Powermax65	190 l/min	5,9 bar
	Plasma Powermax85	190 l/min	5,9 bar
10	Pistola Sopladora	140 l/min	6 bar
11	Pistola Sopladora	140 l/min	6 bar
13	Pistola de pintura por gravedad Metabo FSP 600 HVLP	170 l/min	2bar
16	Pistola Sopladora	140 l/min	6 bar

Equipos Instalados

Ítem	Descripción	Cantidad
1	Pistola Sopladora	9
2	Plasma Powermax65	1
3	Plasma Powermax85	1
4	Pistola de pintura Metabo FSP 600 HVLP	1

Calculo de consumos

Para el cálculo de consumo es fundamental hacer una buena evaluación de los factores como son los de uso, simultaneidad, reserva y pérdidas. Por lo que a continuación se hará una breve descripción de cada uno de ellos y se brindaran algunos valores típicos obtenidos de bibliografía.

Fu= factor de uso¹

Es el tiempo en que la máquina está consumiendo aire, es decir la duración de la conexión, es propio de cada tipo de máquina y este está determinado por la forma en que ésta trabaja. Estos coeficientes se han determinado mediante cronometraje en diversos trabajos realizados en varias fábricas.

Ejemplos de factores típicos:

¹ Neumática e Hidráulica ISBN:84-267-1420-X Autor: Antonio Creus Solé

Dispositivo neumático de consumo	Factor de uso
Taladradora	30%
Pistola Neumática	10%
Lijadora	40%
Modeladora	20%

F_s = factor de simultaneidad

Otro factor que hay que tener en cuenta para calcular el consumo es el factor de simultaneidad, el cual depende del número de unidades que en cada momento consumen aire. Es prácticamente imposible que trabajen simultáneamente todas las unidades ya que siempre hay un desfase entre sus periodos de trabajo. El factor de simultaneidad se conoce por los datos determinados en distintas industrias.

Factor de reserva (Fr)

Se estima un 30% de reserva del caudal total

Perdidas (Fp)

Se considera que se realiza un buen mantenimiento en el taller, por lo que se supone un 10% de fugas totales.

Ítem	Cantidad	Herramienta	Consumo [l/min]	Fu	Fs	Caudal consumo [l/min]
1	9	Pistola Sopladora	140	0,1	0,3	37,8
2	1	Plasma Powermax65	190	0,35	0,5	33,25
3	1	Plasma Powermax85	190	0,35	0,5	33,25
4	1	Pistola de pintura Metabo FSP 600 HVLP	170	0,3	0,5	25,5
Total						129,8

Caudal de cálculo

Este es el caudal que necesita suministrar el compresor a la línea de aire comprimido.

$$ConsumoTotal = \sum Consumos * Fr * Fp$$

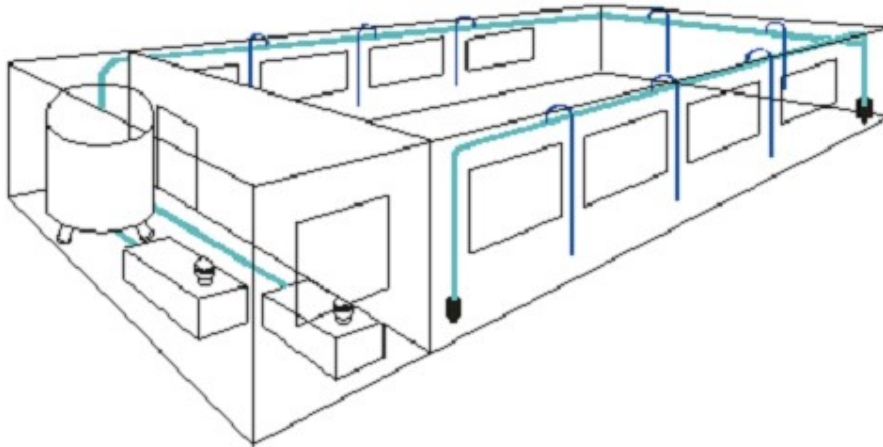
$$ConsumoTotal = 129,8 \frac{l}{min} * 1,3 * 1,1 = 185,6 \frac{l}{min}$$

Preparó: Guillermo E Calabrese	Revisó:	Aprobó:	Página 6 de 23
-----------------------------------	---------	---------	------------------------------

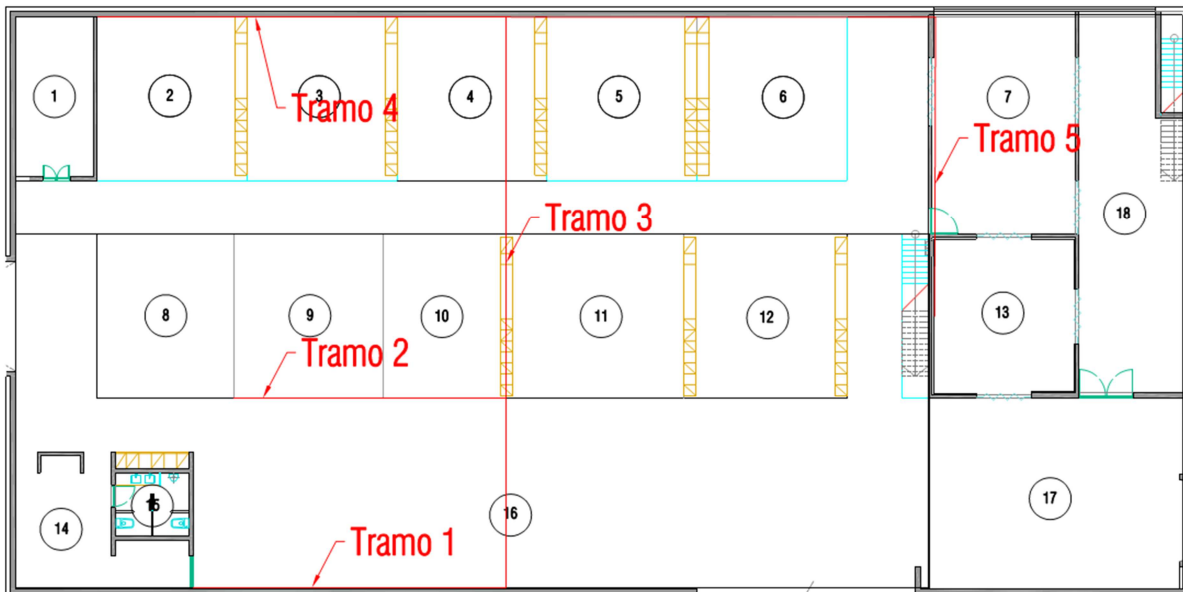
Diseño de la línea

Final de línea muerta

Se lanza una única tubería de trabajo, con una cierta pendiente mínima 1%. De la que se van tomando las derivaciones.



Esquema de la línea propuesta



- **B-1508Z-N-002** Rev0.0 Distribución aire comprimido
- **B-1508Z-N-003** Rev0.0 Instalación neumática 3D

Valores adoptados para la línea

Presión de suministro: 7bar

Caída de presión máxima: 2%

Velocidad máxima del aire en el conducto principal: 8 m/s

Velocidad máxima del aire en conductos de servicio: 10 a 15 / ms

Pendiente mínima de la línea: 1%

Aproximación del diámetro por velocidad

Se puede hacer un primer cálculo del diámetro de la tubería teniendo en cuenta los datos anteriormente brindados como son el caudal que transporta la cañería y la velocidad limite adoptada, que en nuestro caso es de 8 m/s.

Ecuaciones a utilizar

$$Q = V \times A$$

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{\frac{Q \times 4}{V \times \pi}}$$

$$Q = \text{Caudal} \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

$$V = \text{Velocidad de cálculo} \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$A = \text{Área de la tubería} [m^2]$$

$$d = \text{diámetro interior de la tubería}$$

Cálculo aproximado de diámetro tuberías

Tramos	Consumo [l/min]	[m3/s]	v [m/s]	d [m]
1	186	0,0031	8	0,022212175
2	108	0,0018	8	0,016925695
3	91	0,001517	8	0,015536576
4	19	0,000317	8	0,007099233
5	61	0,001017	8	0,012720364

Selección diámetros comerciales

Para poder seleccionar un diámetro comercial primero tenemos que definir el tipo de tuberías a usar. En este caso se utilizaran tubos de acero al carbono sin costura Schedule 40 bajo normas ASTM 53, IRAM IAS U 500-218.

Tramos	D teórico [m]	Comercial			
		D nominal [in]	D externo [mm]	Espesor [mm]	D interior [mm]
1	0,022212175	1	33,4	3,38	26,64
2	0,016925695	1	33,4	3,38	26,64
3	0,015536576	1	33,4	3,38	26,64
4	0,007099233	¾	26,7	2,87	20,96
5	0,012720364	¾	26,7	2,87	20,96

Por una cuestión constructiva se adopta el diámetro 1" para los tramos 1, 2,3 y ¾" para los tramos 4 y 5

Verificación de la velocidad en la tubería

Tramos	Q [m3/s]	Comercial		
		D interior [mm]	D nominal [in]	Vr [m/S]
1	0,0031	26,64	1	5,56
2	0,0018	26,64	1	3,23
3	0,001517	26,64	1	2,72
4	0,000317	20,96	¾	0,92
5	0,001017	20,96	¾	2,95

Vr= velocidad real

Con las secciones adoptadas se cumplen las condiciones propuestas de funcionamiento en cuanto a velocidad del aire menor o igual a 8m/s

Calculo caída de presión

Toda la presión a la salida del compresor no se puede utilizar, dado que debido al rozamiento del aire con las paredes de la tubería, más los efectos de estrangulamientos que se originan en las válvulas de paso, los cambios de dirección en el flujo en los codos, todo ello repercute en pérdidas a través de un aumento en la temperatura del aire que se transforma finalmente en una pérdida de presión estática en el flujo.

Preparó: Guillermo E Calabrese	Revisó:	Aprobó:	Página 9 de 23
-----------------------------------	---------	---------	------------------------------

La máxima caída de presión de la línea debe ser menor o igual al 1% de la presión de suministro, que en este caso es de 7bar lo que nos da un $\Delta P \leq 0,7bar$.

Procedimiento y fórmulas de cálculo

Para la determinación de la caída de presión se utiliza la ecuación de Darcy-Weisbach, que permite calcular la pérdida de carga en un tramo longitud de tubería mediante la siguiente expresión:

$$\Delta h = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2 \times g}$$
$$\Delta h = \frac{\Delta P}{\rho}$$

Dónde:

Δh = pérdida de carga medida según la altura manométrica (m)

L = la longitud de tramo de la tubería (m)

D = diámetro interior de la tubería (m)

V = velocidad del aire en el interior de la tubería (m/s)

g = aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)

f = factor de fricción de Darcy-Weisbach.

ΔP =caída de presión (kg/m²)

ρ = densidad del fluido newtoniano a una temperatura específica (Kg/m³)

$\rho_{aire} = 1,18 \text{ kg/m}^3$ a 25 °C

El factor de fricción (f)

Es un parámetro adimensional que depende del número de Reynolds (R_e) del fluido (en este caso, del aire) y de la rugosidad relativa de la tubería (ϵ_r)

$$f = F(R_e, \epsilon_r)$$

Donde el número de Reynolds (R_e) viene expresado por la siguiente formulación:

$$R_e = \frac{\rho \times v \times D}{\mu}$$

Siendo

ρ = densidad del fluido, en este caso del aire ($\rho_{aire} = 1,18 \text{ kg/m}^3$ a 25 °C)

Preparó: Guillermo E Calabrese	Revisó:	Aprobó:	Página 10 de 23
-----------------------------------	---------	---------	-----------------

v = velocidad del aire en el interior de la tubería (m/s)

D = diámetro interior de la tubería (m)

μ = viscosidad dinámica del fluido, en este caso del aire ($\mu_{aire} = 1,76 \cdot 10^{-5}$ kg/m·s)

Por otro lado, la rugosidad relativa de la tubería (ε_r) viene dada en función de la rugosidad absoluta (K) del material del que está fabricada la tubería y de su diámetro interior (D) de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\varepsilon_r = \frac{K}{D}$$

En la siguiente tabla se muestran los valores de rugosidad absoluta para distintos materiales:

RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES			
Material	K (mm)	Material	K (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015	Fundición asfaltada	0,06-0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01	Fundición	0,12-0,60
Tubos estirados de acero	0,0024	Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015	Hierro forjado	0,03-0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024	Hierro galvanizado	0,06-0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024	Madera	0,18-0,90
Fundición centrifugada	0,003	Hormigón	0,3-3,0

El aire es un fluido, existen dos regímenes en los fluidos: laminar y turbulento. Para cada fluido, y para una sección de tubería, a una temperatura determinada, existe una velocidad crítica (v_c) por debajo de la cual el régimen es laminar. Este valor crítico que marca la transición entre los dos regímenes, el laminar y el turbulento, se corresponde con un $R_e = 2300$, aunque en la práctica, entre 2000 y 4000 la situación es bastante imprecisa. Por lo tanto, en función del valor del número de Reynolds (R_e) se tiene que:

- $R_e < 2000$: Régimen laminar.
- $2000 < R_e < 4000$: Zona crítica o de transición.
- $R_e > 4000$: Régimen turbulento.

Este concepto es importante conocerlo, porque la expresión para calcular el factor de fricción (f) es distinta según si el régimen es laminar o turbulento.

Así se tiene que:

- Régimen laminar

En este caso el factor de fricción (f) depende únicamente del número de Reynolds a través de la ecuación de Poiseuille:

$$f = \frac{64}{Re}$$

Expresión que resulta sencilla de aplicar para calcular el factor de fricción (f) en función del Reynolds (Re).

- Régimen turbulento

Para el régimen turbulento este cálculo ya no es tan inmediato dado que el factor de fricción (f) depende tanto del número de Reynolds como de la rugosidad relativa de la tubería.

Utilizaremos el **Diagrama de Moody** que es la representación gráfica en escala doblemente logarítmica del factor de fricción (f) en función del número de Reynolds (Re) y de la rugosidad relativa de la tubería (K/D), según se representa en la siguiente figura:

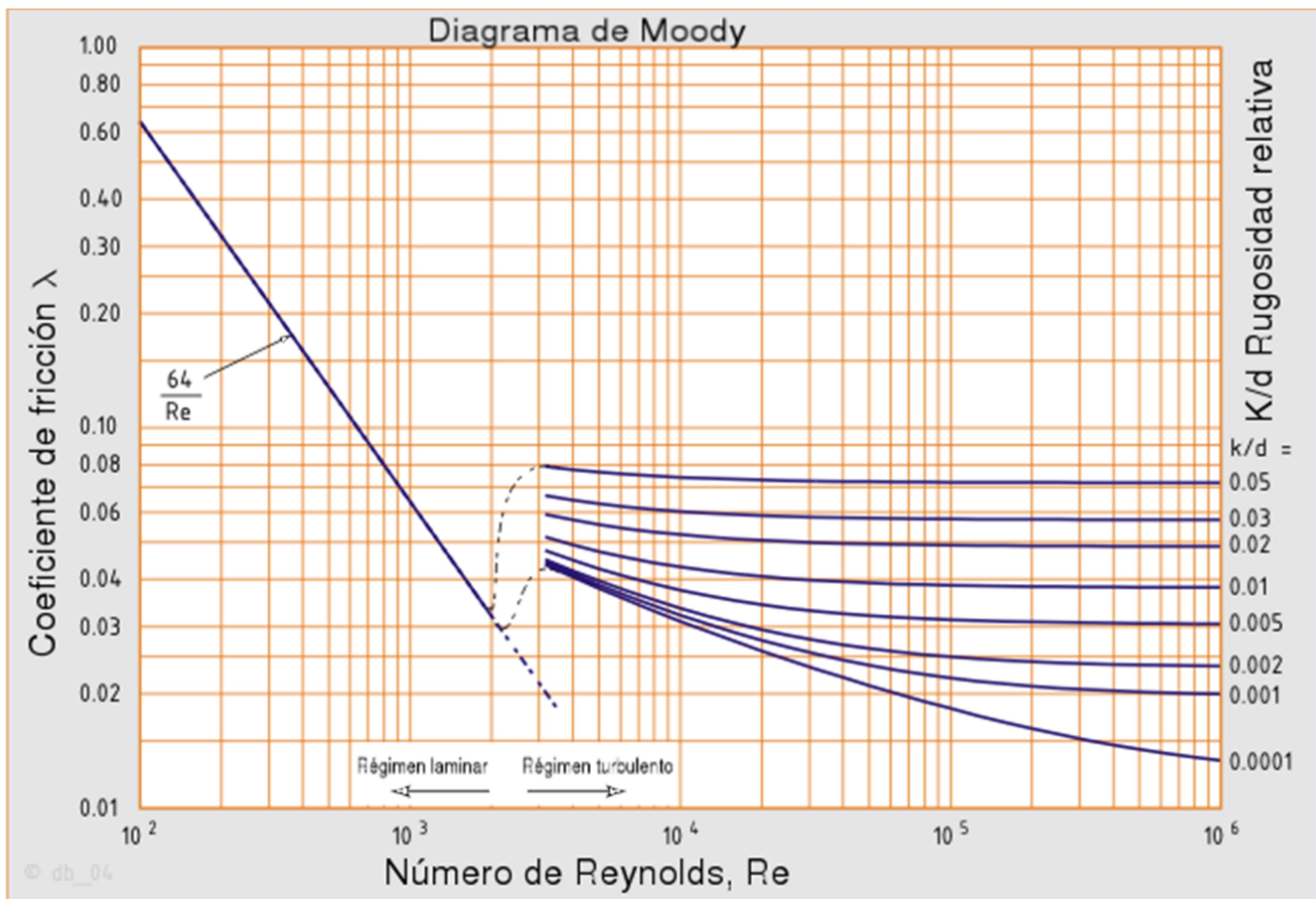



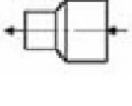


Tabla de longitudes equivalentes según diámetro interior de la tubería

Denominación	Accesorio	Longitudes equivalentes en metros								
		Diámetro interior del tubo en mm.								
		9	12	14	18	23	40	50	80	100
Válvula esférica		0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5	0,6	1	1,3
Codo		0,6	0,7	1	1,3	1,5	2,5	3,5	4,5	6,5
Pieza en T		0,7	0,85	1	1,5	2	3	4	7	10
Reductor de 2d a d		0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,9	1	2	2,5

Determinación del factor de fricción

Tramos	D interior [m]	Vr [m/s]	K	(Re)	(εr)	factor de fricción (f)
1	0,02664	5,56	0,0024	9933,58	0,000090090	0,32
2	0,02664	3,23	0,0024	5767,89	0,000090090	0,37
3	0,02664	2,72	0,0024	4859,98	0,000090090	0,4
4	0,02096	0,92	0,0024	1289,70	0,000114504	0,42
5	0,02096	2,95	0,0024	4140,62	0,000114504	0,49

Accesorios de la tubería

Tramos	Longitud [m]	Accesorios de la instalación			
		Codo	Te	Reducción	Válvula Esférica
1	22,5	3	2	-	1
2	10	1	4	-	1
3	14	-	2	-	1
4	15	-	3	-	1
5	27	1	5	1	2

Obtención de la longitud equivalente por tramos

Tramos	Diámetro interior [m]	Longitud equivalente de accesorios en [m]					Leq [m]
		Longitud	Codos	Te	Reducción	Válvula Esférica	
1	0,0266	22,5	4,5	4	0	0,3	31,3
2	0,0266	10	1,5	8	0	0,3	19,8
3	0,0266	14	0	4	0	0,3	18,3
4	0,0210	15	0	4,5	0	0,3	19,8
5	0,0210	27	1,3	7,5	0,6	0,6	37

Se han puesto válvulas esféricas que servirán para seccionar la instalación en los distintos puntos de consumo. Lo que permitirá realizar tareas de mantenimiento solo afectando al sector en cuestión, manteniendo así una mayor continuidad en la prestación del servicio.

Pérdida de carga

Tramos	Diámetro interior [m]	factor de fricción f	Vr [m/s]	g [m/s ²]	Leq [m]	Perdida de carga [m]
1	0,0266	0,32	5,56	9,81	31,3	59,24
2	0,0266	0,37	3,23	9,81	19,8	14,62
3	0,0266	0,4	2,72	9,81	18,3	10,36
4	0,0210	0,42	0,92	9,81	19,8	1,71
5	0,0210	0,49	2,95	9,81	37	38,37

Caída de presión independiente por tramo

Tramos	Perdida de carga [m]	Densidad aire [Kg/m ³]	$\Delta P \left[\frac{kg}{m^2} \right]$	$\Delta P [bar]$
1	59,24	1,18	69,90	0,0069
2	14,62	1,18	17,26	0,0017
3	10,36	1,18	12,23	0,0012
4	1,71	1,18	2,02	0,0002
5	38,37	1,18	45,27	0,0044

Caída de presión total por tramo expresada en [bar]

Tramos	$\Delta P 1$	$\Delta P 2$	$\Delta P 3$	$\Delta P 4$	$\Delta P 5$	$\Delta P Total$
1	0,0069					0,0069
2	0,0069	0,0017				0,0086
3	0,0069		0,0012			0,0081
4	0,0069		0,0012	0,0002		0,0083
5	0,0069		0,0012		0,0044	0,0125

La máxima caída de presión se da en el tramo 5, ya que acumula la pérdida de carga de los tramos que la anteceden. Pero no sobrepasa el límite de diseño impuesto a la línea principal de distribución que es del 1% de la presión de servicio 7bar.

Verificación de la tubería a la presión.

Para la verificación de las cañerías de distribución se utilizara como referencia la norma ANSI B.31.3 la misma nos permite hallar los espesores mínimos de los tubos utilizados en la instalación neumática. En nuestro caso sirve como una verificación de los tubos anteriormente escogidos.

Ecuación a utilizar:

$$t_r = \left(\frac{P \times D}{2 \times S \times E} + C \right) \times M$$

Esto es válido para $t < \frac{D}{6}$

Dónde:

t_r Espesor mínimo necesario.

P Presión interna de diseño [Psi]

D Diámetro exterior de la tubería en [in]

S Tensión máxima admitida por el material a la temperatura de proyecto [Psi]

E Eficiencia de soldadura. Tipo de unión norma UW-12

M Tolerancia de fabricación 1,12 para tubos de aceros.

C Tolerancia o sobre-espesor por corrosión, más profundidad de roscado en caso de tubos roscados, este depende del tipo de proceso. En aceros aleados resistentes a la corrosión no se suele adoptar sobre espesor por corrosión, a menos que se especifique lo contrario.

Datos:

Presión de diseño

$$P = 8bar = 116,03Psi$$

Tensión máxima admitida por el material a la temperatura de proyecto

$$S = 13600 Psi$$

Eficiencia de soldadura

De la norma UW-12 se toma unión simple por un solo dado sin solera de respaldo

$$E = 0,6$$

Tolerancia de fabricación

Preparó: Guillermo E Calabrese	Revisó:	Aprobó:	Página 15 de 23
-----------------------------------	---------	---------	-----------------

$$M = 1,12$$

Tolerancia

$$C < t/6$$

$$t = 0,133 \text{ in}^2$$

$$C = 0,0221 \text{ in}$$

Cálculo del espesor mínimo recomendado

Tubo	P [psi]	D [in]	S[psi]	E	C [in]	M	tr [in]	tr [mm]	e [mm]
SCH40 1"	116,03	1,3149	13600	0,6	0,0221	1,12	0,035	0,895	3,38
SCH40 ¾"	116,03	1,0511	13600	0,6	0,0221	1,12	0,033	0,841	2,87

e= espesor del tubo

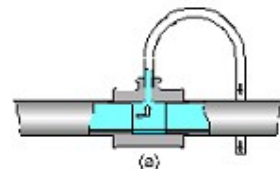
tr= espesor mínimo necesario

Para que verifique los espesores se tiene que dar la condición $e \geq tr$ y como vemos en la tabla anterior el espesor es mayor en ambos casos por lo que los espesores verifican satisfactoriamente.

$e \geq tr \therefore$ **Verifica**

Tuberías de consumo unitario

Las tomas de aire para alimentar los sectores se realizan de la parte superior de la tubería de distribución con curvas de 180 grados para evitar el ingreso de condensado. Las mismas se realizaran con tubos de sch40 de ½", con válvulas esféricas que permitan su desconexión.



² Recomendación adoptada del código ASME: Sección VII, división I, edición 1977

Tratamiento de aire.

El aire atmosférico lleva polvo y humedad. Tras la compresión, parte de la humedad se condensa, en el depósito junto a aceite y partículas que se encontraban en la atmosfera y otras que se agregan en el proceso.

Para eliminar estos contaminantes es necesario limpiar el aire obtenido lo más cerca posible del punto de consumo, para ello se utilizan distintos tipos de filtros.

Calidad del aire

Para determinar el acondicionamiento del aire se recurrió a la norma DIN ISO 8573-1 indica las clases de calidad del aire. En la tabla siguiente pueden verse las aplicaciones y las clases de calidad (DIN ISO 8573-1) recomendadas para cada aplicación neumática.

Aplicaciones	Cuerpos sólidos (µm)	Punto de condensación del agua (0 °C)	Contenido máx. de aceite (mg/m3)	Clase de filtración recomendada
Minería	40	–	25	40 µm
Lavandería	40	10	5	40 µm
Máquinas soldadoras	40	10	25	40 µm
Máquinas herramienta	40	3	25	40 µm
Cilindros neumáticos	40	3	25	40 µm
Válvulas neumáticas	40 o bien 50	3	25	40 o bien 50 µm
Máquinas de embalaje	40	3	1	5 µm – 1 µm
Reguladores finos de presión	5	3	1	5 µm – 1 µm
Aire de medición	1	3	1	5 µm – 1 µm
Aire en almacén	1	-20	1	5 µm – 1 µm
Aire para pintura	1	3	0,1	5 µm – 1 µm
Técnica de detectores	1	-20 o bien -40	0,1	5 µm – 1 µm
Aire puro para respirar	0,01	–	–	-0.01 µm

Clase de calidad del aire (DIN ISO 8573-1)	Tamaño máx. de las partículas en (µm)	Punto máx. de condensación bajo presión en °C	Contenido máx. de aceite residual en mg/m3 (ISO554)
1	0,1	-70	0,01
2	1	-40	0,1
3	5	-20	1
4	15	3	5
5	40	7	25
6	–	10	–
7	–	sin definir	–

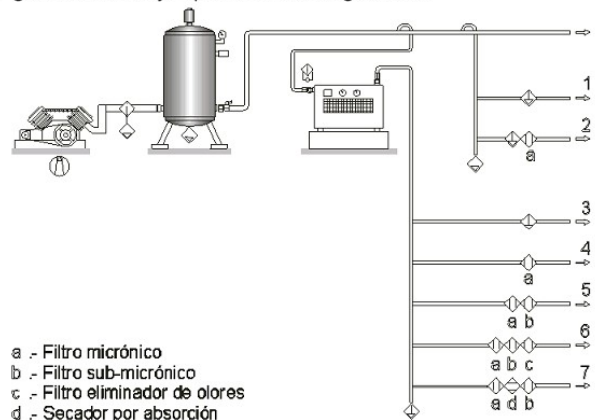
Determinación de la calidad del aire según consumo

Ítem	Cantidad	Herramienta	Consumo [l/min]	Calidad según ISO 8573-1
1	9	Pistola Sopladora	140	Clase 1.4.2
2	1	Plasma Powermax65	190	Clase 1.2.2
3	1	Plasma Powermax85	190	Clase 1.2.2
4	1	Pistola de pintura	170	Clase 1.4.2

Acondicionamiento del aire

El acondicionamiento del aire para su posterior utilización utilizara el esquema mostrado en la figura. Actualmente la empresa no consta de secador frigorífico lo que es recomendable para poder alcanzar los estándares requeridos por la norma ISO 8573-1 en lo que refiere a punto máximo de condensación bajo presión. En la instalación no está previsto por el momento el empleo de lubricadores ya que no hay herramientas que lo necesiten.

Los 7 grados de filtraje típicos son los siguientes:



Selección de filtros.

Todos los filtros cuentan con vaso para el drenaje de los condensados de forma automática con flotador de montaje interno

Línea principal

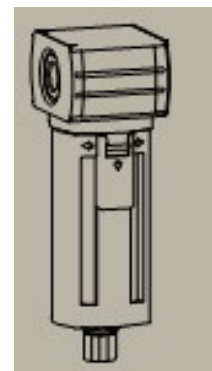
El filtro estándar consta de un separador de agua y un filtro combinado. Si el aire no ha sido deshumidificado anteriormente, se recogerá una cantidad apreciable de agua y el filtro retendrá impurezas solidas como partículas de polvo y oxido

Selección

De la marca micro se escogió un filtro modelo QBM4

Características:

- Temperaturas -10...60 °C (14...150 °F)
- Poder filtrante 5μ - 40μ



- Presión de trabajo 0...10 bar (0...145 psi)
- Conexión 1"
- Caudal máximo 2000 l/min

Elemento filtrante de 5 μ de polietileno de ultra alto peso molecular

- **A-1508Z-N-001** Rev0.0 Montaje filtro principal

Consumos

Para los puestos de utilización se utilizó la configuración FR, que incorpora a parte de la parte filtrante un regulador de presión de uso.

- Pistola Neumática y Pintura

Características:

- Conexiones G1/2" (directa)
- Temperaturas -10...60 °C (14...150 °F)
- Presión de trabajo 0...10 bar (0...145 psi)
- Material del cuerpo Aluminio inyectado
- Protecciones del vaso Plásticas a bayoneta (opcional metálicas)



Cartucho coalescente, para aire con 99,999 % de pureza, con sólidos >0,01m

- Plasma

Características:

- Conexiones G1/2" (directa)
- Temperaturas -10...60 °C (14...150 °F)
- Presión de trabajo 0...10 bar (0...145 psi)
- Material del cuerpo Aluminio inyectado
- Protecciones del vaso Plásticas a bayoneta

Cartucho de carbón activado, para aire con 99,999% de pureza, con aceite residual de 0,001mg/m³



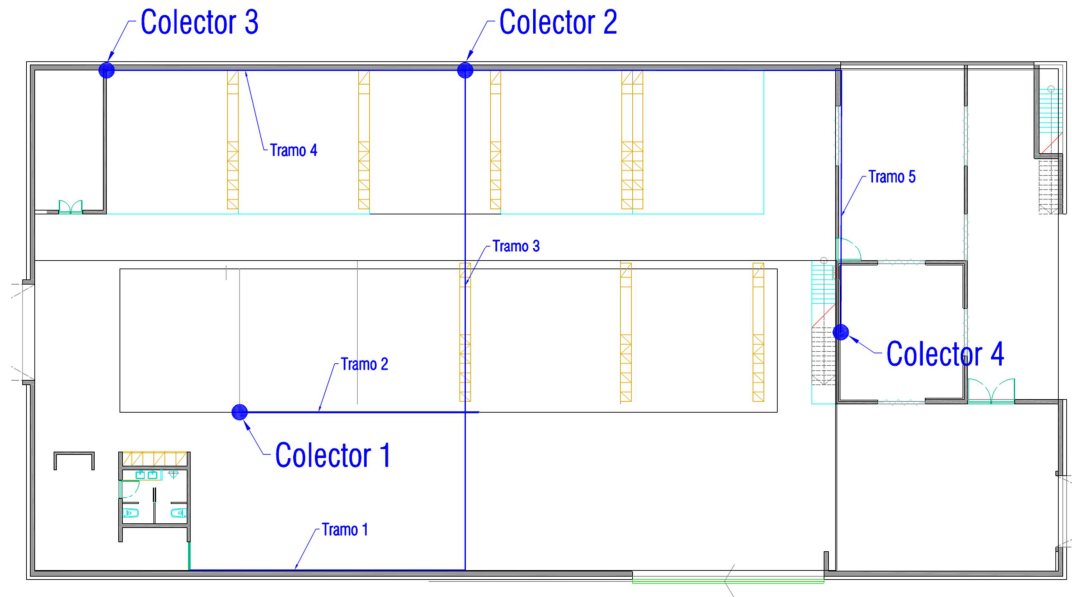
Colectores de condensado

Se colocaran colectores de condensado al final de los tramos 2,4 y 5. También se colocara uno en la unión del tramo 3 con los tramos 4 y 5. Estos son los puntos hacia los cuales está dada la pendiente mínima del 1%.

Los colectores permiten evacuar el agua acumulada mediante una válvula ubicada en su parte inferior de forma manual o automática.

Preparó: Guillermo E Calabrese	Revisó:	Aprobó:	Página 19 de 23
-----------------------------------	---------	---------	-----------------

Esquema ubicación colectores de condensado



- B-1508Z-N-001 Rev0.0 distribución colectores condensado

Verificación compresor instalado

Actualmente la empresa cuenta con un compresor alternativo bi-cilíndrico de 7,5 Hp

Capacidad de depósito 300L.

Potencia: 7.5HP

Caudal aproximado: 700 l/min.

Presión de trabajo: 8 bar

Caudal

Caudal disponible > caudal mínimo necesario

$$700 \frac{l}{min} > 185,6 \frac{l}{min} \therefore \text{Verifica}$$

Tamaño del depósito aire comprimido

Para compresores con sistema de regulación arranque-parada, la capacidad del depósito debe ser seleccionada de acuerdo al consumo de aire y la capacidad del compresor, de manera tal que el compresor haga como máximo 10 arranques por hora (1 cada 6 minutos)

$$T = V \times \frac{(P_1 - P_2)}{(C \times P_a)}$$

Preparó: Guillermo E Calabrese	Revisó:	Aprobó:	Página 20 de 23
-----------------------------------	---------	---------	-----------------

Siendo:

T: Tiempo en minutos

V: Volumen del tanque

P1: Presión inicial en bar

P2: Presión final en bar

C: Demanda de aire en

Pa: Presión Atmosférica

$$6 \text{ min} = V \times \frac{(8\text{bar} - 5\text{bar})}{\left(185,7 \frac{\text{l}}{\text{min}} \times 1\text{bar}\right)} \Rightarrow V = 370 \text{ l}$$

De los datos obtenidos anteriormente vemos que el depósito no llega a cumplir al 100% con los requerimientos impuestos. Consecuencia de esto el compresor deberá arrancar cada 5 minutos haciendo un total de 12 maniobras a la hora. Esto se daría en el caso de que la demanda utilizada sea la calculada.

Color de la tubería

La señalización de la tubería se basa en la norma DIN 2403 que tiene por objeto identificar los fluidos que circulan por ellas en instalaciones industriales, laboratorios, centros comerciales, etc.

En el caso de una tubería de aire comprimido corresponde como color de base el azul (RAL5009) con franjas de color rojo (RAL3003), a continuación se dan una serie de recomendaciones y luego un ejemplo de señalización.

Forma de aplicación del color sobre la tubería:

La tubería se pintara con el color básico en: toda su extensión.

La anchura del anillo de color complementario será como mínimo igual al diámetro de la tubería.

Sentido de circulación

El sentido de circulación del fluido transportado, se indicara mediante:
Una flecha, de color blanco o negro, que contraste con el color básico del fondo.

Preparó: Guillermo E Calabrese	Revisó:	Aprobó:	Página 21 de 23
-----------------------------------	---------	---------	-----------------

Designación código de colores según Norma DIN 2403

Color	Coordenadas Cromáticas		Factor de Luminancia (%)
	x	y	
VERDE	0,273	0,399	9,2
ROJO	0,602	0,324	7,5
AZUL	0,190	0,185	8,11
AMARILLO	0,480	0,481	60,6
NEGRO	0,293	0,307	3,8
BLANCO	0,310	0,320	84,4
GRIS	0,314	0,328	28,7
MARRON	0,389	0,362	13,5
NARANJA	0,577	0,383	19
VIOLETA	0,333	0,237	13,8

Ejemplo:

Esquema de pintura sobre la tubería



Códigos según norma IRAM

Color	Uso	IRAM (DEF 1054)	RAL
Rojo	Lucha contra fuego Señales de prohibición	03-1-080	3003
Amarillo	Cañerías de combustibles	05-1-020	1021
Amarillo	Señales de advertencia	05-1-040	1003
Azul	Cañerías aire comprimido Señales de obligación	08-1-070	5009
Verde	Cañerías de agua Señales de información	01-1-120	6027
Naranja	Cañerías de vapor Rayas indicativas de peligrosidad en cañerías	02-1-040	2009
Negro	Cañerías de electricidad	11-1-060	9005
Castaño (marrón)	Cañerías de vacío	07-1-120	8011
Gris	Cañerías de producto terminado o en proceso	09-1-160	7037
Azul claro	Cañerías de ventilación	–	5012
Ocre	Cañerías de efluente líquido	–	–
Violeta	Cañerías de barros de plantas de tratamiento	–	4001

Listado de Planos Neumáticos

- **B-1508Z-N-001** Rev0.0 distribución colectores condensado
- **B-1508Z-N-002** Rev0.0 Distribución aire comprimido
- **B-1508Z-N-003** Rev0.0 Instalación neumática 3D
- **A-1508Z-N-001** Rev0.0 Montaje filtro principal
- **A-1508Z-N-002** Rev0.0 Toma neumática

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL



FACULTAD REGIONAL CONCEPCIÓN DEL URUGUAY

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO FINAL DE CARRERA (P F C)

“Ing. de Detalle – Gas Soldadura”

Índice

Instalación Gas para soldadura4
 Características del ATAL4
 Introducción.....5
 Determinación de consumos5
 Tabla consumo según sector5
 Cálculo de consumos5
 Fu= factor de uso.....5
 Fs= factor de simultaneidad6
 Caudal de cálculo6
 Diseño de la línea6
 Valores adoptados para la línea7
 Aproximación del diámetro por velocidad7
 Ecuaciones a utilizar7
 Cálculo aproximado de diámetro tuberías.....7
 Selección diámetros comerciales.....8
 Verificación de la velocidad en la tubería8
 Calculo caída de presión8
 Procedimiento y fórmulas de cálculo.....9
 El factor de fricción (f).....9
 Tabla de longitudes equivalentes según diámetro interior de la tubería12
 Determinación del factor de fricción12
 Accesorios de la tubería12
 Obtención de la longitud equivalente por tramos12
 Pérdida de carga13
 Caída de presión independiente por tramos13
 Caída de presión total por tramo expresada en [bar]13
 Verificación caída de presión13

G-1508Z - MEMORIAS DE CALCULO - GAS | Rev 0.1

SOLDADURA

Verificación de la tubería a la presión.....	13
Cálculo del espesor mínimo recomendado	15
Color de la tubería.....	15
Forma de aplicación del color sobre la tubería:.....	15
Sentido de circulación.....	15
Designación código de colores según Norma DIN 2403	16
Designación según Norma IRAM 2507	16
Códigos de colores según norma IRAM	17
Batería de tubos.....	17
Capacidad necesaria de almacenamiento	17
Determinación del volumen V [m3].....	17
Calculo cantidad de tubos	17
Diseño de la batería de tubos.....	18
Cálculo del espesor mínimo recomendado maniflod.....	18
Tubería	19
Accesorios manifold.....	20
Accesorios Tomas	20
Listado de planos	21

Instalación Gas para soldadura

Se han proyectado para las nuevas instalaciones unas series de mejoras, entre ellas un sistema de distribución de gases para el proceso de soldadura. Ya sea en la parte de ensamble, en el que las piezas son colocadas en su posición y luego fijadas mediante puntos de soldadura para ser trasladadas el sector de soldado donde se realizan las uniones definitivas mediante esta técnica.

En el proceso actualmente se utilizan dos tipos de gases protectores, que son el dióxido de carbono y el atal que es una mezcla de gases especialmente formulada para su uso en soldadura.

La instalación brindara mayor comodidad y seguridad ya que los operarios no deberán preocuparse por repones los tubos de gas protector ahorrando tiempo en la tarea y evitando el riesgo en del transporte, montaje y utilización, ya que estos son actualmente son montados y fijados detrás de los equipos de soldado pudiendo esto ocasionar accidentes.

Características del ATAL

ATAL: Ar 80% + CO2 20%

Inodoro-incoloro -sabor ligeramente picante

No tóxico

Peso específico 1,726 Kg/m³

15°C a 1 Atm.

Densidad relativa 1,4

Capacidad 10 m³

184 Kg/cm²

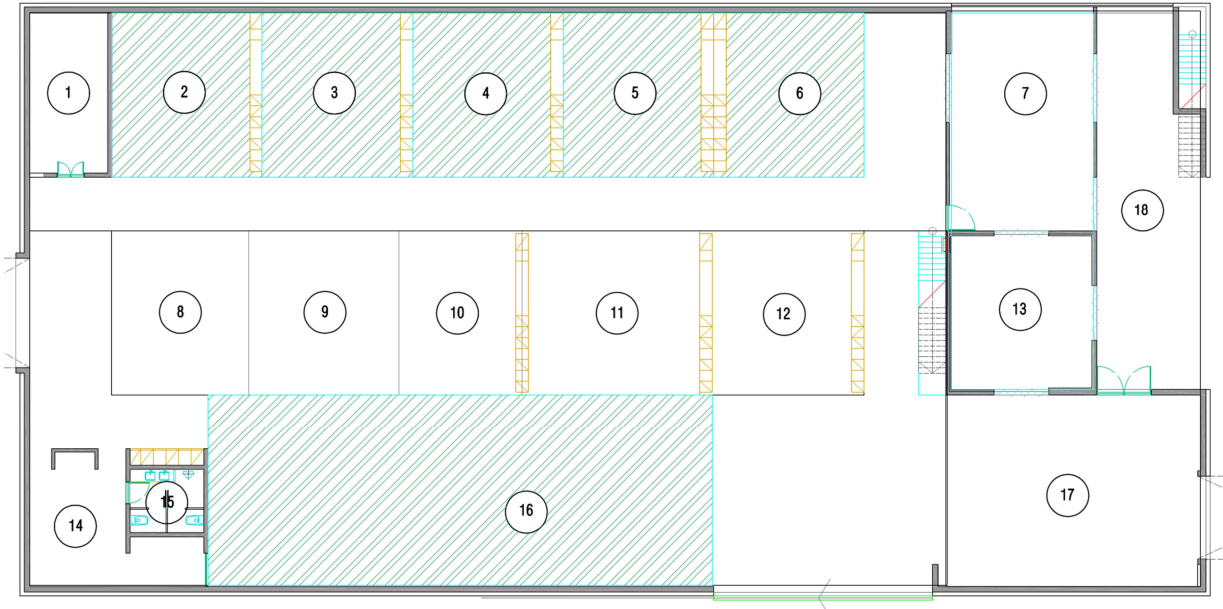
Ojiva y cuerpo: Naranja

1 Banda GRIS.



Introducción

En el siguiente esquema del taller se muestran los sitios donde se va a suministrar gas para el proceso de soldadura



Determinación de consumos

Tabla consumo según sector

Sector	Herramienta	Cantidad	Presión de línea	Consumo máximo	Presión de trabajo
2	Soldadora Mig-Mag Tauro PC450 URSUS	2	6 bar	12 l/min	1,5 bar
3	Soldadora Mig-Mag Tauro PC450 URSUS	2	6 bar	12 l/min	1,5 bar
4	Soldadora Mig-Mag Tauro PC450 URSUS	2	6 bar	12 l/min	1,5 bar
5	Soldadora Mig-Mag Tauro PC450 URSUS	2	6 bar	12 l/min	1,5 bar
6	Soldadora Mig-Mag Tauro PC450 URSUS	2	6 bar	12 l/min	1,5 bar
16	Soldadora Mig-Mag Tauro PC450 URSUS	2	6 bar	12 l/min	1,5 bar

Cálculo de consumos

Para el cálculo de consumo se procederá a determinar una serie de factores que se describen a continuación.

Fu= factor de uso

Este factor nos indica que porcentaje del caudal máximo utilizable se está empleando en realidad en el proceso.

Preparó: Guillermo E Calabrese	Revisó: GP 8/7/16	Aprobó:	Página 5 de 21
-----------------------------------	----------------------	---------	----------------

Para este caso se adoptó **Fu=0,9**

Fs= factor de simultaneidad

Depende del número de unidades que en cada momento estén consumiendo gas. Este factor es distinto a nivel sectorial y global.

Factor de simultaneidad sectorial $F_{ss}=0,5$ se tomó este valor porque solo hay un equipo en funcionamiento a la vez en cada sector.

Factor de simultaneidad global $F_{sg}=0,6$ abarca a todos los equipos instalados.

$$Fs = F_{ss} * F_{sg}$$

$$Fs = 0,3$$

Caudal de cálculo

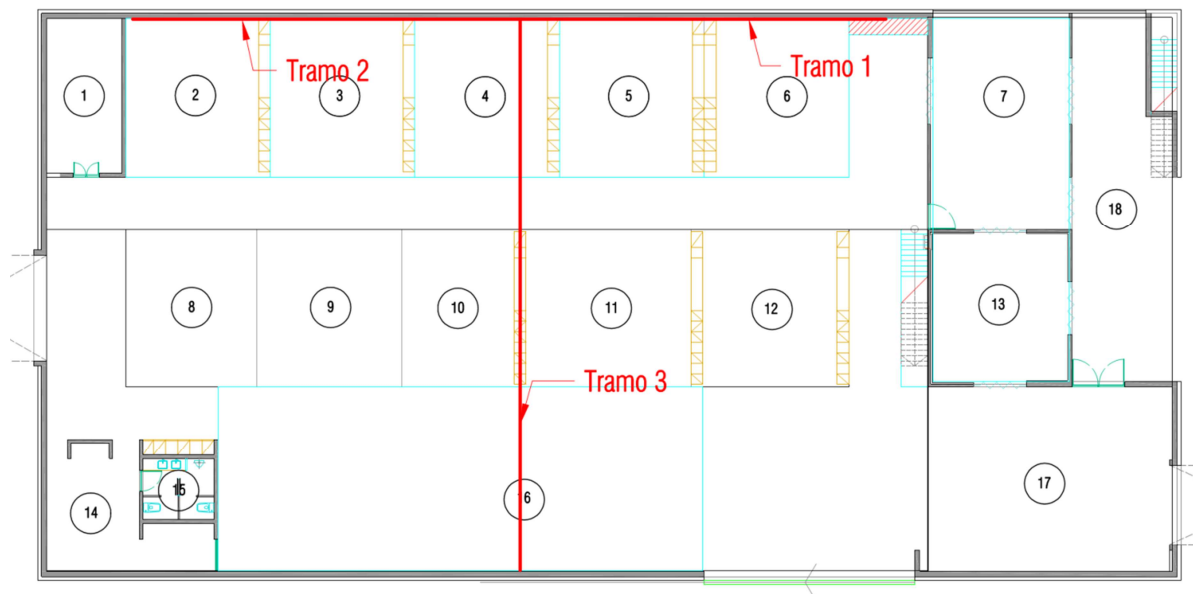
Este es el caudal que necesita abastecer la línea

$$ConsumoTotal = \sum Consumos * Fs$$

$$ConsumoTotal = 144 \frac{l}{min} * 0,3 = 43,2 \frac{l}{min}$$

Diseño de la línea

La línea se realizara en forma de alimentador, con un tubo en función de repartidor principal



del que se conectaran los consumos.

Valores adoptados para la línea

Presión de suministro máxima: 6 bar

Caída de presión máxima: 2%

Velocidad máxima: 10 m/s

- **B-1508Z-G-001** Rev0.0 Instalación Gas en planta
- **B-1508Z-G-002** Rev0.0 Instalación Gas 3D

Aproximación del diámetro por velocidad

Se puede hacer un primer cálculo del diámetro de la tubería teniendo en cuenta los datos anteriormente brindados como son el caudal que transporta la cañería y la velocidad límite adoptada, que en nuestro caso es de 10 m/s.

Ecuaciones a utilizar

$$Q = V \times A$$

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{\frac{Q \times 4}{V \times \pi}}$$

$$Q = \text{Caudal} \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

$$V = \text{Velocidad de cálculo} \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$A = \text{Área de la tubería} [m^2]$$

d = diámetro interior de la tubería

Cálculo aproximado de diámetro tuberías

Para unificar la instalación se utilizara un único diámetro para toda la cañería, que es el mayor

Preparó: Guillermo E Calabrese	Revisó: GP 8/7/16	Aprobó:	Página 7 de 21
-----------------------------------	----------------------	---------	----------------

$$d = \sqrt{\frac{0,00072 \left[\frac{m^3}{s} \right] \times 4}{10 \left[\frac{m}{s} \right] \times \pi}} = 0,00957m \cong 9,6mm$$

Selección diámetros comerciales

Para poder seleccionar un diámetro comercial primero tenemos que definir el tipo de tuberías a usar. En este caso se utilizaran tubos de acero al carbono sin costura Schedule 40 bajo normas ASTM 53, IRAM IAS U 500-218.

D teórico [mm]	Comercial			
	D nominal [in]	D externo [mm]	Espesor [mm]	D interior [mm]
9,6	3/8	17,1	2,31	12,48

Verificación de la velocidad en la tubería

Q [m3/s]	Comercial		
	D interior [mm]	D nominal [in]	Velocidad real Vr [m/s]
0,0031	12,48	3/8	5,88

Vr= velocidad real

Con las secciones adoptadas se cumplen las condiciones propuestas de funcionamiento en cuanto a velocidad del fluido menor o igual a 10m/s

Calculo caída de presión

Toda la presión a la salida del regulador de los tubos no se puede utilizar, dado que debido al rozamiento del fluido con las paredes de la tubería, más los efectos de estrangulamientos que se originan en las válvulas de paso, los cambios de dirección en el flujo en los codos, todo ello repercute en una pérdida de presión estática en el flujo.

La máxima caída de presión de la línea debe ser menor o igual al 1% de la presión de suministro, que en este caso es de 6bar lo que nos da un $\Delta P \leq 0,6bar$.

Procedimiento y fórmulas de cálculo

Para la determinación de la caída de presión se utiliza la ecuación de Darcy-Weisbach, que permite calcular la pérdida de carga en un tramo longitud de tubería mediante la siguiente expresión:

$$\Delta h = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2 \times g}$$
$$\Delta h = \frac{\Delta P}{\rho}$$

Dónde:

Δh = pérdida de carga medida según la altura manométrica (m)

L = la longitud de tramo de la tubería (m)

D = diámetro interior de la tubería (m)

V = velocidad del atal en el interior de la tubería (m/s)

g = aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)

f = factor de fricción de Darcy-Weisbach.

ΔP =caída de presión (kg/m2)

ρ = densidad del fluido newtoniano a una temperatura específica (Kg/m3)

$\rho_{atal} = 1,726 \text{ kg/m}^3$ a 15 °C

El factor de fricción (f)

Es un parámetro adimensional que depende del número de Reynolds (R_e) del fluido (en este caso de la mezcla de gases de denominación comercial ATAL) y de la rugosidad relativa de la tubería (ϵ_r)

$$f = F(R_e, \epsilon_r)$$

Donde el número de Reynolds (R_e) viene expresado por la siguiente formulación:

$$R_e = \frac{\rho \times v \times D}{\mu}$$

Siendo

ρ = densidad del fluido, en este caso del ATAL ($\rho_{atal} = 1,726 \text{ kg/m}^3$ a 15 °C)

v =velocidad del atal en el interior de la tubería (m/s)

D = diámetro interior de la tubería (m)

μ = viscosidad dinámica del fluido, en este caso del ATAL ($\mu_{atal} = 2,335 \times 10^{-6} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$)

Preparó: Guillermo E Calabrese	Revisó: GP 8/7/16	Aprobó:	Página 9 de 21
-----------------------------------	----------------------	---------	----------------

Por otro lado, la rugosidad relativa de la tubería (ε_r) viene dada en función de la rugosidad absoluta (K) del material del que está fabricada la tubería y de su diámetro interior (D) de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\varepsilon_r = \frac{K}{D}$$

En la siguiente tabla se muestran los valores de rugosidad absoluta para distintos materiales:

RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES			
Material	K (mm)	Material	K (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015	Fundición asfaltada	0,06-0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01	Fundición	0,12-0,60
Tubos estirados de acero	0,0024	Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015	Hierro forjado	0,03-0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024	Hierro galvanizado	0,06-0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024	Madera	0,18-0,90
Fundición centrifugada	0,003	Hormigón	0,3-3,0

El agua como el aire es un fluido, existen dos regímenes en los fluidos: laminar y turbulento. Para cada fluido, y para una sección de tubería, a una temperatura determinada, existe una velocidad crítica (v_c) por debajo de la cual el régimen es laminar. Este valor crítico que marca la transición entre los dos regímenes, el laminar y el turbulento, se corresponde con un $R_e = 2300$, aunque en la práctica, entre 2000 y 4000 la situación es bastante imprecisa. Por lo tanto, en función del valor del número de Reynolds (R_e) se tiene que:

- $R_e < 2000$: Régimen laminar.
- $2000 < R_e < 4000$: Zona crítica o de transición.
- $R_e > 4000$: Régimen turbulento.

Este concepto es importante conocerlo, porque la expresión para calcular el factor de fricción (f) es distinta según si el régimen es laminar o turbulento.

Así se tiene que:

- Régimen laminar

En este caso el factor de fricción (f) depende únicamente del número de Reynolds a través de la ecuación de Poiseuille:

$$f = \frac{64}{Re}$$

Expresión que resulta sencilla de aplicar para calcular el factor de fricción (f) en función del Reynolds (Re).

• Régimen turbulento

Para el régimen turbulento este cálculo ya no es tan inmediato dado que el factor de fricción (f) depende tanto del número de Reynolds como de la rugosidad relativa de la tubería.

Utilizaremos el **Diagrama de Moody** que es la representación gráfica en escala doblemente logarítmica del factor de fricción (f) en función del número de Reynolds (Re) y de la rugosidad relativa de la tubería (K/D), según se representa en la siguiente figura:

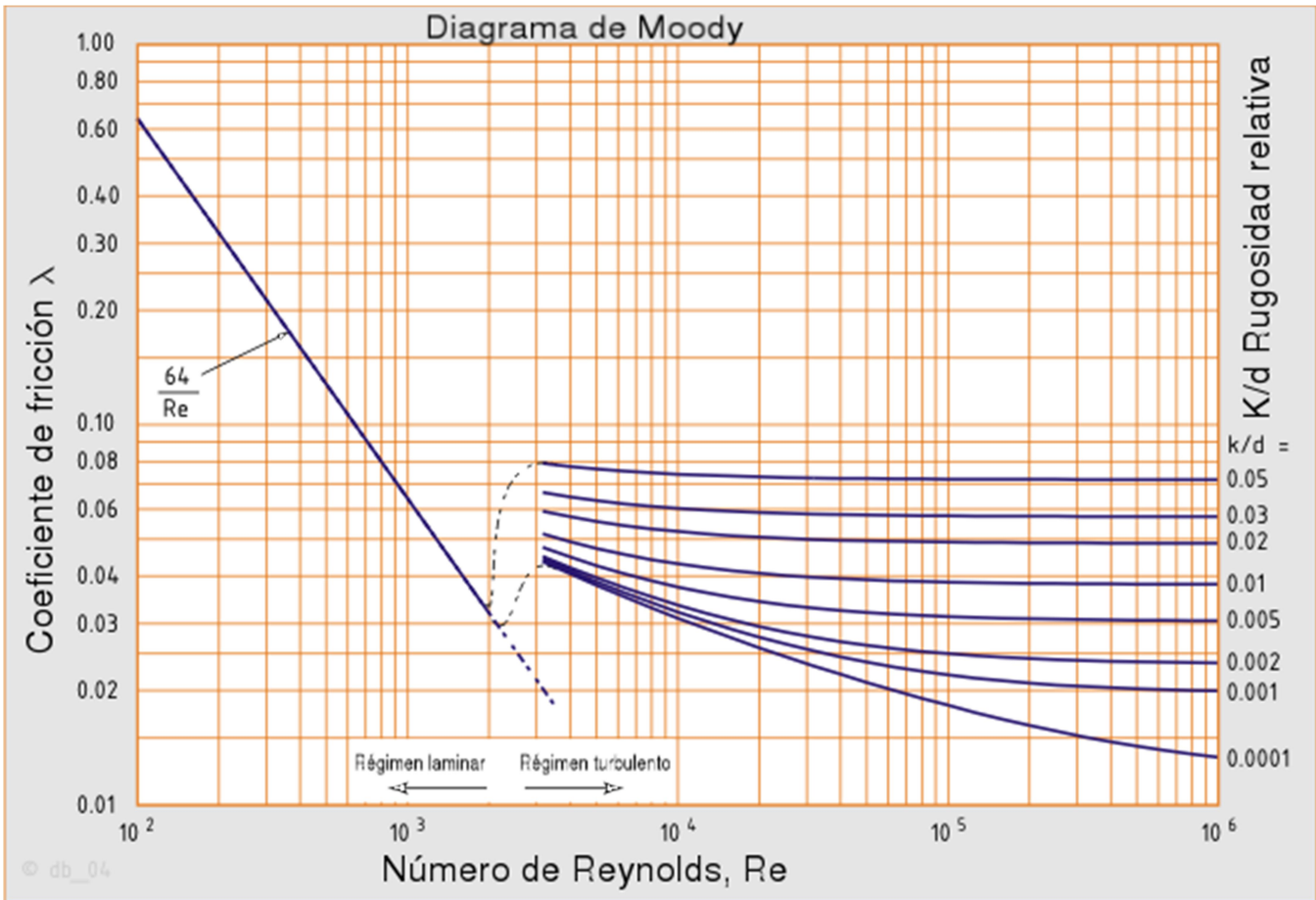



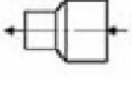


Tabla de longitudes equivalentes según diámetro interior de la tubería

Denominación	Accesorio	Longitudes equivalentes en metros								
		Diámetro interior del tubo en mm.								
		9	12	14	18	23	40	50	80	100
Válvula esférica		0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5	0,6	1	1,3
Codo		0,6	0,7	1	1,3	1,5	2,5	3,5	4,5	6,5
Pieza en T		0,7	0,85	1	1,5	2	3	4	7	10
Reductor de 2d a d		0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,9	1	2	2,5

Determinación del factor de fricción

D interior [m]	Vr [m/s]	K	(Re)	(εr)	factor de fricción (f)
0,01248	5,89	0,0024	54297,64	0,000090090	0,02

Accesorios de la tubería

Tramo	Longitud	Accesorios de la instalación			
		Codo	Te	Reducción	Válvula Esférica
1	18	2	1	-	1
2	15	-	-	-	-
3	22	1	-	-	1

Obtención de la longitud equivalente por tramos

Tramos	Diámetro interior [m]	Longitud equivalente de accesorios en [m]					Leq [m]
		Longitud	Codos	Te	Reducción	Válvula Esférica	
1	0,01248	18	1,6	0,9	-	0,2	20,7
2	0,01248	15	-	-	-	-	15
3	0,01248	22	0,8	-	-	0,2	23

Pérdida de carga

Tramos	Diámetro interior [m]	factor de fricción f	Vr [m/s]	g [m/s ²]	Leq [m]	Perdida de carga [m]
1	0,01248	0,02	5,89	9,81	20,7	58,66
2	0,01248	0,02	5,89	9,81	15	42,50
3	0,01248	0,02	5,89	9,81	23	65,17

Caída de presión independiente por tramos

Tramos	Perdida de carga [m]	Densidad ATAL [Kg/m ³]	$\Delta P \left[\frac{kg}{m^2} \right]$	$\Delta P [bar]$
1	58,66	1,726	101,24	0,0099
2	42,50	1,726	73,36	0,0072
3	65,17	1,726	112,49	0,0110

Caída de presión total por tramo expresada en [bar]

Tramos	$\Delta P 1$	$\Delta P 2$	$\Delta P 3$	$\Delta P Total$
1	0,0099			0,0099
2	0,0099	0,0072		0,0171
3	0,0099		0,0110	0,0209

Verificación caída de presión

$$\Delta P Total \leq \Delta P adm$$

$$0,0209 \text{ bar} \leq 0,12 \text{ bar}$$

La máxima caída de presión se da en el tramo 3, ya que acumula la pérdida de carga del tramo 1. Pero no sobrepasa el límite de diseño impuesto a la línea que es del 2% de la presión de servicio 6bar.

Verificación de la tubería a la presión.

Para la verificación de las cañerías de distribución se utilizara como referencia la norma ANSI B.31.3 la misma nos permite hallar los espesores mínimos de los tubos utilizados en la instalación neumática. En nuestro caso sirve como una verificación de los tubos anteriormente escogidos.

Ecuación a utilizar:

Preparó: Guillermo E Calabrese	Revisó: GP 8/7/16	Aprobó:	Página 13 de 21
-----------------------------------	----------------------	---------	-----------------

$$t_r = \left(\frac{P \times D}{2 \times S \times E} + C \right) \times M$$

Esto es válido para $t < \frac{D}{6}$

Dónde:

t_r Espesor mínimo necesario.

P Presión interna de diseño [Psi]

D Diámetro exterior de la tubería en [in]

S Tensión máxima admitida por el material a la temperatura de proyecto [Psi]

E Eficiencia de soldadura. Tipo de unión norma UW-12

M Tolerancia de fabricación 1,12 para tubos de aceros.

C Tolerancia o sobre-espesor por corrosión, más profundidad de roscado en caso de tubos roscados, este depende del tipo de proceso. En aceros aleados resistentes a la corrosión no se suele adoptar sobre espesor por corrosión, a menos que se especifique lo contrario.

Datos:

Presión de diseño

$$P = 6bar = 87,02Psi$$

Tensión máxima admitida por el material a la temperatura de proyecto

$$S = 13600 Psi$$

Eficiencia de soldadura

De la norma UW-12 se toma unión simple por un solo dado sin solera de respaldo

$$E = 0,6$$

Tolerancia de fabricación

$$M = 1,12$$

Tolerancia

$$C < t/6$$

$$t = 0,133 in^1$$

$$C = 0,0221 in$$

¹ Recomendación adoptada del código ASME: Sección VII, división I, edición 1977

Cálculo del espesor mínimo recomendado

Tubo	P [psi]	D [in]	S[psi]	E	C [in]	M	tr [in]	tr [mm]	e [mm]
SCH40 3/8"	87,02	0,491	13600	0,6	0,0221	1,12	0,028	0,703	2,31

e = espesor del tubo

tr = espesor mínimo necesario

Para que verifique los espesores se tiene que dar la condición $e \geq tr$ y como vemos en la tabla anterior el espesor es mayor en ambos casos por lo que los espesores verifican satisfactoriamente.

Verificación

$$e \geq tr$$

$$2,31mm \geq 0,703 \therefore \text{Verifica}$$

Color de la tubería

La señalización de la tubería se basa en la norma DIN 2403 (IRAM 2507) que tiene por objeto identificar los fluidos que circulan por ellas en instalaciones industriales, laboratorios, centros comerciales, etc.

En el caso del atal que es una mezcla de gases compuesta por argón y dióxido de carbono, se utilizara el color gris por ser gases inertes que no revisten mayores riesgos.

Forma de aplicación del color sobre la tubería:

La tubería se pintara con el color básico en: toda su extensión.

La anchura del anillo de color complementario será como mínimo igual al diámetro de la tubería.

Sentido de circulación

El sentido de circulación del fluido transportado, se indicara mediante:

Una flecha, de color blanco o negro, que contraste con el color básico del fondo.

Designación código de colores según Norma DIN 2403

Color	Coordenadas Cromáticas		Factor de Luminancia (%)
	x	y	
VERDE	0,273	0,399	9,2
ROJO	0,602	0,324	7,5
AZUL	0,190	0,185	8,11
AMARILLO	0,480	0,481	60,6
NEGRO	0,293	0,307	3,8
BLANCO	0,310	0,320	84,4
GRIS	0,314	0,328	28,7
MARRON	0,389	0,362	13,5
NARANJA	0,577	0,383	19
VIOLETA	0,333	0,237	13,8

Designación según Norma IRAM 2507

Pintado de Cañerías (Norma IRAM 2507)			
COLOR	IRAM		SIGNIFICADO
Naranja Internacional	02-1-040		Vapor de agua
Verde Claro	01-1-120		Agua fría
Amarillo	05-1-020		Combustibles líquidos y gases
Bermellón	03-1-080		Elementos de protección c/ncandios
Gris Industrial	09-1-060		Productos inofensivos
Castaño	07-1-120		Vacio
Azul Industrial	08-1-070		Aire comprimido
Negro	11-1-060		Electricidad
Verde Claro con franjas Naranja Internacional			Agua caliente
Gris Industrial con franjas Naranja Internacional			Productos peligrosos

Códigos de colores según norma IRAM

Color	Uso	IRAM (DEF 1054)	RAL
Rojo	Lucha contra fuego Señales de prohibición	03-1-080	3003
Amarillo	Cañerías de combustibles	05-1-020	1021
Amarillo	Señales de advertencia	05-1-040	1003
Azul	Cañerías aire comprimido Señales de obligación	08-1-070	5009
Verde	Cañerías de agua Señales de información	01-1-120	6027
Naranja	Cañerías de vapor Rayas indicativas de peligrosidad en cañerías	02-1-040	2009
Negro	Cañerías de electricidad	11-1-060	9005
Castaño (marrón)	Cañerías de vacío	07-1-120	8011
Gris	Cañerías de producto terminado o en proceso	09-1-160	7037
Azul claro	Cañerías de ventilación	–	5012
Ocre	Cañerías de efluente líquido	–	–
Violeta	Cañerías de barros de plantas de tratamiento	–	4001

Batería de tubos

Para determinar el tamaño de la batería de tubos la misma será diseñada para que brinde el suministro de gas de al menos un día laboral de 8hs.

Capacidad necesaria de almacenamiento

Determinación del volumen V [m³]

$$V = Q \times t$$

V=volumen de calculo [m³]

Q= Consumo $\left[\frac{m^3}{s}\right]$

t=duración de la jornada laboral [s]

$$V = 0,0072 \frac{m^3}{s} \times \left(8h \times 3600 \frac{s}{h}\right) = 20,736m^3$$

Calculo cantidad de tubos

$$Nt \geq \frac{V}{Q_t} \left[\frac{m^3}{m^3}\right]$$

Nt= Numero de tubos

V= capacidad necesaria [m³]

Q_t= capacidad del tubo [m³]

$$Nt \geq \frac{20,736m^3}{10m^3} = 2,1$$

El valor obtenido anteriormente está en concordancia con el dato aportado por el encargado de taller de 2,5 tubos diarios.

Para la batería se utilizaran 6 tubos, lo que da más tiempo para su recambio y se utilizan los que actualmente tiene la empresa en utilización.

Diseño de la batería de tubos

Se optó por la configuración de maniflod simple con válvula de cierre individual por cilindro y otra de cierre por grupo. También se dispone de manómetros que indican la presión de alimentación de los tubos y de suministro a la línea, como así también de una válvula de seguridad de sobrepresión que limite la presión en la línea ya sea por un error humano o un defecto en el regulador.

A continuación se muestra un esquema del maniflod.



La batería tiene una cantidad de 6 tubos que aseguran la provisión de gas para soldadura de por lo menos 2 días de trabajo.

La cañería se realizara de tubo sch160 de 3/4" para poder soportar la presión máxima de 200 bar que brindan los tubos.

- **B-1508Z-G-003** Rev0.0 Batería de tubos

Cálculo del espesor mínimo recomendado maniflod

Datos:

Presión de diseño

$$P = 200bar = 2667,33Psi$$

Tensión máxima admitida por el material a la temperatura de proyecto

$$S = 13600 Psi$$

Preparó: Guillermo E Calabrese	Revisó: GP 8/7/16	Aprobó:	Página 18 de 21
-----------------------------------	----------------------	---------	-----------------

G-1508Z - MEMORIAS DE CALCULO - GAS | Rev 0.1

SOLDADURA

Eficiencia de soldadura

De la norma UW-12 se toma unión simple por un solo dado sin solera de respaldo

$$E = 0,6$$

Tolerancia de fabricación

$$M = 1,12$$

Tolerancia

$$C < t/6$$

$$t = 0,133 \text{ in}$$

$$C = 0,0221 \text{ in}$$

Tubo	P [psi]	D [in]	S[psi]	E	C [in]	M	tr [in]	tr [mm]	e [mm]
SCH160 3/4"	2667,33	1,051	13600	0,6	0,0221	1,12	0,217	5,515	5,6

e = espesor del tubo

tr = espesor mínimo necesario

Para que verifique los espesores se tiene que dar la condición $e \geq tr$ y como vemos en la tabla anterior el espesor es mayor en ambos casos por lo que los espesores verifican satisfactoriamente.

Verificación

$$e \geq tr$$

$$5,6 \text{ mm} \geq 5,515 \therefore \text{Verifica}$$





Planilla de materiales

Tubería

Descripción	Diámetro [in]	Cantidad	Longitud [m]
Tubo Sch40	3/8"	10	60
Codo	3/8"	3	-
Te	3/8"	1	-
Válvula Esférica	3/8"	2	-
Tubo Sch160	3/4"	-	2
Te	3/4"	7	-

Preparó: Guillermo E Calabrese	Revisó: GP 8/7/16	Aprobó:	Página 19 de 21
-----------------------------------	----------------------	---------	-----------------

Accesorios manifold

Descripción	Imagen	Modelo	Diámetro [in]	Cantidad
Flexibles alta presión 6 pies de tubería de acero inoxidable de 1/8" OD, clasificado para 7500 psi		Parr A506HC	1/8"	6
Regulador de presión para gas de membrana mono etapa de acero inoxidable 1/2", max. 300 bar		RH300	1/2"	1
Válvula de seguridad		Parr A175VB8	1/4" NPT	1
Válvula de cierre		Válvula de cierre alta presión	1/2"	6

Accesorios Tomas

Descripción	Imagen	Modelo	Diámetro [in]	Cantidad
Válvula de cierre		Llave Esférica Paso Total	1/2"	6
Regulador de presión y caudalímetro		Regulador Mig Mag Tig Caudalímetro Atal	1/2"	6
racor		Acople rápido de 1/4"	1/4"	6

Listado de planos

- **B-1508Z-G-001** Rev0.0 Instalación Gas en planta
- **B-1508Z-G-002** Rev0.0 Instalación Gas 3D
- **B-1508Z-G-003** Rev0.0 Batería de tubos
- **A-1508Z-G-001** Rev0.0 Toma de servicio Gas