

Proyecto Constructivo de la
Subestación Eléctrica de Tracción
de Bentaberri.

**ANEJO N° 5. CÁLCULO DE
INSTALACIONES AUXILIARES**

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. INSTALACIONES DE BT DE LA SUBESTACIÓN DE BENTABERRI	2
2.1 Cálculos eléctricos.....	2
2.1.1 Consideraciones de cálculo.....	2
2.1.2 Criterios de cálculo de las líneas.....	2
2.1.3 Cálculos justificativos de las líneas	5
2.2 Sistema de alumbrado exterior de la subestación	16
2.3 Sistema de alumbrado interior de la subestación	16
2.3.1 Cálculos	16
3. VENTILACIÓN	17
3.1 Cálculo del sistema de ventilación.....	18
3.1.1 Cálculo de pérdidas.....	18
3.1.1.1 Pérdidas de los transformadores.....	18
3.1.1.2 Pérdidas de los rectificadores	18
3.1.1.3 Otras pérdidas	19
3.1.2 Caudal de aire necesario	19
3.1.3 Descripción del sistema de ventilación	20
3.1.3.1 Zona transformadores.....	20
3.1.3.2 Zona de rectificadores.....	23
3.1.4 Descripción de la solución adoptada.....	31

1. INTRODUCCIÓN

En este Anejo se incluyen los cálculos justificativos de las instalaciones auxiliares de baja tensión, sistema de alumbrado y sistema de ventilación de la nueva Subestación Eléctrica de Tracción de Bentaberri.

2. INSTALACIONES DE BT DE LA SUBESTACIÓN DE BENTABERRI

2.1 Cálculos eléctricos

2.1.1 Consideraciones de cálculo

Para el cálculo de los conductores se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

Para cada circuito se ha considerado la potencia máxima que pueda darse en el circuito en cuestión (producto del número de equipos por las potencias asignadas a los mismos), estimada en algunos casos para tener en cuenta posibles sobrecargas, contenidos de armónicos, puntas de arranque etc.

Por el hecho de tratarse de una alimentación de un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador, y en consecuencia la máxima caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de la instalación será (ITC-BT-19):

- Cargas de alumbrado: 4,5%
- Cargas de fuerza: 6,5%

La tabla de resultados, incluida en la colección de Planos del Proyecto, muestra para cada salida del cuadro una descripción del mismo, el código asignado y la composición de dicho circuito (el número de fases y si/no se distribuye el neutro y el conductor de protección PE). Los esquemas unifilares también indican los calibres de cada una de las protecciones y la necesidad de diferencial, así como su sensibilidad.

Las tablas, por tanto, muestran los datos y resultados del cálculo de las secciones de los cables en función del calentamiento y de la caída de tensión máximos permitidos.

Los cálculos se han llevado a cabo mediante el software Caneco BT para el cálculo de los cuadros y circuitos de corriente alterna y mediante tabla Excel para los circuitos de corriente continua.

2.1.2 Criterios de cálculo de las líneas

Generalidades

Los cálculos de secciones comprenden desde bornas de Baja Tensión de Transformadores de potencia, hasta el último punto de consumo. El circuito correspondiente a la alimentación desde el secundario del transformador de servicios auxiliares, hasta el cuadro general de baja tensión (servicios auxiliares) está calculado en el *Anejo N°4. Cálculos de sistemas eléctricos de potencia*, siendo su configuración de $3 \times (1 \times 150 \text{ mm}^2) + 1 \times 70 \text{ mm}^2$ con conductor de cobre y aislamiento XLPE 0,6/1 kV.

La red general de distribución de fuerza será trifásica, con neutro, con tensiones de servicio de 400/230 V.

La red de distribución de fuerza auxiliar (tomas de corriente) y alumbrado, será, dependiendo de los casos, trifásica 400/230 V o monofásica 230 V.

Los cálculos se han realizado según:

- Reglamento electrotécnico de Baja Tensión.
- Normativa UNE o CEI en aquellos aspectos no cubiertos por el Reglamento.
- Normativa VDE para cálculos de cortocircuito.

La elección de la sección de los cables se ha realizado de la siguiente forma:

- Por intensidad térmica.
- Por caída de tensión.
- Por intensidad de cortocircuito.

- Sección de cable por intensidad térmica

A efectos de cálculo de secciones de cables, se ha considerado una temperatura ambiental de 40°C, a excepción de cables entubados y envueltos en dado de hormigón por túneles que se ha considerado de 25°C.

El factor de corrección de intensidad k por agrupamiento de cables en bandejas, y conducciones entubadas empotradas en hormigón por túnel, se ha considerado de 0,7.

Para el cálculo de las distintas intensidades de corriente y para distintos receptores se han utilizado las siguientes fórmulas:

$$I = \frac{P}{1,73 \times U_c \times \cos \varphi} \quad (1)$$

$$I = \frac{P}{U_s \times \cos \varphi} \quad (2)$$

Siendo:

- I = Intensidad en amperios
- P = Potencia activa en vatios
- U_c = Tensión compuesta
- U_s = Tensión simple
- Cos φ = Factor potencia

Las fórmulas anteriores se utilizarán para:

- Fuerza distribución trifásica 400 V
- Fuerza distribución monofásica 230 V

Todos los valores de intensidad I, estarán afectados por el coeficiente de corrección k = 0,7 por agrupamiento en las conducciones.

Los valores de intensidad, una vez aplicado el coeficiente de corrección, no serán inferiores, para la elección de la sección del cable, a los indicados en las tablas A.3.1 y A.3.2 de la Norma UNE 211435.

- Sección de cable por caída de tensión

De acuerdo con el REBT, las caídas de tensión máximas previstas, tal y como se ha citado, entre bornas de secundario del transformador de potencia y último receptor, son las siguientes:

- 6,5% para circuitos de fuerza
- 4,5% para circuitos de alumbrado

Para el cálculo de la caída de tensión (c.d.t.) en líneas en que la reactancia X del cable es despreciable respecto a la resistencia R, generalmente en cargas monofásicas y trifásicas de fuerza auxiliar y alumbrado, las fórmulas a utilizar serán las siguientes:

- Para sistemas trifásicos:

$$\sigma = \frac{P \times L \times 100}{56 \times U_c \times U_c \times S} \cdot \text{c.d.t. en \%}$$

- Para sistema monofásico:

$$\sigma = \frac{2 \times P \times L \times 100}{56 \times U_s \times U_s \times S} \cdot \text{en \%}$$

Siendo:

- σ = c.d.t. en %
- P = Potencia activa en watios
- L = Longitud en m
- U_c = Tensión compuesta en voltios
- U_s = Tensión simple en voltios
- S = Sección del cable en mm² de cobre

Para el cálculo de la caída de tensión en líneas en que la X del cable no es despreciable respecto a R, generalmente para receptores de gran consumo, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\Delta U = 1,73 \times L \times I (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

Siendo:

- ΔU = c.d.t. en voltios
- L = Longitud en km
- I = Intensidad en amperios
- R = Resistencia del cable en Ω/km
- X = Reactancia del cable en Ω/km
- $\cos \varphi$ = factor de potencia

De donde X, se considera para 3 cables en triángulo y en contacto mutuo.

$X = 2 \pi f \cdot L$, siendo f = frecuencia red 50 Hz y L inductancia del cable

$$L = \left(0,05 + 0,46 \log \cdot \frac{2 \times \phi \text{ ext}}{\phi \text{ int}} \right) \times 10^{-3} \text{ henrios/m}$$

Para el cálculo de la c.d.t. y para estas secciones, se han seguido los coeficientes K1, indicados en el catálogo de Prysmian, que en la práctica coinciden en el desarrollo de las fórmulas indicadas anteriormente y de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\Delta U = K1 \times L (\text{km}) \times I$$

- Sección de cable por intensidad de cortocircuito

Este cálculo solamente se ha realizado para los cables principales de baja tensión:

- Interconexión Trafo Potencia con Cuadro General de B.T.
- Salidas Cuadro General de B.T. a Cuadros Auxiliares y Receptores.

Las salidas de cuadros secundarios de distribución no se han calculado por este procedimiento, ya que la intensidad de cortocircuito disminuye considerablemente. El instalador deberá comprobar estos datos en base al fabricante de protecciones seleccionado.

Para el cálculo de la sección, se ha seguido el criterio de la Norma UNE 211003-1, en la que el valor máximo de la temperatura alcanzado en el conductor de un cable durante el cortocircuito, y de duración no superior a 5 s, en contacto con un aislamiento XLPE, será de 250°C y la fórmula aplicada es $I^2 \times t = 20.449 \times S^2$ para un cable de cobre y $I^2 \times t = 8.836 \times S^2$ para un cable de aluminio, siendo:

- I = Intensidad de cortocircuito (I_{cc})
- T = Duración del cortocircuito
- S = Sección del cable en mm^2

Las I_{cc} serán las indicadas en el apartado correspondiente de este anejo. Los tiempos de duración serán los de corte de los interruptores de protección en los cuadros de distribución, que corresponde a ≤ 30 m/s para interruptores generales protección secundario transformadores y ≤ 60 m/s para interruptores protección salidas a receptores.

2.1.3 Cálculos justificativos de las líneas

En las hojas adjuntas se indica el cálculo de las secciones de cables, y que, siguiendo el mismo criterio, se han aplicado para todos los circuitos que se indican en los listados completos de cables, que se adjuntan en el Proyecto.

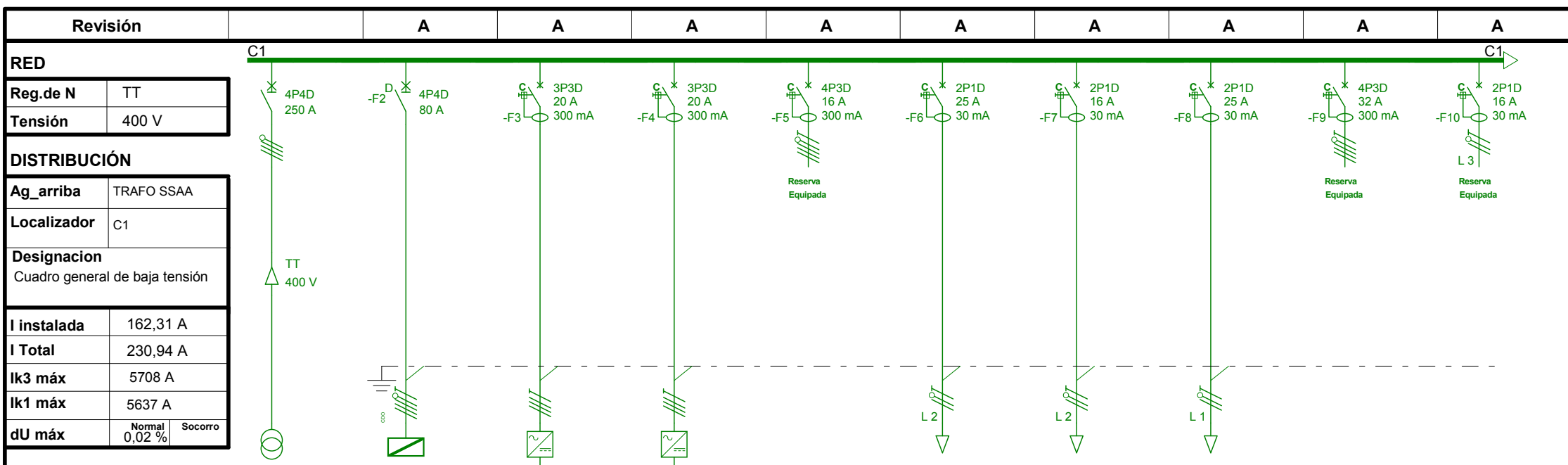
Los cálculos se representan de forma tabulada. A continuación, se presenta una explicación de cada celda:

- N°: número de circuito
- Descripción circuito: Denominación de la carga que alimenta cada circuito.
- Tensión: nivel de tensión compuesta en caso de circuito trifásico o tensión monofásica.
- Potencia: en general potencia activa. Algunas cargas singulares se representan con su potencia aparente. En batería de condensadores se muestra su potencia reactiva.
- Factor de potencia: es el $\cos \varphi$. En general:
 - para alumbrados, por su alto factor, $\cos \varphi = 0,95$
 - para motores, $\cos \varphi = 0,85$
 - resto de cargas, $\cos \varphi = 0,8$
- Intensidad de cálculo:
 - En circuitos monofásicos es el resultado de dividir la potencia activa entre el $\cos \varphi$ y entre la tensión monofásica (230 V)
 - En circuitos trifásicos es el resultado de dividir la potencia activa entre raíz de 3 (1,73) y entre la tensión compuesta de 400 V.
- Intensidad de calentamiento: en general, independientemente de la disposición de cada tendido se aplica un único coeficiente. Se trata de un coeficiente de 0,7, por lo que la intensidad de cálculo se divide por 0,7 en todos los casos. Para el caso de la batería de condensadores, lo que se aplica es un coeficiente sobre la I_n (intensidad de cálculo) de 1,8 que multiplica a dicha intensidad para seguir reglamento. Esta intensidad se utiliza únicamente para la estimación del cable necesario, pero no será la intensidad nominal que vaya a circular por dicho cable.
- Tipo:
 - II: circuito monofásico
 - IV: circuito trifásico
- Tipo (s/UNE): aislamiento de cada conductor. Para determinar tipo de cable se recomienda revisar el P.P.T.P.
- N° cables/fase: el número de conductores existentes por cada fase.

- Dimensionado del cable: donde se representa el número de conductores por fase, neutro y tierra según corresponda.
- Long. (m): longitud en metros de cada circuito.
- Calibre aprox. Se trata de una cifra en torno a la cual se encontrará el calibre de cada protección. El calibre de cada protección estará siempre entre la intensidad admisible (se explica más adelante) y la intensidad de cálculo ya mencionada. Este calibre aproximado se obtiene de sumar a la intensidad de cálculo la mitad de la diferencia entre la intensidad admisible y la citada intensidad de cálculo.
- Intensidad admisible: se trata del valor que da el fabricante de la corriente admisible que tiene cada cable en función de su aislamiento, tipo de conductor y sección del mismo. Se trata de la intensidad admisible de un conductor.
- Intensidad admisible nominal: se trata de la intensidad admisible nominal por fase. Coincide con el valor anterior, caso de tratarse de un conductor por fase.
- Factor de corrección: como ya se ha citado se supone 0,7 para todos los circuitos excepto para el de conexión de la batería de condensadores.
- Intensidad admisible > intensidad de calentamiento: debe cumplirse esta condición para todos los casos.
- Intensidad de cortocircuito: la calculada en este anejo para las protecciones de acometida a embarrado de C.G.B.T y para consumos importantes. Para consumos menores (menores calibres) se considera según curva de protección "C" salto de la protección en la zona magnética considerando 20 veces la intensidad nominal con disparo al de 10 ms.
- Caída de tensión: para cada circuito y la acumulada considerando para alumbrados un límite de un 4,5 % y para resto de cargas no mayor del 6,5%.
- Comprobación para el arranque de los motores: solo se considera para cargas importantes, como son los motores de las ventilaciones de emergencia. El $\cos \varphi$ en el arranque se supone de 0,35 para el cálculo de la caída de tensión. En los arranques la caída de tensión no debe superar el 10%.

En el arranque de motores dado que son de potencia menor de 1 kW, se considera arranque directo, - permitido por el REBT - de su motor trifásico, con una intensidad de arranque de 8 veces la nominal.

El apartado siguiente incluye las tablas con los cálculos eléctricos de los cuadros de la nueva subestación de Bentaberri.



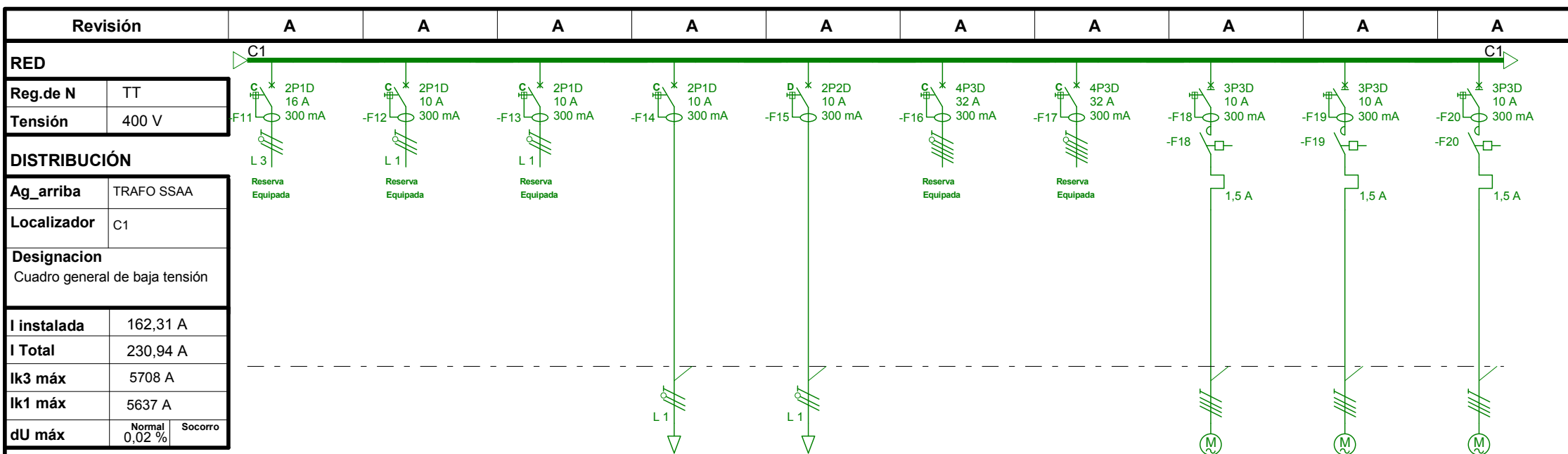
CIRCUITO	Localizador	TRAFO SSAA		F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10												
	Designación	Cuadro general de baja tensión		Alimentación a cuadro fuerza y alumbrado	Alimentación cargador/rectificador 1	Alimentación cargador/rectificador 2	Reserva equipada	Alimentación auxiliar celdas 30 kV	Alimentación auxiliar celdas 13 kV	Alimentación auxiliar celdas CC	Reserva equipada	Reserva equipada												
	N°	Consumo	1	160KVA	1	68,2A	1	10000W	1	10000W	1	6200W	1	3360W	1	2940W	1	3780W	1	3200W	1	3000W		
	Alimentación		Normal		Normal		Normal		Normal		Normal		Normal		Normal		Normal		Normal		Normal			
ENLACE	Jdb Ag_arriba																							
	Tipo	RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)				
	Longitud	Alma	1 m	Cobre	10 m	Cobre	15 m	Cobre	15 m	Cobre	1 m	Cobre	50 m	Cobre	50 m	Cobre	50 m	Cobre	1 m	Cobre	1 m	Cobre		
	L.máx prot.				96 m (CC)		103 m (CC)		103 m (CC)		75 m (CC)		76 m (CC)		97 m (DU)		76 m (DU)		89 m (CC)		95 m (DU)			
	dU Circuito	dU Total	0 %	0,02 %	0,28 %	0,30 %	0,9 %	0,91 %	0,9 %	0,91 %	0,04 %	0,05 %	3,79 %	3,80 %	3,31 %	3,33 %	4,26 %	4,28 %	0,01 %	0,03 %	0,07 %	0,08 %		
	Cable		3X(1x150)		5G25		4G2,5		4G2,5		5G2,5		3G4		3G4		3G4		5G6		3G4			
Neutro		1x70																						
PE/PEN		Separado																						
PROT.	Protección		CVS250B		C120N		iDPN N		iDPN N		iDPN N		iDPN F		iDPN F		iDPN F		iDPN N		iDPN F			
	Calibre		Ir DDR		250 A		80 A		20 A		300 mA		20 A		300 mA		16 A		300 mA		25 A		30 mA	
	Ir		Im / Isd		230,94 A		2500 A				1120 A				200 A		200 A				160 A		160 A	
Reparto de fases			123		123		123		123		123		2		2		1		123		3			



SUBESTACION TRACCION BENTABERRI
 CUADRO GENERAL BAJA TENSIÓN

A
 Ind. MODIFICACIONES
 Fecha : 30/01/2020 Norma : REBT11-14

PROYECTO:
 DOC:
 Folio 1/6



CIRCUITO	Localizador	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19	F20											
	Designación	Reserva equipada	Reserva equipada	Reserva equipada	Alimentación analizador de red	Alimentación control extractores	Reserva equipada	Reserva equipada	Alimentación extractor 1	Alimentación extractor 2	Alimentación extractor 3											
	N°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1											
	Consumo	3000W	1000W	1000W	200W	50W	2000W	2000W	883W	883W	883W											
Alimentación	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal												
ENLACE	Jdb Ag_arriba																					
	Tipo	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)											
	Longitud	Alma	1 m	1 m	1 m	10 m	10 m	1 m	1 m	25 m	22 m	19 m										
	L.máx prot.		95 m (DU)	121 m (CC)	121 m (CC)	121 m (CC)	83 m (CC)	89 m (CC)	89 m (CC)	145 m (CC)	145 m (CC)	145 m (CC)										
	dU Circuito	dU Total	0,07 %	0,08 %	0,04 %	0,05 %	0,04 %	0,05 %	0,07 %	0,09 %	0,02 %	0,04 %	0,01 %	0,02 %	0,01 %	0,02 %	0,13 %	0,15 %	0,12 %	0,13 %	0,1 %	0,12 %
	Cable		3G4	3G2,5	3G2,5	3G2,5	3G2,5	3G2,5	5G6	5G6	4G2,5	4G2,5	4G2,5									
	Neutro PE/PEN	Separado																				
PROT.	Protección	iDPN F	iDPN F	iDPN F	iDPN F	iC60N	iDPN N	iDPN N	iC60LMA	iC60LMA	iC60LMA											
	Calibre	Ir DDR	16 A	300 mA	10 A	300 mA	10 A	300 mA	10 A	300 mA	10 A	300 mA	10 A	300 mA	10 A	300 mA	10 A	300 mA	10 A	300 mA	10 A	300 mA
	Ir	Im / Isd	160 A	100 A	100 A	100 A	144 A	320 A	320 A	1,5 A	120 A	1,5 A	120 A	1,5 A	120 A	1,5 A	120 A	1,5 A	120 A	1,5 A	120 A	
Reparto de fases		3	1	1	1	1	123	123	123	123	123											



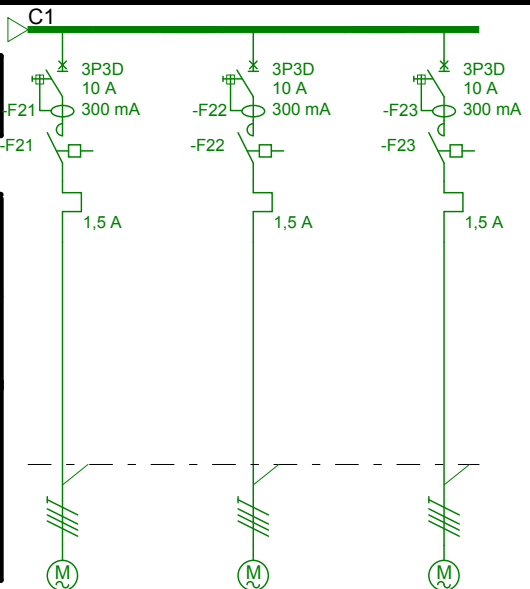
SUBESTACION TRACCION BENTABERRI
 CUADRO GENERAL BAJA TENSION

A
 Ind. MODIFICACIONES
 Fecha : 30/01/2020 Norma : REBT11-14

PROYECTO:
 DOC:
 Folio 2/6

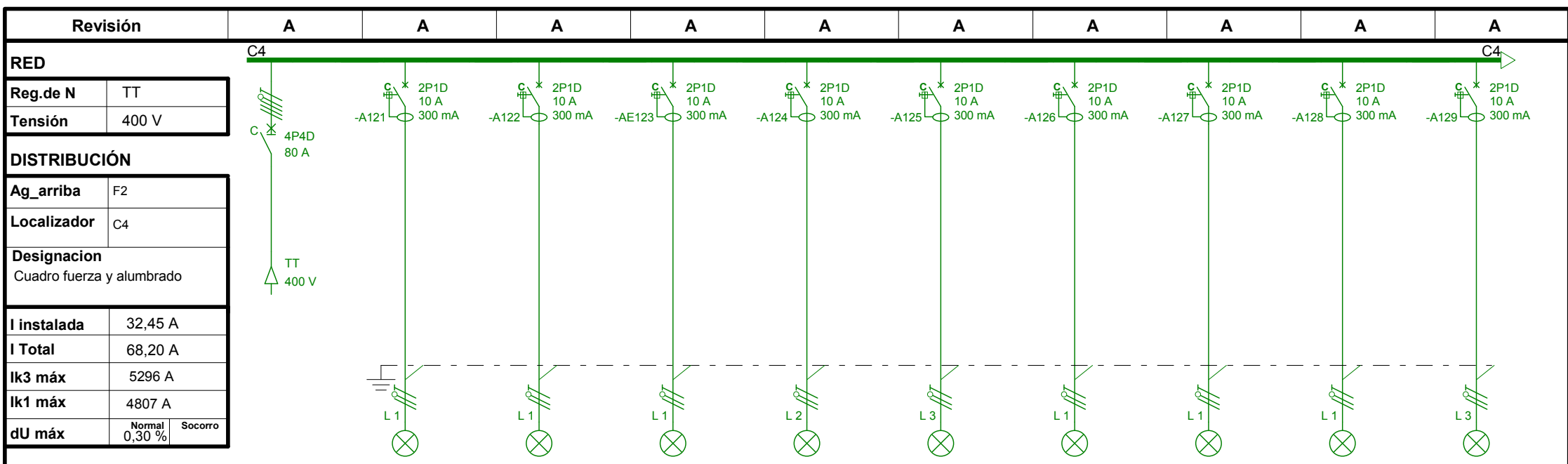
Revisión	A	A	A							
----------	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--

RED	
Reg.de N	TT
Tensión	400 V
DISTRIBUCIÓN	
Ag_arriba	TRAFO SSAA
Localizador	C1
Designación Cuadro general de baja tensión	
I instalada	162,31 A
I Total	230,94 A
Ik3 máx	5708 A
Ik1 máx	5637 A
dU máx	Normal 0,02 % Socorro



CIRCUITO	Localizador	F21	F22	F23															
	Designación	Alimentación extractor 4		Alimentación extractor 5		Alimentación extractor 6													
	Nº	Consumo	1	883W	1	883W	1	883W											
	Alimentación		Normal		Normal		Normal												
ENLACE	Jdb Ag_arriba																		
	Tipo	RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)													
	Longitud	Alma	16 m	Cobre	13 m	Cobre	10 m	Cobre											
	L.máx prot.		145 m (CC)		145 m (CC)		145 m (CC)												
	dU Circuito	dU Total	0,08 %	0,10 %	0,07 %	0,09 %	0,05 %	0,07 %											
	Cable		4G2,5		4G2,5		4G2,5												
	Neutro	Separado																	
PROT.	Protección	iC60LMA		iC60LMA		iC60LMA													
	Calibre	Ir DDR	10 A	300 mA	10 A	300 mA	10 A	300 mA											
	Ir	Im / Isd	1,5 A	120 A	1,5 A	120 A	1,5 A	120 A											
Reparto de fases		123		123		123													

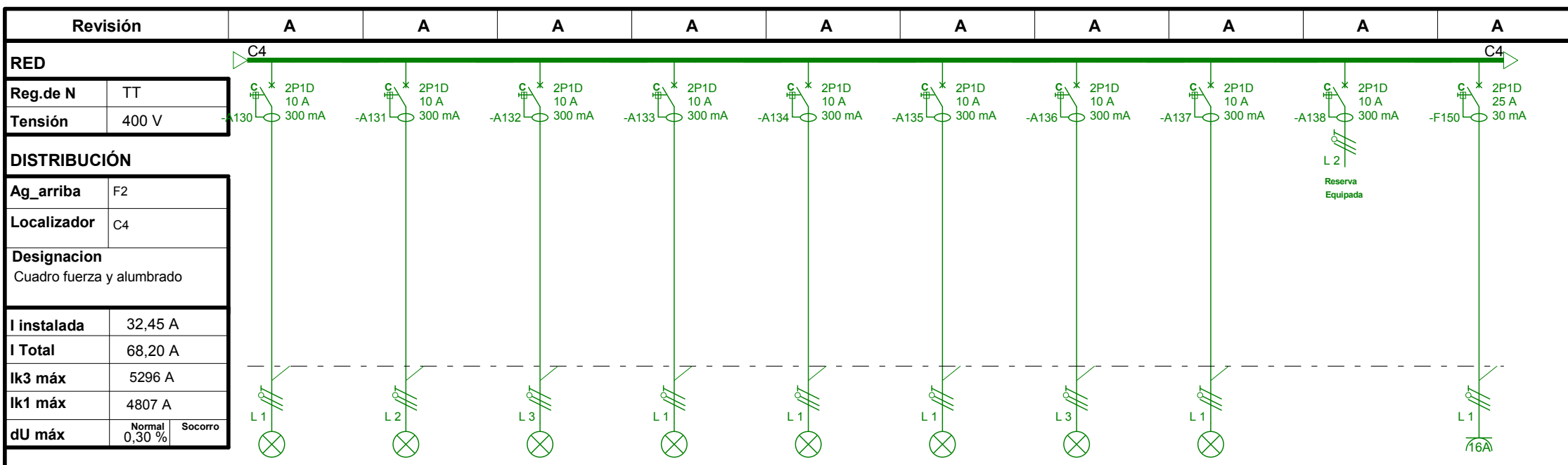
	SUBESTACION TRACCION BENTABERRI CUADRO GENERAL BAJA TENSION	A		PROYECTO: DOC:	Folio
		Ind.	MODIFICACIONES		3
Fecha : 30/01/2020		Norma : REBT11-14		6	



RED	
Reg.de N	TT
Tensión	400 V
DISTRIBUCIÓN	
Ag_arriba	F2
Localizador	C4
Designación Cuadro fuerza y alumbrado	
I instalada	32,45 A
I Total	68,20 A
Ik3 máx	5296 A
Ik1 máx	4807 A
dU máx	Normal 0,30 % Socorro

CIRCUITO	Localizador		F2	A121	A122	AE123	A124	A125	A126	A127	A128	A129
	Designación		Cuadro fuerza y alumbrado	Alumbrado sala general línea 1	Alumbrado sala general línea 2	Alumbrado evacuación emergencia	Alumbrado recinto transformador SSAA	Alumbrado recinto transformador 13 kV	Alumbrado recinto transformador GR1	Alumbrado recinto transformador GR2	Alumbrado recinto transformador GR3	Alumbrado recinto filtros de armónicos
	N°	Consumo	1 68,2A	1 770W	1 720W	1 90W	1 40W	1 40W	1 40W	1 40W	1 40W	1 40W
	Alimentación		Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
ENLACE	Jdb Ag_arriba											
	Tipo		RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)
	Longitud	Alma	10 m Cobre	50 m Cobre	50 m Cobre	100 m Cobre	30 m Cobre	27 m Cobre	24 m Cobre	21 m Cobre	18 m Cobre	35 m Cobre
	L.máx prot.		96 m (CC)	120 m (CC)	120 m (CC)	120 m (CC)	120 m (CC)	120 m (CC)	120 m (CC)	120 m (CC)	120 m (CC)	120 m (CC)
	dU Circuito	dU Total	0,28 % 0,30 %	1,37 % 1,67 %	1,28 % 1,58 %	0,32 % 0,62 %	0,04 % 0,34 %	0,04 % 0,34 %	0,03 % 0,33 %	0,03 % 0,33 %	0,03 % 0,32 %	0,05 % 0,35 %
	Cable		5G25	3G2,5	3G2,5	3G2,5	3G2,5	3G2,5	3G2,5	3G2,5	3G2,5	3G2,5
	Neutro PE/PEN		Separado									
PROT.	Protección		C120N	iDPN F	iDPN F	iDPN F	iDPN F	iDPN F	iDPN F	iDPN F	iDPN F	iDPN F
	Calibre		80 A	10 A	10 A	10 A	10 A	10 A	10 A	10 A	10 A	10 A
	Ir DDR	Im / Isd	800 A	300 mA	300 mA	300 mA	300 mA	300 mA	300 mA	300 mA	300 mA	300 mA
Reparto de fases		123	1	1	1	2	3	1	1	1	3	

	SUBESTACION TRACCION BENTABERRI		A		PROYECTO: DOC:	Folio 4 6
	CUADRO FUERZA Y ALUMBRADO		Ind. MODIFICACIONES			
	Fecha : 30/01/2020		Norma : REBT11-14			



CIRCUITO	Localizador	A130	A131	A132	A133	A134	A135	A136	A137	A138	F150											
	Designación	Alumbrado recinto bobina alisamiento 1	Alumbrado recinto bobina alisamiento 2	Alumbrado recinto bobina alisamiento 3	Alumbrado recinto pórtico interior seccionadores	Alumbrado cuarto comunicaciones	Alumbrado cuarto seccionamiento compañía	Alumbrado exterior	Alumbrado aseos	Reserva equipada	Tomas corriente monofásicas línea 1											
	N°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1											
	Consumo	40W	40W	40W	40W	40W	40W	500W	80W	500W	3680W											
Alimentación	Normal		Normal		Normal		Normal		Normal		Normal											
ENLACE	Jdb Ag_arriba																					
	Tipo	RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)								
	Longitud	Alma	32 m	Cobre	29 m	Cobre	26 m	Cobre	23 m	Cobre	35 m	Cobre	30 m	Cobre	50 m	Cobre	35 m	Cobre	1 m	Cobre	50 m	Cobre
	L.máx prot.	120 m (CC)		120 m (CC)		120 m (CC)		120 m (CC)		120 m (CC)		120 m (CC)		120 m (CC)		120 m (CC)		120 m (CC)		74 m (DU)		
	dU Circuito	dU Total	0,05 %	0,34 %	0,04 %	0,34 %	0,04 %	0,33 %	0,03 %	0,33 %	0,05 %	0,35 %	0,04 %	0,34 %	0,89 %	1,19 %	0,1 %	0,40 %	0,02 %	0,32 %	4,15 %	4,45 %
	Cable	3G2,5		3G2,5		3G2,5		3G2,5		3G2,5		3G2,5		3G2,5		3G2,5		3G2,5		3G4		
	Neutro	Separado																				
PROT.	Protección	iDPN F		iDPN F		iDPN F		iDPN F		iDPN F		iDPN F		iDPN F		iDPN F		iDPN F		iDPN F		
			Vigi DPN A		Vigi DPN A		Vigi DPN A		Vigi DPN A		Vigi DPN A		Vigi DPN A		Vigi DPN A		Vigi DPN A		Vigi DPN A		Vigi DPN A	
	Calibre	Ir DDR	10 A	300 mA	10 A	300 mA	10 A	300 mA	10 A	300 mA	10 A	300 mA	10 A	300 mA	10 A	300 mA	10 A	300 mA	10 A	300 mA	25 A	30 mA
	Ir		100 A		100 A		100 A		100 A		100 A		100 A		100 A		100 A		100 A			250 A
Reparto de fases	1		2		3		1		1		1		3		1		2		1			



SUBESTACION TRACCION
BENTABERRI

CUADRO FUERZA Y ALUMBRADO

A

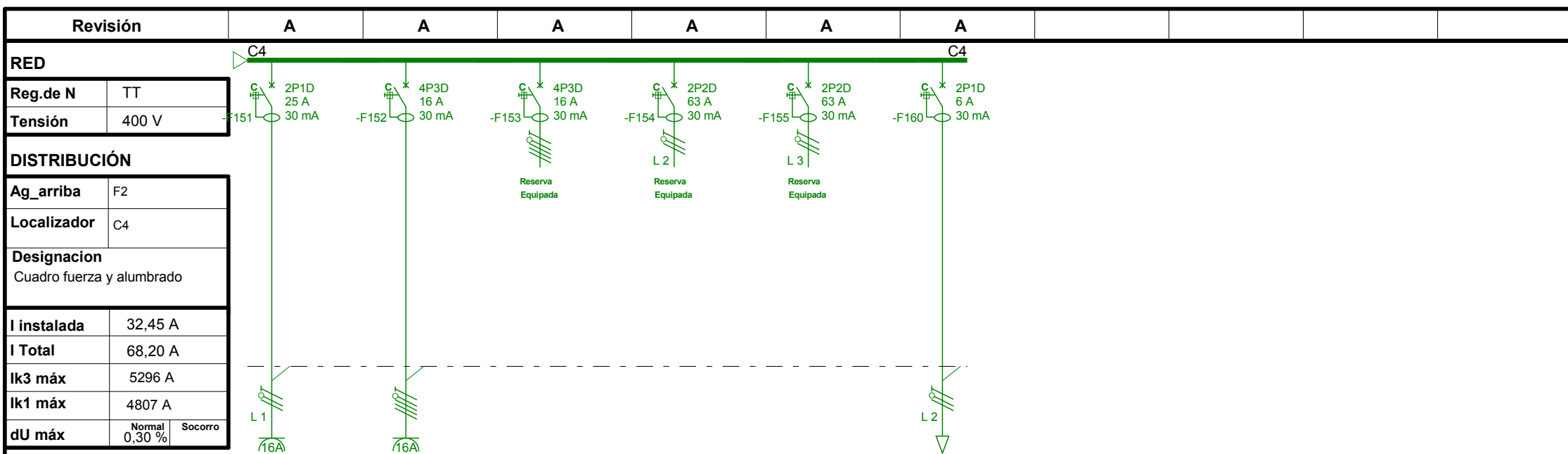
Ind. MODIFICACIONES

Fecha : 30/01/2020 Norma : REBT11-14

PROYECTO:

DOC:

Folio 5/6



CIRCUITO	Localizador	F151	F152	F153	F154	F155	F160												
	Designación	Tomas corriente monofásicas línea 2		Tomas corriente trifásicas		Reserva equipada		Reserva equipada		Reserva equipada		Alimentación control cuadro							
	N°	Consumo	1	3680W	1	7880W	1	7880W	1	10500W	1	10500W	1	50W					
	Alimentación		Normal		Normal		Normal		Normal		Normal		Normal						
ENLACE	Jdb Ag_arriba																		
	Tipo	RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)		RZ1-K (AS) (90°C)							
	Longitud	Alma	50 m	Cobre	25 m	Cobre	1 m	Cobre	1 m	Cobre	1 m	Cobre	50 m	Cobre					
	L.máx prot.	74 m (DU)		119 m (CC)		119 m (CC)		101 m (DU)		101 m (DU)		202 m (CC)							
	dU Circuito	dU Total	4,15 %	4,45 %	0,74 %	1,04 %	0,03 %	0,33 %	0,06 %	0,36 %	0,06 %	0,36 %	0,09 %	0,39 %					
	Cable	3G4		5G4		5G4		3G16		3G16		3G2,5							
PROT.	Protección	iDPN F		iDPN N		iDPN N		C120N		C120N		iDPN F							
	Calibre	Ir DDR	25 A	30 mA	16 A	30 mA	16 A	30 mA	63 A	30 mA	63 A	30 mA	6 A	30 mA					
	Ir	Im / Isd	250 A		160 A		160 A		630 A		630 A		60 A						
Reparto de fases		1		123		123		2		3		2							

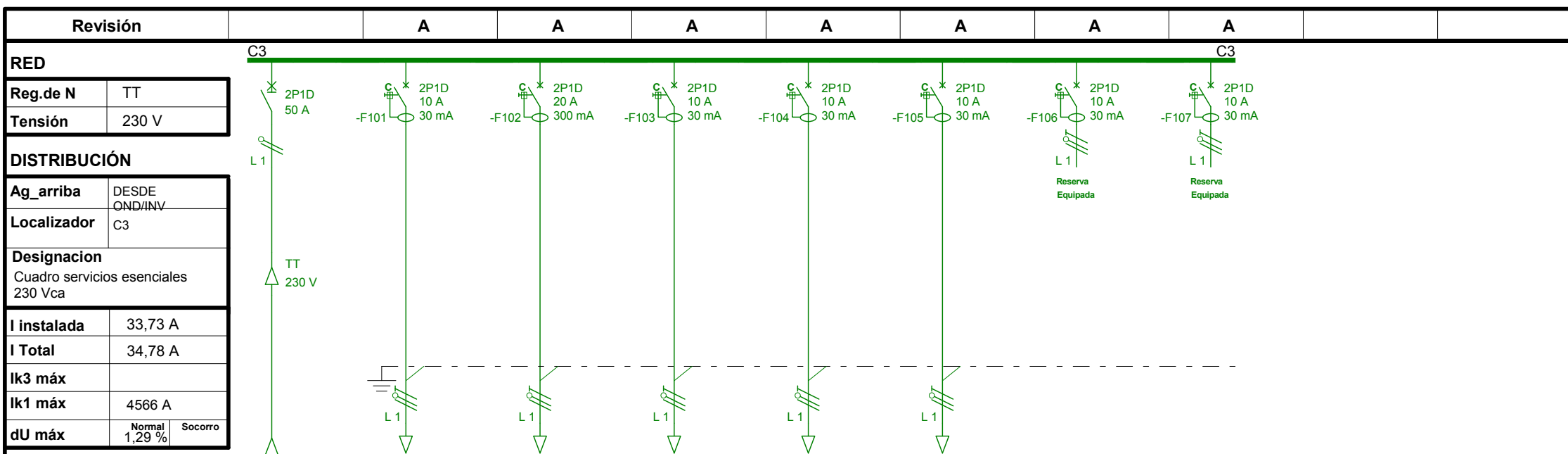


SUBESTACION TRACCION
BENTABERRI

CUADRO FUERZA Y ALUMBRADO

A
Ind. MODIFICACIONES
Fecha : 30/01/2020 Norma : REBT11-14

PROYECTO:
DOC:
Folio 6/6



CIRCUITO	Localizador	DESDE OND/INV	F101	F102	F103	F104	F105	F106	F107		
	Designación	Cuadro servicios esenciales 230 Vca	Alimentación telemando coms. SE	Alimentación cuadro telemando	Alimentación control SE	Alimentación sistemas de intrusión	Alimentación sistemas contraincendios	Reserva equipada	Reserva equipada		
	N° Consumo	1 34.78A	1 500W	1 3200W	1 500W	1 500W	1 500W	1 500W	1 500W		
	Alimentación	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal		
ENLACE	Jdb Ag_arriba										
	Tipo		RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)	RZ1-K (AS) (90°C)		
	Longitud Alma	0 m	35 m Cobre	50 m Cobre	85 m Cobre	10 m Cobre	10 m Cobre	1 m Cobre	1 m Cobre		
	L.máx prot.		118 m (CC)	71 m (DU)	118 m (CC)	118 m (CC)	118 m (CC)	118 m (CC)	118 m (CC)	118 m (CC)	
	dU Circuito dU Total	0 % 1,29 %	0,63 % 1,92 %	3,64 % 4,93 %	1,54 % 2,83 %	0,18 % 1,47 %	0,18 % 1,47 %	0,02 % 1,31 %	0,02 % 1,31 %		
	Cable		3G2,5	3G4	3G2,5	3G2,5	3G2,5	3G2,5	3G2,5		
Neutro PE/PEN	Separado										
PROT.	Protección	iC60N	iDPN F	iDPN F	iDPN F	iDPN F	iDPN F	iDPN F	iDPN F		
	Calibre Ir DDR	50 A	10 A 30 mA	20 A 300 mA	10 A 30 mA	10 A 30 mA	10 A 30 mA	10 A 30 mA	10 A 30 mA	10 A 30 mA	
	Ir Im / Isd	480 A	100 A	200 A	100 A	100 A	100 A	100 A	100 A		
Reparto de fases	1	1	1	1	1	1	1	1	1		



SUBESTACION TRACCION
BENTABERRI

CUADRO SERVICIOS ESENCIALES 230 VCA

A	MODIFICACIONES
Ind.	Norma : REBT11-14
Fecha : 30/01/2020	Norma :

PROYECTO:	Folio
DOC:	1 / 1

Nº	Descripción	Tensión (V)	Potencia (W)	Factor potencia	Intensidad calculada (A)	Factor agrupamiento	Intensidad corregida (A)	Aislamiento	Sección (mm ² Cu)	Longitud (m)	Calibre protección	Diferencial	Intensidad admisible (A)	I adm > I corregida	Factor K	Caída tensión (V)	Caída tensión (%)	Caída tensión acumulada (%)
F32-1	Alimentación convertidor 110/24 Vcc	110	3900	1	35,45	0,70	50,65	XLPE 0,6/1 kV	10	3	40	NO	63	SI	4,06	0,43	0,39	1,30
F32-2	Alimentación ondulador/inversor	110	6000	1	54,55	0,70	77,92	XLPE 0,6/1 kV	16	3	63	NO	85	SI	2,56	0,42	0,38	1,29
F33	Alimentación a celdas 30 kV	110	200	1	1,82	0,70	2,60	XLPE 0,6/1 kV	2,5	50	10	NO	27	SI	16,23	1,48	1,34	2,25
F34	Alimentación a celdas 13 kV	110	200	1	1,82	0,70	2,60	XLPE 0,6/1 kV	2,5	50	10	NO	27	SI	16,23	1,48	1,34	2,25
F35	Reserva	110	200	1	1,82	0,70	2,60	XLPE 0,6/1 kV	2,5	0	10	NO	27	SI	16,23	0,00	0,00	0,91
F36	Alimentación a celda Rectificador 1	110	200	1	1,82	0,70	2,60	XLPE 0,6/1 kV	2,5	50	10	NO	27	SI	16,23	1,48	1,34	2,25
F37	Alimentación a celda Rectificador 2	110	200	1	1,82	0,70	2,60	XLPE 0,6/1 kV	2,5	50	10	NO	27	SI	16,23	1,48	1,34	2,25
F38	Alimentación a celda Rectificador 3 (futuro)	110	200	1	1,82	0,70	2,60	XLPE 0,6/1 kV	2,5	50	10	NO	27	SI	16,23	1,48	1,34	2,25
F39	Alimentación a celda Bypass	110	200	1	1,82	0,70	2,60	XLPE 0,6/1 kV	2,5	50	10	NO	27	SI	16,23	1,48	1,34	2,25
F40	Alimentación a celda Retornos	110	200	1	1,82	0,70	2,60	XLPE 0,6/1 kV	2,5	50	10	NO	27	SI	16,23	1,48	1,34	2,25
F41	Alimentación a celda Feeder 1	110	200	1	1,82	0,70	2,60	XLPE 0,6/1 kV	2,5	50	10	NO	27	SI	16,23	1,48	1,34	2,25
F42	Alimentación a celda Feeder 2	110	200	1	1,82	0,70	2,60	XLPE 0,6/1 kV	2,5	50	10	NO	27	SI	16,23	1,48	1,34	2,25
F43	Alimentación a celda Feeder 3	110	200	1	1,82	0,70	2,60	XLPE 0,6/1 kV	2,5	50	10	NO	27	SI	16,23	1,48	1,34	2,25
F44	Alimentación a celda Feeder 4	110	200	1	1,82	0,70	2,60	XLPE 0,6/1 kV	2,5	50	10	NO	27	SI	16,23	1,48	1,34	2,25
F45	Alimentación a mando interruptor Q1 en celda C1	110	200	1	1,82	0,70	2,60	XLPE 0,6/1 kV	2,5	50	10	NO	27	SI	16,23	1,48	1,34	2,25
F46	Reserva	110	1000	1	9,09	0,70	12,99	XLPE 0,6/1 kV	4	0	16	NO	36	SI	10,16	0,00	0,00	0,91
F47	Reserva	110	500	1	4,55	0,70	6,49	XLPE 0,6/1 kV	4	0	10	NO	36	SI	10,16	0,00	0,00	0,91
F48	Reserva	110	500	1	4,55	0,70	6,49	XLPE 0,6/1 kV	4	0	10	NO	36	SI	10,16	0,00	0,00	0,91
F49	Reserva	110	1000	1	9,09	0,70	12,99	XLPE 0,6/1 kV	4	0	16	NO	36	SI	10,16	0,00	0,00	0,91
F50	Reserva	110	500	1	4,55	0,70	6,49	XLPE 0,6/1 kV	4	0	10	NO	36	SI	10,16	0,00	0,00	0,91
F70	Protección acometidas 24 Vcc	24	1300	1	54,17	0,70	77,38	XLPE 0,6/1 kV	16	3	63	NO	85	SI	2,56	0,42	1,73	3,02
F71	Alimentación a celdas 30 kV	24	350	1	14,58	0,70	20,83	XLPE 0,6/1 kV	16	30	16	NO	85	SI	2,56	1,12	4,67	5,96
F72	Alimentación a celdas 13 kV	24	50	1	2,08	0,70	2,98	XLPE 0,6/1 kV	4	30	10	NO	36	SI	10,16	0,64	2,65	3,94
F73	Reserva	24	50	1	2,08	0,70	2,98	XLPE 0,6/1 kV	4	0	10	NO	36	SI	10,16	0,00	0,00	1,29
F74	Alimentación a celda Rectificador 1	24	50	1	2,08	0,70	2,98	XLPE 0,6/1 kV	4	30	10	NO	36	SI	10,16	0,64	2,65	3,94
F75	Alimentación a celda Rectificador 2	24	50	1	2,08	0,70	2,98	XLPE 0,6/1 kV	4	30	10	NO	36	SI	10,16	0,64	2,65	3,94
F76	Alimentación a celda Rectificador 3 (futuro)	24	50	1	2,08	0,70	2,98	XLPE 0,6/1 kV	4	0	10	NO	36	SI	10,16	0,00	0,00	1,29
F77	Alimentación a celda Bypass	24	50	1	2,08	0,70	2,98	XLPE 0,6/1 kV	4	30	10	NO	36	SI	10,16	0,64	2,65	3,94
F78	Alimentación a celda Retornos	24	50	1	2,08	0,70	2,98	XLPE 0,6/1 kV	4	30	10	NO	36	SI	10,16	0,64	2,65	3,94
F79	Alimentación a celda Feeder 1	24	50	1	2,08	0,70	2,98	XLPE 0,6/1 kV	4	30	10	NO	36	SI	10,16	0,64	2,65	3,94
F80	Alimentación a celda Feeder 2	24	50	1	2,08	0,70	2,98	XLPE 0,6/1 kV	4	30	10	NO	36	SI	10,16	0,64	2,65	3,94
F81	Alimentación a celda Feeder 3	24	50	1	2,08	0,70	2,98	XLPE 0,6/1 kV	4	30	10	NO	36	SI	10,16	0,64	2,65	3,94
F82	Alimentación a celda Feeder 4	24	50	1	2,08	0,70	2,98	XLPE 0,6/1 kV	4	30	10	NO	36	SI	10,16	0,64	2,65	3,94
F83	Alimentación a celda BT SSAA y tarjetas PLC SSAA	24	150	1	6,25	0,70	8,93	XLPE 0,6/1 kV	2,5	10	10	NO	27	SI	16,23	1,01	4,23	5,52
F84	Alimentación a PLC Auxiliares	24	50	1	2,08	0,70	2,98	XLPE 0,6/1 kV	2,5	10	10	NO	27	SI	16,23	0,34	1,41	2,70
F85	Alimentación a Rack Arrastres	24	200	1	8,33	0,70	11,90	XLPE 0,6/1 kV	10	30	10	NO	63	SI	4,06	1,02	4,23	5,52

2.2 Sistema de alumbrado exterior de la subestación

El objetivo es asegurar un nivel mínimo de luminosidad en el exterior de la subestación, en los accesos a la instalación, que permita la realización de tareas de explotación y mantenimiento en ausencia de luz natural.

Cabe destacar que la subestación se localiza en un entorno urbano en la Avenida Zarauz, por lo que ya existe un sistema de alumbrado público en el entorno. No obstante, se propone la instalación de una tira continua de LED, IP 67, ubicada en la fachada del edificio.

2.3 Sistema de alumbrado interior de la subestación

El sistema de alumbrado que aquí se propone está formado por un conjunto de luminarias LED suspendidas del techo de la subestación.

2.3.1 Cálculos

Datos de partida

Para la realización de los cálculos luminotécnicos se ha tomado los siguientes tipos de luminarias:

- Para suspender o adosar al techo de IP-65 con LED de 48 W en las condiciones descritas en el Pliego de Condiciones Técnicas (sala central).
- Para suspender o adosar al techo de IP-65 con LED de 29 W en las condiciones descritas en el Pliego de Condiciones Técnicas (resto).

Una vez seleccionado la marca y modelo de las luminarias, los cálculos se realizarán bajo las siguientes consideraciones:

- Factor de mantenimiento: 0,85
- Coeficiente de utilización: 0,568
- Factores de reflexión:
 - Paredes: 0,4
 - Techos: 0,6
 - Suelo: 0,3

Altura del plano de trabajo analizado: 0,8 metros.

Deseando una luminosidad media en el plano de trabajo según la zona a iluminar de 300 LUX.

3. VENTILACIÓN

A partir de la maquinaria instalada (transformadores y rectificadores) y considerando la emisión de calor radiado por estos equipos, se establece necesariamente una circulación permanente de aire con la finalidad de limitar la temperatura interior y de esta manera evitar calentamientos excesivos que puedan estropear la maquinaria instalada.

El sistema de ventilación previsto se basa en el principio físico de la estratificación del aire en función de la temperatura. Es decir, el aire caliente tiene una menor densidad que el aire frío lo que hace que tenga tendencia a ascender, en cambio el aire frío tiene una mayor densidad que el aire caliente lo que hace que tenga tendencia a bajar, esto hace que el aire caliente siempre se sitúe en las partes superiores de un edificio cerrado y el aire frío en las partes más bajas.

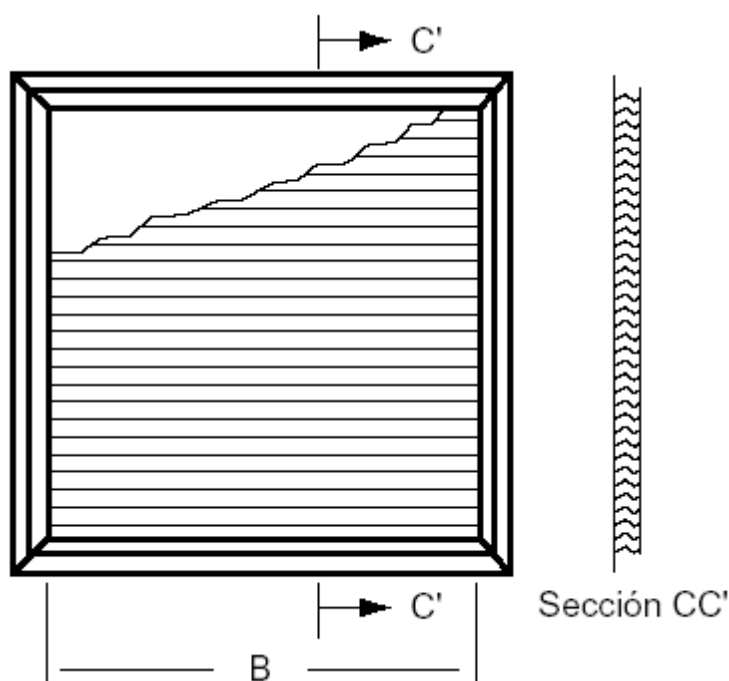
En esta instalación se contemplan 2 sistemas de ventilación: uno para la sala principal en la que están ubicados los rectificadores y otro para la zona de transformadores.

Así pues para el caso de los transformadores y con el propósito de conseguir una ventilación óptima, que para estos dispositivos debe ser vertical (de tal forma que el aire circule entre los devanados primario y secundario o secundarios de los mismos), según lo descrito anteriormente, se instalarán rejillas en las partes inferiores de las puertas exteriores para asegurar la entrada de aire desde la parte inferior y se instalarán varios extractores helicoidales con sus respectivos conductos que aspirarán el aire caliente para expulsarlo al exterior. Así pues, en este caso se tendrá una impulsión natural y una extracción forzada. El conjunto conducto-extractor estará ligeramente desplazado para que no quede ubicado justo encima del transformador, con el fin de mejorar las labores de mantenimiento pertinentes.

Por otro lado, para la sala principal, y con objeto de conseguir una circulación de aire óptima se instalarán rejillas en la parte inferior de la puerta de acceso principal y un extractor helicoidal conectado a una red de conductos circulares distribuida por la sala que aspirarán el aire caliente para expulsarlo al exterior. Además, se incluirán rejillas con su parte proporcional de conducto en el cuarto de aseo.

Las aperturas en fachadas irán cubiertas con rejas metálicas. La reja metálica tendrá las lamas suficientemente juntas y en forma de Z o Λ para evitar la entrada de agua y de roedores a la subestación. No se considera necesario instalar mosquitera debido al tipo de lamas utilizadas.

Según el Reglamento de Alta Tensión (ITC-RAT 14), los huecos destinados a la ventilación deben estar protegidos de forma tal que impidan el paso de pequeños animales, cuando su presencia pueda ser causa de averías o accidentes y estarán dispuestos o protegidos de forma que, en el caso de ser directamente accesibles desde el exterior, no puedan dar lugar a contactos inadvertidos al introducir por ellos objetos metálicos. Deberán tener la forma adecuada o disponer de las protecciones precisas para impedir la entrada del agua de lluvia. Debe pues disponerse en ellas unas persianas con láminas tipo L.



3.1 Cálculo del sistema de ventilación

3.1.1 Cálculo de pérdidas

3.1.1.1 Pérdidas de los transformadores

Según datos facilitados por fabricantes, las pérdidas aproximadas, expresadas en potencia, en cada uno de los transformadores son:

Equipo	Pérdidas en vacío (W)	Pérdidas en carga (W)
Tracción nº 1 de 2.250 kVA	5.100	10.500
Tracción nº 2 de 2.250 kVA	5.100	10.500
Tracción nº3 de 2.250 kVA	5.100	10.500
Potencia 2.500 kVA*	6.000	18.000
Potencia 160 kVA	960	2.100
Total	22.260	51.600

[*] Se realiza el cálculo para 2.500 kVA si bien la potencia a instalar será menor.

3.1.1.2 Pérdidas de los rectificadores

Según datos facilitados por fabricantes, las pérdidas totales, expresadas en potencia, en cada uno de los rectificadores, son:

Equipo	Pérdidas (W)
Rectificador nº 1 de 2.000 kW	5.000
Rectificador nº 2 de 2.000 kW	5.000
Rectificador nº 3 de 2.000 kW	5.000
Total	15.000

3.1.1.3 Otras pérdidas

Además de las anteriores, en la subestación hay otras fuentes de calor que en resumen son:

- Calor producido por las cabinas.
- Calor producido por alumbrado.
- Calor producido por la instalación de bobinas de alisamiento.

Los valores de estas fuentes de calor son despreciables en comparación con los transformadores y rectificadores, por lo cual no serán consideradas en el cálculo.

3.1.2 Caudal de aire necesario

El caudal necesario se obtendrá a partir de la fórmula siguiente:

$$Q = \frac{W}{\delta \cdot C \cdot (t_s - t_e)}$$

Siendo:

- Q Caudal de aire mínimo necesario, en m³/s
- W Potencia calorífica a disipar, en kW
- C Calor específico del aire (a 30°C): 1,005 kJ/°C.kg
- δ Densidad de aire (30°C i 68% HR): 1,16 kg/m³
- $t_s=40$ °C. Temperatura máxima ambiental normal para la que está calculado el funcionamiento de los transformadores, definida por la Norma UNE 20101.
- $t_e=30$ °C. Temperatura máxima ambiental prevista del aire exterior.

A continuación, se adjuntan los cálculos de caudal necesario por elemento, el total de elementos en la subestación es el siguiente:

Transformadores de tracción de 2.250 kVA

- Pérdidas en vacío, W_{Fe} : 5,1 kW
- Pérdidas en carga, W_{Cu} : 10,5 kW
- Pérdidas en funcionamiento totales: 15,7 kW

$$Q = \frac{15,7}{1,16 \cdot 1,005 \cdot (40 - 30)} = 1,35 m^3 / s = 4.848,17 m^3 / h$$

Transformador de 2.500 kVA

- Pérdidas en vacío, W_{Fe} : 6 kW

- Pérdidas en carga, W_{Cu} : 18 kW
- Pérdidas en funcionamiento totales: 24 kW

$$Q = \frac{24}{1,16 \cdot 1,005 \cdot (40 - 30)} = 2,06 m^3 / s = 7.411,22 m^3 / h$$

Transformador de 160 kVA

- Pérdidas en vacío, W_{Fe} : 0,96 kW
- Pérdidas en carga, W_{Cu} : 2,1 kW
- Pérdidas en funcionamiento totales: 3,30 kW

$$Q = \frac{3,30}{1,16 \cdot 1,005 \cdot (40 - 30)} = 0,28 m^3 / s = 1019,04 m^3 / h$$

Rectificadores de 2.000 kW de potencia:

- Pérdidas en funcionamiento totales: 5 kW

$$Q = \frac{5}{1,16 \cdot 1,005 \cdot (40 - 30)} = 0,43 m^3 / s = 1.553,73 m^3 / h$$

El caudal de aire total será:

Equipo	Caudal (m3/h)
Tracción nº 1 de 2.250 kVA	4.848,17
Tracción nº 2 de 2.250 kVA	4.848,17
Tracción nº 3 de 2.250 kVA	4.848,17
Potencia 2.500 kVA	7.411,22
Potencia 160 kVA	1019,04
Rectificador nº 1 de 2.000 kW	1.553,73
Rectificador nº 2 de 2.000 kW	1.553,73
Rectificador nº 3 de 2.000 kW	1.553,73
Total	27.635,96

3.1.3 Descripción del sistema de ventilación

3.1.3.1 Zona transformadores

El 100% del aire introducido en cada uno de los locales que albergan los transformadores provendrá del exterior. El aire se tomará mediante unas rejillas equipadas con filtros, en las puertas de doble hoja situadas en la fachada principal de la Avenida Zarauz, y se expulsará mediante ventiladores de aspiración a una cota por encima de las puertas de acceso.

Así el sistema de ventilación estará formado por:

- Circuito de impulsión (toma de aire exterior), mediante rejillas con filtros.
- Circuito de aspiración (expulsión del aire al exterior), mediante ventiladores más silenciador.

El accionamiento del sistema será manual y automático.

- El accionamiento manual se efectuará a través de pulsadores situados en el cuadro de distribución de la subestación.
- El accionamiento automático, se controlará desde el PLC de servicios auxiliares, con un termostato interior y con la temperatura de los devanados de los transformadores.

En caso de fuego se apagarán los equipos de ventilación, permaneciendo en este estado mientras dure la emergencia.

Las rejillas de entrada serán con lamas tipo "Λ", que servirán para realizar la aspiración de aire del exterior.

La salida de aire caliente, se realizará con rejillas con lamas tipo "Z" instaladas en la parte superior.

Rejillas de entrada

La superficie de entrada de aire (A_{ent}), será:

$$A_t = \frac{Q}{v}$$

$$A_{ent} = \frac{A_t}{1 - k}$$

Siendo:

- A_t : Área teórica de salida de aire, en m^2 .
- A_{sal} : Área real de salida de aire, en m^2 .
- K : Factor de lamas, para lamas con láminas en forma de Z o Λ normales de mercado $k=0,3$
- V : Velocidad de entrada del aire fresco, en m/s. Adoptado 3 m/s.

Tabla resumen con los cálculos de ventilación y superficies de entrada de aire

Elemento	Q [m^3/h]	Velocidad entrada aire [m/s]	Área entrada aire A_{ent} [m^2]
Tracción nº 1 de 2250 kVA	4.848,17	3	0,64
Tracción nº 2 de 2250 kVA	4.848,17	3	0,64
Tracción nº 3 de 2250 kVA	4.848,17	3	0,64
Potencia 2500 kVA	7.411,22	3	0,98
Potencia 160 kVA	1.019,04	3	0,14

Las rejillas de entrada a instalar serán todas de las mismas dimensiones con el fin de unificar la instalación.

Por tanto, se instalarán dos rejillas en cada puerta doble de acceso a cada transformador, una en cada hoja. Todas las rejillas serán iguales y tendrán unas dimensiones de 90 cm de anchura y 60 cm de altura.

Rejillas de salida

La superficie de salida de aire (A_{sal}), será:

$$A_t = \frac{Q}{v}$$

$$A_{sal} = \frac{A_t}{1 - k}$$

Siendo:

- A_t : Área teórica de salida de aire, en m^2 .
- A_{sal} : Área real de salida de aire, en m^2 .
- K : Factor de lamas, para lamas con láminas en forma de Z o Λ normales de mercado $k=0,3$
- V : Velocidad de salida del aire caliente, en m/s. Adoptado 6 m/s (ventilación forzada, por lo que se supone será la superficie de salida al exterior de la rejilla del ventilador helicoidal).

Tabla resumen con los cálculos de ventilación y superficies de salida de aire

Elemento	Q [m^3/h]	Vsalida aire [m/s]	Área salida aire Asal [m^2]
Tracción nº 1 de 2250 kVA	4.848,17	6	0,32
Tracción nº 2 de 2250 kVA	4.848,17	6	0,32
Tracción nº 3 de 2250 kVA	4.848,17	6	0,32
Potencia 2500 kVA	7.411,22	6	0,49
Potencia 160 kVA	1.019,04	6	0,06

Igualmente se unificarán todas las rejillas de salida de aire para simplificar el diseño de la instalación.

Estas rejillas se adaptarán a la superficie de salida de cada uno de los ventiladores.

En resumen, para la zona de transformadores la aspiración de aire exterior se realizará a través de las rejillas a instalar en cada una de las dos hojas de las puertas de acceso a cada uno de los transformadores, que tendrán una rejilla con lamas tipo " Λ " y filtro situada a cota inferior y con una superficie de $1,08 m^2$ ($0,9 m \times 0,6 m$) por cada hoja de cada puerta, es decir, en total 10 rejillas en las cinco puertas).

La salida de aire caliente se realizará por medio de 5 ventiladores (uno en cada dependencia de los transformadores) ubicados en cota superior de fachada, por encima la puerta de acceso, y con rejilla con lamas tipo "Z". Las dimensiones de esta rejilla se adaptarán al ventilador, siendo unas dimensiones de $0,9 \times 0,9 m$ suficiente.

3.1.3.1.1 Determinación de las características de los ventiladores

El caudal para el caso del transformador para 13 kV, el peor de los casos, es 7.411,22 m³/h.

Si se considera una pérdida de carga máxima de 1 mmca, los ventiladores deberán cumplir las siguientes solicitaciones:

- Caudal: 7.411,22 m³/h
- Pérdida de carga: 10 mmca

Aunque para el caso de los transformadores de tracción y de SSAA no sería necesario tanto caudal se tomará el mismo punto de trabajo para la definición del ventilador.

3.1.3.2 Zona de rectificadores

Los rectificadores, así como las cabinas de 30kV, 13 kV y continua se encuentran en una gran sala de unos 160 m². El 100% del aire introducido a esta sala provendrá del exterior, se tomará mediante unas rejillas equipadas con filtros, en la puerta de acceso de doble hoja situada en la fachada principal, y se expulsará mediante un ventilador de aspiración a una cota por encima de la misma puerta. Asimismo, para asegurar una circulación óptima del aire, se instalará una red de conductos con rejillas en el interior de la sala.

La puerta de doble hoja, tendrá rejillas en la parte inferior, abarcando una sección de 0,6 x 0,9 m en cada una de las dos hojas que la componen, dado lugar por tanto a una sección de entrada de aire de 1,08 m².

Así el sistema de ventilación estará formado por:

- Circuito de impulsión (toma de aire exterior), mediante rejilla con filtro (en la puerta citada).
- Circuito de aspiración (expulsión del aire al exterior), mediante ventilador de aspiración (sobre la puerta citada, que se define más adelante).

Las rejas serán con lamas tipo "Λ" para la puerta y "Z" para las lamas de la rejilla.

Rejillas de entrada

La superficie de entrada de aire (A_{ent}), será:

$$A_t = \frac{Q}{v}$$

$$A_{ent} = \frac{A_t}{1 - k}$$

Siendo:

- A_t Área teórica de entrada de aire, en m².
- A_{ent} Área real de entrada de aire, en m².
- K Factor de lamas, para lamas con láminas en forma de Z o Λ normales de mercado $k=0,3$
- V: Velocidad de entrada del aire fresco, en m/s. Adoptado 3 m/s.

Tabla resumen con los cálculos de ventilación y superficies de entrada de aire

Elemento	Q [m ³ /h]	Ventrada aire [m/s]	Área entrada aire Aent[m ²]
Rectificador nº1	1.553,73	3	0,21
Rectificador nº2	1.553,73	3	0,21
Rectificador nº3	1.553,73	3	0,21
Total	4.661,19		0,63

El área total de entrada de aire será de 0,63 m².

Rejilla de salida

La superficie de salida de aire (A_{sal}), será:

$$A_t = \frac{Q}{v}$$

$$A_{sal} = \frac{A_t}{1 - k}$$

Siendo:

- A_t : Área teórica de salida de aire, en m².
- A_{sal} : Área real de salida de aire, en m².
- K: Factor de lamas, para lamas con láminas en forma de Z o Λ normales de mercado $k=0,3$
- V: Velocidad de salida del aire caliente, en m/s. Adoptado 6 m/s (ventilación forzada, por lo que se supone será la superficie de salida al exterior de la rejilla del ventilador helicoidal).

Tabla resumen con los cálculos de ventilación y superficies de salida de aire

Elemento	Q [m ³ /h]	Vsalida aire [m/s]	Área salida aire Asal [m ²]
Rectificador nº1	1.553,73	6	0,10
Rectificador nº2	1.553,73	6	0,10
Rectificador nº3	1.553,73	6	0,10
Total	4.661,19		0,30

La rejilla se adaptará a la superficie de salida del ventilador, que se analiza en el siguiente apartado.

En resumen, para la zona de rectificadores la aspiración de aire exterior se realizará a través de las rejillas a instalar las dos hojas de la puerta de acceso, que tendrán una rejilla con lamas tipo " Λ " y filtro situada a cota inferior y con una superficie de 1,08 m² (0,9 m x 0,6 m) por cada hoja de la puerta, es decir, en total 2 rejillas).

La salida de aire caliente se realizará por medio de 1 ventilador ubicado en cota superior de fachada, por encima la puerta de acceso, y con rejilla con lamas tipo "Z". Las dimensiones de esta rejilla se adaptarán al ventilador, siendo unas dimensiones de 1,95 x 0,9 m suficiente.

Red de conductos

Los conductos de extracción serán de chapa de acero galvanizado de sección circular, y se dimensionarán para que no se superen en ningún caso las velocidades de 6 m/s en conductos principales y 2 m/s en rejillas, para evitar ruidos y vibraciones.

Los codos de los conductos mantendrán una relación entre el radio de curvatura y el ancho del conducto de valor 1,25 ($R/D = 1,25$). Los conductos de expansión, tendrán un ángulo de 60 °.

Las dimensiones de las rejillas serán de 825 x 225 mm. Se instalarán un total de 4 rejillas en la sala principal y 2 rejillas en el aseo. La distribución de rejillas se hará según lo indicado en planos.

Los valores de diámetros de conducto circular equivalente se pueden encontrar en el siguiente gráfico, partiendo de la velocidad del aire y de su caudal:

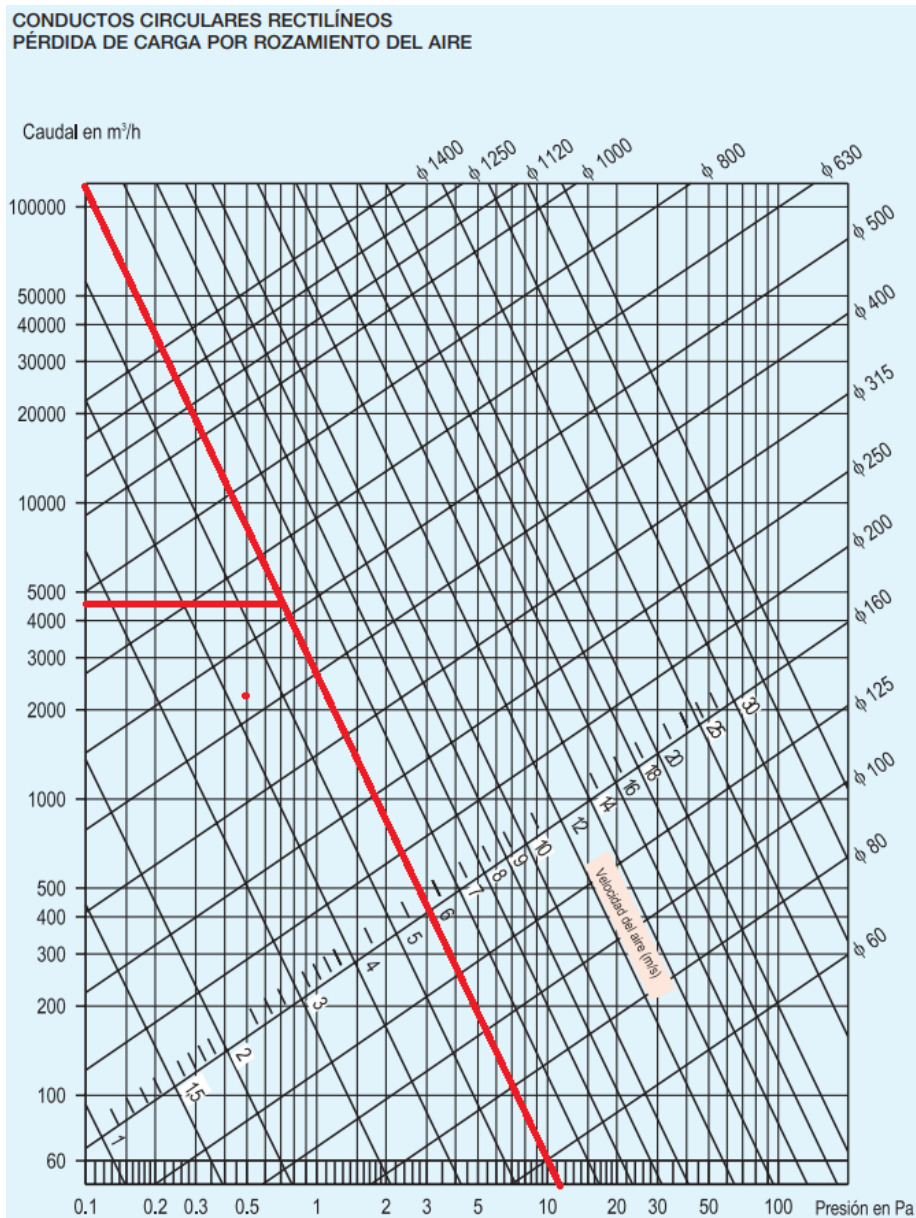


Gráfico 1: Diámetro equivalente del conducto.

Este gráfico puede utilizarse en los sistemas que transportan aire a temperaturas comprendidas entre 0 ° y 49 ° C, y para altitudes de hasta 600 m sin necesidad de corregir la densidad del aire.

La presión estática del ventilador se determina por cálculo, utilizando la mayor longitud del conducto, comprendidos todos los codos y acoplamientos. Las tablas adjuntas a continuación, proporcionan las pérdidas en los codos y acoplamientos rectangulares.

<p>curva</p> <table border="1"> <tr><td>R/D</td><td>0.5</td><td>0.90</td></tr> <tr><td></td><td>0.75</td><td>0.25</td></tr> <tr><td></td><td>1.0</td><td>0.25</td></tr> <tr><td></td><td>1.5</td><td>0.25</td></tr> <tr><td></td><td>2.0</td><td>0.20</td></tr> </table>	R/D	0.5	0.90		0.75	0.25		1.0	0.25		1.5	0.25		2.0	0.20	<p>codo 2 elementos</p> <table border="1"> <tr><td></td><td>15</td><td>0.1</td></tr> <tr><td></td><td>30</td><td>0.2</td></tr> <tr><td></td><td>45</td><td>0.5</td></tr> <tr><td></td><td>60</td><td>0.7</td></tr> <tr><td></td><td>90</td><td>1.3</td></tr> </table>		15	0.1		30	0.2		45	0.5		60	0.7		90	1.3	<p>derivación Y</p> <table border="1"> <tr><td></td><td>15</td><td>0.1</td></tr> <tr><td></td><td>30</td><td>0.3</td></tr> <tr><td></td><td>45</td><td>0.5</td></tr> <tr><td></td><td>60</td><td>0.7</td></tr> <tr><td></td><td>90</td><td>1.3</td></tr> </table>		15	0.1		30	0.3		45	0.5		60	0.7		90	1.3	<p>derivación doble Y</p> <table border="1"> <tr><td></td><td>15</td><td>0.1</td></tr> <tr><td></td><td>30</td><td>0.3</td></tr> <tr><td></td><td>45</td><td>0.7</td></tr> <tr><td></td><td>60</td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td>90</td><td>1.4</td></tr> </table>		15	0.1		30	0.3		45	0.7		60	1		90	1.4	<p>toma captación</p> <p>descarga</p>																														
R/D	0.5	0.90																																																																																												
	0.75	0.25																																																																																												
	1.0	0.25																																																																																												
	1.5	0.25																																																																																												
	2.0	0.20																																																																																												
	15	0.1																																																																																												
	30	0.2																																																																																												
	45	0.5																																																																																												
	60	0.7																																																																																												
	90	1.3																																																																																												
	15	0.1																																																																																												
	30	0.3																																																																																												
	45	0.5																																																																																												
	60	0.7																																																																																												
	90	1.3																																																																																												
	15	0.1																																																																																												
	30	0.3																																																																																												
	45	0.7																																																																																												
	60	1																																																																																												
	90	1.4																																																																																												
<p>codo 3 elementos</p> <table border="1"> <tr><td>R/D</td><td>0.5</td><td>1.3</td></tr> <tr><td></td><td>0.75</td><td>0.8</td></tr> <tr><td></td><td>1.0</td><td>0.5</td></tr> <tr><td></td><td>1.5</td><td>0.3</td></tr> <tr><td></td><td>2.0</td><td>0.25</td></tr> </table>	R/D	0.5	1.3		0.75	0.8		1.0	0.5		1.5	0.3		2.0	0.25	<p>codo 5 elementos</p> <table border="1"> <tr><td>R/D</td><td>0.5</td><td>1.3</td></tr> <tr><td></td><td>0.75</td><td>0.8</td></tr> <tr><td></td><td>1.0</td><td>0.5</td></tr> <tr><td></td><td>1.5</td><td>0.3</td></tr> <tr><td></td><td>2.0</td><td>0.25</td></tr> </table>	R/D	0.5	1.3		0.75	0.8		1.0	0.5		1.5	0.3		2.0	0.25	<p>derivación curva</p> <table border="1"> <tr><td>R/D</td><td>0.1</td><td>0.6</td></tr> <tr><td></td><td>0.75</td><td>0.9</td></tr> <tr><td></td><td>1.0</td><td>0.8</td></tr> <tr><td></td><td>1.5</td><td>0.6</td></tr> <tr><td></td><td>2.0</td><td>0.5</td></tr> </table>	R/D	0.1	0.6		0.75	0.9		1.0	0.8		1.5	0.6		2.0	0.5	<p>derivación doble curva</p> <table border="1"> <tr><td>R/D</td><td>0.5</td><td>1.2</td></tr> <tr><td></td><td>0.75</td><td>0.6</td></tr> <tr><td></td><td>1.0</td><td>0.4</td></tr> <tr><td></td><td>1.5</td><td>0.25</td></tr> <tr><td></td><td>2.0</td><td>0.2</td></tr> </table>	R/D	0.5	1.2		0.75	0.6		1.0	0.4		1.5	0.25		2.0	0.2	<p>derivación T</p> <p>1.4</p>																														
R/D	0.5	1.3																																																																																												
	0.75	0.8																																																																																												
	1.0	0.5																																																																																												
	1.5	0.3																																																																																												
	2.0	0.25																																																																																												
R/D	0.5	1.3																																																																																												
	0.75	0.8																																																																																												
	1.0	0.5																																																																																												
	1.5	0.3																																																																																												
	2.0	0.25																																																																																												
R/D	0.1	0.6																																																																																												
	0.75	0.9																																																																																												
	1.0	0.8																																																																																												
	1.5	0.6																																																																																												
	2.0	0.5																																																																																												
R/D	0.5	1.2																																																																																												
	0.75	0.6																																																																																												
	1.0	0.4																																																																																												
	1.5	0.25																																																																																												
	2.0	0.2																																																																																												
<p>tobera captación</p> <table border="1"> <tr><td>R/D</td><td>0.25</td><td>0.7</td></tr> <tr><td></td><td>0.75</td><td>0.1</td></tr> <tr><td></td><td>0.75</td><td>0.05</td></tr> <tr><td></td><td>1</td><td>0.05</td></tr> </table>	R/D	0.25	0.7		0.75	0.1		0.75	0.05		1	0.05	<p>tobera captación cónica</p> <table border="1"> <tr><td></td><td>15</td><td>0.5</td></tr> <tr><td></td><td>30</td><td>0.3</td></tr> <tr><td></td><td>45</td><td>0.3</td></tr> <tr><td></td><td>60</td><td>0.4</td></tr> <tr><td></td><td>90</td><td>0.7</td></tr> </table>		15	0.5		30	0.3		45	0.3		60	0.4		90	0.7	<p>toma captación</p> <table border="1"> <tr><td>D2/D1</td><td>0.1</td><td>0.6</td></tr> <tr><td></td><td>0.2</td><td>0.5</td></tr> <tr><td></td><td>0.4</td><td>0.4</td></tr> <tr><td></td><td>0.6</td><td>0.3</td></tr> <tr><td></td><td>0.8</td><td>0.2</td></tr> </table>	D2/D1	0.1	0.6		0.2	0.5		0.4	0.4		0.6	0.3		0.8	0.2	<p>incremento difusor</p> <p>L=2.5 D min.</p> <table border="1"> <tr><td></td><td>5</td><td>0.88</td></tr> <tr><td></td><td>10</td><td>0.85</td></tr> <tr><td></td><td>15</td><td>0.82</td></tr> <tr><td></td><td>20</td><td>0.78</td></tr> <tr><td></td><td>30</td><td>0.77</td></tr> </table>		5	0.88		10	0.85		15	0.82		20	0.78		30	0.77																																		
R/D	0.25	0.7																																																																																												
	0.75	0.1																																																																																												
	0.75	0.05																																																																																												
	1	0.05																																																																																												
	15	0.5																																																																																												
	30	0.3																																																																																												
	45	0.3																																																																																												
	60	0.4																																																																																												
	90	0.7																																																																																												
D2/D1	0.1	0.6																																																																																												
	0.2	0.5																																																																																												
	0.4	0.4																																																																																												
	0.6	0.3																																																																																												
	0.8	0.2																																																																																												
	5	0.88																																																																																												
	10	0.85																																																																																												
	15	0.82																																																																																												
	20	0.78																																																																																												
	30	0.77																																																																																												
<p>reducción</p> <p>L=2D min.</p> <table border="1"> <tr><td></td><td>5</td><td>0.05</td></tr> <tr><td></td><td>10</td><td>0.07</td></tr> <tr><td></td><td>20</td><td>0.1</td></tr> <tr><td></td><td>30</td><td>0.15</td></tr> <tr><td></td><td>45</td><td>0.2</td></tr> </table>		5	0.05		10	0.07		20	0.1		30	0.15		45	0.2	<p>reducción brusca</p> <table border="1"> <tr><td>D2/D1</td><td>0.1</td><td>0.48</td></tr> <tr><td></td><td>0.2</td><td>0.45</td></tr> <tr><td></td><td>0.4</td><td>0.37</td></tr> <tr><td></td><td>0.6</td><td>0.26</td></tr> <tr><td></td><td>0.8</td><td>0.15</td></tr> </table>	D2/D1	0.1	0.48		0.2	0.45		0.4	0.37		0.6	0.26		0.8	0.15	<p>reducción brusca</p> <table border="1"> <tr><td>D2/D1</td><td>0.6</td><td>10</td></tr> <tr><td></td><td>0.7</td><td>3.5</td></tr> <tr><td></td><td>0.8</td><td>1.2</td></tr> <tr><td></td><td>0.9</td><td>0.7</td></tr> <tr><td></td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	D2/D1	0.6	10		0.7	3.5		0.8	1.2		0.9	0.7		1	0	<p>tobera descarga</p> <table border="1"> <tr><td>D2/D1</td><td>0.1</td><td>2.5</td></tr> <tr><td></td><td>0.2</td><td>2.5</td></tr> <tr><td></td><td>0.4</td><td>2.5</td></tr> <tr><td></td><td>0.6</td><td>2.3</td></tr> <tr><td></td><td>0.8</td><td>1.9</td></tr> <tr><td></td><td>0.9</td><td>1.5</td></tr> </table>	D2/D1	0.1	2.5		0.2	2.5		0.4	2.5		0.6	2.3		0.8	1.9		0.9	1.5																												
	5	0.05																																																																																												
	10	0.07																																																																																												
	20	0.1																																																																																												
	30	0.15																																																																																												
	45	0.2																																																																																												
D2/D1	0.1	0.48																																																																																												
	0.2	0.45																																																																																												
	0.4	0.37																																																																																												
	0.6	0.26																																																																																												
	0.8	0.15																																																																																												
D2/D1	0.6	10																																																																																												
	0.7	3.5																																																																																												
	0.8	1.2																																																																																												
	0.9	0.7																																																																																												
	1	0																																																																																												
D2/D1	0.1	2.5																																																																																												
	0.2	2.5																																																																																												
	0.4	2.5																																																																																												
	0.6	2.3																																																																																												
	0.8	1.9																																																																																												
	0.9	1.5																																																																																												
<p>curva</p> <table border="1"> <tr><td></td><td>0.25</td><td>0.5</td><td>1</td><td>2</td><td>4</td></tr> <tr><td></td><td>0</td><td>1.5</td><td>1.32</td><td>1.15</td><td>1.04</td><td>0.86</td></tr> <tr><td></td><td>0.5</td><td>1.36</td><td>1.21</td><td>1.05</td><td>0.95</td><td>0.8</td></tr> <tr><td></td><td>0.75</td><td>1.06</td><td>0.95</td><td>0.84</td><td>0.85</td><td>0.79</td></tr> <tr><td></td><td>1</td><td>0.45</td><td>1.03</td><td>0.75</td><td>0.71</td><td>0.19</td></tr> <tr><td></td><td>1.5</td><td>0.28</td><td>0.18</td><td>0.13</td><td>0.13</td><td>0.12</td></tr> </table> <p>B > D</p>		0.25	0.5	1	2	4		0	1.5	1.32	1.15	1.04	0.86		0.5	1.36	1.21	1.05	0.95	0.8		0.75	1.06	0.95	0.84	0.85	0.79		1	0.45	1.03	0.75	0.71	0.19		1.5	0.28	0.18	0.13	0.13	0.12	<p>curva</p> <table border="1"> <tr><td></td><td>0.25</td><td>0.5</td></tr> <tr><td></td><td>0.5</td><td>0.4</td><td>0.5</td></tr> <tr><td></td><td>0.75</td><td>0.25</td><td>0.3</td></tr> <tr><td></td><td>1</td><td>0.2</td><td>0.2</td></tr> <tr><td></td><td>2</td><td>0.1</td><td>0.1</td></tr> </table> <p>B > D</p>		0.25	0.5		0.5	0.4	0.5		0.75	0.25	0.3		1	0.2	0.2		2	0.1	0.1	<p>derivación Y</p> <table border="1"> <tr><td></td><td>15</td><td>0.1</td></tr> <tr><td></td><td>30</td><td>0.3</td></tr> <tr><td></td><td>45</td><td>0.5</td></tr> <tr><td></td><td>60</td><td>0.7</td></tr> <tr><td></td><td>90</td><td>1.3</td></tr> </table>		15	0.1		30	0.3		45	0.5		60	0.7		90	1.3	<p>derivación doble Y</p> <table border="1"> <tr><td></td><td>15</td><td>0.1</td></tr> <tr><td></td><td>30</td><td>0.3</td></tr> <tr><td></td><td>45</td><td>0.7</td></tr> <tr><td></td><td>60</td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td>90</td><td>1.4</td></tr> </table>		15	0.1		30	0.3		45	0.7		60	1		90	1.4	<p>toma captación</p> <p>descarga</p>
	0.25	0.5	1	2	4																																																																																									
	0	1.5	1.32	1.15	1.04	0.86																																																																																								
	0.5	1.36	1.21	1.05	0.95	0.8																																																																																								
	0.75	1.06	0.95	0.84	0.85	0.79																																																																																								
	1	0.45	1.03	0.75	0.71	0.19																																																																																								
	1.5	0.28	0.18	0.13	0.13	0.12																																																																																								
	0.25	0.5																																																																																												
	0.5	0.4	0.5																																																																																											
	0.75	0.25	0.3																																																																																											
	1	0.2	0.2																																																																																											
	2	0.1	0.1																																																																																											
	15	0.1																																																																																												
	30	0.3																																																																																												
	45	0.5																																																																																												
	60	0.7																																																																																												
	90	1.3																																																																																												
	15	0.1																																																																																												
	30	0.3																																																																																												
	45	0.7																																																																																												
	60	1																																																																																												
	90	1.4																																																																																												
<p>escuadra</p> <table border="1"> <tr><td>R/D</td><td>0.2</td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td>0.4</td><td>0.8</td></tr> <tr><td></td><td>0.6</td><td>0.9</td></tr> <tr><td></td><td>0.8</td><td>1.1</td></tr> <tr><td></td><td>1</td><td>1.2</td></tr> </table> <p>B > D</p>	R/D	0.2	1		0.4	0.8		0.6	0.9		0.8	1.1		1	1.2	<p>escuadra</p> <p>0.3</p> <p>B > D</p>	<p>codos</p> <table border="1"> <tr><td></td><td>15</td><td>0.1</td></tr> <tr><td></td><td>30</td><td>0.3</td></tr> <tr><td></td><td>45</td><td>0.5</td></tr> <tr><td></td><td>60</td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td>90</td><td>1.4</td></tr> </table>		15	0.1		30	0.3		45	0.5		60	1		90	1.4	<p>derivación doble curva</p> <table border="1"> <tr><td>R/D</td><td>0.75</td><td>0.5</td></tr> <tr><td></td><td>1.0</td><td>0.25</td></tr> <tr><td></td><td>1.5</td><td>0.15</td></tr> <tr><td></td><td>2.0</td><td>0.1</td></tr> </table> <p>B > D</p>	R/D	0.75	0.5		1.0	0.25		1.5	0.15		2.0	0.1	<p>derivación T</p> <p>1.4</p>																																																
R/D	0.2	1																																																																																												
	0.4	0.8																																																																																												
	0.6	0.9																																																																																												
	0.8	1.1																																																																																												
	1	1.2																																																																																												
	15	0.1																																																																																												
	30	0.3																																																																																												
	45	0.5																																																																																												
	60	1																																																																																												
	90	1.4																																																																																												
R/D	0.75	0.5																																																																																												
	1.0	0.25																																																																																												
	1.5	0.15																																																																																												
	2.0	0.1																																																																																												
<p>derivación T</p> <table border="1"> <tr><td>R/D</td><td>0.2</td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td>0.4</td><td>0.8</td></tr> <tr><td></td><td>0.6</td><td>0.9</td></tr> <tr><td></td><td>0.8</td><td>1.1</td></tr> <tr><td></td><td>1</td><td>1.2</td></tr> </table> <p>B > D</p>	R/D	0.2	1		0.4	0.8		0.6	0.9		0.8	1.1		1	1.2	<p>tobera captación</p> <table border="1"> <tr><td></td><td>15</td><td>0.5</td></tr> <tr><td></td><td>30</td><td>0.3</td></tr> <tr><td></td><td>45</td><td>0.3</td></tr> <tr><td></td><td>60</td><td>0.4</td></tr> <tr><td></td><td>90</td><td>0.7</td></tr> </table>		15	0.5		30	0.3		45	0.3		60	0.4		90	0.7	<p>toma captación</p> <table border="1"> <tr><td>D2/D1</td><td>0.1</td><td>0.9</td></tr> <tr><td></td><td>0.2</td><td>0.7</td></tr> <tr><td></td><td>0.4</td><td>0.6</td></tr> <tr><td></td><td>0.6</td><td>0.5</td></tr> <tr><td></td><td>0.8</td><td>0.35</td></tr> </table> <p>B > D</p>	D2/D1	0.1	0.9		0.2	0.7		0.4	0.6		0.6	0.5		0.8	0.35	<p>incremento difusor</p> <p>L=2.5 C min.</p> <table border="1"> <tr><td></td><td>5</td><td>0.15</td></tr> <tr><td></td><td>10</td><td>0.25</td></tr> <tr><td></td><td>15</td><td>0.4</td></tr> <tr><td></td><td>20</td><td>0.4</td></tr> <tr><td></td><td>30</td><td>0.4</td></tr> <tr><td></td><td>45</td><td>0.9</td></tr> <tr><td></td><td>60</td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td>90</td><td>1</td></tr> </table>		5	0.15		10	0.25		15	0.4		20	0.4		30	0.4		45	0.9		60	1		90	1																						
R/D	0.2	1																																																																																												
	0.4	0.8																																																																																												
	0.6	0.9																																																																																												
	0.8	1.1																																																																																												
	1	1.2																																																																																												
	15	0.5																																																																																												
	30	0.3																																																																																												
	45	0.3																																																																																												
	60	0.4																																																																																												
	90	0.7																																																																																												
D2/D1	0.1	0.9																																																																																												
	0.2	0.7																																																																																												
	0.4	0.6																																																																																												
	0.6	0.5																																																																																												
	0.8	0.35																																																																																												
	5	0.15																																																																																												
	10	0.25																																																																																												
	15	0.4																																																																																												
	20	0.4																																																																																												
	30	0.4																																																																																												
	45	0.9																																																																																												
	60	1																																																																																												
	90	1																																																																																												
<p>reducción</p> <p>L=2B min.</p> <table border="1"> <tr><td></td><td>5</td><td>0.15</td></tr> <tr><td></td><td>10</td><td>0.25</td></tr> <tr><td></td><td>15</td><td>0.4</td></tr> <tr><td></td><td>30</td><td>0.8</td></tr> <tr><td></td><td>45</td><td>0.9</td></tr> <tr><td></td><td>60</td><td>1</td></tr> </table>		5	0.15		10	0.25		15	0.4		30	0.8		45	0.9		60	1	<p>reducción brusca</p> <table border="1"> <tr><td>D2/S1</td><td>0.1</td><td>0.6</td></tr> <tr><td></td><td>0.2</td><td>0.45</td></tr> <tr><td></td><td>0.4</td><td>0.3</td></tr> <tr><td></td><td>0.6</td><td>0.2</td></tr> <tr><td></td><td>0.8</td><td>0.1</td></tr> </table>	D2/S1	0.1	0.6		0.2	0.45		0.4	0.3		0.6	0.2		0.8	0.1	<p>reducción brusca</p> <table border="1"> <tr><td>D2/S1</td><td>0.4</td><td>8.1</td></tr> <tr><td></td><td>0.5</td><td>3.8</td></tr> <tr><td></td><td>0.6</td><td>1.82</td></tr> <tr><td></td><td>0.7</td><td>0.78</td></tr> <tr><td></td><td>0.8</td><td>0.28</td></tr> <tr><td></td><td>0.9</td><td>0.06</td></tr> </table>	D2/S1	0.4	8.1		0.5	3.8		0.6	1.82		0.7	0.78		0.8	0.28		0.9	0.06																																									
	5	0.15																																																																																												
	10	0.25																																																																																												
	15	0.4																																																																																												
	30	0.8																																																																																												
	45	0.9																																																																																												
	60	1																																																																																												
D2/S1	0.1	0.6																																																																																												
	0.2	0.45																																																																																												
	0.4	0.3																																																																																												
	0.6	0.2																																																																																												
	0.8	0.1																																																																																												
D2/S1	0.4	8.1																																																																																												
	0.5	3.8																																																																																												
	0.6	1.82																																																																																												
	0.7	0.78																																																																																												
	0.8	0.28																																																																																												
	0.9	0.06																																																																																												
<p>reducción descarga</p> <table border="1"> <tr><td>D2/S1</td><td>0</td><td>2.5</td></tr> <tr><td></td><td>0.4</td><td>2.3</td></tr> <tr><td></td><td>0.6</td><td>2</td></tr> <tr><td></td><td>0.8</td><td>1.6</td></tr> <tr><td></td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	D2/S1	0	2.5		0.4	2.3		0.6	2		0.8	1.6		1	1	<p>reducción</p> <p>L=2B min. B > D</p> <table border="1"> <tr><td></td><td>0.15</td></tr> </table>		0.15	<p>Note: In accessories where a section change is produced, their loss of charge will be charged to the run with lesser section. Nota: En los accesorios donde tenga lugar un cambio de sección, la pérdida de carga del mismo se imputará en el tramo de menor sección.</p>																																																																											
D2/S1	0	2.5																																																																																												
	0.4	2.3																																																																																												
	0.6	2																																																																																												
	0.8	1.6																																																																																												
	1	1																																																																																												
	0.15																																																																																													

Tabla 1: Pérdidas en accesorios.

Fórmulas empleadas

CÁLCULOS DE LA PÉRDIDA DE CARGA

En todos los conductos por los que circula aire, existe una continua pérdida de presión. Esta pérdida de presión se llama también pérdida de carga por rozamiento y depende de:

- La velocidad del aire.
- Tamaño de los conductos.
- Rugosidad de la superficie interior.
- Longitud de los conductos.

Cualquier variación en uno de estos factores modifica la pérdida de carga en el conducto.

Para calcular la potencia del ventilador a instalar, es necesario calcular la pérdida de carga en el tramo más desfavorable del conducto, tal y como requiere el método comentado en el apartado anterior. Una vez seleccionado el tramo se procede a contabilizar las pérdidas de carga que se producen a lo largo del mismo. La pérdida de

carga total es la suma de la pérdida por rozamiento en los tramos rectos, la pérdida en los accesorios y la pérdida en la rejilla.

$$P = P_{rz} + P_a + P_{rj}$$

- Fórmulas empleadas para calcular las pérdidas de carga debidas al rozamiento en tramos rectos de sección rectangular o circular.

La pérdida de carga por rozamiento, se corresponde con la siguiente ecuación:

$$\Delta P = 0.4 f \left(\frac{L}{d^{1.22}} \right) V^{1.82}$$

donde:

- ΔP = pérdida de carga en mm.c.a.
- F = rugosidad de la superficie interior (0.9 para conductos galvanizados)
- L = Longitud del conducto en m.
- D = diámetro del conducto circular (en centímetros).
- V = Velocidad del aire en m/s.

Estas fórmulas, se corresponden con los resultados que se pueden obtener mediante tablas y gráficos del apartado anterior.

Q: Caudal recorrido por el conducto (m³/h).

L: Longitud del conducto (m).

D: Diámetro del conducto circular (mm).

A: Área de la sección del conducto (mm²).

v: Velocidad del aire en el conducto (m/s); responde a la siguiente fórmula:

$$v = \frac{1000Q}{3,6A}$$

P_{unit} : Pérdida unitaria de carga (mm.c.a / m).

P_{rz} : Pérdida de carga del tramo (mm.c.a.).

- Fórmulas empleadas para calcular las pérdidas de carga debidas a accesorios en tramos de sección circular o rectangular.

Estas fórmulas, se corresponden con los resultados que se pueden obtener mediante tablas y gráficos del apartado anterior.

Nº: Número de unidades del tipo especificado.

Q: Caudal recorrido por el conducto (m³/h).

L: Longitud del conducto (m).

D: Diámetro del conducto circular (mm).

A: Es el área de la sección conducto (mm²).

V: Velocidad del aire en el conducto, expresada (m/s); responde a la siguiente fórmula:

$$v = \frac{1000Q}{3,6A}$$

P_d : Presión dinámica del aire en el accesorio medida (mm.c.a.).

Se usa la fórmula siguiente:

$$P_d = \frac{v^2}{16,3216}$$

n : Tanto por uno de la presión dinámica que se pierde en el accesorio. Depende de la naturaleza del accesorio.

P_a : Pérdida de carga debida al accesorio a lo largo del tramo; se calcula de la siguiente manera:

$$P_a = n \times P_d \times N^0$$

- Pérdidas de carga en las rejillas.

P_d : Presión dinámica del aire a la salida de la rejilla (mm.c.a.), calculada de forma análoga al apartado anterior.

K : Coeficiente resultante del cociente del área libre de la rejilla entre el área total de la rejilla.

n : Tanto por uno de la presión dinámica del aire en la rejilla que se pierde en la misma; para su cálculo se emplea la tabla característica de la rejilla.

P_{rj} : Pérdida de carga en la rejilla, atiende a la siguiente fórmula:

$$P_{rj} = n \times P_d$$

Se considerará la presión estática en la boca de la rejilla, de un valor de 4 mm.c.a.

Para el caso de la SET de Bentaberri se ha diseñado un conducto circular con 2 ramas de 475 mm y 275 mm respectivamente, las cuales confluyen en una rama principal de 525 mm hasta el ventilador de extracción ubicado sobre la puerta de acceso principal. En las siguientes tablas se incluye el cálculo justificativo de los mismos.

Red Conductos

Resultados Nudos:

Nudo	P.Dinámica (Pa)	P. estática (Pa)	P. Total (Pa)	Caudal (m ³ /h)	P. necesaria (Pa)	Dif. (Pt-Pn) (Pa)	Pérd. Pt Compuerta (Pa)
1	21,49	0,76	22,26				
2	21,49	-67,64	-46,15				
3	18,04	-56,08	-38,04				
4	17,84	-53,69	-35,85				
5	21,49	-62,28	-40,79				
14	21,49	-0	21,49	4.664	21,49	0*	
8	12,51	-36,5	-23,99				
9	12,51	-33,75	-21,24				
6	12,51	-41,05	-28,54				
7	12,51	-38,3	-25,78				
13	17,84	-46,61	-28,77	-1.166	-6,24	0*	22,53
13	18,04	-53,88	-35,84	-1.166	-6,24	0	29,6
14	12,51	-41,53	-29,02				
15	12,51	-29,57	-17,06	-1.166	-6,24	0	10,82
16	10,36	-23,85	-13,49				
16	10,36	-16,6	-6,24	-1.166	-6,24	0	

Resultados Ramas:

Linea	N.Orig.	N.Dest.	Long (m)	Función	Mat./Rug. (mm)	Circ./f/Co	Caudal (m ³ /h)	W x H (mm)	D/De (mm)	V (m/s)	Pérd.Pt (Pa)
1	1	2		Ventilador			-4.664				-68,401
3	5	3		Bifurcación T		Asp./0,1525	-3.498				2,752
4	5	4		Bifurcación T		Asp./0,277	-1.166				4,943
2	2	5	7	Conducto	Acero Galv./0,1	Asp./0,017	-4.664		525	5,98(*)	5,353
12	4	13	5	Conducto	Acero Galv./0,1	Asp./0,0198	-1.166		275	5,45	7,077
13	1	14	1	Conducto	Acero Galv./0,1	Imp./0,017	4.664		525	5,98	0,765
10	3	13	3	Conducto	Acero Galv./0,1	Asp./0,0176	-3.498		475	5,48	2,2
8	8	9		Codo		Asp./0,22	-2.332				2,752
6	6	7		Codo		Asp./0,22	-2.332				2,752

Linea	N.Orig.	N.Dest.	Long (m)	Función	Mat./Rug. (mm)	Circ./f/Co	Caudal (m³/h)	W x H (mm)	D/De (mm)	V (m/s)	Pérd.Pt (Pa)
7	7	8	3	Conducto	Acero Galv./0,1	Asp./0,0185	-2.332		425	4,57	1,793
12	6	14	0,8	Conducto	Acero Galv./0,1	Asp./0,0185	2.332		425	4,57	0,478
13	9	15	7	Conducto	Acero Galv./0,1	Asp./0,0185	-2.332		425	4,57	4,184
15	16	16	10	Conducto	Acero Galv./0,1	Asp./0,02	-1.166		315	4,16	7,248
11	13	14		Rejilla		Asp./0,5768	-2.332				6,825
14	15	16		Rejilla		Asp./0,3621	-1.166				3,568

Resultados Unidades Terminales:

Nudo	Tipo	Caudal (m³/h)	Pt (Pa)	V.ef. (m/s)	Alc (m)	NR (dB)	L x H (mm)	Diám.nom. (mm)	Número ranuras	L x nº vías (mm)	Nº tob.fila x nº filas
13	Simple Deflex.V Circular	1.166	6,24	2,72		26	825x225				
14	Simple Deflex.V Circular	1.166	6,24	2,72		26	825x225				
16	Simple Deflex.V Circular	1.166	6,24	2,72		26	825x225				
16	Simple Deflex.V Circular	1.166	6,24	2,72		26	825x225				

NOTA:

- (!) Nudos que no cumplen con el equilibrado o superan la velocidad máxima
- * Rama de mayor velocidad o nudo de menor diferencia de presión.

3.1.3.2.1 Determinación de las características de los ventiladores

A continuación, se ofrece un resumen de las pérdidas de carga (presión estática) y caudal a extraer por el ventilador (punto de cálculo del mismo), para así obtener el punto de trabajo óptimo del ventilador:

- Q: 4.661,19 m³/h.
- Presión estática: 10,84 mm.c.a.

3.1.4 Descripción de la solución adoptada

Los ventiladores serán del tipo helicoidal con descarga libre.

Para unificar el diseño, se ha tomado un modelo de ventilador que cumple con los caudales y pérdidas de carga en los puntos de trabajo de todos los ventiladores calculados anteriormente.

El punto de trabajo del ventilador de mayor caudal será:

- Caudal: 7.411,22 m³/h
- Pérdida de carga: 10 mmca

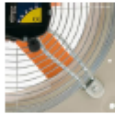
A esta característica se ajusta un ventilador tipo helicoidal, con una potencia eléctrica de 883 W, el cual admite alimentación monofásica en 240 V c.a. o trifásica en 380 V c.a.

En las siguientes hojas se adjuntan datos técnicos de este ventilador.



INFORME TÉCNICO DE DATOS
12/11/2018

HEP-56-4T/H



Ventiladores helicoidales murales, con motor IP65

Ventiladores helicoidales murales, con hélice de plástico reforzada en fibra de vidrio.

Ventilador:

- Dirección aire motor-hélice
- Hélice en poliamida 6 reforzada con fibra de vidrio
- Marco soporte en chapa de acero
- Rejilla de protección contra contactos según norma UNE-EN ISO 12499

Motor:

- Motores clase F, con rodamientos a bolas, protección IP65
- Monofásicos 220-240V -50Hz. y trifásicos 240V/380-415V-50Hz
- Temperatura de trabajo: -25°C +60°C, motores de 4-6-8 polos y -25°C +45°C, motores de 2 polos

Acabado:

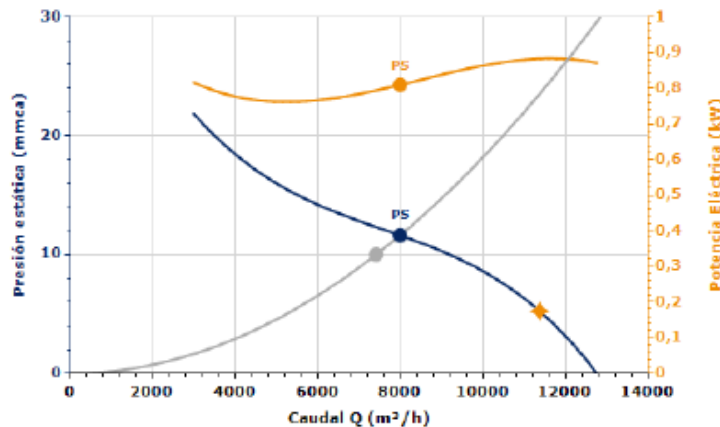
- Anticorrosivo en resina de poliéster polimerizada a 190 °C, previo desengrase con tratamiento nanotecnológico libre de fosfatos

Bajo demanda:

- Conjunto motor, hélice y rejilla (versión F)
- Grupo motor hélice (versión G)
- Dirección aire hélice-motor
- Bobinados especiales para diferentes tensiones



CURVA CARACTERÍSTICA Y ACÚSTICA PARA 1,2KG/M³

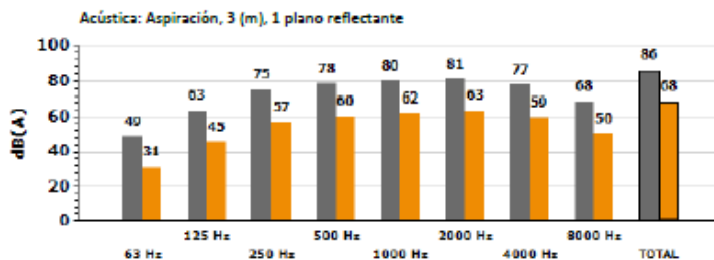


Punto Diseño

Q (m ³ /h)	7411,22
Pe (mmca)	10

Punto Servicio (PS)

Q (m ³ /h)	7989,22
Pe (mmca)	11,62
Pd (mmca)	4,9792
Pt (mmca)	16,60
Velocidad (rpm)	1350
Máx. Temp. (°C)	60
Velocidad salida aire (m/s)	9,02
SFP (kW/m ³ /s)	0,36
Potencia Eléctrica (kW)	0,81



Banda	Lw dB(A)	Lp dB(A)
63 Hz	49	31
125 Hz	63	45
250 Hz	75	57
500 Hz	78	60
1000 Hz	80	62
2000 Hz	81	63
4000 Hz	77	59
8000 Hz	68	50
TOTAL	86	68





INFORME TÉCNICO DE DATOS
12/11/2018

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal máximo (m³/h)	12750,97
Velocidad (rpm)	1350
Peso aprox. (kg)	21

ERP

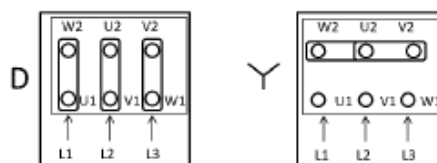
Rendimiento	53,8%	Presión (Pa)	150
Grado eficiencia N	60,4	Potencia eléctrica (kW)	0,883
Categoría de medición	B	Velocidad (rpm)	1374
Categoría eficiencia	Total	Variador de velocidad	VSD no necesario
Relación específica	1,00	Cumplimiento ErP	2015
Caudal (m³/h)	11369		

♦ Datos establecidos en el punto de máxima eficiencia

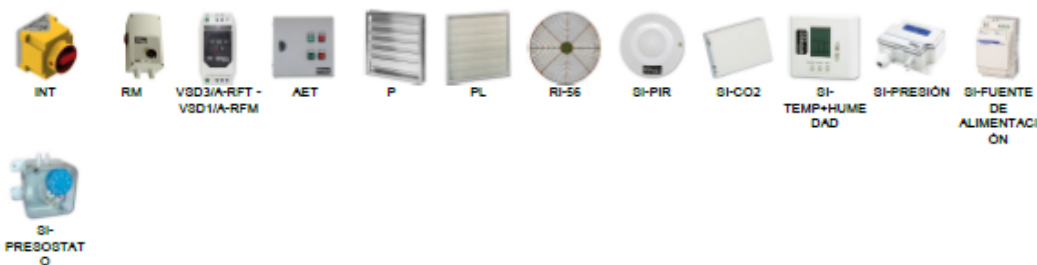
DATOS DEL MOTOR

Potencia Eléctrica Máx. (kW)	1,05
Hz/fases	50/3
Motor (rpm)	1350
Polos	4P
Corriente máx. (A) 380-415 V Y	2,10
Corriente máx. (A) 220-240 V D	3,63

Los datos pueden cambiar, por favor consulte la placa del motor



ACCESORIOS DISPONIBLES



Se debe comprobar que el accesorio es adecuado para el modelo de ventilador

