

EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE VENTILACIÓN DE EMPLAZAMIENTOS ALTERNATIVOS SEGÚN CRITERIOS DE DISEÑO DE LA VENTILACIÓN EMPLEADOS.

EMPLAZAMIENTO VENTILACIÓN DE EMERGENCIA CALLE DARIETA, UBICADA EN EL P.K. 1+711.04

ÍNDICE

EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE VENTILACIÓN DE EMPLAZAMIENTOS ALTERNATIVOS SEGÚN CRITERIOS DE DISEÑO DE LA VENTILACIÓN EMPLEADOS. EMPLAZAMIENTO VENTILACIÓN DE EMERGENCIA CALLE DARIETA, UBICADA EN EL P.K. 1+711.04

- 0. INTRODUCCIÓN
- 1. GEOMETRÍA DE TÚNEL
- 2. CÁLCULOS DE VENTILACIÓN
- 3. FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA
- 4. CONCLUSIONES

ESTUDIO DEL NUEVO SISTEMA DE VENTILACIÓN

0. INTRODUCCIÓN

Se realiza el presente estudio a petición de la UTE ALTZA-GALTZARABORDA para analizar el sistema de ventilación en subtramo comprendido entre el P.K. 1+440 (túnel salida de emergencia Sasuategi) y el P.K. 2+130 (ventilación de Emergencia C/.San Marcos). Se realiza el dimensionamiento necesario del pozo de ventilación de emergencia de nueva posible ubicación de Calle Lorete, según proyecto en PK 1+900 en Calle Darieta, ubicada en el P.K. 1+711.04.

Este informe describe el análisis realizado, descripción del sistema y su comportamiento ante un supuesto de incendio de 30 MW objeto de estudio, para las alternativas.

La capacidad de ventilación para 30 MW estará diseñada para evitar temperaturas muy altas en el túnel, que destruirían completamente las instalaciones del mismo y la no retro propagación de los humos, con el fin de que el acceso a la base de las llamas por parte de los bomberos sea posible.

Se determina el sistema de ventilación en cada caso, que verifique los requisitos mencionados en túnel, en estación los caudales que se observan son mucho mayores debido a la gran sección de paso en la zona de andenes. No se considera, por consiguiente, oportuno utilizar los equipos destinados a la ventilación del túnel para un arrastre de humos en la estación. Por tanto, deberá plantearse la ventilación de emergencia en la zona de andenes de una manera alternativa.

1. GEOMETRÍA DEL TRAMO DE TÚNEL

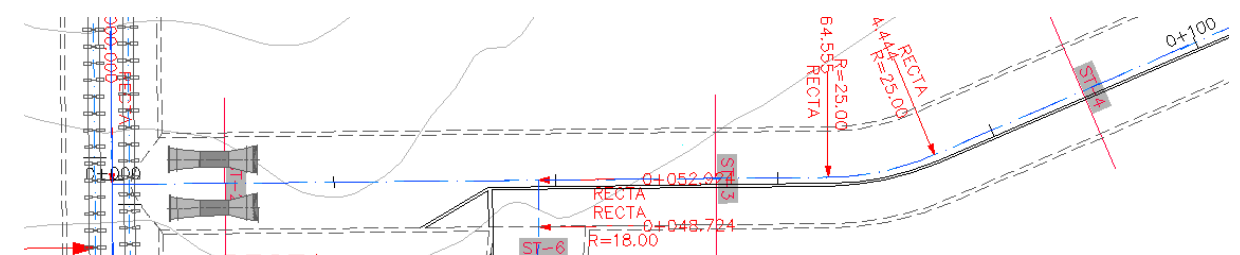
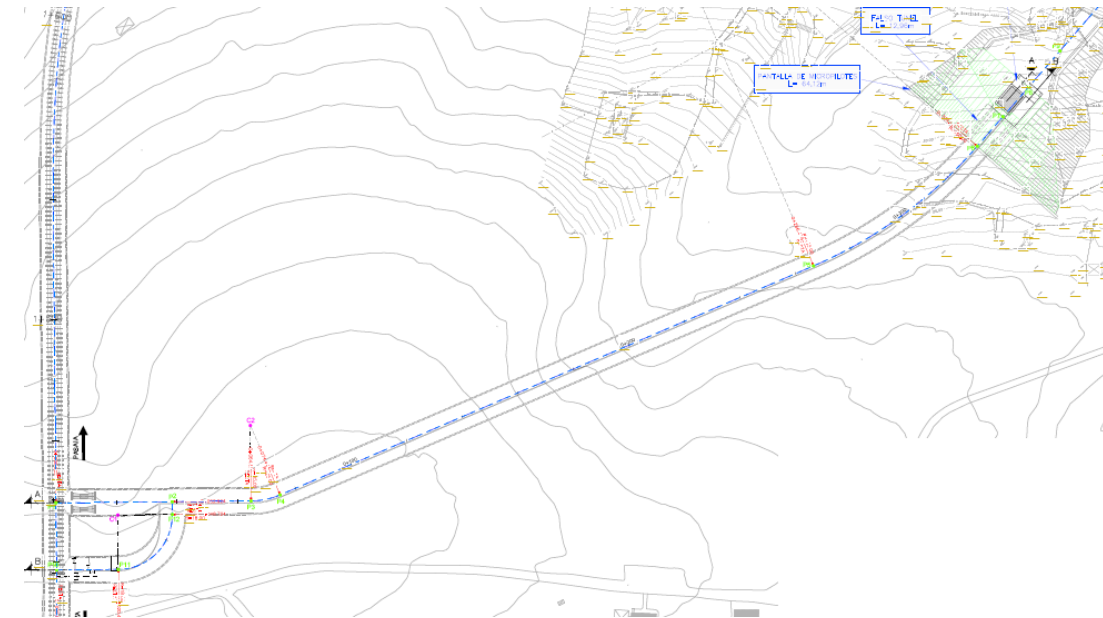
DISPOSICION DE POZOS DE VENTILACION Y ESTACION EN EL TRAMO EN ESTUDIO

- TUNEL SALIDA DE EMERGENCIA Y VENTILACION EN CALLE SASUATEGUI DE P.K. 0+347 A P.K. 0+0.
- POZO DE VENTILACION EN SALIDA DE EMERGENCIA EN CALLE SASUATEGUI INSTALADO EN EL ENTRONQUE DEL TÚNEL DE LÍNEA CON EL TÚNEL DE SALIDA DE EMERGENCIA, ENCONTRÁNDOSE EN EL P.K. 1+440.
- TUNEL EL POZO DE VENTILACION EN CALLE DARIETA, UBICADA EN EL P.K. 1+711.04.
- LA ESTACIÓN DE PASAIA SE UBICA ENTRE EL P.K. 1+941.00 Y P.K. 2+135.07.
- POZO DE VENTILACION CALLE DE SAN MARCOS P.K. 2+130. .

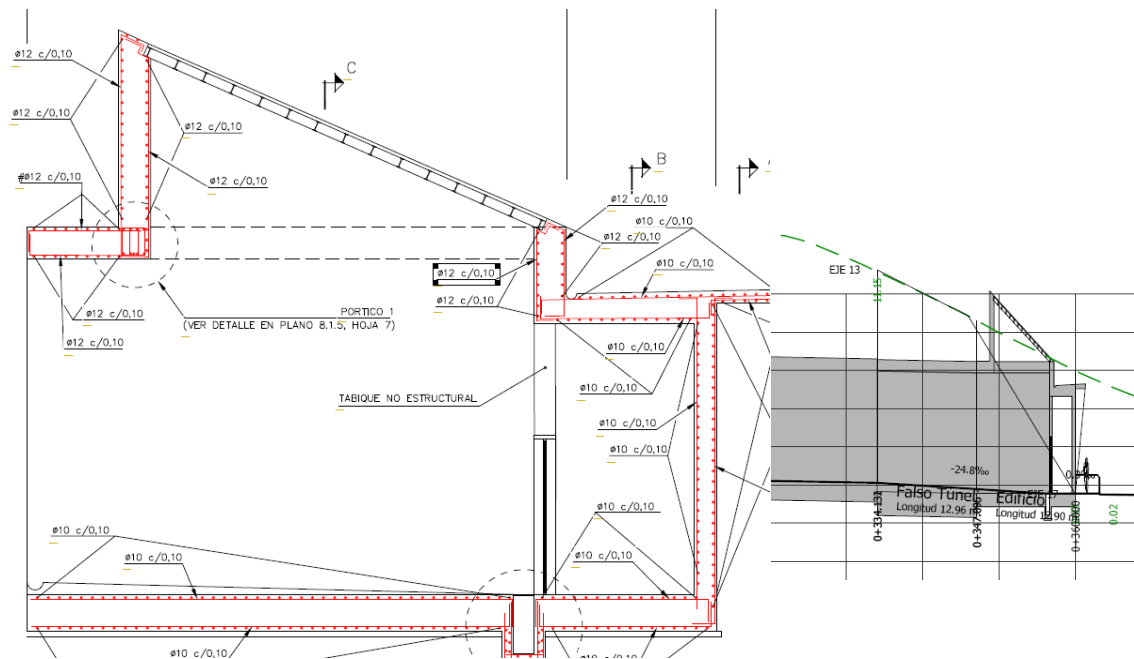
El tramo en estudio:

En todos estos tramos se ha considerado para el acabado de la bóveda del Túnel de Línea, de la Estación, salidas de emergencia, y túnel de ventilación el correspondiente al de un hormigón de revestimiento encofrado.

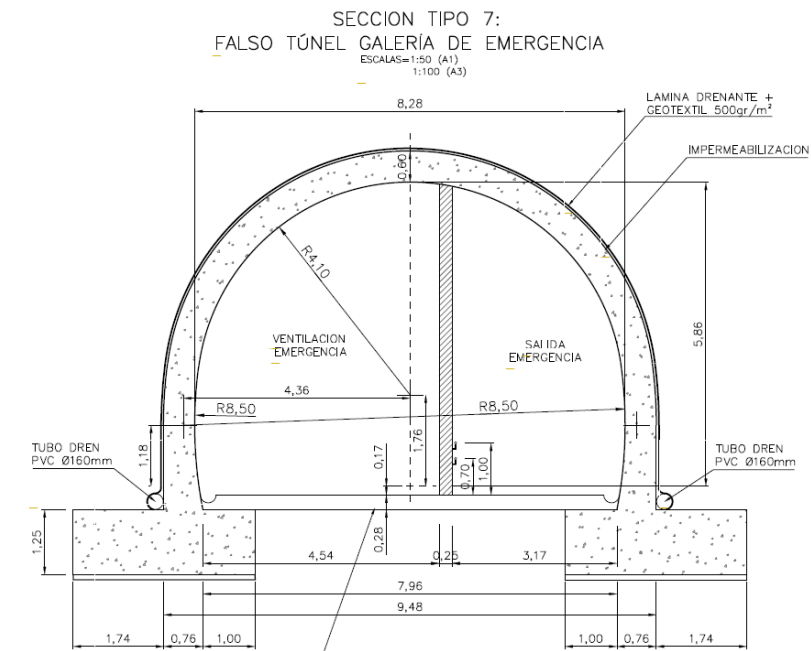
1.1.- GALERIA DE EMERGENCIA Y VENTILACIÓN EN CALLE SUASTEGUI de 347 metros, (P.K. 0+347 y P.K. 0+0), con sección de túnel de línea de ST7 de 24,44 m² de P.K. 0+347 a P.K. 0+343, ST4 de 24,51 m² de P.K. 0+343 a P.K. 0+89 , ST3 de 24,40 m² de P.K. 0+89 a P.K. 0+50 y ST2 de 32,77 m² de P.K. 0+50 a P.K. 0+0.



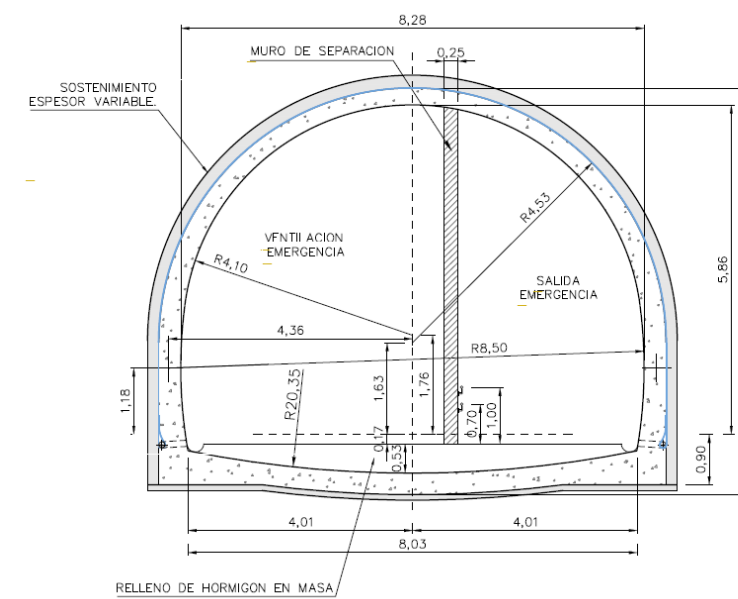
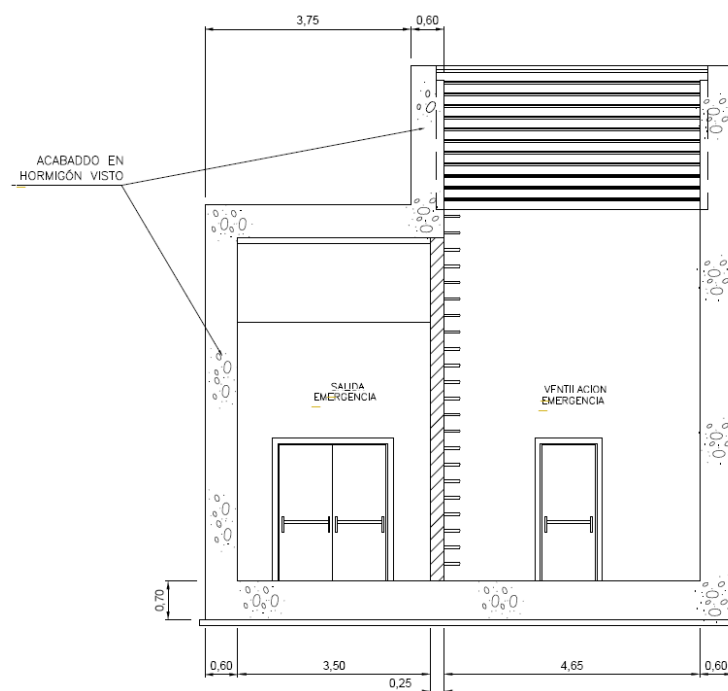
- Salida de Emergencia calle Sasuategui P.K. 0+ 347



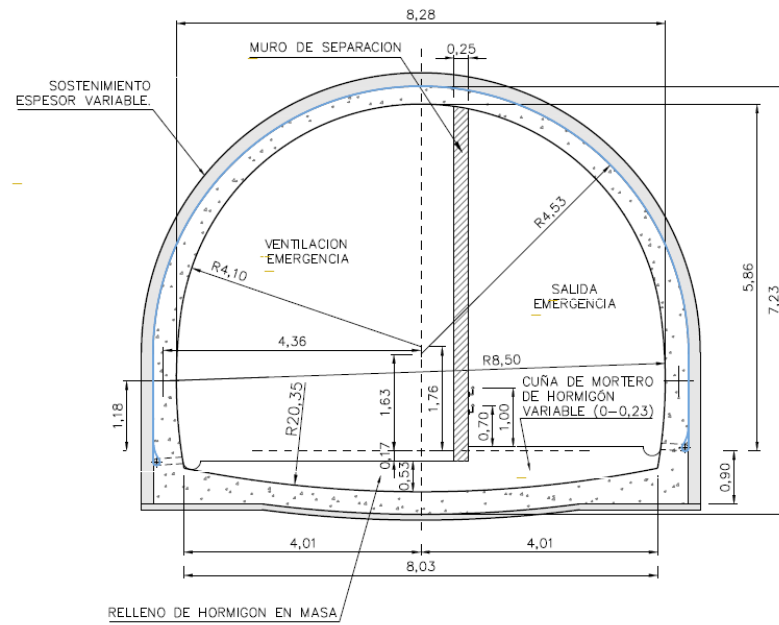
- Sección de túnel de emergencia ST7 P.K. 0+ 347 A P.K. 0+343



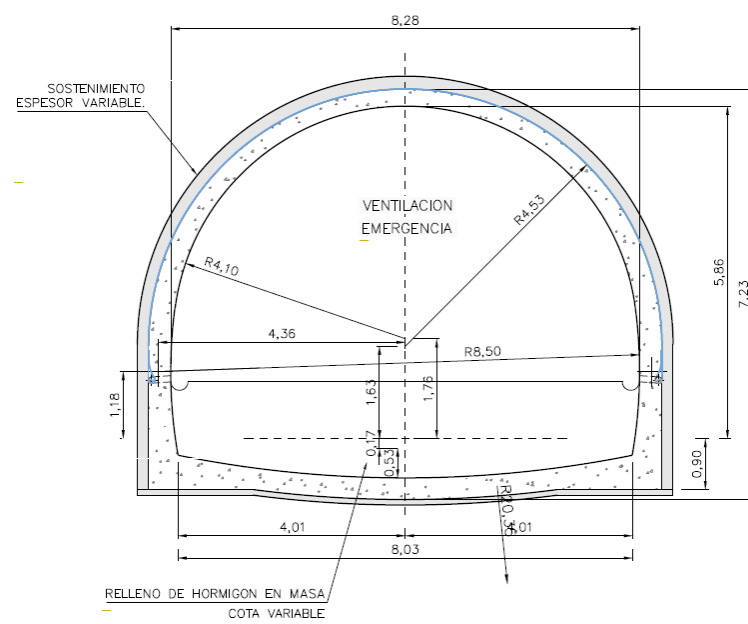
- Sección de túnel de emergencia ST4 P.K. 0+ 343 A P.K. 0+89



- Sección de túnel de emergencia ST3 P.K. 0+ 89 A P.K. 0+50



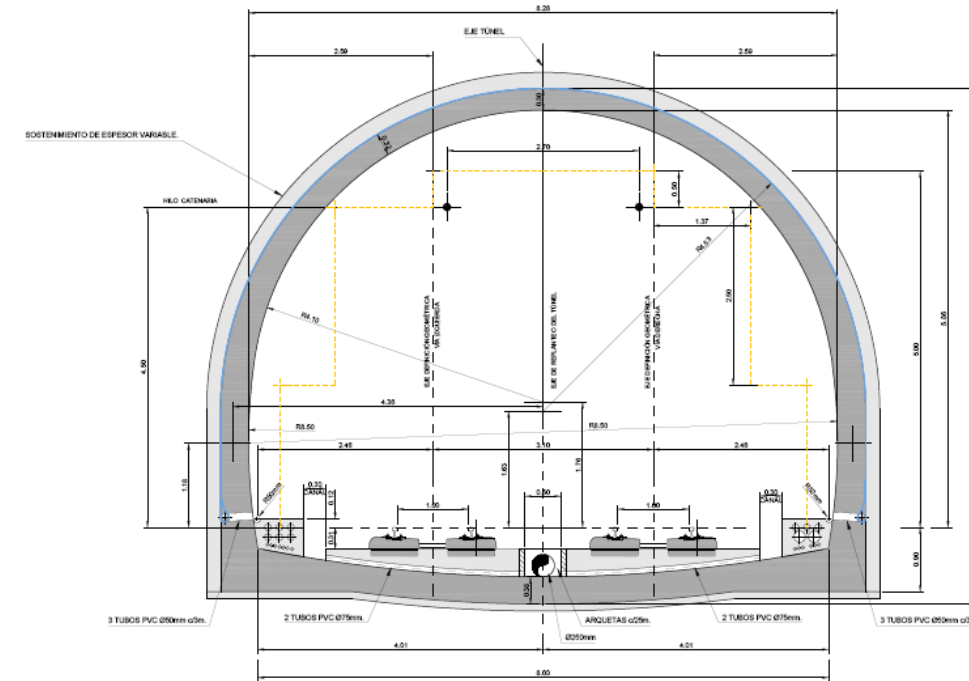
- Sección de túnel de emergencia ST2 P.K. 0+ 50 A P.K. 0+0



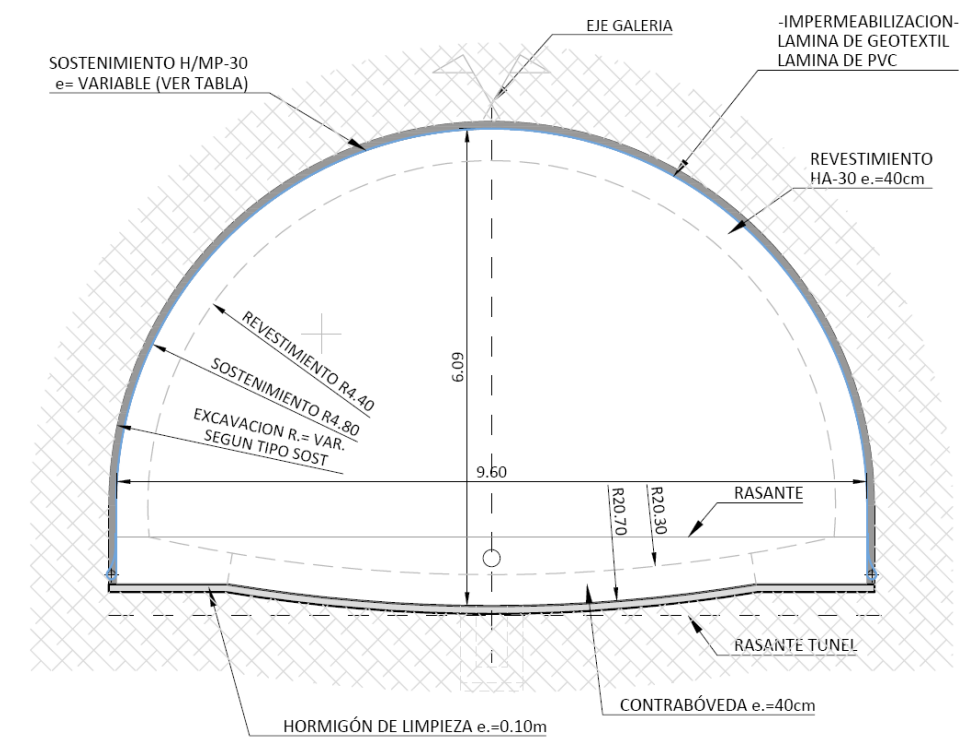
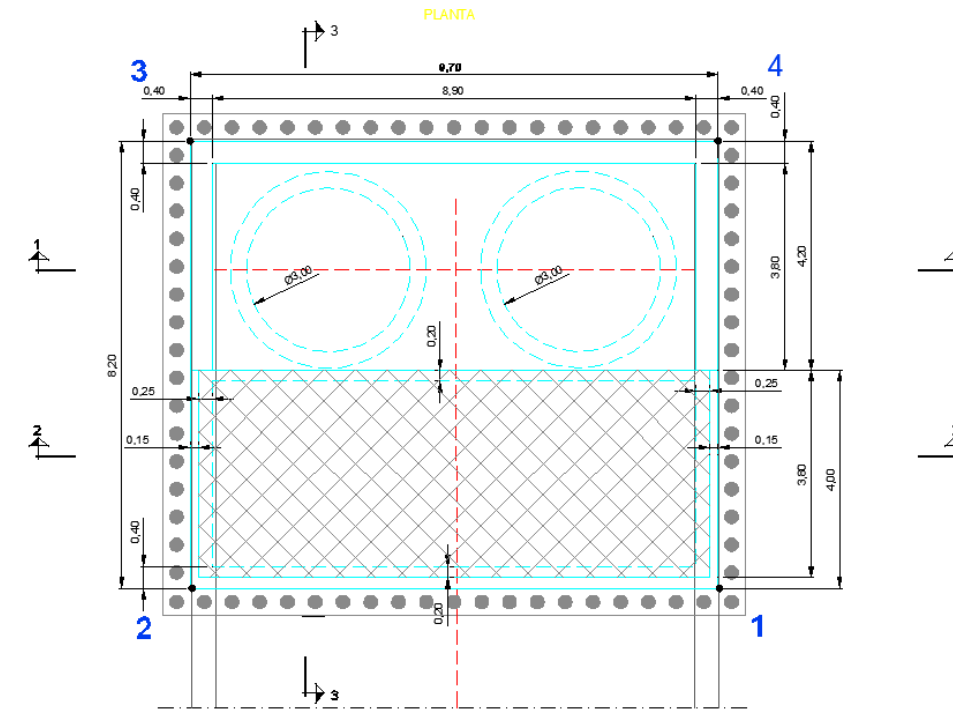
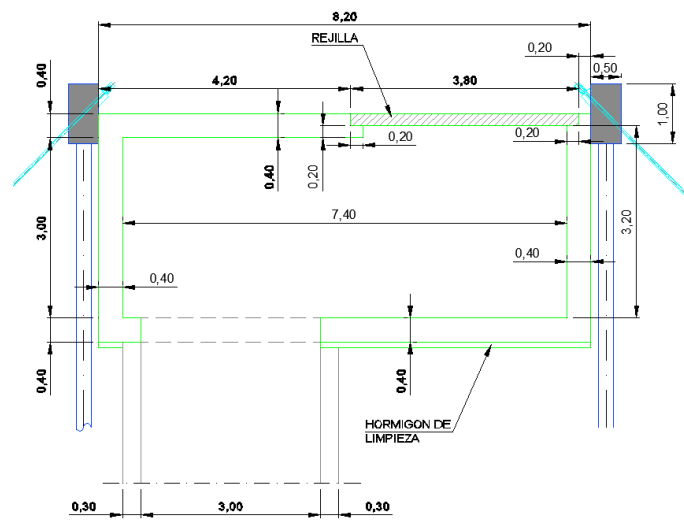
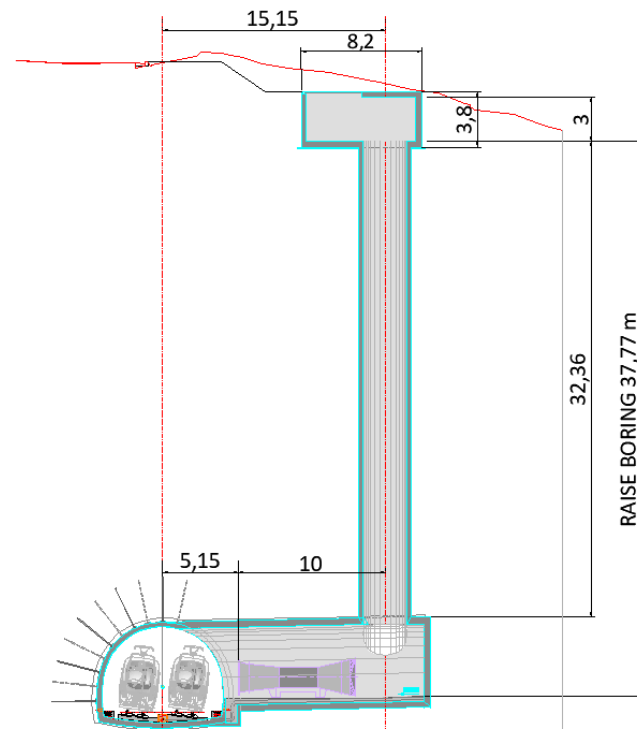
1.2.- POZO DE VENTILACION CALLE DARIETA, ubicada en el P.K. 1+711.04

- Tiene una longitud entre pozos de ventilación S.E. Calle Sasuategui y el inicio de la Estación de Pasaia de 501,00 metros (P.K. 1+440 y P.K. 1+941.00), con una sección de túnel de línea de 43,34 m². Pozo de Ventilación de Calle Darieta en P.K. 1+711.04

- Sección de túnel P.K. 1+ 440 A P.K. 1+941,00



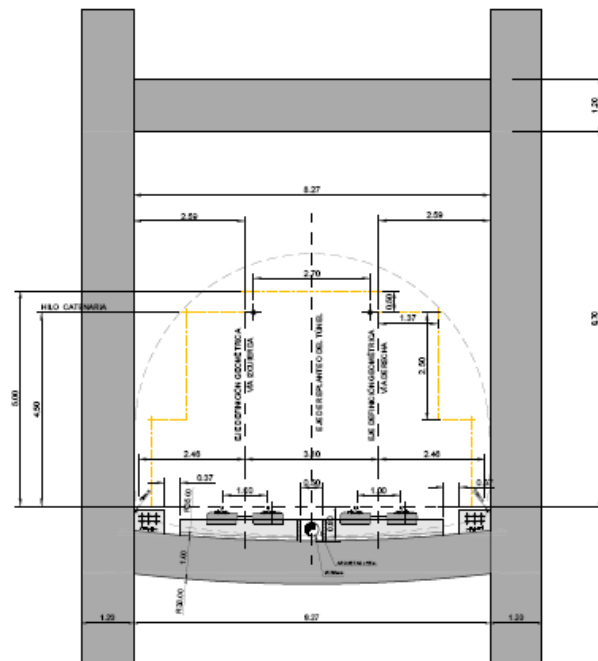
- Pozo de ventilación Calle Darieta P.K. 1+ 711.04



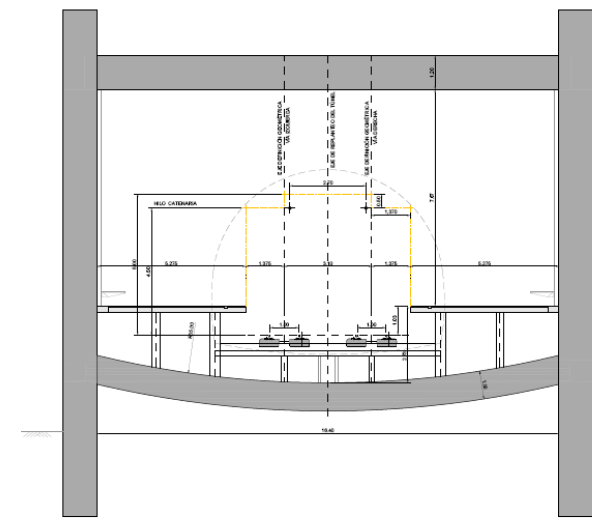
1.3 - ESTACIÓN DE PASAIA. Tramo entre el P.K. 1+941,00 y P.K. 2+135,07 , con una sección de 63,49 m² en falso túnel entre pantallas, entre el P.K. 1+941,00 y P.K. 1+955,33 , con una sección de 123,85 m² en estación, entre el P.K. 1+955,33 y P.K. 2+062,73, con una sección de 63.49 m² en falso túnel entre pantallas, entre el P.K. 2+062,73 y P.K. 2+135,07.

Pozo de Ventilación de Calle San Marcos en PK. 2+130.

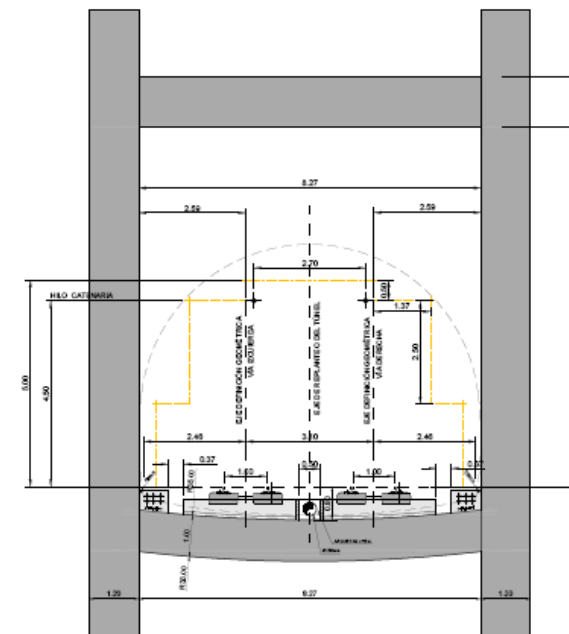
- Sección falso túnel entre pantallas P.K. 1+941,00 A P.K. 1+955,33



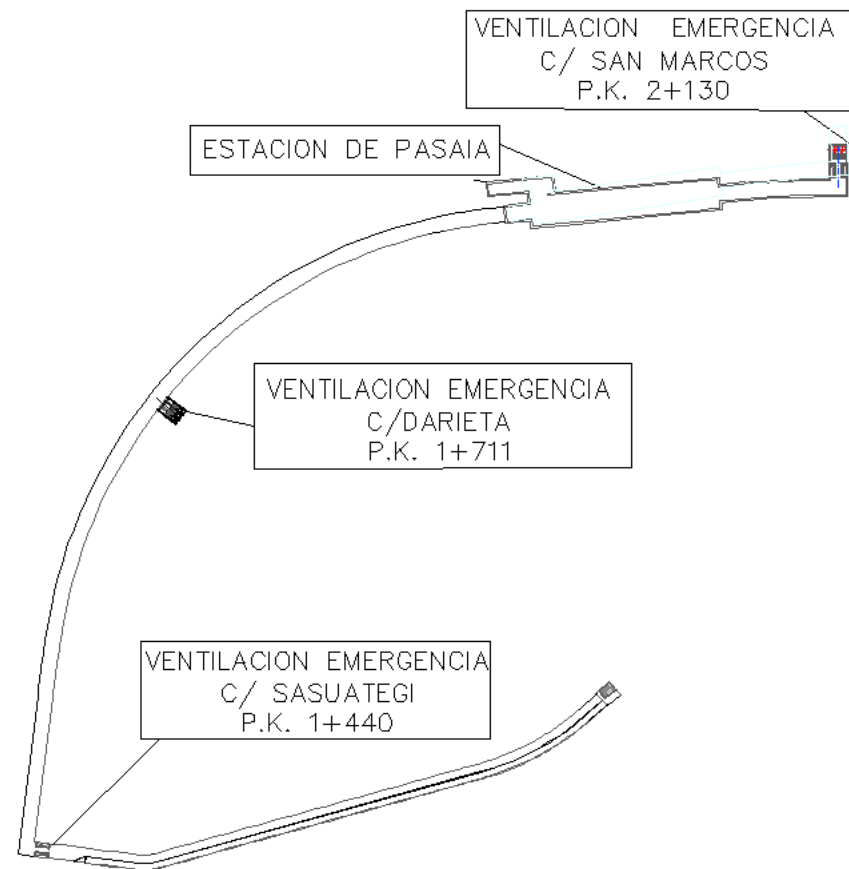
- Sección estación P.K. 1+955,33 A P.K. 2+062,73



- Sección falso túnel entre pantallas P.K. 2+062,73 A P.K. 2+135,07



DISPOSICIONES POZOS DE VENTILACION



2. CÁLCULOS DE VENTILACIÓN

En el túnel el sistema de ventilación estará diseñado para cumplir los siguientes objetivos:

- Producir flujos de aire suficientes para impedir la retro propagación del humo que permita el control del suceso en todo momento.
- Limitar la temperatura del aire en la ruta de evacuación.
- Mantener una visibilidad suficiente en la ruta de evacuación que posibilite el desalojo.

DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA DE FUEGO A DISIPAR

La potencia de fuego (en lo sucesivo HRR) a considerar depende del tipo de vehículo que pueda verse afectado por el incendio, siendo este un parámetro decisivo para el dimensionamiento del sistema de ventilación de emergencia.

La potencia de fuego y generación de humos a considerar en los cálculos será la correspondiente a un tren ardiendo:

30 MW y 80 m³/s

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE AIRE A PROPORCIONAR

VELOCIDAD PARA LA NO RETROPROPAGACIÓN DE HUMOS

Existe una velocidad mínima a conseguir para que no haya retro propagación de humos, es decir, que estos no puedan avanzar en sentido contrario al del flujo de ventilación.



Esta velocidad crítica vendrá dada por la expresión de Thomas P.H., "The Movement of smoke in horizontal passages against an air flow, Fire Research Note 72/1968, Fire Research Station, 1968".

$$V = \left(\frac{g \cdot H \cdot HRR}{\rho \cdot C_p \cdot T \cdot S} \right)^{\frac{1}{3}}$$

donde:

- V = Velocidad crítica en m/s.
- g = Aceleración de la gravedad en m/s².
- HRR = Potencia calorífica del fuego en W.
- ρ = Densidad del aire a 20°C en kg/m³.
- T = Temperatura del fuego en °C.
- H = Altura de la sección transversal del túnel en m.
- S = Superficie de la sección transversal del túnel en m².
- C_p = Calor específico del aire en J/kg·°C.

Vehículo causa del fuego	Charco de gasolina equivalente (m ²)	Pot. Calorífica del fuego (MW)	Generación humos equivalente (m ³ /s)	Max. Temperatura con flujo medio de aire (°C)
Automóvil	2	5	20	400
Eléctrica	7	15	60	600
Vagón	8	20	60	700
Cisterna	30:100	100	80:200	1000

TRAMO ALTZA-GALTZARABORDA DEL METRO DONOSTIALDEA

DATOS GEOMETRICOS DE TUNEL

Dh= Diametro hidraulico tubos comunicad	Dh	[m]	6,92
Perimetro	P	[m]	25,04
Sección	S=(P*Dh)/3	[m ²]	43,34

DATOS AMBIENTALES

Altitud sobre el nivel del mar	h	[m]	17,00
Percentil 1% Temperatura Verano	T	[°C]	30,50
Dirección de vientos	β	[°]	-- *(1)
Densidad aire referencia	ρ ₀	[Kg/m ³]	1,20 *(2)
Densidad aire	ρ	[Kg/m ³]	1,17 *(3)

*(1) Al carecer de datos del Instituto Metereológico Nacional referentes a promedios de direcciones de vientos el factor adimensional considerado es Aw=0.6 para calculos de empujes debidos al viento.

*(2) T=0°C; h=0m.s.n.mar ; P₀=760 mm.Hg

*(3) ρ=ρ₀*FACTOR(H,T) 1,17

CAUDAL AIRE REQUERIDO EMERGENCIA

V _r =(g·H·HRR/ρ·C _p ·Tc·S) ^{1/3}	[m/s]	3,24
Caudal requerido (Q)		140,26 [m³/s]

Se obtiene velocidad crítica de **3,24 m/s**.

Para conseguir una velocidad en el túnel de 3,26 m/s será necesario impulsar o extraer por el pozo de ventilación un caudal de:

$$Q = 140,26 \text{ m}^3/\text{s}$$

VELOCIDAD POR TEMPERATURA

El sistema de ventilación diseñado deberá suministrar un caudal de aire fresco para mantener la temperatura por debajo de un valor determinado. Si se produce un incendio, la temperatura máxima soportable dentro del túnel en un intervalo de tiempo determinado (tiempo necesario para la evacuación) no debería sobrepasar los 60°C en la ruta de evacuación o salida.

El caudal del aire fresco mínimo a suministrar por el sistema de ventilación para mantener la temperatura por debajo de este valor (60°C) vendrá dado por la expresión:

$$Q = \frac{HRR}{T_{MAX} \cdot P \cdot Cp}$$

En donde:

- Q= caudal de aire fresco requerido (m3/sg).
- HRR= Potencia calorífica del fuego (MW).
- T_{máx}= temperatura máxima admisible.
- Cp= Calor específico a presión constante del aire.
- P= Densidad del aire fresco.

CAUDAL AIRE REQUERIDO EMERGENCIA -TEMPERATURA EN RUTA DE ESCAPE <= 60°		
Qt=HRR/ρ·Cp·Tmax	[m/s]	381,05
Velocidad Tescape (Vt)		8,79 [m/s]

Se obtiene velocidad crítica de **8,79 m/s**.

Para conseguir una velocidad en el túnel de 8,40 m/s será necesario impulsar o extraer por el pozo de ventilación un caudal de:

$$Q = 381,05 \text{ m}^3/\text{s}$$

Con los cálculos realizados para obtener las distintas velocidades que son:

- Velocidad de emergencia por retro propagación de humos.
- Velocidad de emergencia por temperatura

De todas ellas seleccionamos una velocidad que el aire deberá alcanzar en el túnel.

	Q (m3/s)	V (m/s)
Caudal retro propagación	140,26	3,24
Caudal temperatura (<60°C)	381,05	8,79

El dimensionamiento se hará para la velocidad del régimen de emergencia, proporcionada por la limitación de la no retro propagación.

La velocidad seleccionada será de **3,24 m/s., caudal de 140,26 m³/s**

La temperatura en ruta de escape obtenida para el caudal correspondiente a esta velocidad es de **163,00 °C**.

DETERMINACION DE LA PRESION TOTAL.

Para realizar una correcta selección del equipo de ventilación una vez definido en el apartado anterior el caudal de diseño, y así determinar el punto de trabajo, se deberán determinar las pérdidas de carga del flujo de gases que se mueven a lo largo del túnel.

Estas son debidas a dos factores:

- Rugosidad en las paredes del túnel, entradas y salidas.
- Singularidades a lo largo del circuito que recorre la masa de aire (codos, rejillas, interferencia de elementos, etc...)

Se tendrá en cuenta la resistencia aerodinámica producida por un obstáculo de dimensiones semejantes a una unidad de tren parada en el tramo en estudio.

Las fórmulas necesarias para la realización de los cálculos se esquematizan a continuación:

Las pérdidas por fricción generadas en un conducto vienen dadas normalmente por la fórmula de Darcy-Weisbach.

$$\Delta P = \frac{f \cdot L \cdot \rho \cdot v^2}{2 \cdot D_H}$$

En donde:

- ΔP es la pérdida de presión debida a la fricción.
- f es el cociente de fricción propio de la superficie del túnel.
 - L es la longitud del tramo de túnel.
- D_H es el diámetro hidráulico de la sección transversal del túnel.
- ρ es la densidad del aire.
- v es la velocidad del aire.

El factor de fricción f se calcula a partir del número de Reynolds y de la rugosidad relativa del conducto:

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu}, \quad \epsilon = \frac{E}{D}$$

El diagrama de Moody para el movimiento de fluidos por conductos nos dará finalmente el valor del coeficiente de fricción en función del valor del número de Reynolds y de la rugosidad relativa.

- Las pérdidas de carga singulares se determinan por medio de la expresión:

$$\Delta P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot C$$

En donde:

- ΔP es la pérdida de presión.
- ρ es la densidad del fluido.
- v es la velocidad del fluido.
- C es una constante que depende de la sección y del NRe.

La constante C , es un valor adimensional para una determinada singularidad del circuito.

CIRCUITO VENTILACIÓN EXTRACCIÓN POZO

Pérdidas en conductos: túneles, pozos y galerías.

- **Tramo túnel**
- **Tramo de túnel con tren**
- **Galería pozo de ventilación**
- **Chimenea pozo de ventilación**

TOTAL PÉRDIDAS EN CONDUCTOS

Pérdidas en entradas, descargas, cambios de dirección y obstáculos en pozo de ventilación.

- **Codo túnel-galería**
- **Estrechamiento túnel-galería**
- **Entrada ventilador-difusor**
- **Compuerta de regulación**
- **Codo galería-chimenea**
- **Ensanchamiento galería-chimenea**
- **Silenciador**
- **Rejilla calle**

Total pérdidas singulares

Total pérdidas friccionales

EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE VENTILACIÓN DE EMPLAZAMIENTOS ALTERNATIVOS SEGÚN CRITERIOS DE DISEÑO DE LA VENTILACIÓN EMPLEADOS.

EMPLAZAMIENTO VENTILACIÓN DE EMERGENCIA CALLE DARIETA, UBICADA EN EL P.K. 1+711.04



TRAMO SALIDA EMERGENCIA Y VENTILACION EN CALLE SASUATEGUI Y POZO VENTILACION EN CALLE SAN MARCOS.

UBICACIÓN PV CALLE DARIETA P.K. 1+711,04. PÉRDIDAS EN CONDUCTOS (Túneles, pozos y galerías)

LOCALIZACIÓN PÉRDIDA	Caudal (m ³ /s)	Sección (m ²)	Veloc. (m/s)	Perím. (m)	Dh (m)	Longitud (m)	J (Pa)
Tramo Túnel	180,00	32,56	5,53	38,34	3,40	90,00	6,47
P.K. 1+440 a P.K. 1+711,04 con tren							
Tramo Túnel	180,00	43,34	4,15	25,04	6,92	181,00	2,77
P.K. 1+440 a P.K. 1+711,04 sin tren							
SALA VENTILACION PV CALLE DARIETA P.K. 1+711,04							
Galería	180,00	47,06	3,82	26,71	7,05	10,00	0,14
Chimenea salida pozo	180,00	14,14	12,73	18,85	3,00	32,36	10,75
SALA VENTILACION EN SALIDA DE EMERGENCIA Y VENTILACION CALLE SASUATEGUI A CASETA DE VENTILACION P.K. 0+347							
Galería PK. 0+0 A P.K. 0+50 ST2	180,00	32,77	5,49	22,68	5,78	204,85	7,23
Galería PK. 0+50 A P.K. 0+89 ST3	180,00	24,40	7,38	19,49	5,01	204,85	15,06
Galería PK. 0+89 A P.K. 0+343 ST4	180,00	24,51	7,34	19,52	5,02	204,85	14,88
Galería PK. 0+343 A P.K. 0+347 ST7	180,00	24,44	7,36	17,59	5,56	204,85	13,53

PÉRDIDAS EN ENTRADA Y DESCARGAS, CAMBIOS DE DIRECCIÓN OBSTÁCULOS

LOCALIZACION PÉRDIDA	Caudal (m ³ /s)	Sección (m ²)	Veloc. (m/s)	J (Pa)
SALA VENTILACION PV CALLE DARIETA P.K. 1+711,04				
Codo túnel-sala ventilacion	180,00	43,34	4,15	12,73
Entrada ventilador - difusor	90,00	4,91	18,33	56,95
Compuerta de regulación	90,00	9,00	10,00	55,66
Estrechamiento sala ventilacion-galeria	180,00	47,06	3,82	8,14
Codo galería-chimenea	90,00	7,07	12,73	122,60
Estrechamiento galería-chimenea	90,00	7,07	12,73	90,23
Codo chimenea-galeria	180,00	26,70	6,74	34,37
Codo galería-rejilla de salida	180,00	33,82	5,32	21,42
Rejilla de salida	180,00	33,82	5,32	23,14
VENTILACION SALIDA A CASETA DE VENTILACION CALLE SASUATEGUI PK 0+347				
Codo túnel-sala ventilacion	180,00	32,77	5,49	22,27
Entrada ventilador - difusor	90,00	4,91	18,33	56,95
Compuerta de regulación	90,00	9,00	10,00	55,66
Codo galería-rejilla de salida	180,00	24,44	7,36	41,02
Rejilla de salida	180,00	40,10	4,49	16,46

**TRAMO S.E. SASUATEGUI
A SALIDA PV CALLE DARIETA
P.K. 1+440 A P.K. 1+711,04**

CAUDAL	90,00	m ³ /s
PRESION TOTAL	613,46	Pa
RENDIMIENTO	0,65	%
POTENCIA MOTOR	84.940,41	W
POTENCIA MOTOR	132,00 kW	

**RAMPA SALIDA DE VENTILACION Y EMERGENCIA CALLE
SASUATEGUI A PV CALLE DARIETA
P.K. 1+440 A P.K. 1+711,04**

CAUDAL	90,00	m ³ /s
PRESIÓN TOTAL	420,38	Pa
RENDIMIENTO	0,65	%
POTENCIA MOTOR	58.206,73	W
POTENCIA MOTOR	78,00 kW	

EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE VENTILACIÓN DE EMPLAZAMIENTOS ALTERNATIVOS SEGÚN CRITERIOS DE DISEÑO DE LA VENTILACIÓN EMPLEADOS.

EMPLAZAMIENTO VENTILACIÓN DE EMERGENCIA CALLE DARIETA, UBICADA EN EL P.K. 1+711.04



TRAMO SALIDA EMERGENCIA Y VENTILACION EN CALLE SASUATEGUI Y POZO VENTILACION EN CALLE SAN MARCOS.
UBICACIÓN PV CALLE DARIETA P.K. 1+711,04. PÉRDIDAS EN CONDUCTOS (Túneles, pozos y galerías)

LOCALIZACIÓN PÉRDIDA	Caudal (m ³ /s)	Sección (m ²)	Veloc. (m/s)	Perím. (m)	Dh (m)	Longitud (m)	J (Pa)
SALA VENTILACION PV CALLE DARIETA P.K. 1+711,04							
Tramo Túnel P.K 1 +711,04 a P.K. 1+941 con tren	180,00	32,56	5,53	25,04	5,20	90,00	3,58
Tramo Túnel P.K 1 +711,04 a P.K. 1+941 sin tren	180,00	43,34	4,15	25,04	6,92	140,00	2,57
Tramo Túnel P.K 1 +941 a P.K.1+955 sin tren	180,00	63,49	2,84	31,88	7,97	14,00	0,10
Tramo Túnel P.K 1 +955 a P.K.2+062 sin tren	180,00	135,92	1,32	54,30	10,01	107,00	0,14
Tramo Túnel P.K 2 +062 a P.K. 2+130 sin tren	180,00	63,49	2,84	31,88	7,97	68,00	0,42
SALA VENTILACION PV CALLE SAN MARCOS P.K. 2+130							
Galería	180,00	47,06	3,82	26,71	7,05	10,00	0,14
Chimenea salida pozo	180,00	14,14	12,73	18,85	3,00	32,36	10,75

PÉRDIDAS EN ENTRADA Y DESCARGAS, CAMBIOS DE DIRECCIÓN OBSTÁCULOS

LOCALIZACION PÉRDIDA	Caudal (m ³ /s)	Sección (m ²)	Veloc. (m/s)	J (Pa)
SALA VENTILACION PV CALLE DARIETA PK. 1+711,04				
Codo túnel-sala ventilacion	180,00	43,34	4,15	12,73
Entrada ventilador - difusor	90,00	4,91	18,33	56,95
Compuerta de regulación	90,00	9,00	10,00	55,66
Estrechamiento sala ventilacion-galeria	180,00	47,06	3,82	8,14
Codo galería-chimenea	90,00	7,07	12,73	122,60
Estrechamiento galería-chimenea	90,00	7,07	12,73	90,23
Codo chimenea-galeria	180,00	26,70	6,74	34,37
Codo galería-rejilla de salida	180,00	33,82	5,32	21,42
Rejilla de salida	180,00	33,82	5,32	23,14
SALA VENTILACION PV CALLE SAN MARCOS P.K. 2+130				
Codo túnel-sala ventilacion	180,00	63,49	2,84	5,93
Entrada ventilador - difusor	90,00	4,91	18,33	56,95
Compuerta de regulación	90,00	9,00	10,00	55,66
Estrechamiento sala ventilacion-galeria	180,00	41,27	4,36	10,59
Codo galería-chimenea	90,00	7,07	12,73	122,60
Estrechamiento galería-chimenea	90,00	7,07	12,73	90,23
Codo chimenea-galeria	180,00	29,22	6,16	28,71
Codo galería-rejilla de salida	180,00	29,22	6,16	28,71
Rejilla de salida	180,00	29,22	6,16	31,00

TRAMO SALIDA PV CALLE DARIETA A PV CALLE SAN MARCOS P.K.
1+711,04 A P.K. 2+130

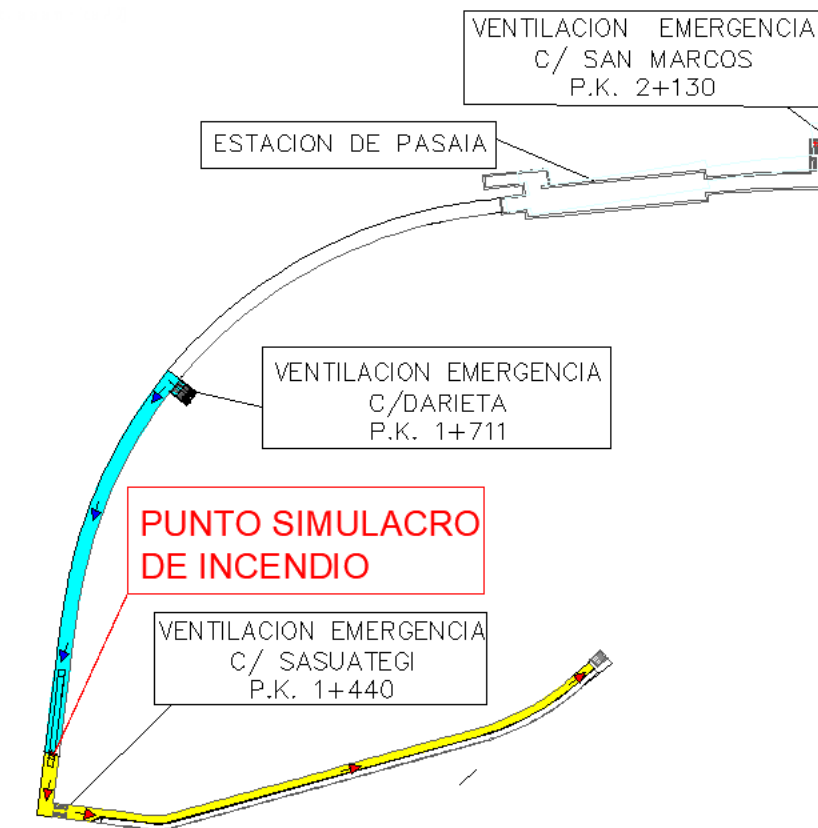
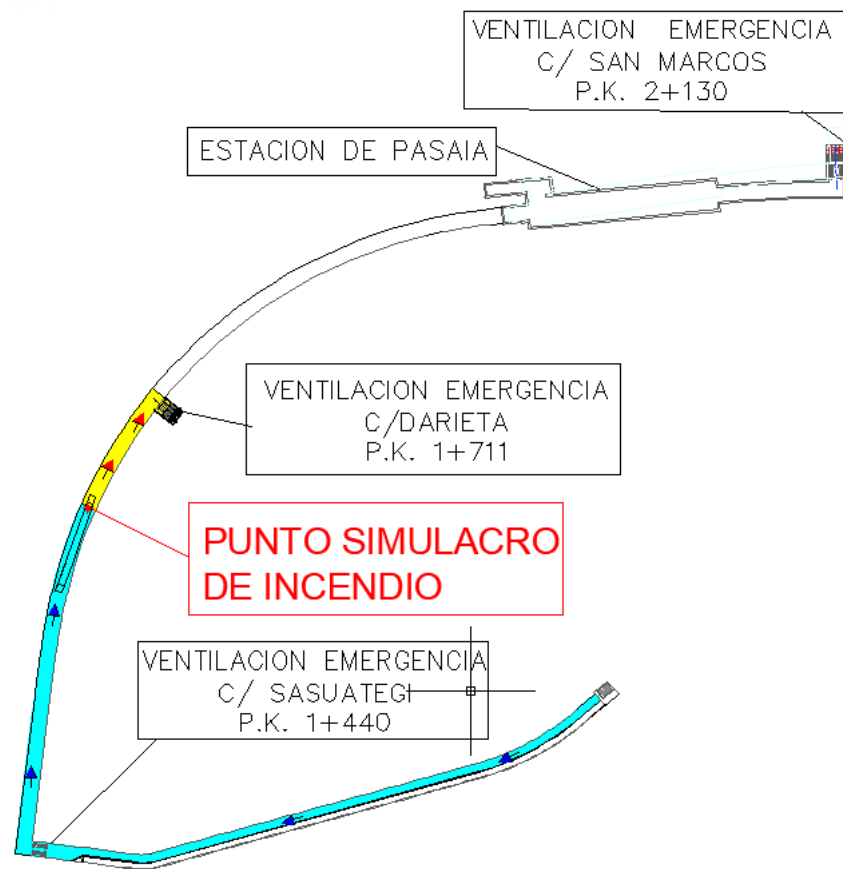
CAUDAL	90,00	m ³ /s
PRESIÓN TOTAL	611,02	Pa
RENDIMIENTO	0,65	%
POTENCIA MOTOR	84.602,64	W
POTENCIA MOTOR	132,00 kW	

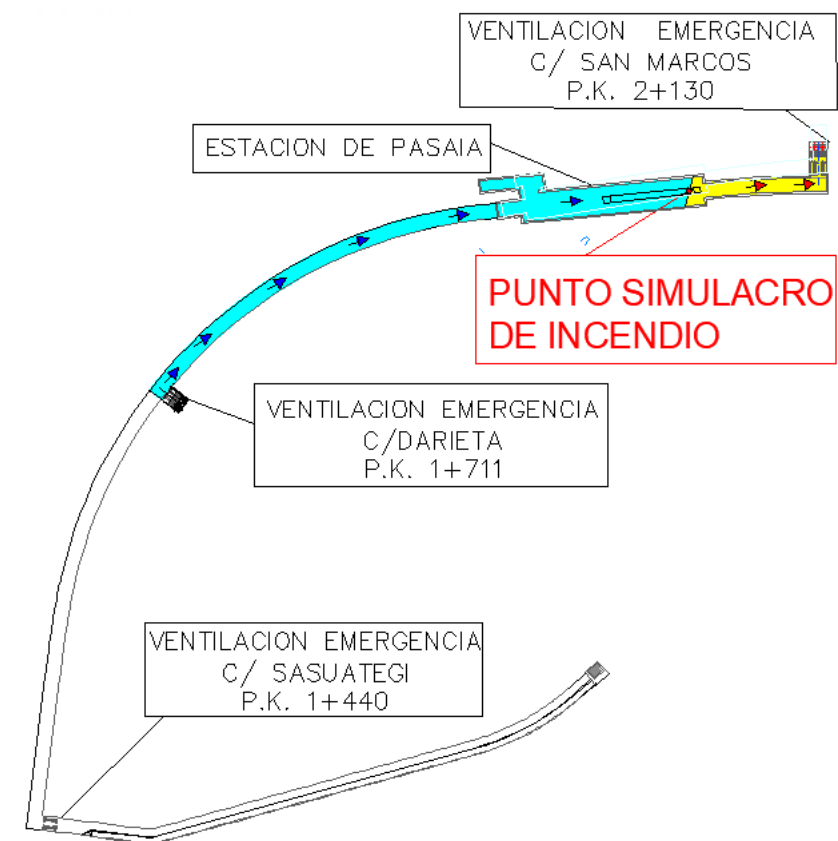
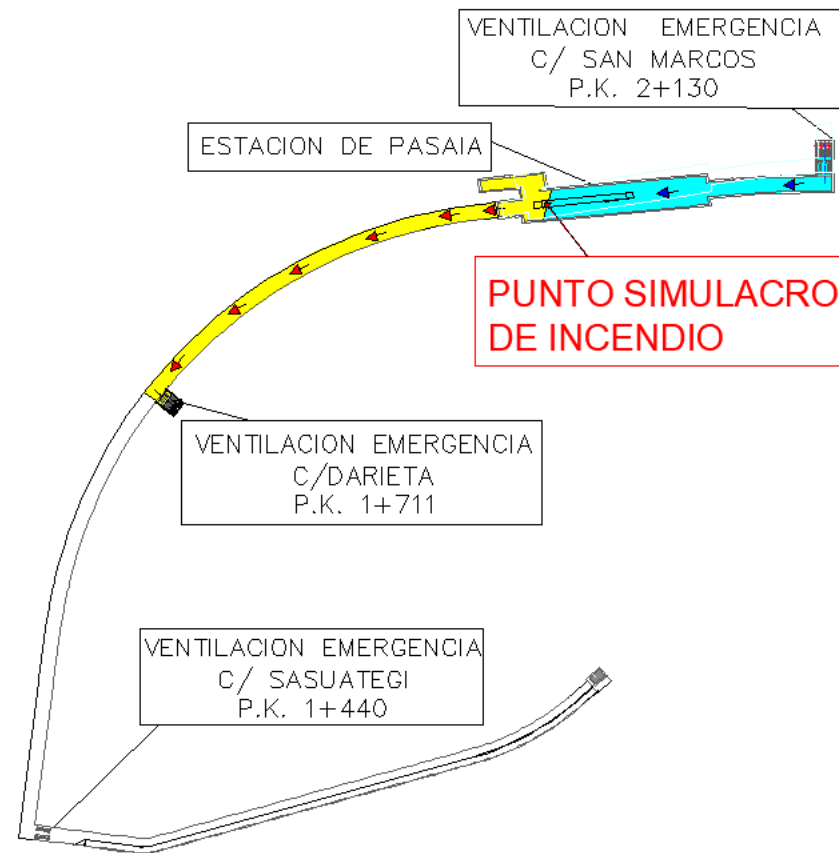
TRAMO SALIDA PV CALLE SAN MARCOS
A PV CALLE DARIETA
P.K. 1+711,04 A P.K. 2+130

CAUDAL	90,00	m ³ /s
PRESIÓN TOTAL	611,71	Pa
RENDIMIENTO	0,65	%
POTENCIA MOTOR	84.698,17	W
POTENCIA MOTOR	132,00 kW	

3. FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA

Se estudia la funcionalidad, para los supuestos de fuego más desfavorables.





4. CONCLUSIONES

Para el adecuado sistema de ventilación y disposición de salidas de emergencia, que verifiquen los requisitos en túnel, del tramo ALTZA-GALTZARABORDA DEL METRO DONOSTIALDEA, se precisa :

- Dos ventiladores en los pozos de ventilación en Calle Darieta P.K. 1+711,04, y en Calle San Marcos PK 2+130 de 90 m³/h / 132 KW.
- Dos ventiladores en la ventilación de salida de emergencia a Calle Sasuategui PK 1+ 440 , dos unidades de ventilación de 90 m³/h / 78Kw.

La distancia entre salidas de emergencia verificaría Normativa Vigente, entre Salida de emergencia Calle San Marcos PK 2+130 y Salida de emergencia de calle Darieta P.K. 1+ 711,04, la distancia es de 419 metros, inferior a la máxima distancia permitida más restrictiva -la Normativa existente marca una distancia máxima entre salidas de emergencia de 750 metros-.

.../...

Según escrito Comunidad Autónoma del País Vasco, "se aplica la exigencia NFPA 130 .../... sus condicionantes se cumplen al 100 %". 25 de enero de 2019

Normativa NFPA 130 "Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems" ("Estándar sobre sistemas ferroviarios para transporte de vehículos y viajeros sobre rieles"), Salidas de Emergencia como máximo cada **762 m**. "the maximum distance between exits shall not exceed 762 m (2.500 ft).".

Normativa directiva europea TSI "Technical Specifications for Interoperability" (ETI "Especificación Técnica de Interoperabilidad"), SRT "Safety in Railway Tunnels" / "Seguridad en los Túneles Ferroviarios" , "Salidas de emergencias laterales y/o verticales" , como máximo, cada **1000 m**.

Normativa Nacional "Instrucción sobre Seguridad en Túneles" (Ministerio de Fomento, 20/06/2006) Separación máxima entre galerías o pozos contiguos: 1.500 m, en túneles de longitud L > 3.000 m. y **750 m**, en túneles de longitud L > 2.000 m con trenes de alta ocupación (≥ 1.000 viajeros/tren).

.../...

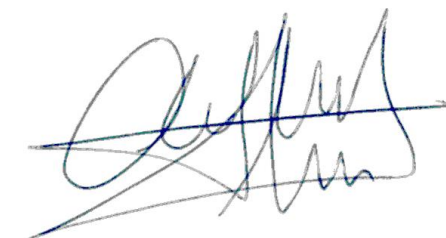
No se estudia los requisitos del sistema de ventilación y de salidas de emergencia en estación.

Se concluye:

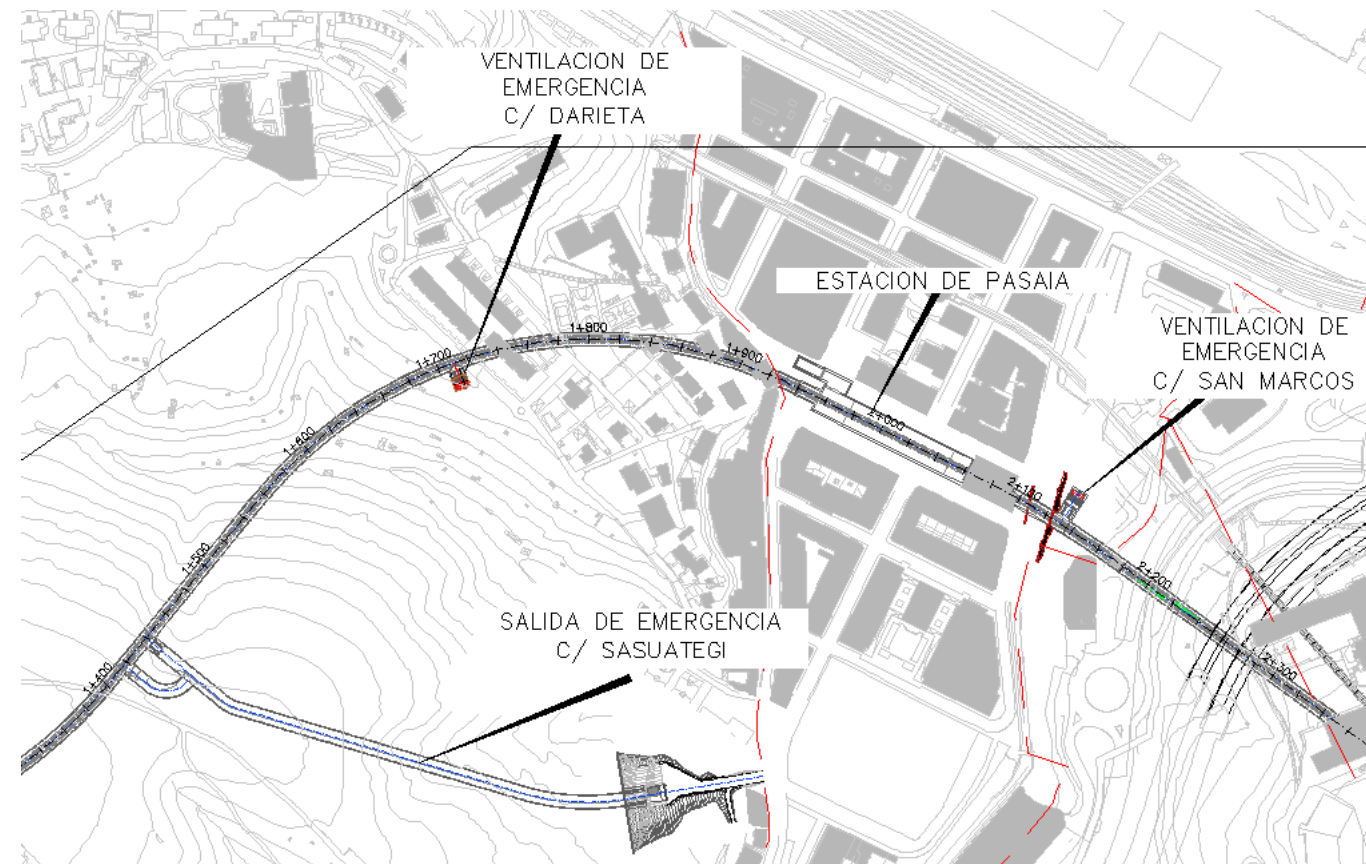
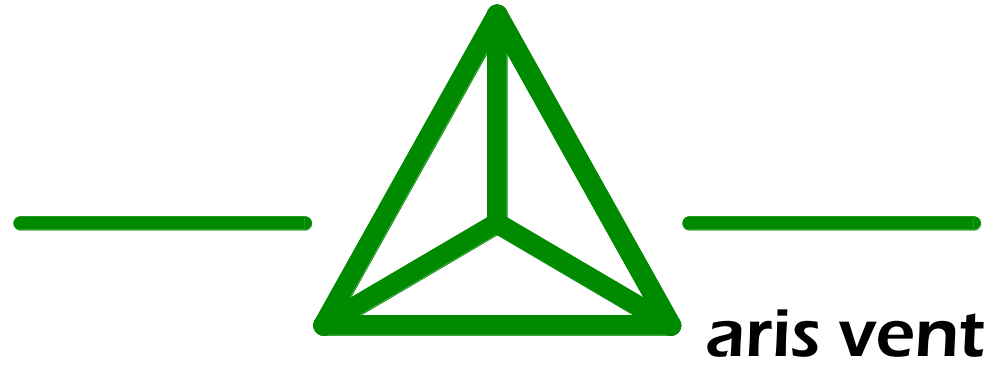
- El sistema de ventilación forzada cumple la Norma con el criterio de no retro propagación y sectorización de túnel, pero no el de temperatura máxima en túnel en situación de emergencia.
- La solución de proyecto (Ventilación c/. Lorete P.K. 1+900) tampoco cumplía con el criterio de temperatura máxima en el túnel en situación de emergencia.
- Para cumplimiento el criterio de Temperatura máxima 60º, habría que reconsiderar el dimensionamiento del pozo y recalculer el sistema de ventilación.

La disposición de pozos de ventilación de emergencia y el criterio seleccionado ya se ha adoptado en otros pozos de la línea.

Se requiere ANEXO de sistema de ventilación para su implementación.



RELIZADO POR:
ALVARO SANTOS SOUSA
INGENIERO SUPERIOR INDUSTRIAL I.C.A.I.
Nº COLEGIADO: 1766



***ANEJO DEL SISTEMA DE VENTILACION
TRAMO ALTZA-GALTZARABORDA
SUBTRAMO TÚNEL SALIDA DE EMERGENCIA SASUATEGI Y VENTILACIÓN
DE EMERGENCIA CALLE SAN MARCOS
DEL METRO DONOSTIALDEA***

ÍNDICE

ANEJO DEL SISTEMA DE VENTILACION. TRAMO ALTZA-GALTZARABORDA.
SUBTRAMO TÚNEL SALIDA DE EMERGENCIA SASUATEGI Y VENTILACIÓN DE
EMERGENCIA CALLE SAN MARCOS DEL METRO DONOSTIALDEA

- 0. INTRODUCCIÓN
- 1. GEOMETRÍA DE TÚNEL
- 2. CÁLCULOS DE VENTILACIÓN
- 3. FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA
- 4. CONCLUSIONES

ESTUDIO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN

0. INTRODUCCIÓN

Se realiza el presente estudio a petición de la UTE ALTZA-GALTZARABORDA para analizar el sistema de ventilación en subtramo comprendido entre el P.K. 1+440 (túnel salida de emergencia Sasuategi) y el P.K. 2+130 (ventilación de Emergencia C/San Marcos).

Este informe describe el análisis realizado, descripción del sistema y su comportamiento ante un supuesto de incendio de 30 MW objeto de estudio, para las alternativas.

La capacidad de ventilación para 30 MW estará diseñada para evitar temperaturas muy altas en el túnel, que destruirían completamente las instalaciones del mismo y la no retro propagación de los humos, con el fin de que el acceso a la base de las llamas por parte de los bomberos sea posible.

Se determina el sistema de ventilación en cada caso, que verifique los requisitos mencionados en túnel, en estación los caudales que se observan son mucho mayores debido a la gran sección de paso en la zona de andenes. No se considera, por consiguiente, oportuno utilizar los equipos destinados a la ventilación del túnel para un arrastre de humos en la estación. Por tanto, deberá plantearse la ventilación de emergencia en la zona de andenes de una manera alternativa.

1. GEOMETRÍA DEL TRAMO DE TÚNEL

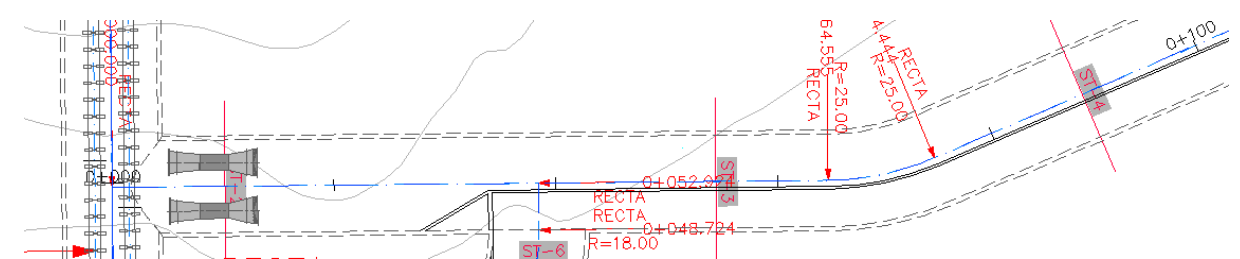
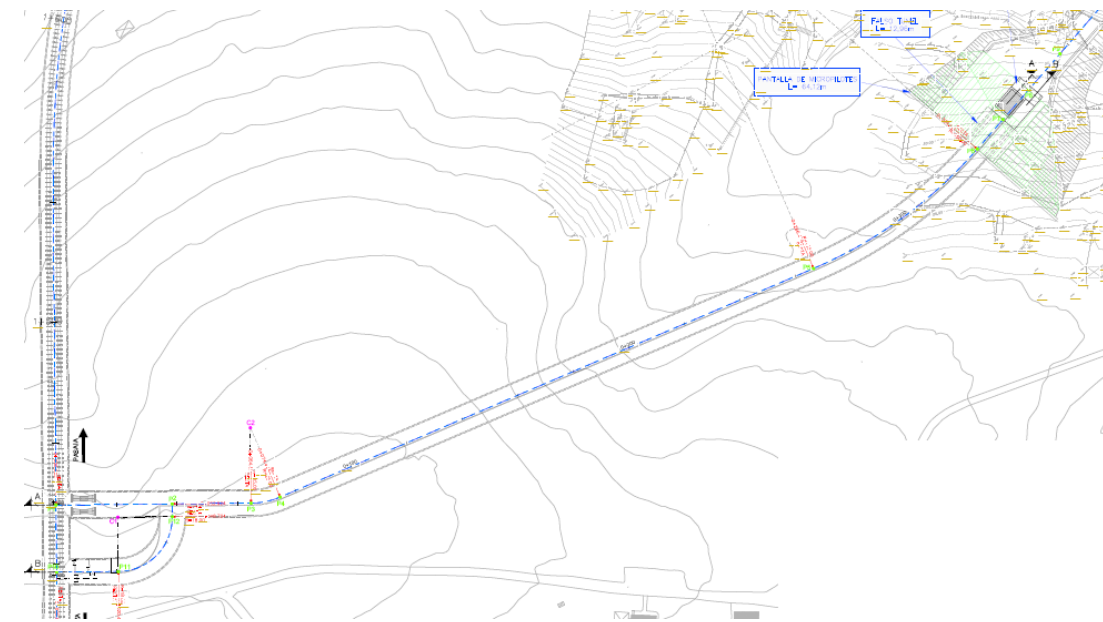
DISPOSICION DE POZOS DE VENTILACION Y ESTACION EN EL TRAMO EN ESTUDIO

- TUNEL SALIDA DE EMERGENCIA Y VENTILACION EN CALLE SASUATEGUI DE P.K. 0+347 A P.K. 0+0.
- POZO DE VENTILACION EN SALIDA DE EMERGENCIA EN CALLE SASUATEGUI INSTALADO EN EL ENTRONQUE DEL TÚNEL DE LÍNEA CON EL TÚNEL DE SALIDA DE EMERGENCIA, ENCONTRÁNDOSE EN EL P.K. 1+440.
- TUNEL EL POZO DE VENTILACION EN CALLE DARIETA, UBICADA EN EL P.K. 1+711.04.
- LA ESTACIÓN DE PASAIA SE UBICA ENTRE EL P.K. 1+941.00 Y P.K. 2+135.07.
- POZO DE VENTILACION CALLE DE SAN MARCOS P.K. 2+130. .

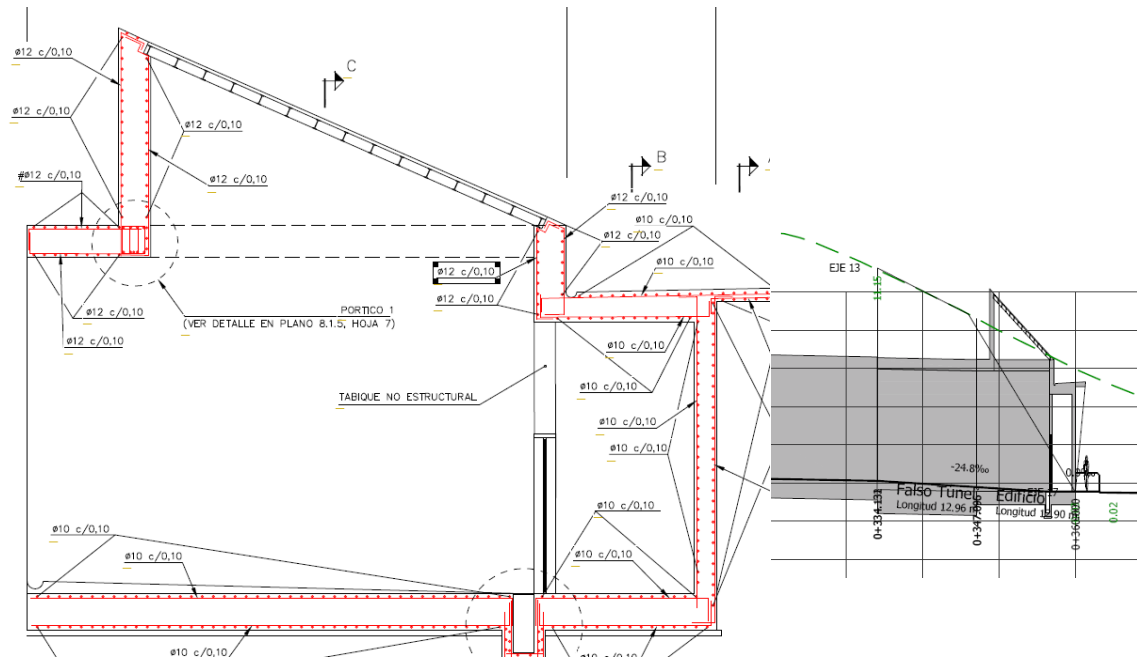
El tramo en estudio:

En todos estos tramos se ha considerado para el acabado de la bóveda del Túnel de Línea, de la Estación, salidas de emergencia, y túnel de ventilación el correspondiente al de un hormigón de revestimiento encofrado.

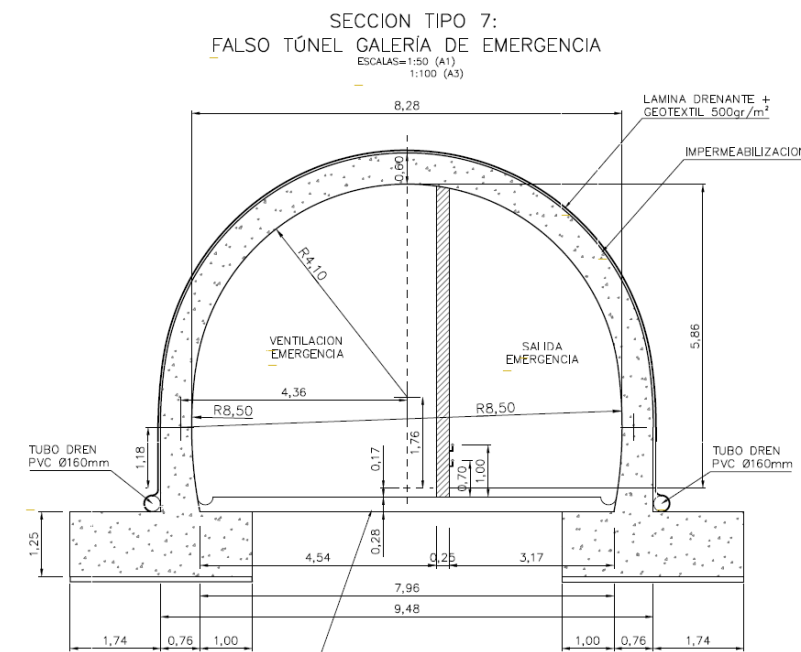
- 1.1.- GALERIA DE EMERGENCIA Y VENTILACIÓN EN CALLE SUASTEGUI de 347 metros, (P.K. 0+347 y P.K. 0+0), con sección de túnel de línea de ST7 de 24,44 m² de P.K. 0+347 a P.K. 0+343, ST4 de 24,51 m² de P.K. 0+343 a P.K. 0+89 , ST3 de 24,40 m² de P.K. 0+89 a P.K. 0+50 y ST2 de 32,77 m² de P.K. 0+50 a P.K. 0+0.



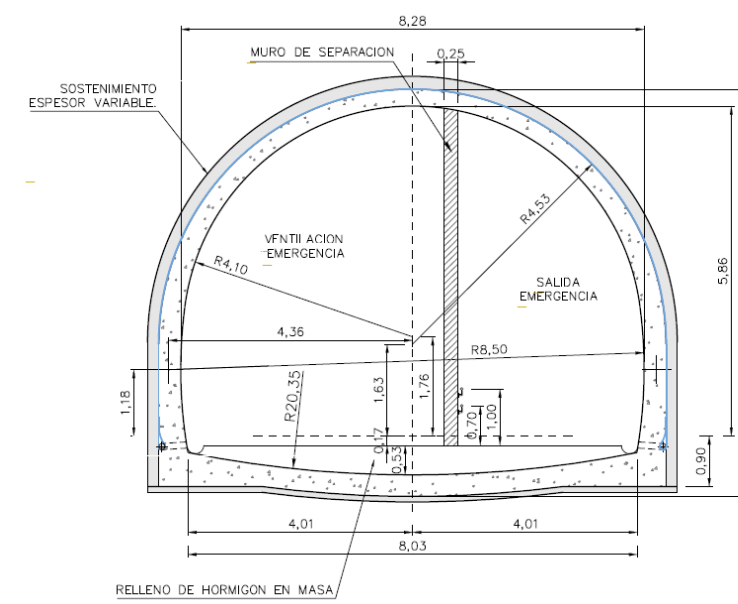
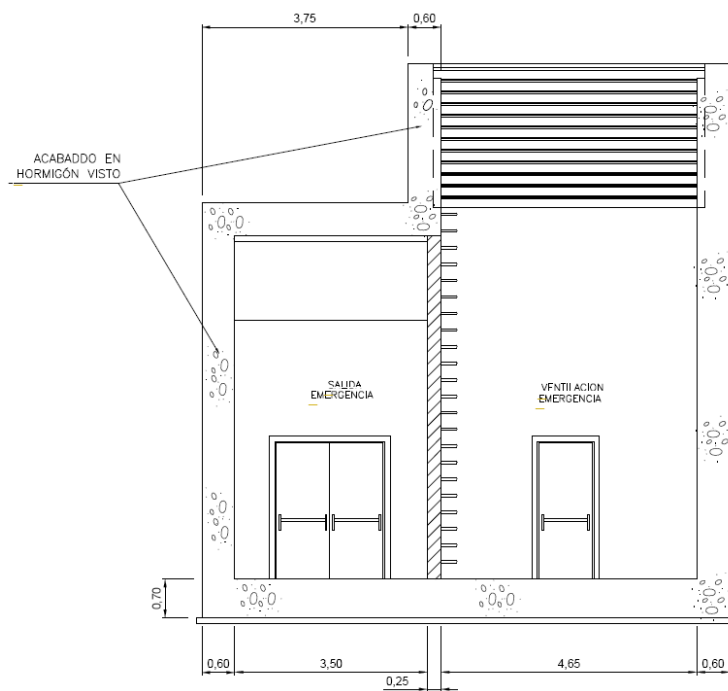
- Salida de Emergencia calle Sasuategi P.K. 0+ 347



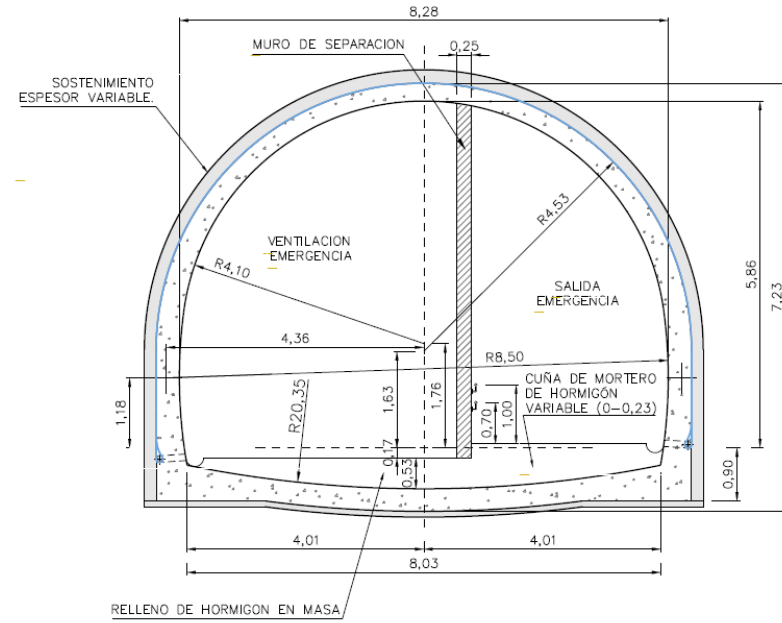
- Sección de túnel de emergencia ST7 P.K. 0+ 347 A P.K. 0+343



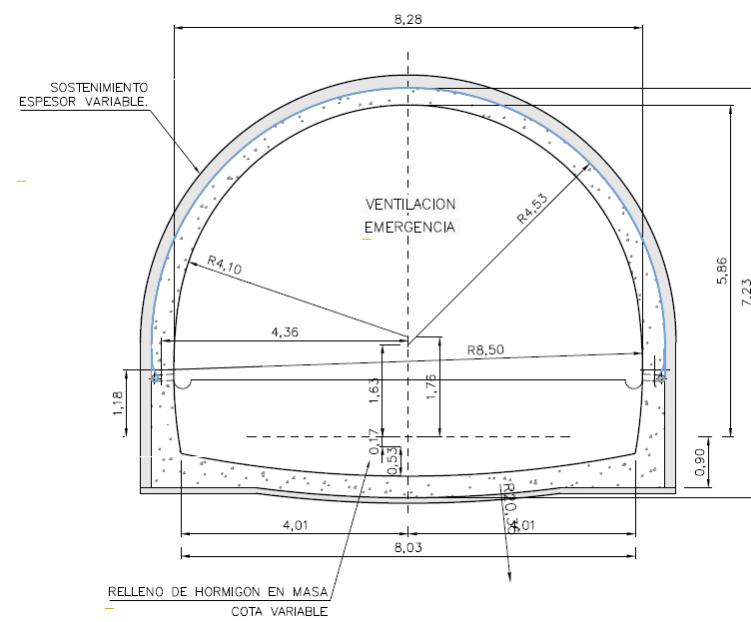
- Sección de túnel de emergencia ST4 P.K. 0+ 343 A P.K. 0+89



- Sección de túnel de emergencia ST3 P.K. 0+ 89 A P.K. 0+50



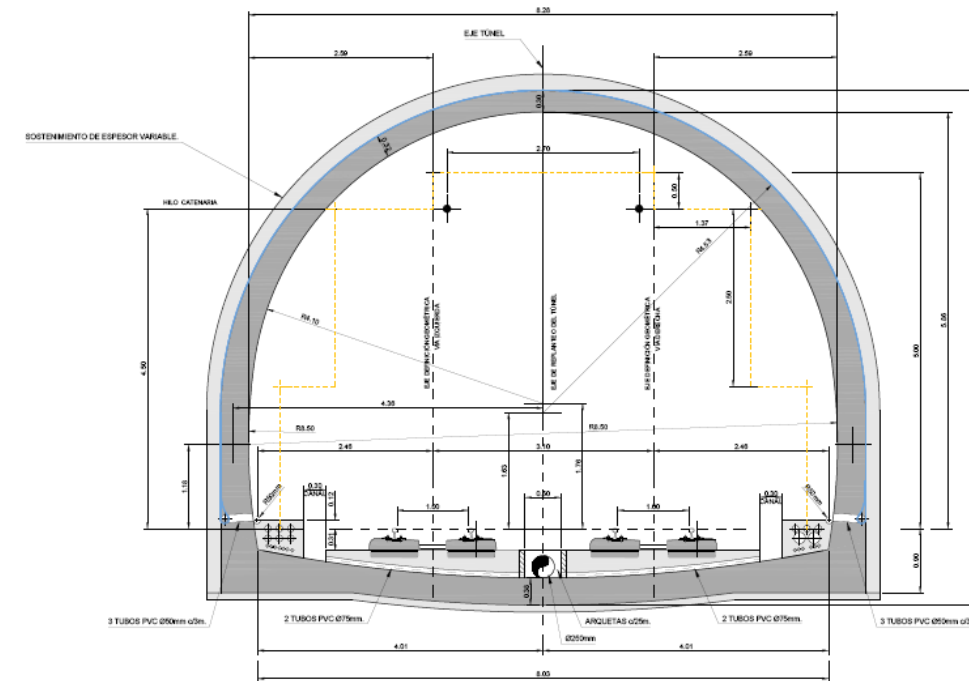
- Sección de túnel de emergencia ST2 P.K. 0+ 50 A P.K. 0+0



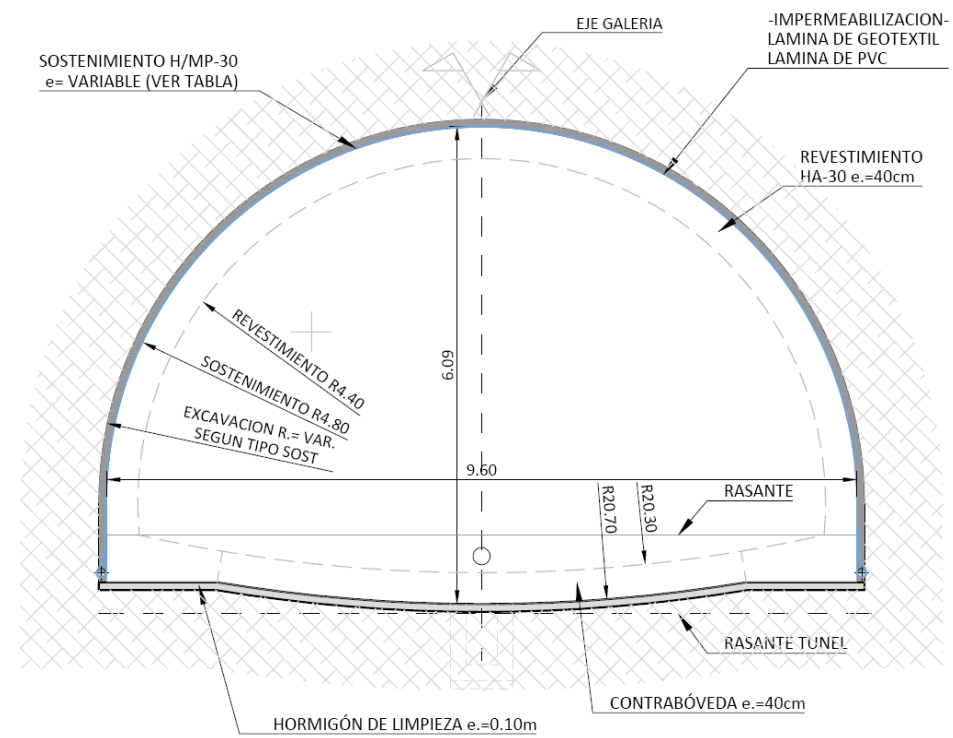
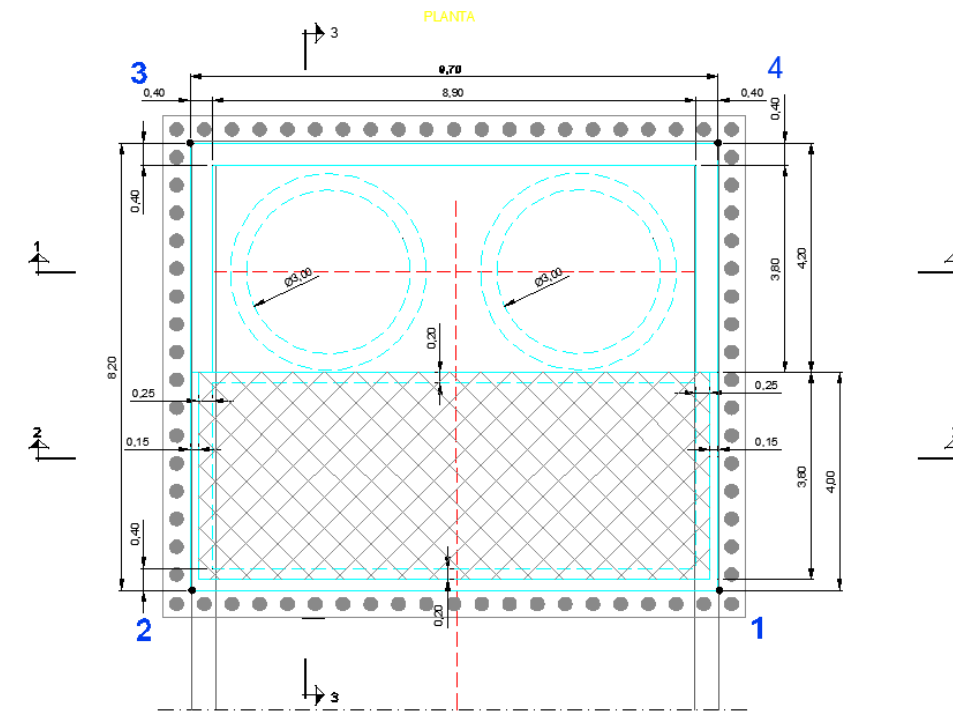
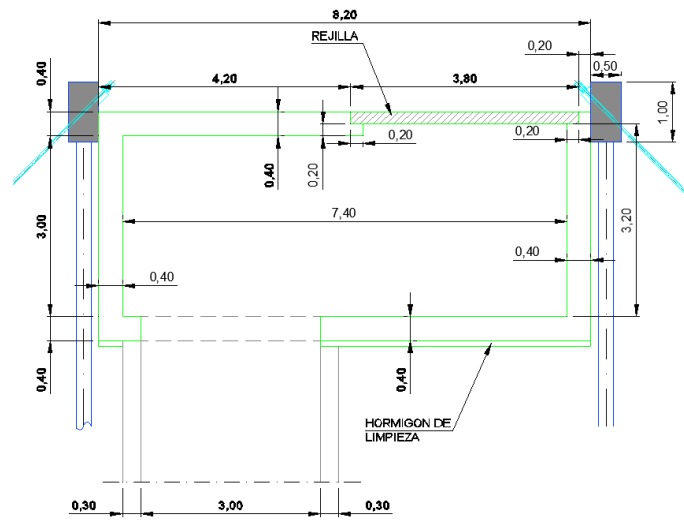
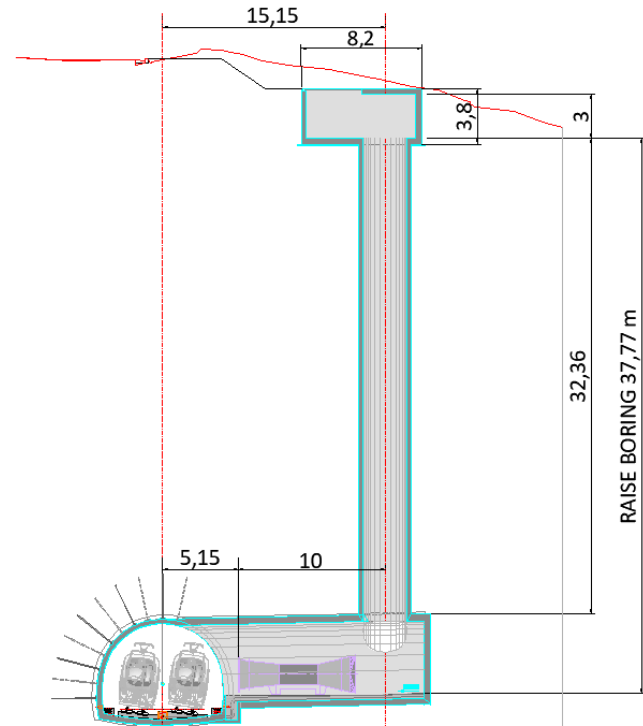
1.2.- POZO DE VENTILACION CALLE DARIETA, ubicada en el P.K. 1+711.04

- Tiene una longitud entre pozos de ventilación S.E. Calle Sasuategui y el inicio de la Estación de Pasaia de 501,00 metros (P.K. 1+440 y P.K. 1+941.00), con una sección de túnel de línea de 43,34 m². Pozo de Ventilación de Calle Darieta en P.K. 1+711.04

- Sección de túnel P.K. 1+ 440 A P.K. 1+941,00



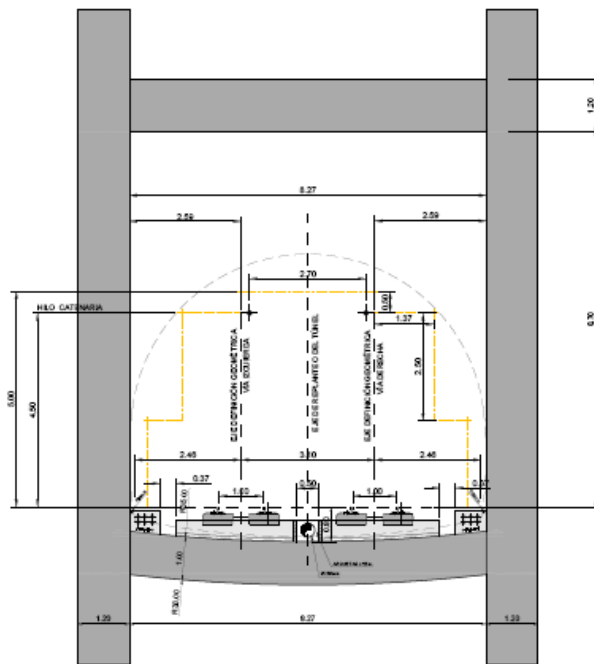
- Pozo de ventilación Calle Darieta P.K. 1+ 711.04



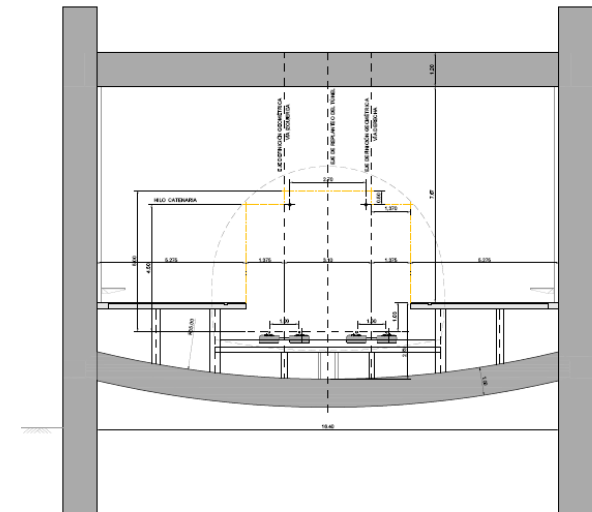
1.3 .- ESTACIÓN DE PASAIA. Tramo entre el P.K. 1+941,00 y P.K. 2+135,07 , con una sección de 63,49 m² en falso túnel entre pantallas, entre el P.K. 1+941,00 y P.K. 1+955,33 , con una sección de 123,85 m² en estación, entre el P.K. 1+955,33 y P.K. 2+062,73, con una sección de 63.49 m² en falso túnel entre pantallas, entre el P.K. 2+062,73 y P.K. 2+135,07.

Pozo de Ventilación de Calle San Marcos en PK. 2+130.

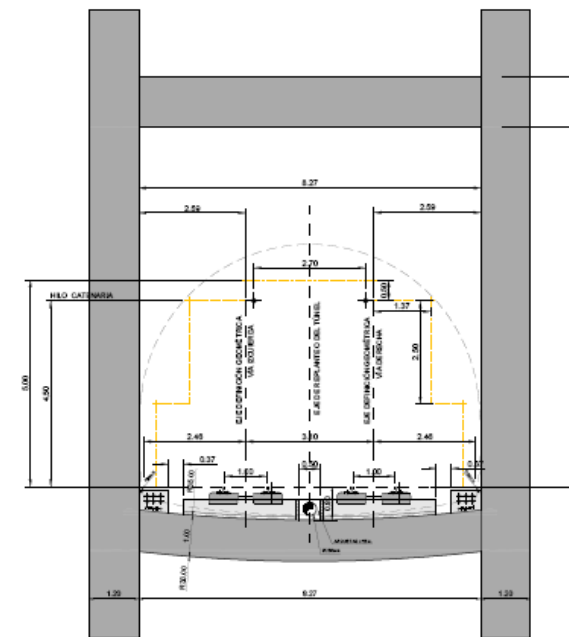
- Sección falso túnel entre pantallas P.K. 1+941,00 A P.K. 1+955,33



- Sección estación P.K. 1+955,33 A P.K. 2+062,73



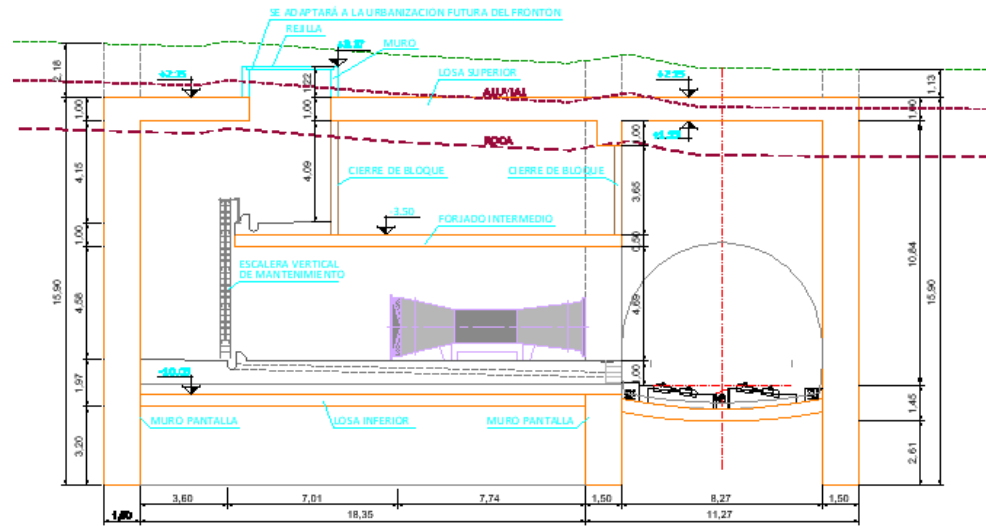
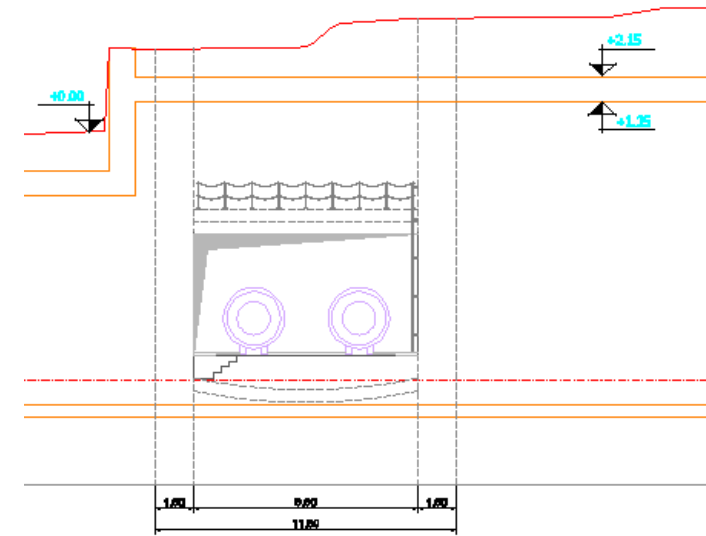
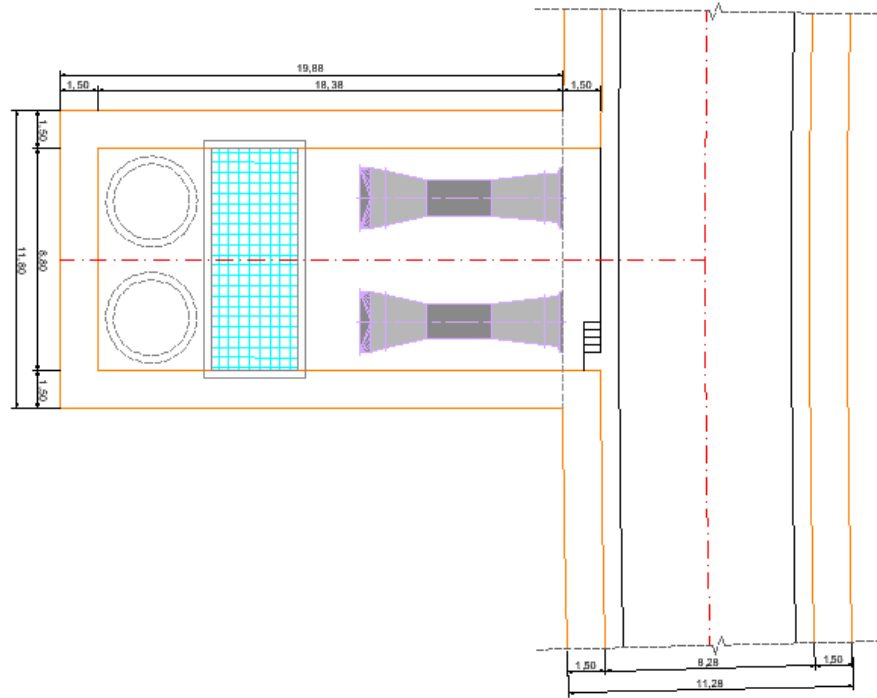
- Sección falso túnel entre pantallas P.K. 2+062,73 A P.K. 2+135,07



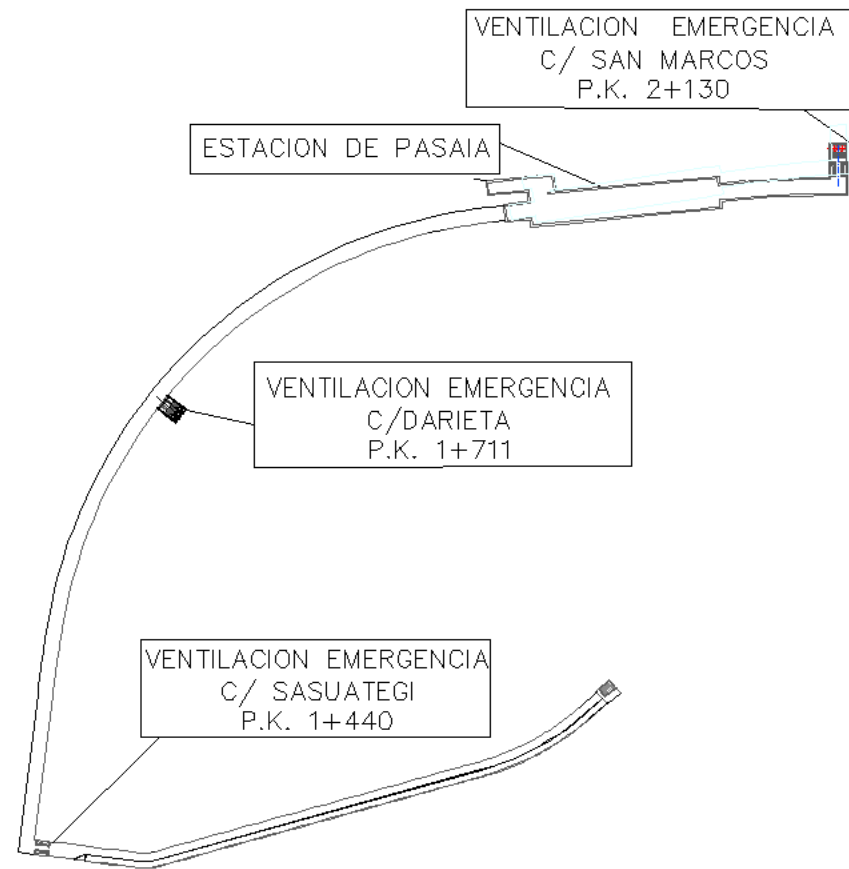
ANEJO DEL SISTEMA DE VENTILACION. TRAMO ALTZA-GALTZARABORDA
 SUBTRAMO TÚNEL SALIDA DE EMERGENCIA SASUATEGI Y VENTILACIÓN DE EMERGENCIA CALLE SAN MARCOS
 DEL METRO DONOSTIALDEA



- Pozo de ventilación Calle San Marcos P.K. 2+130



DISPOSICIONES POZOS DE VENTILACION



2. CÁLCULOS DE VENTILACIÓN

En el túnel el sistema de ventilación estará diseñado para cumplir los siguientes objetivos:

- Producir flujos de aire suficientes para impedir la retro propagación del humo que permita el control del suceso en todo momento.
- Limitar la temperatura del aire en la ruta de evacuación.
- Mantener una visibilidad suficiente en la ruta de evacuación que posibilite el desalojo.

DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA DE FUEGO A DISIPAR

La potencia de fuego (en lo sucesivo HRR) a considerar depende del tipo de vehículo que pueda verse afectado por el incendio, siendo este un parámetro decisivo para el dimensionamiento del sistema de ventilación de emergencia.

La potencia de fuego y generación de humos a considerar en los cálculos será la correspondiente a un tren ardiendo:

30 MW y 80 m³/s

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE AIRE A PROPORCIONAR

VELOCIDAD PARA LA NO RETROPROPAGACIÓN DE HUMOS

Existe una velocidad mínima a conseguir para que no haya retro propagación de humos, es decir, que estos no puedan avanzar en sentido contrario al del flujo de ventilación.



Esta velocidad crítica vendrá dada por la expresión de Thomas P.H., "The Movement of smoke in horizontal passages against an air flow, Fire Research Note 72/1968, Fire Research Station, 1968".

$$V = \left(\frac{g \cdot H \cdot HRR}{\rho \cdot C_p \cdot T \cdot S} \right)^{\frac{1}{3}}$$

donde:

- V = Velocidad crítica en m/s.
- g = Aceleración de la gravedad en m/s².
- HRR = Potencia calorífica del fuego en W.
- ρ = Densidad del aire a 20°C en kg/m³.
- T= Temperatura del fuego en °C.
- H= Altura de la sección transversal del túnel en m.
- S= Superficie de la sección transversal del túnel en m².
- C_p = Calor específico del aire en J/kg·°C.

Vehículo causa del fuego	Charco de gasolina equivalente (m ²)	Pot. Calorífica del fuego (MW)	Generación humos equivalente (m ³ /s)	Max. Temperatura con flujo medio de aire (°C)
Automóvil	2	5	20	400
Eléctrica	7	15	60	600
Vagón	8	20	60	700
Cisterna	30:100	100	80:200	1000

TRAMO ALTZA-GALTZARABORDA DEL METRO DONOSTIALDEA

DATOS GEOMETRICOS DE TUNEL

Dh= Diametro hidraulico tubos comunicad	Dh	[m]	6,92
Perimetro	P	[m]	25,04
Sección	S=(P*Dh)/3	[m ²]	43,34

DATOS AMBIENTALES

Altitud sobre el nivel del mar	h	[m]	17,00
Percentil 1% Temperatura Verano	T	[°C]	30,50
Dirección de vientos	β	[°]	-- *(1)
Densidad aire referencia	ρ _o	[Kg/m ³]	1,20 *(2)
Densidad aire	ρ	[Kg/m ³]	1,17 *(3)

*(1) Al carecer de datos del Instituto Metereológico Nacional referentes a promedios de direcciones de vientos el factor adimensional considerado es Aw=0.6 para calculos de empujes debidos al viento.

*(2) T=0°C; h=0m.s.n.mar ; Po=760 mm.Hg

*(3) ρ=ρ_o*FACTOR(H,T) 1,17

CAUDAL AIRE REQUERIDO EMERGENCIA

V _r =(g·H·HRR/ρ·C _p ·Tc·S) ^(1/3)	[m/s]	3,24
Caudal requerido (Q)		140,26 [m³/s]

Se obtiene velocidad crítica de **3,24 m/s**.

Para conseguir una velocidad en el túnel de 3,26 m/s será necesario impulsar o extraer por el pozo de ventilación un caudal de:

$$Q = 140,26 \text{ m}^3/\text{s}$$

VELOCIDAD POR TEMPERATURA

El sistema de ventilación diseñado deberá suministrar un caudal de aire fresco para mantener la temperatura por debajo de un valor determinado. Si se produce un incendio, la temperatura máxima soportable dentro del túnel en un intervalo de tiempo determinado (tiempo necesario para la evacuación) no debería sobrepasar los 60°C en la ruta de evacuación o salida.

El caudal del aire fresco mínimo a suministrar por el sistema de ventilación para mantener la temperatura por debajo de este valor (60°C) vendrá dado por la expresión:

$$Q = \frac{HRR}{T_{MAX} \cdot P \cdot Cp}$$

	Q (m3/s)	V (m/s)
Caudal retro propagación	140,26	3,24
Caudal temperatura (<60°C)	381,05	8,79

En donde:

- Q= caudal de aire fresco requerido (m3/sg).
- HRR= Potencia calorífica del fuego (MW).
- T_{máx}= temperatura máxima admisible.
- Cp= Calor específico a presión constante del aire.
- P= Densidad del aire fresco.

CAUDAL AIRE REQUERIDO EMERGENCIA -TEMPERATURA EN RUTA DE ESCAPE <= 60°		
Qt=HRR/ρ·Cp·Tmax	[m/s]	381,05
Velocidad Tescape (Vt)		8,79 [m/s]

Se obtiene velocidad crítica de **8,79 m/s**.

Para conseguir una velocidad en el túnel de 8,40 m/s será necesario impulsar o extraer por el pozo de ventilación un caudal de:

$$Q = 381,05 \text{ m}^3/\text{s}$$

Con los cálculos realizados para obtener las distintas velocidades que son:

- Velocidad de emergencia por retro propagación de humos.
- Velocidad de emergencia por temperatura

De todas ellas seleccionamos una velocidad que el aire deberá alcanzar en el túnel.

El dimensionamiento se hará para la velocidad del régimen de emergencia, proporcionada por la limitación de la no retro propagación.

La velocidad seleccionada será de **3,24 m/s., caudal de 140,26 m³/s**

La temperatura en ruta de escape obtenida para el caudal correspondiente a esta velocidad es de **163,00 °C**.

DETERMINACION DE LA PRESION TOTAL.

Para realizar una correcta selección del equipo de ventilación una vez definido en el apartado anterior el caudal de diseño, y así determinar el punto de trabajo, se deberán determinar las pérdidas de carga del flujo de gases que se mueven a lo largo del túnel.

Estas son debidas a dos factores:

- Rugosidad en las paredes del túnel, entradas y salidas.
- Singularidades a lo largo del circuito que recorre la masa de aire (codos, rejillas, interferencia de elementos, etc...)

Se tendrá en cuenta la resistencia aerodinámica producida por un obstáculo de dimensiones semejantes a una unidad de tren parada en el tramo en estudio.

Las fórmulas necesarias para la realización de los cálculos se esquematizan a continuación:

Las pérdidas por fricción generadas en un conducto vienen dadas normalmente por la fórmula de Darcy-Weisbach.

$$\Delta P = \frac{f \cdot L \cdot \rho \cdot v^2}{2 \cdot D_H}$$

En donde:

- ΔP es la pérdida de presión debida a la fricción.
- f es el cociente de fricción propio de la superficie del túnel.
 - L es la longitud del tramo de túnel.
- D_H es el diámetro hidráulico de la sección transversal del túnel.
- ρ es la densidad del aire.
- v es la velocidad del aire.

El factor de fricción f se calcula a partir del número de Reynolds y de la rugosidad relativa del conducto:

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu}, \quad \epsilon = \frac{E}{D}$$

El diagrama de Moody para el movimiento de fluidos por conductos nos dará finalmente el valor del coeficiente de fricción en función del valor del número de Reynolds y de la rugosidad relativa.

- Las pérdidas de carga singulares se determinan por medio de la expresión:

$$\Delta P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot C$$

En donde:

- ΔP es la pérdida de presión.
- ρ es la densidad del fluido.
- v es la velocidad del fluido.
- C es una constante que depende de la sección y del NRe.

La constante C , es un valor adimensional para una determinada singularidad del circuito.

CIRCUITO VENTILACIÓN EXTRACCIÓN POZO

Pérdidas en conductos: túneles, pozos y galerías.

- **Tramo túnel**
- **Tramo de túnel con tren**
- **Galería pozo de ventilación**
- **Chimenea pozo de ventilación**

TOTAL PÉRDIDAS EN CONDUCTOS

Pérdidas en entradas, descargas, cambios de dirección y obstáculos en pozo de ventilación.

- **Codo túnel-galería**
- **Estrechamiento túnel-galería**
- **Entrada ventilador-difusor**
- **Compuerta de regulación**
- **Codo galería-chimenea**
- **Ensanchamiento galería-chimenea**
- **Silenciador**
- **Rejilla calle**

Total pérdidas singulares

Total pérdidas friccionales

ANEJO DEL SISTEMA DE VENTILACION. TRAMO ALTZA-GALTZARABORDA
SUBTRAMO TÚNEL SALIDA DE EMERGENCIA SASUATEGI Y VENTILACIÓN DE EMERGENCIA CALLE SAN MARCOS
DEL METRO DONOSTIALDEA



TRAMO SALIDA EMERGENCIA Y VENTILACION EN CALLE SASUATEGUI Y POZO VENTILACION EN CALLE SAN MARCOS.
UBICACIÓN PV CALLE DARIETA P.K. 1+711,04. PÉRDIDAS EN CONDUCTOS (Túneles, pozos y galerías)

LOCALIZACIÓN PÉRDIDA	Caudal (m ³ /s)	Sección (m ²)	Veloc. (m/s)	Perím. (m)	Dh (m)	Longitud (m)	J (Pa)
Tramo Túnel	180,00	32,56	5,53	38,34	3,40	90,00	6,47
P.K. 1+440 a P.K. 1+711,04 con tren							
Tramo Túnel	180,00	43,34	4,15	25,04	6,92	181,00	2,77
P.K. 1+440 a P.K. 1+711,04 sin tren							
SALA VENTILACION PV CALLE DARIETA P.K. 1+711,04							
Galería	180,00	47,06	3,82	26,71	7,05	10,00	0,14
Chimenea salida pozo	180,00	14,14	12,73	18,85	3,00	32,36	10,75
SALA VENTILACION EN SALIDA DE EMERGENCIA Y VENTILACION CALLE SASUATEGUI A CASETA DE VENTILACION P.K. 0+347							
Galería PK. 0+0 A P.K. 0+50 ST2	180,00	32,77	5,49	22,68	5,78	204,85	7,23
Galería PK. 0+50 A P.K. 0+89 ST3	180,00	24,40	7,38	19,49	5,01	204,85	15,06
Galería PK. 0+89 A P.K. 0+343 ST4	180,00	24,51	7,34	19,52	5,02	204,85	14,88
Galería PK. 0+343 A P.K. 0+347 ST7	180,00	24,44	7,36	17,59	5,56	204,85	13,53

PÉRDIDAS EN ENTRADA Y DESCARGAS, CAMBIOS DE DIRECCIÓN OBSTÁCULOS

LOCALIZACION PÉRDIDA	Caudal (m ³ /s)	Sección (m ²)	Veloc. (m/s)	J (Pa)
SALA VENTILACION PV CALLE DARIETA P.K. 1+711,04				
Codo túnel-sala ventilacion	180,00	43,34	4,15	12,73
Entrada ventilador - difusor	90,00	4,91	18,33	56,95
Compuerta de regulación	90,00	9,00	10,00	55,66
Estrechamiento sala ventilacion-galeria	180,00	47,06	3,82	8,14
Codo galería-chimenea	90,00	7,07	12,73	122,60
Estrechamiento galería-chimenea	90,00	7,07	12,73	90,23
Codo chimenea-galeria	180,00	26,70	6,74	34,37
Codo galería-rejilla de salida	180,00	33,82	5,32	21,42
Rejilla de salida	180,00	33,82	5,32	23,14
VENTILACION SALIDA A CASETA DE VENTILACION CALLE SASUATEGUI PK 0+347				
Codo túnel-sala ventilacion	180,00	32,77	5,49	22,27
Entrada ventilador - difusor	90,00	4,91	18,33	56,95
Compuerta de regulación	90,00	9,00	10,00	55,66
Codo galería-rejilla de salida	180,00	24,44	7,36	41,02
Rejilla de salida	180,00	40,10	4,49	16,46

**TRAMO S.E. SASUATEGUI
A SALIDA PV CALLE DARIETA
P.K. 1+440 A P.K. 1+711,04**

CAUDAL	90,00	m ³ /s
PRESIÓN TOTAL	613,46	Pa
RENDIMIENTO	0,65	%
POTENCIA MOTOR	84.940,41	W
POTENCIA MOTOR	132,00 kW	

**RAMPA SALIDA DE VENTILACION Y EMERGENCIA CALLE
SASUATEGUI A PV CALLE DARIETA
P.K. 1+440 A P.K. 1+711,04**

CAUDAL	90,00	m ³ /s
PRESIÓN TOTAL	420,38	Pa
RENDIMIENTO	0,65	%
POTENCIA MOTOR	58.206,73	W
POTENCIA MOTOR	78,00 kW	

ANEJO DEL SISTEMA DE VENTILACION. TRAMO ALTZA-GALTZARABORDA
SUBTRAMO TÚNEL SALIDA DE EMERGENCIA SASUATEGI Y VENTILACIÓN DE EMERGENCIA CALLE SAN MARCOS
DEL METRO DONOSTIALDEA



TRAMO SALIDA EMERGENCIA Y VENTILACION EN CALLE SASUATEGUI Y POZO VENTILACION EN CALLE SAN MARCOS.

UBICACIÓN PV CALLE DARIETA P.K. 1+711,04. PÉRDIDAS EN CONDUCTOS (Túneles, pozos y galerías)

LOCALIZACIÓN PÉRDIDA	Caudal (m ³ /s)	Sección (m ²)	Veloc. (m/s)	Perim. (m)	Dh (m)	Longitud (m)	J (Pa)
SALA VENTILACION PV CALLE DARIETA P.K. 1+711,04							
Tramo Túnel	180,00	32,56	5,53	25,04	5,20	90,00	3,58
P.K. 1 +711,04 a P.K. 1+941 con tren							
Tramo Túnel	180,00	43,34	4,15	25,04	6,92	140,00	2,57
P.K. 1 +711,04 a P.K. 1+941 sin tren							
Tramo Túnel	180,00	63,49	2,84	31,88	7,97	14,00	0,10
P.K. 1 +941 a P.K.1+955 sin tren							
Tramo Túnel	180,00	135,92	1,32	54,30	10,01	107,00	0,14
P.K. 1 +955 a P.K.2+062 sin tren							
Tramo Túnel	180,00	63,49	2,84	31,88	7,97	68,00	0,42
P.K. 2 +062 a P.K. 2+130 sin tren							
SALA VENTILACION PV CALLE SAN MARCOS P.K. 2+130							
Galería	180,00	47,06	3,82	26,71	7,05	10,00	0,14
Chimenea salida pozo	180,00	14,14	12,73	18,85	3,00	32,36	10,75

PÉRDIDAS EN ENTRADA Y DESCARGAS, CAMBIOS DE DIRECCIÓN OBSTÁCULOS

LOCALIZACION PÉRDIDA	Caudal (m ³ /s)	Sección (m ²)	Veloc. (m/s)	J (Pa)
SALA VENTILACION PV CALLE DARIETA PK. 1+711,04				
Codo túnel-sala ventilacion	180,00	43,34	4,15	12,73
Entrada ventilador - difusor	90,00	4,91	18,33	56,95
Compuerta de regulación	90,00	9,00	10,00	55,66
Estrechamiento sala ventilacion-galeria	180,00	47,06	3,82	8,14
Codo galería-chimenea	90,00	7,07	12,73	122,60
Estrechamiento galería-chimenea	90,00	7,07	12,73	90,23
Codo chimenea-galeria	180,00	26,70	6,74	34,37
Codo galería-rejilla de salida	180,00	33,82	5,32	21,42
Rejilla de salida	180,00	33,82	5,32	23,14
SALA VENTILACION PV CALLE SAN MARCOS P.K. 2+130				
Codo túnel-sala ventilacion	180,00	63,49	2,84	5,93
Entrada ventilador - difusor	90,00	4,91	18,33	56,95
Compuerta de regulación	90,00	9,00	10,00	55,66
Estrechamiento sala ventilacion-galeria	180,00	41,27	4,36	10,59
Codo galería-chimenea	90,00	7,07	12,73	122,60
Estrechamiento galería-chimenea	90,00	7,07	12,73	90,23
Codo chimenea-galeria	180,00	29,22	6,16	28,71
Codo galería-rejilla de salida	180,00	29,22	6,16	28,71
Rejilla de salida	180,00	29,22	6,16	31,00

TRAMO SALIDA PV CALLE DARIETA A PV CALLE SAN MARCOS P.K.
1+711,04 A P.K. 2+130

CAUDAL	90,00	m ³ /s
PRESIÓN TOTAL	611,02	Pa
RENDIMIENTO	0,65	%
POTENCIA MOTOR	84.602,64	W
POTENCIA MOTOR	132,00 kW	

TRAMO SALIDA PV CALLE SAN MARCOS

A PV CALLE DARIETA

P.K. 1+711,04 A P.K. 2+130

CAUDAL	90,00	m ³ /s
PRESIÓN TOTAL	611,71	Pa
RENDIMIENTO	0,65	%
POTENCIA MOTOR	84.698,17	W
POTENCIA MOTOR	132,00 kW	



SELECCIÓN DE LOS VENTILADORES

Según el modelo estudiado, los requerimientos de caudal y presión para los equipos axiales a instalar en los pozos de ventilación y/o salas de ventilación serán los siguientes:

EQUIPOS DE VENTILACION DE EMERGENCIA, POZO DE VENTILACION EN CALLE DARIETA P.K. 1+711,04

Axiales	
Modelo:	Ventilador Axial
Potencia:	132 kW
Velocidad:	1.500 r.p.m.
η:	65%
Tensión de trabajo:	380 V
Forma constructiva:	B-5
Protección:	IP-55
Servicio:	S1
Comportamiento a Fuego.	250°C 2 horas
Difusor:	Sí
Reversible:	100 %
Caudal:	90 m³/s
Diámetro de rodete:	2.000 mm
Unidades:	2 (2 en Pozo de ventilación Calle Darieta P.K. 1+711,04)

EQUIPOS DE VENTILACION DE EMERGENCIA, POZO DE VENTILACION EN CALLE SAN MARCOS PK 2+130

Axiales	
Modelo:	Ventilador Axial
Potencia:	132 kW
Velocidad:	1.500 r.p.m.
η:	65%

Tensión de trabajo:	380 V
Forma constructiva:	B-5
Protección:	IP-55
Servicio:	S1
Comportamiento a Fuego.	250°C 2 horas
Difusor:	Sí
Reversible:	100 %
Caudal:	90 m³/s
Diámetro de rodete:	2.000 mm
Unidades:	2 (2 en Pozo de ventilación Calle San Marcos PK 2+130)

EQUIPOS DE VENTILACION DE EMERGENCIA, POZO DE VENTILACION EN VENTILACIÓN DE SALIDA DE EMERGENCIA A CALLE SASUATEGUI P.K. 1+ 440

Axiales	
Modelo:	Ventilador Axial
Potencia:	78 kW
Velocidad:	1.500 r.p.m.
η:	65%
Tensión de trabajo:	380 V
Forma constructiva:	B-5
Protección:	IP-55
Servicio:	S1
Comportamiento a Fuego.	250°C 2 horas
Difusor:	Sí
Reversible:	100 %
Caudal:	90 m³/s
Diámetro de rodete:	2.000 mm
Unidades:	2 (2 en Pozo de ventilación en ventilación de salida de emergencia a Calle Sasuategui P.K. 1+ 440)

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LOS VENTILADORES

Se ubicarán dos cuadros eléctricos general de protección y mando en el pozo de ventilación destinado a la protección y mando de los dos ventiladores. Constarán de un interruptor automático trifásico magnetotérmico para ambos cuadros de ventilación.

Cada cuadro eléctrico de ventilación constará de las siguientes partes:

- Un interruptor automático diferencial.
- Un interruptor automático magnetotérmico.
- Dos contactores para inversión de giro del motor.
- Tres contactores para arranque estrella – triángulo.

3. FUNCIONALIDAD SELECCIONADA DE SISTEMA DE VENTILACIÓN DE TÚNEL

Se trata de un sistema de ventilación longitudinal mediante pozos y/o salas de ventilación transversales. En cada pozo y/o sala se instalarán dos equipos de ventilación axiales en dirección, sentido de extracción o impulsión perpendicular a la ventilación de túnel.

Las unidades en funcionamiento de la ventilación se definirán de forma que se cumplan los siguientes puntos:

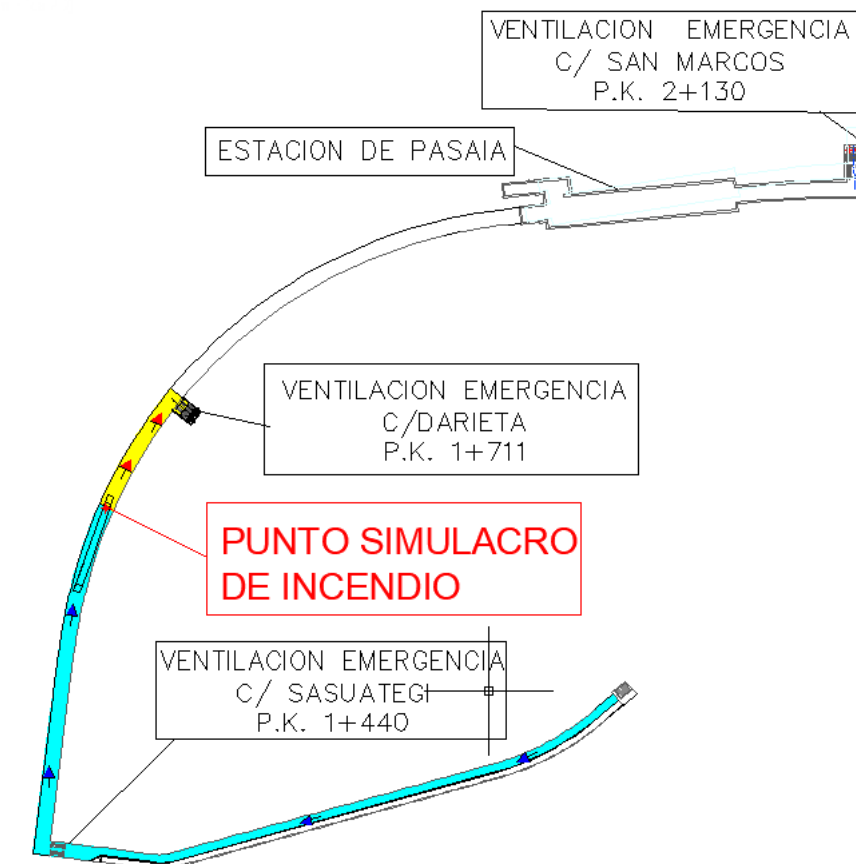
- Asegurar sentido y dirección del flujo de humo.
- No se debe producir retro propagación de humos en tubo
- No se debe dividir el flujo de humos en su recorrido, verificando que no se introduzcan en tubo no afectado.

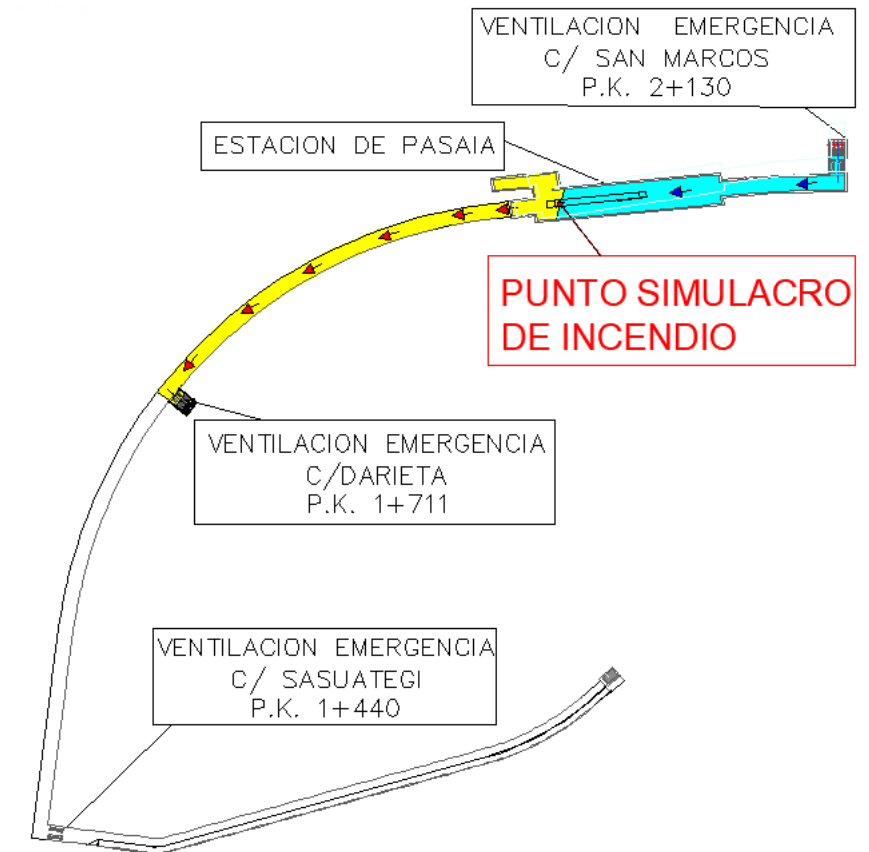
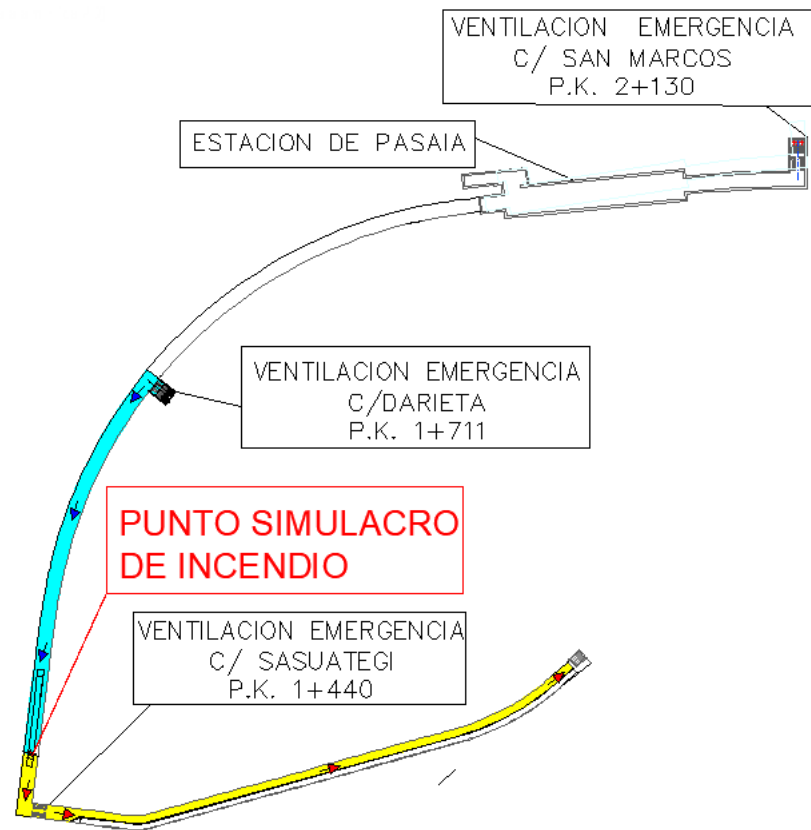
Las exigencias a cumplir por el sistema seleccionado son:

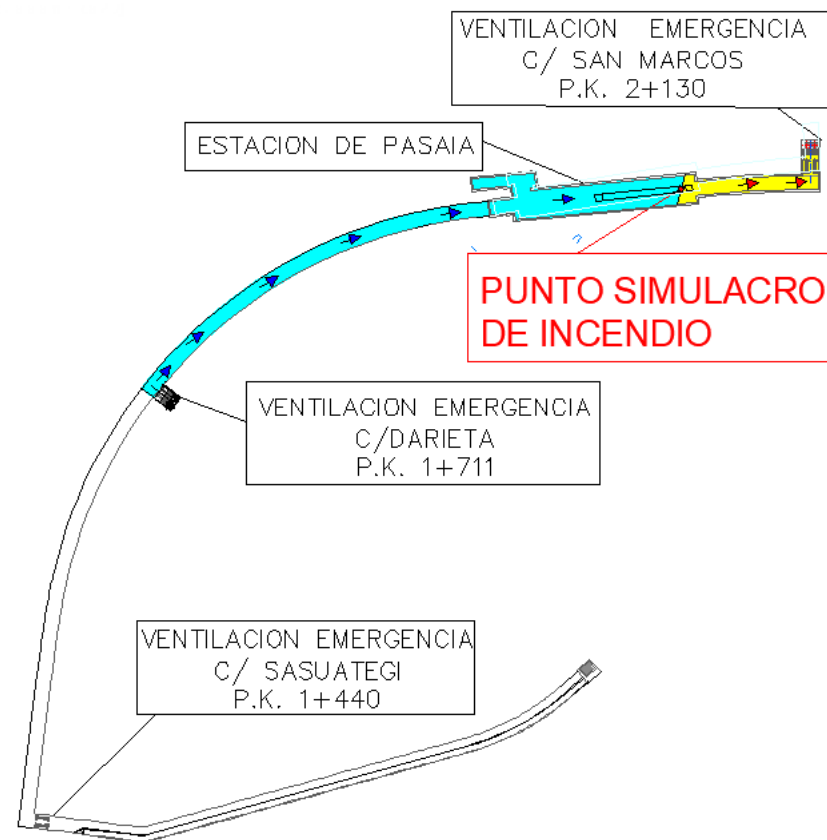
- Asegurar una velocidad mínima del aire que evita el retorno de humos.

- Tener buen comportamiento en los estados transitorios (alcanzar los requisitos pretendidos en el mínimo tiempo posible).
- Alcanzar una velocidad de aire en túnel, en tubos independientes y en tubo común no superior a 8 m/s.

Se estudia la funcionalidad, para los supuestos de fuego más desfavorables.







4. CONCLUSIONES

Para el adecuado sistema de ventilación y disposición de salidas de emergencia, que verifiquen los requisitos en túnel, del tramo ALTZA-GALTZARABORDA DEL METRO DONOSTIALDEA, se precisa :

- Dos ventiladores en los pozos de ventilación en Calle Darieta P.K. 1+711,04, y en Calle San Marcos PK 2+130 de 90 m³/h / 132 KW.
- Dos ventiladores en la ventilación de salida de emergencia a Calle Sasuategi PK 1+440 , dos unidades de ventilación de 90 m³/h / 78Kw.

La distancia entre salidas de emergencia verificaría Normativa Vigente, entre Salida de emergencia Calle San Marcos PK 2+130 y Salida de emergencia de calle Darieta P.K. 1+711,04, la distancia es de 419 metros, inferior a la máxima distancia permitida más restrictiva -la Normativa existente marca una distancia máxima entre salidas de emergencia de 750 metros-.

.../...

Según escrito Comunidad Autónoma del País Vasco, "se aplica la exigencia NFPA 130 .../... sus condicionantes se cumplen al 100 %". 25 de enero de 2019

Normativa NFPA 130 "Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems" ("Estándar sobre sistemas ferroviarios para transporte de vehículos y viajeros sobre rieles"), Salidas de Emergencia como máximo cada **762 m**. "the maximum distance between exits shall not exceed 762 m (2.500 ft).".

Normativa directiva europea TSI "Technical Specifications for Interoperability" (ETI "Especificación Técnica de Interoperabilidad"), SRT "Safety in Railway Tunnels" / "Seguridad en los Túneles Ferroviarios" , "Salidas de emergencias laterales y/o verticales" , como máximo, cada **1000 m**.

Normativa Nacional "Instrucción sobre Seguridad en Túneles" (Ministerio de Fomento, 20/06/2006) Separación máxima entre galerías o pozos contiguos: 1.500 m, en túneles de longitud $L > 3.000$ m. y **750** m, en túneles de longitud $L > 2.000$ m con trenes de alta ocupación (≥ 1.000 viajeros/tren).

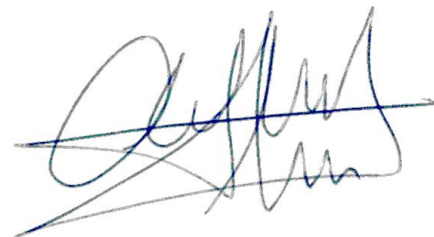
.../...

No se estudia los requisitos del sistema de ventilación y de salidas de emergencia en estación.

Se concluye:

- El sistema de ventilación forzada cumple la Norma con el criterio de no retro propagación y sectorización de túnel, pero no el de temperatura máxima en túnel en situación de emergencia.
- La solución de proyecto (Ventilación c/. Lorete P.K. 1+900) tampoco cumplía con el criterio de temperatura máxima en el túnel en situación de emergencia.
- Para cumplimiento el criterio de Temperatura máxima 60° , habría que reconsiderar el dimensionamiento del pozo y recalculer el sistema de ventilación.

La disposición de pozos de ventilación de emergencia y el criterio seleccionado ya se ha adoptado en otros pozos de la línea.



RELIZADO POR:
ALVARO SANTOS SOUSA
INGENIERO SUPERIOR INDUSTRIAL I.C.A.I.
Nº COLEGIADO: 1766