



*MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE VIALIDAD
SUBDIRECCION DE VIALIDAD URBANA NACIONAL*

NUEVO ACCESO SUR AL PUERTO DE VALPARAISO CHILE

LA SEGURIDAD EN EL DISEÑO DE LOS TÚNELES DEL CAMINO LA POLVORA SAFETY CONSIDERATIONS IN THE DESIGN OF LA PÓLVORA ROAD TUNNELS

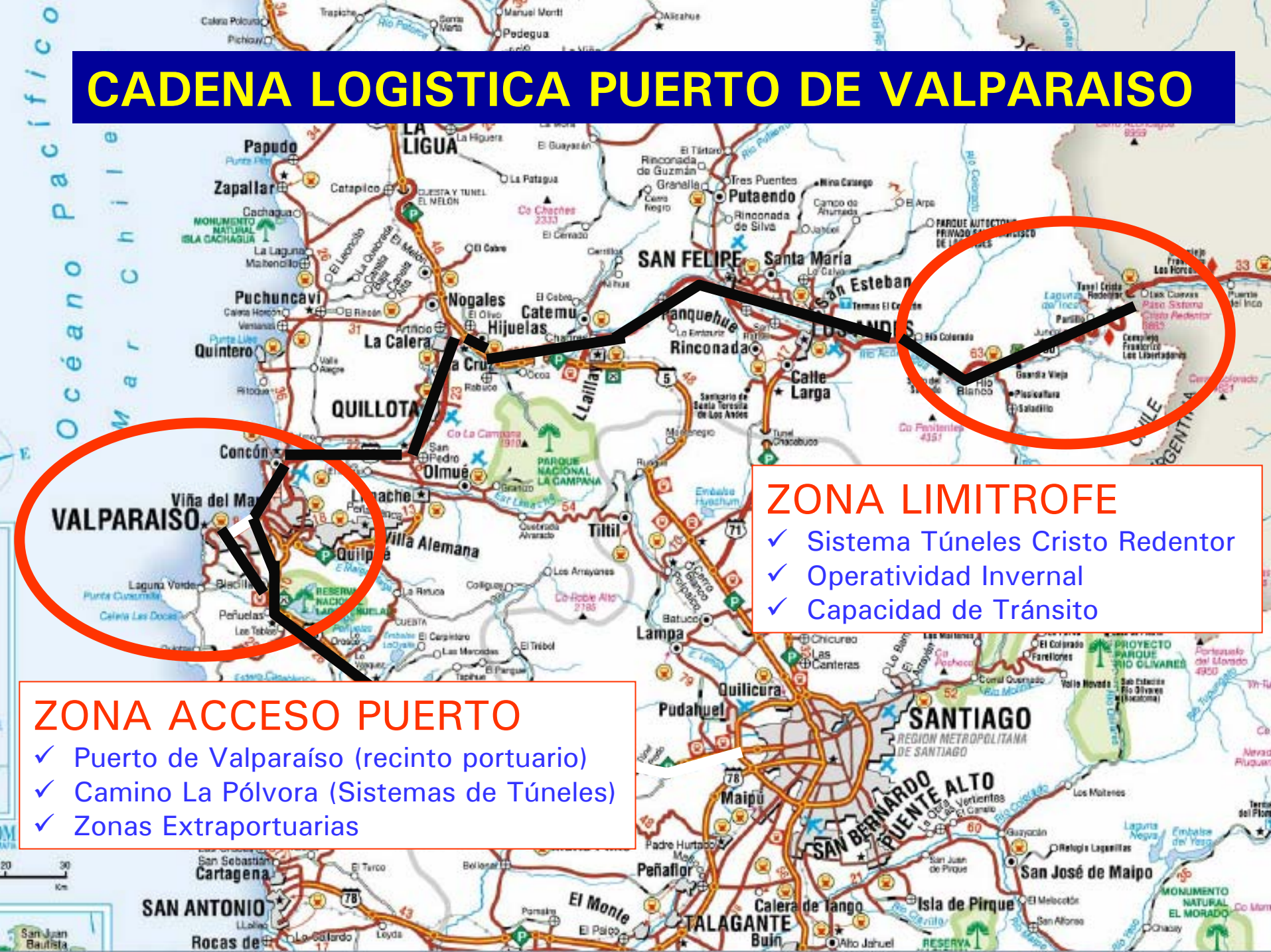


Ubicación del Proyecto



El camino La Pólvora, permitirá que los flujos de vehículos que transiten por la Ruta 68 o por la Ruta 60-CH (Camino Internacional), en dirección al o desde el Puerto de Valparaíso, lo hagan en forma directa sin ingresar al centro de la ciudad

CADENA LOGISTICA PUERTO DE VALPARAISO



ZONA ACCESO PUERTO

- ✓ Puerto de Valparaíso (recinto portuario)
- ✓ Camino La Pólvora (Sistemas de Túneles)
- ✓ Zonas Extraportuarias

ZONA LIMITROFE

- ✓ Sistema Túneles Cristo Redentor
- ✓ Operatividad Invernal
- ✓ Capacidad de Tránsito

Proyecto La Pólvara – Túneles T1.T2 y T3

El Proyecto de estos túneles está inserto en el Nuevo Camino La Pólvara, un nuevo acceso que circunvala la ciudad de Valparaíso por el borde costero oeste, desembocando directamente en el Puerto, evitando que el tránsito pesado, asociado a la operación del puerto, cruce a través de la ciudad. Sobre este trayecto se emplazan 3 túneles, de los cuales, el principal es el túnel T1, un túnel bidireccional de 2 pistas de aproximadamente 2,18 km de longitud y un 2% de pendiente longitudinal, donde dada su operación, los aspectos de seguridad se convierten en una de las mayores prioridades del diseño.

El túnel T1 tiene una sección transversal libre para el tránsito de 57 m², con una sección de excavación de 85 m². El ancho total de calzada, dividido uniformemente para ambas pistas, es de 8,60 m, lo que no sólo mejora notablemente las condiciones de seguridad, sino otorga la posibilidad de paso de 2 vehículos de circulación opuesta, a pesar de estar un tercer vehículo detenido contra la solera. El gálibo vertical es de 5,0 m libres.

Si bien el proyecto de este túnel se terminó el año 2000, su diseño se ajustó a la normativa y recomendaciones internacionales vigentes, incluso considerando las nuevas recomendaciones que surgieron después de los grandes incendios de túneles acaecidos en Europa en dichos años. Desde el punto de vista del equipamiento, el Túnel T1 contará con elementos, equipos y sistemas de seguridad y operacionales de acuerdo a dichos estándares, de manera que su riesgo sea conocido y controlado.

Dada su condición de bidireccional, la ventilación sanitaria y de emergencia para casos de incendio ha debido diseñarse en forma especialmente segura, implementando dos fuentes de accionamiento independientes y un ducto superior exclusivo e 12 m^2 para la aspiración y expulsión al exterior de humos y gases de un fuego. La ventilación normal, sanitaria, se materializará en el recinto de tránsito, en forma longitudinal y reversible. La aspiración de humos se llevará a cabo con dos ventiladores axiales dispuestos, uno en cada extremo, pero ambos conectados en paralelo al mismo ducto de aspiración.

En caso de ocurrencia de un incendio, inmediatamente comenzarán a actuar los ventiladores de extracción, abriéndose automáticamente las 3 celosías de extracción del techo más cercanas. Al mismo tiempo, las dos baterías de aceleradores ubicados cercanos a los portales se encargarán de confinar los humos tanto como sea posible en las inmediaciones del foco de incendio, mejorando así el rendimiento y velocidad de extracción, y evitando que el resto del túnel se contamine.

Con la implementación de este diseño de ventilación y dadas las consideraciones especiales de gestión que son posibles de implementar en este túnel por estar ubicado en un camino expreso (sin accesos intermedios) y controlado por el Puerto y en su otro extremo por la zona extraportuaria de actividades logísticas (ZEAL), se ha optado por no instalar galerías de escape, hasta que el nivel de tránsito no lo haga imprescindible.

Se ha privilegiado para todos los sistemas de monitoreo y control su integración al sistema de Control Central. a través de una red robusta que incorpora todos los servicios. Esta red en su parte troncal estará compuesta por fibra óptica multimodo y con topología de doble anillo con posibilidades de auto-re-enrutamiento ante posibles fallas.

Camino Costero

Av. Altamirano

PUERTO

Sector 3

PLAYA ANCHA

Sector 2

SECTOR 1

Sectores del Camino La Pólvara

VINA DEL MAR

VALPARAISO

RUETA F-66

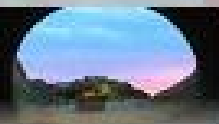
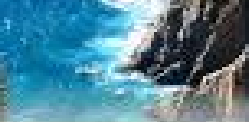
RUETA 60-04

ENLACE AGUA SANTA

RUETA 68

ENLACE CAMINO LA POLVORA

LAGUNA VERDE



CAMINO LA POLVORA, PUERTO DE VALPARAISO

El proyecto se dividió en tres sectores

Sector 1

Placilla - Puertas Negras

11,4 Km.

US \$ 16,6MM

Sector 2

**Puertas Negras -
Quebrada Las Animas**

5,10 Km.

US \$16,5 MM

Sector 3

Quebrada Las Animas-
Puerto Valparaíso

4,55 Km.

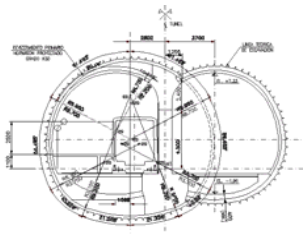
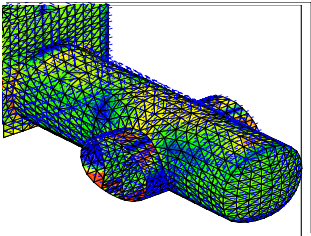
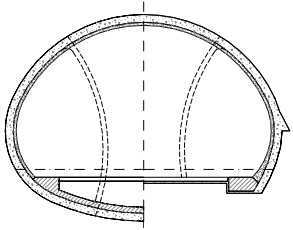
US\$ 61,6 MM

Túnel T1

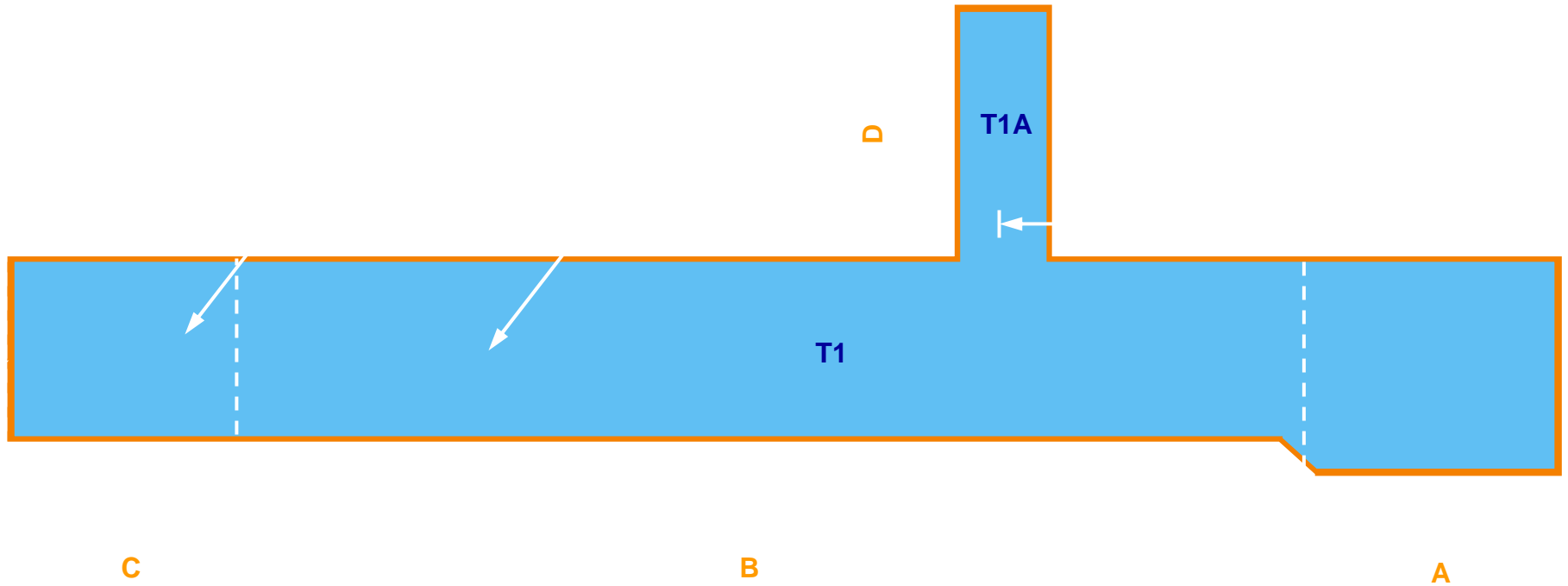


Longitud Total: 2.180 m Pendiente : 2,1%

Nuevo Método Austríaco de Construcción de Túneles (NATM)



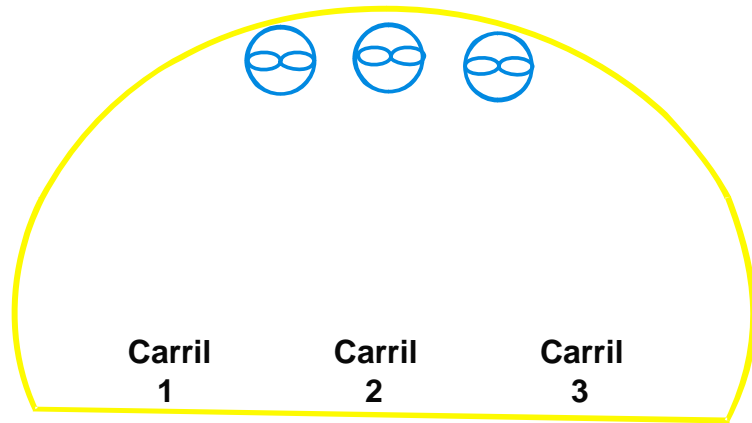
Datos Geométricos y Configuración del Túnel T1



Secciones Transversales

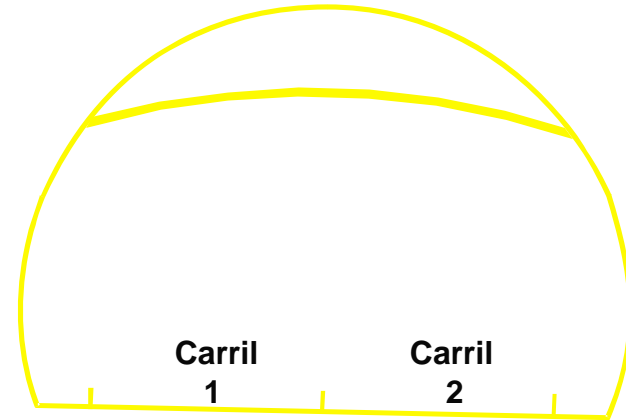
Sección A:

Área: 87 m², Perímetro: 39,5 m



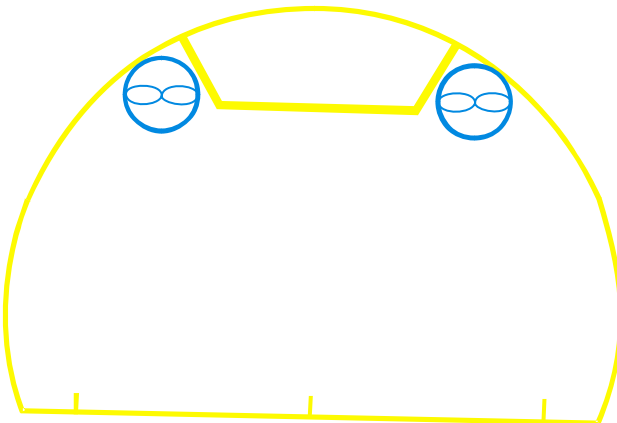
Sección B:

Área: 57 m², Perímetro: 30,2 m



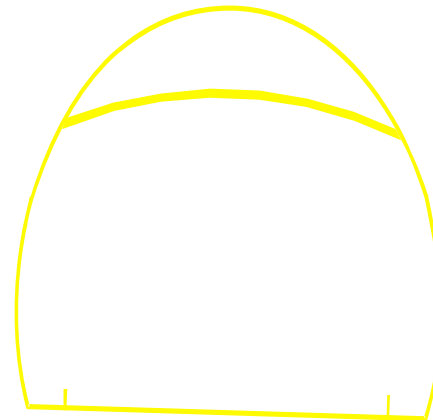
Sección C:

Área: 60 m², Perímetro: 32,6 m



Sección D (T1A): Túnel de Emergencia

Área: 30 m², Perímetro: 20,9 m



La seguridad en el diseño.

Normas y recomendaciones: PIARC 1995, Manual de carreteras MOP, Normas Austríacas, Alemanas, etc

Particularidades del Proyecto

- Características físicas
 - Túnel bidireccional
 - Largo 2,18 Km
 - Pendiente 2,1%
- Nivel de tránsito
 - 9.600 veh./día totales al 2023
- Tipo de tránsito
 - Pesado
- Posibilidad de gestión
 - Camino Expreso
 - Puerto
 - ZEAL
 - Edificio Control

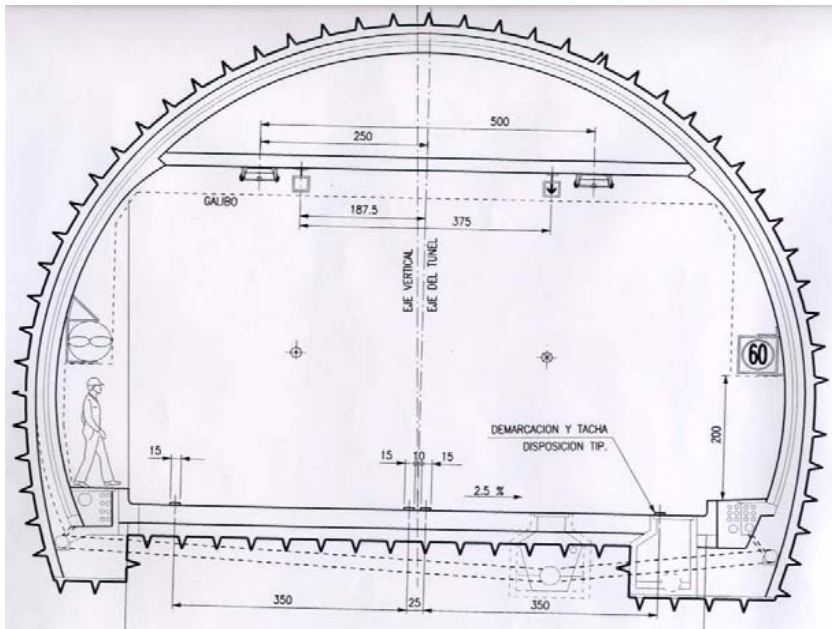
Respuestas del diseño

- Gálibos: mayor ancho = 8,60m
- Bahías de estacionamiento: 5
- Galerías escape (posibilidad futura)
- Sistema de ventilación (Sistema Mixto)
- Sistemas de instrumentación y control de la operación (detección y acción)
- Iluminación
- Red incendio
- Equipos y personal de emergencia
- Coordinación con organismos Regionales (A B C)

Sistemas e Instalaciones para la Operación

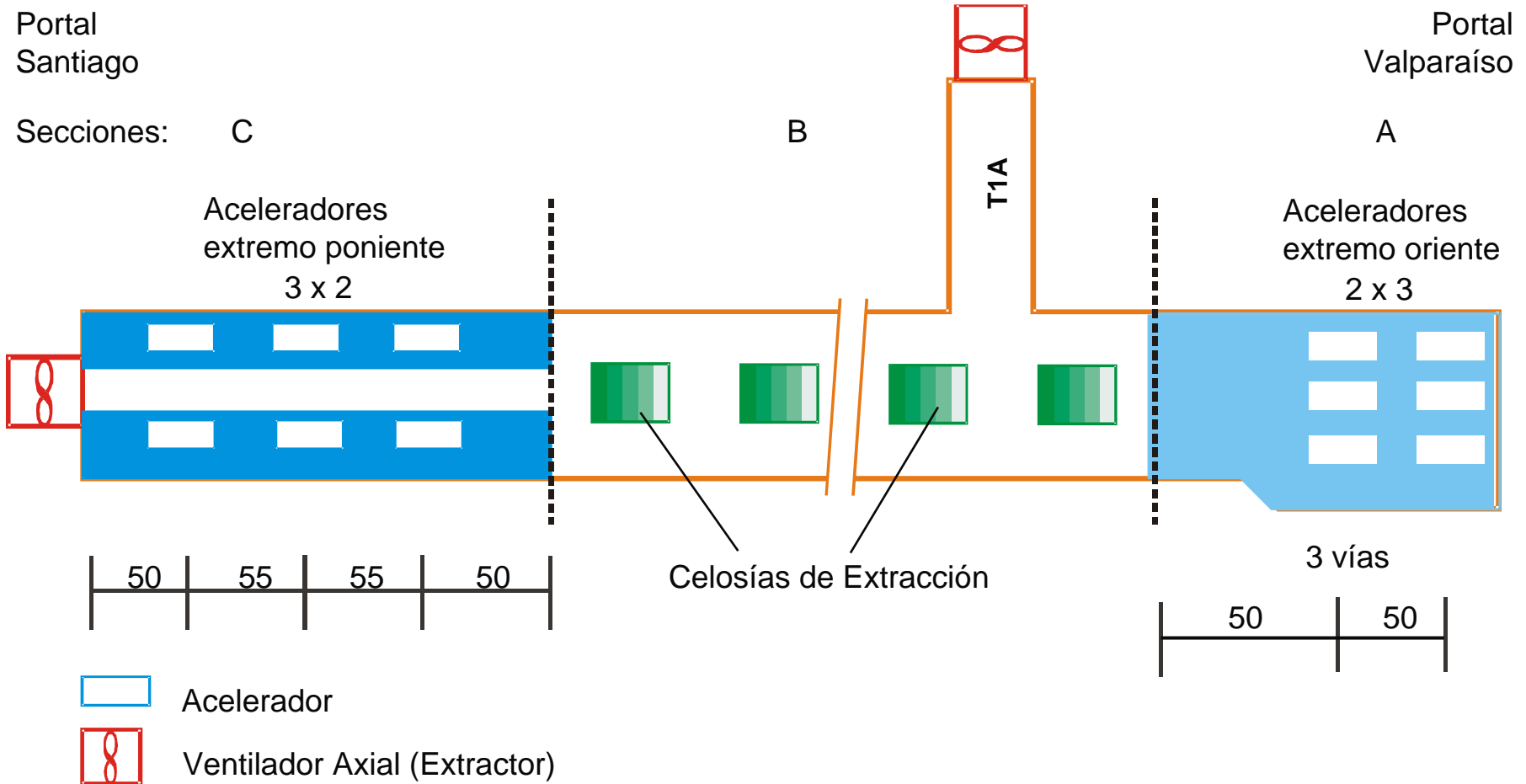


- VENTILACIÓN
- ENERGÍA E ILUMINACIÓN
- COMANDO CENTRALIZADO
- MONITOREO Y CONTROL
- COMUNICACIONES
- SEÑALIZACIÓN
- RED INCENDIO Y EXTIGUIDORES
- SUMIDEROS DERRAMES
- CONTROL ALTURA



Sistema de Ventilación

Disposición de Ventiladores Axiales y Aceleradores



Características de los Ventiladores de Chorro

PORTAL SANTIAGO:



PORTAL VALPARAISO:



Características de los Ventiladores Axiales

PORTAL TÚNEL LATERAL:



PORTAL TÚNEL PRINCIPAL:



Escenarios de Ventilación

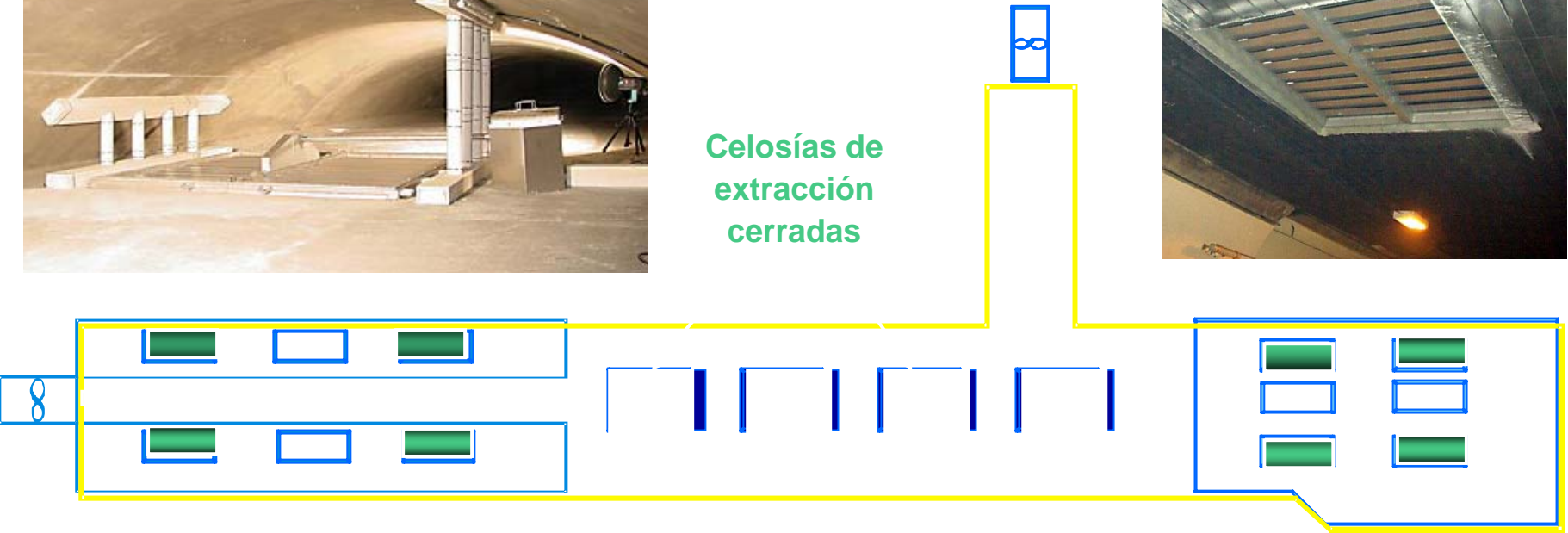
FUNCIONAMIENTO NORMAL

RESULTADO:

Buena Calidad del aire, operación económica de la ventilación sanitaria



Celosías de extracción cerradas



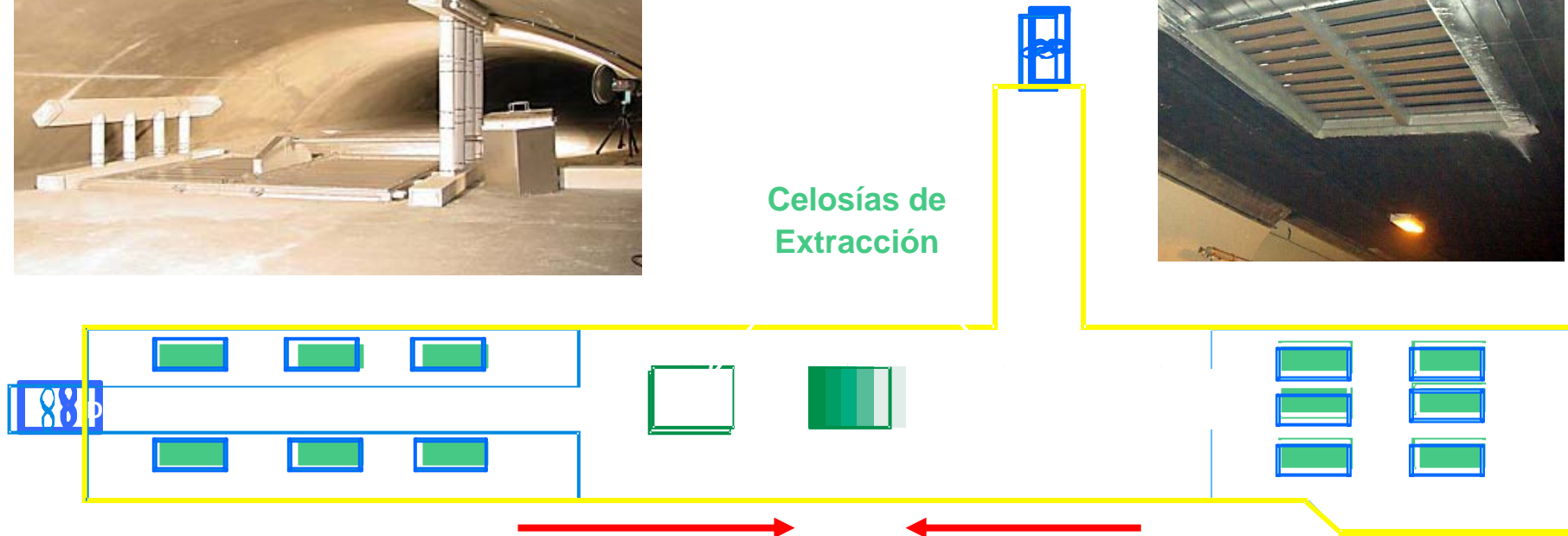
Escenarios de Ventilación

FUNCIONAMIENTO EN CASO DE INCENDIO



RESULTADO:

Garantía de visibilidad y calidad de aire durante la fase de evacuación de usuarios y posterior combate del incendio



Sistema de Iluminación del Túnel



•

•

•

•

•

Instrumentación de Túneles (ITS)

- 1.-Sistema de Control y Comando Central.
- 2.-Sistema de Detección y Alarma de Incendio.
- 3.-Sistema de CCTV.
- 4.-Sistema de llamado por altavoz.
- 5.-Sistema de Telefonía de Emergencia.
- 6.-Sistema de Radio Túnel.
- 7.-Sistema de Monitoreo de Tráfico.
- 8.-Sistema de Señalización de Panel Variable.
- 9.-Sistema de Detección de Gálibo.
- 10.-Sistema de Semaforización.
- 11.-Otros Sistemas de monitoreo.

GESTION E INTEGRACION

El control de un túnel no puede ser concebido, como en los sistemas antiguos, como un conjunto de subsistemas independientes, a partir de los cuales no se puede realizar un control coordinado de toda la instalación desde una única interfase de usuario, que permita al operador tener una visión (monitoreo, alarmas) global de la situación y del control realizado.

El control y supervisión de los 3 túneles es centralizado en un edificio adyacente a la boca de entrada del túnel T1, y cercano al T2, T3 y los servicios de la ciudad.



DETECCION DE INCENDIOS

Uso de cable Sensor fibrolaser para determinar detección precisa del fuego.

Entrega información de: aumento puntual temperatura, gradientes rápidos de temperatura, dirección propagación del fuego, extensión y evolución del incendio. Posibilidad de sectorizar.

Cable sensor con cubierta LSZH y tubo acero inoxidable. No contaminante y provee inmunidad contra influencias ambientales (humedad, calor, frío, corrosión e interferencia electromagnética).

Cable libre de mantenimientos.

Un controlador que abarca hasta 4000m.

Puede usarse en túnel y salas técnicas.

Se usarán además Estaciones Manuales en terreno (pulsadores) y sensores en salas técnicas.

Otros que contribuyen a la detección

El Sistema de Control también opera complementariamente por superación de límites de seguridad en otras variables como: opacidad, concentración CO. También toma en cuenta las cámaras de CCTV.



CCTV

Desde punto de vista de seguridad la supervisión a través de un puesto operador permite la verificación de cualquier accidente o incidente producido (dentro, en sus accesos y también en la zona viaducto-puerto). Presente en los tres túneles.

Empleo de tecnologías de procesamiento digital de la señal de video: Detección Automática de Incidentes (DAI).

Uso de cámaras de última tecnología y con protección adecuada para las zonas exteriores con humedad, lluvia o luminancias extremas en portales.



Llamado por Alta Voz (Megafonía)

Permite la comunicación entre el personal de operaciones de la sala de control centralizado con los usuarios del túnel para **instruir** en evacuaciones, congestión, emergencias u otros. Sólo como apoyo y en combinación con otros sistemas. No se usará con tránsito de vehículos.

Telefonía de Emergencia (SOS)

Permite atender las necesidades de comunicación que se generen en el interior de los túneles entre el usuario y el Centro de Control.

El operador decidirá comunicarse con sistemas de seguridad propios del túnel, bomberos, policía, otros dependiendo del evento registrado.



Telefonía Corporativa o Administrativa

Permite atender las necesidades de comunicación que se generen entre el personal corporativo en las instalaciones de los túneles y la red conmutada y vice versa. Ambos sistemas telefónicos son independientes entre sí.

Radiocomunicaciones

Permite comunicación a través de señal de Radio-frecuencia, entre el centro de operaciones, servicios de carretera, bomberos, unidades de seguridad y mantenimiento, etc.

Tecnologías: cable radiante y antenas.

Cobertura: interior túnel y zona camino La Pólvora entre T3 y Puertas Negras (5 Kms).

Función informativa tránsito, emergencias, incidencias, etc y complementaria a otros sistemas. Usuario debe sintonizar frecuencia indicada para informarse.

Monitoreo de Tráfico

Permite entregar por cada pista de circulación por lo menos:

- 1.-Medición de velocidad
- 2.-Ocupación
- 3.-Número vehículos por unidad de tiempo
- 4.-Gap
- 5.-Clasificación vehículos

La información se transmite al Centro de Control y Gestión y se usa para fines estadísticos y como apoyo en la seguridad del túnel.



Sistemas de Señalización Variable y Semáforos

Permiten al operador gestionar la circulación e informar a los usuarios de las condiciones de uso del túnel a través de...



Semáforos de entrada
PMV (1 y 3 líneas)
Señal de límite de velocidad
Señal aspa-flecha



Detección de Gálibo (exceso de altura)

Permite al operador evitar condiciones inseguras en la circulación de vehículos con un gálibo superior al permitido (accesos al túnel).

Sistema electrónico en accesos túnel T1 y T3.

Sistemas mecánicos en acceso desde puerto a T1 y en Puertas Negras (permite desvío a puerto por Santa María)

Sistema de Detección Automática de Incidentes (DAI)

Se decide implementar un DAI para mejorar las prestaciones.

Permite mediante análisis de imágenes detectar cualquier situación anómala en el túnel (vehículos parados o circulando en sentido contrario, disminuciones bruscas de velocidad, detenciones, peatones, otros) y así poder informar y alarmar al Centro de Control y usuarios con rapidez acerca de estas situaciones y por ende garantizar la seguridad.

Este sistema es un complemento a otros sistemas y como la detección es automática permite ganar un tiempo que podría evitar un incidente posterior.

Permite dejar un registro de los incidentes para su posterior análisis y mejora de la operación del sistema.

Otros que influyen en la Seguridad

El sistema contempla la instrumentación de variables ambientales para medición de:

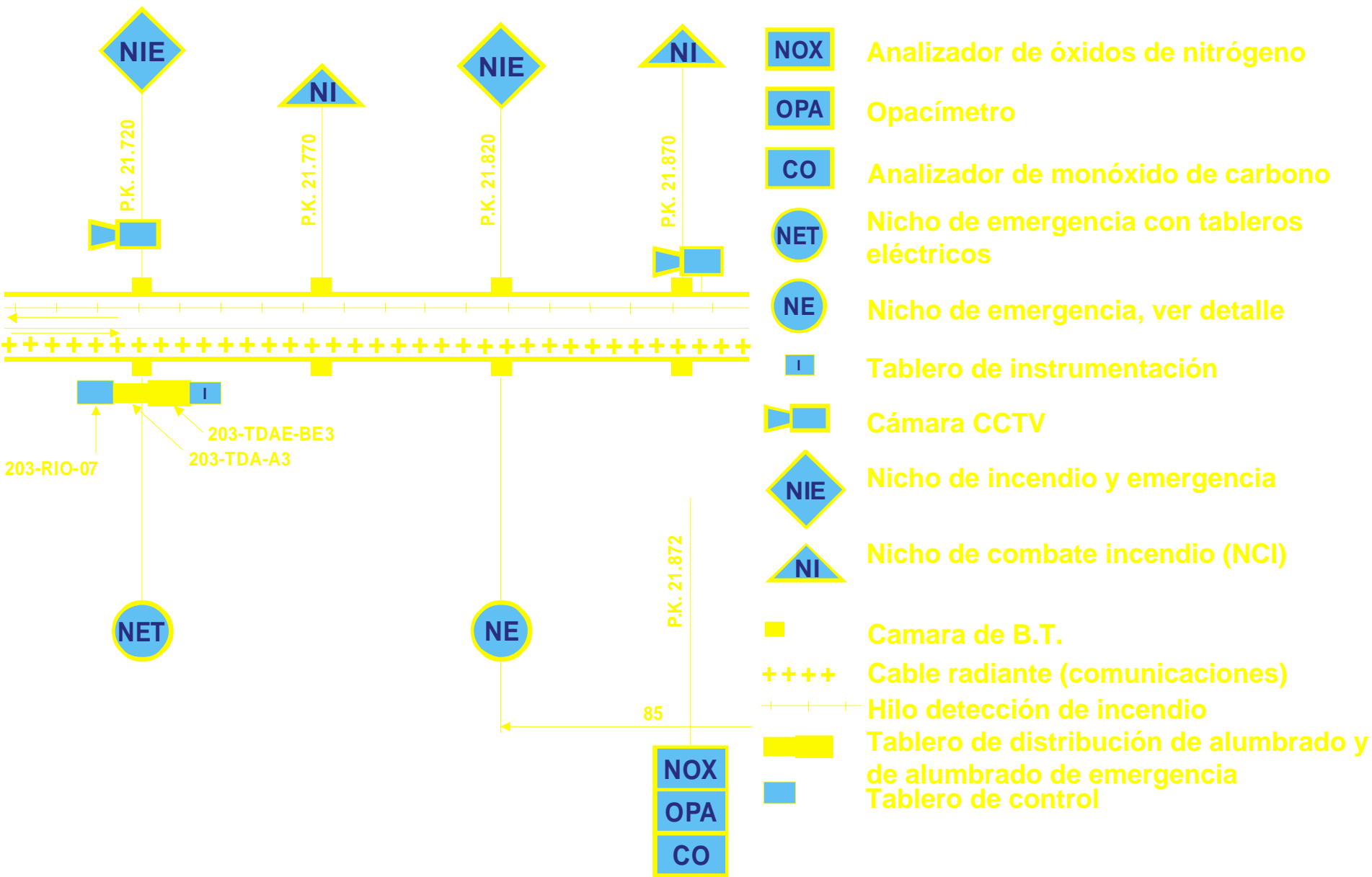
- a) Velocidad y dirección del viento
- b) Concentración de CO y NO_x
- c) Opacidad

Los anteriores en combinación con los Sistemas de Control y Ventilación mejoran y garantizan la seguridad al usuario del túnel.

También para mejorar la seguridad al interior del túnel existen sensores que envían información al Centro de Control, quién controlará los niveles de luminancias en el túnel y así permitir una conducción confiable.

Se discute utilización de Tachas autorefectantes en accesos y túnel debido a presencia frecuente de niebla en la zona.

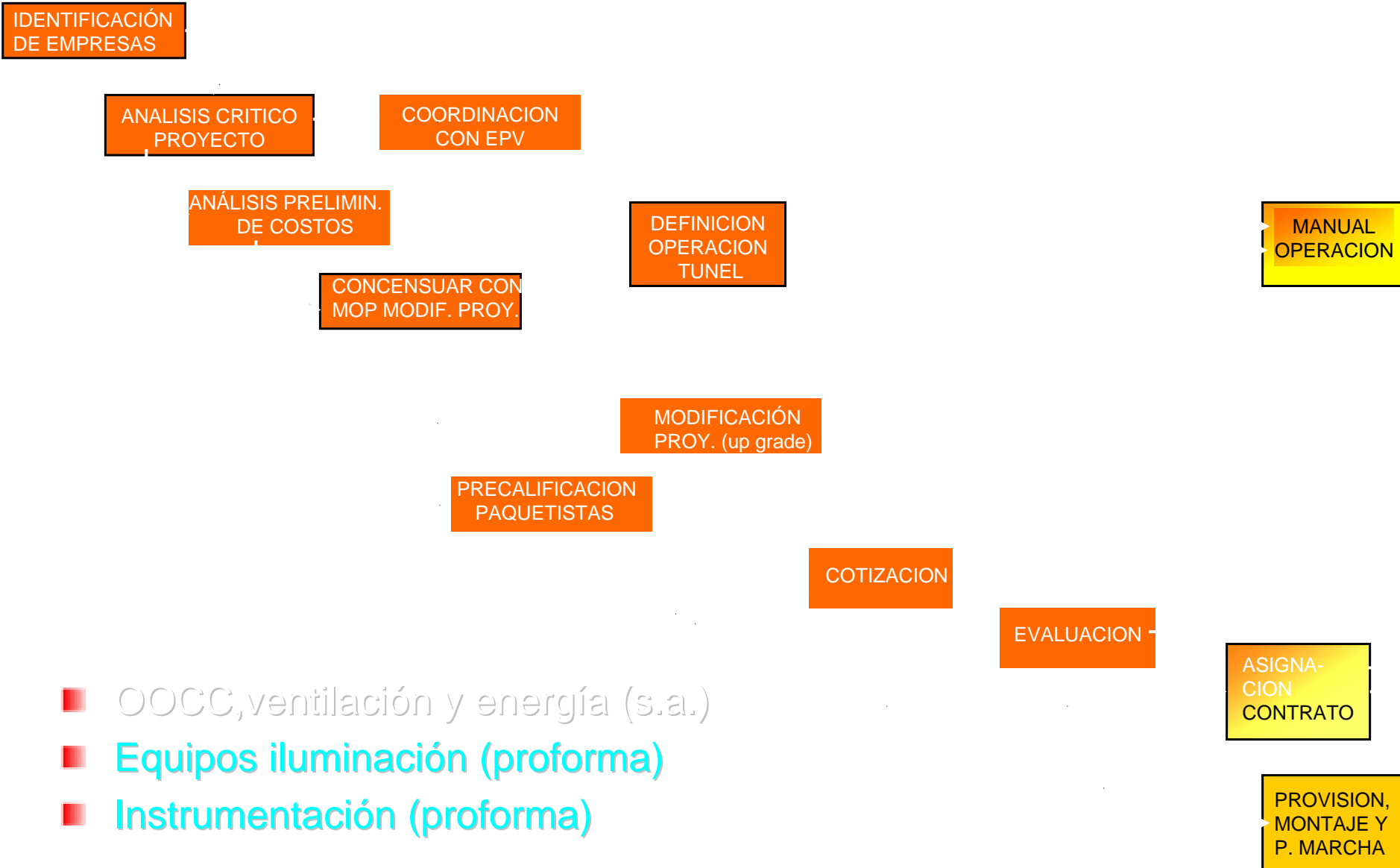
Instalaciones de Operación y de Emergencia



Innovaciones empleadas en el proyecto.

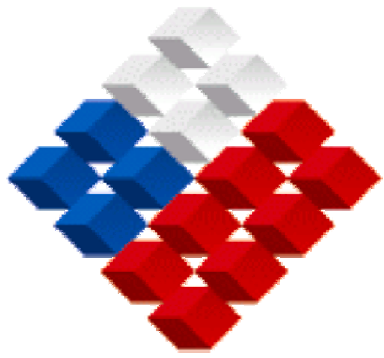
- **Gerencia de Proyecto: Grupo de Continuidad**
- **Ingeniería Valórica**
- **Nuevas Tecnologías de Construcción:
Sistema N.A.T.M. (New Austrian Tunneling Method)**
- **Participación Ciudadana y Gestión Territorial**
- **Plan de Aseguramiento de Calidad. ISO 9000.**
- **Protección del Medio Ambiente: Taludes,
Saneamiento**
- **Sistemas de Transporte inteligente (ITS)**
- Manejo del Cambio Tecnológico en función de las restricciones administrativas del MOP.

UPGRADE DE LA INSTRUMENTACIÓN



CONCLUSIONES

A pesar que la tendencia mundial es que los túneles de longitud incluso menor que el de La Pólvora sean unidireccionales (doble túnel), cuando se diseña desde el inicio analizando los riesgos, tomando en cuenta las posibilidades de gestión y considerando sistemas adecuados y eficientes –en especial la ventilación y los sistemas de control centralizados- es posible que un túnel bidireccional tenga niveles de seguridad similar a soluciones unidireccionales.



FIN

