

V ENCUENTRO INTERNACIONAL DE METROS LIMA

Proyecto Construcción en Túneles Líneas 6 y 3

METRO DE SANTIAGO

Gerencia Corporativa de Desarrollo de Proyectos

Noviembre 2015



AGENDA

1. Descripción proyecto
2. Gestión del Proyecto
3. Innovaciones en Metodología de Construcción
4. Avance Proyecto

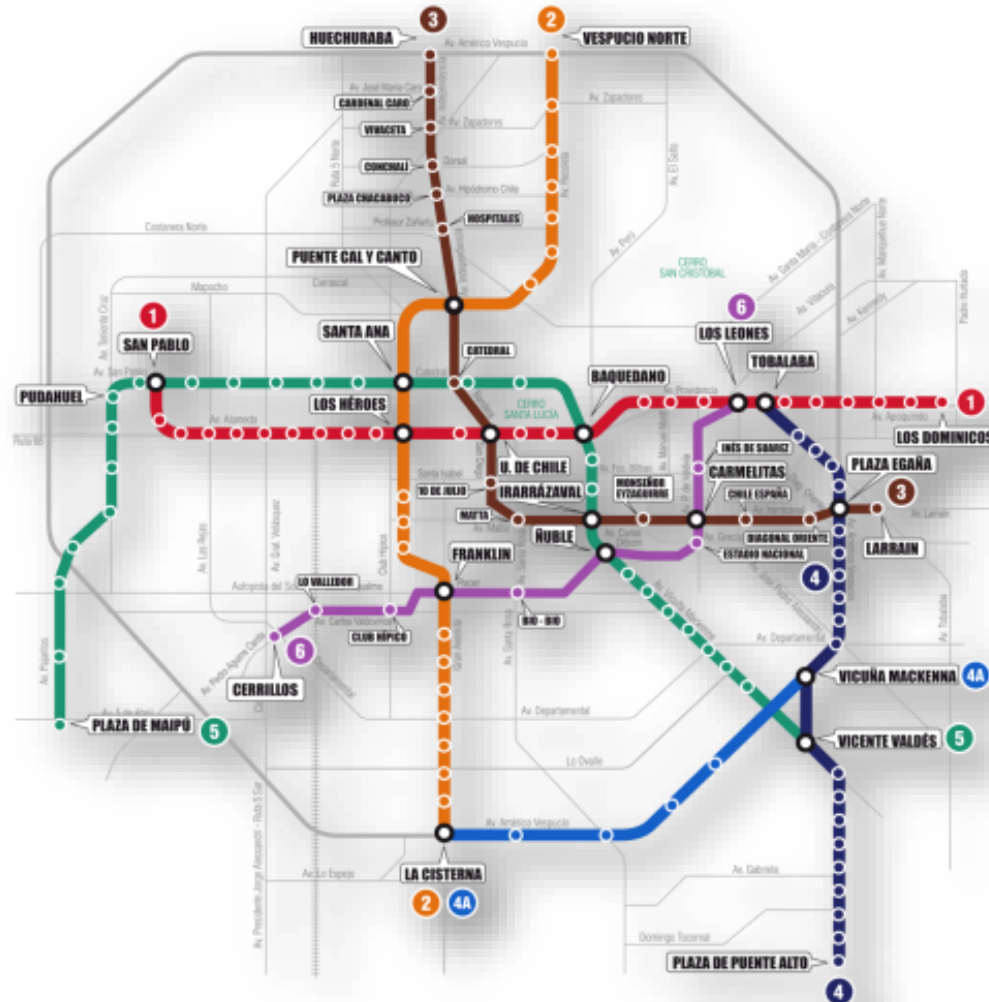


Descripción de las Nuevas Líneas 6 y 3

108 Estaciones
103 Km de red

28 Estaciones
37 km de red adicional

136 Estaciones
140 km de red



L
6

10 Estaciones

4 Estaciones
de
Combinación

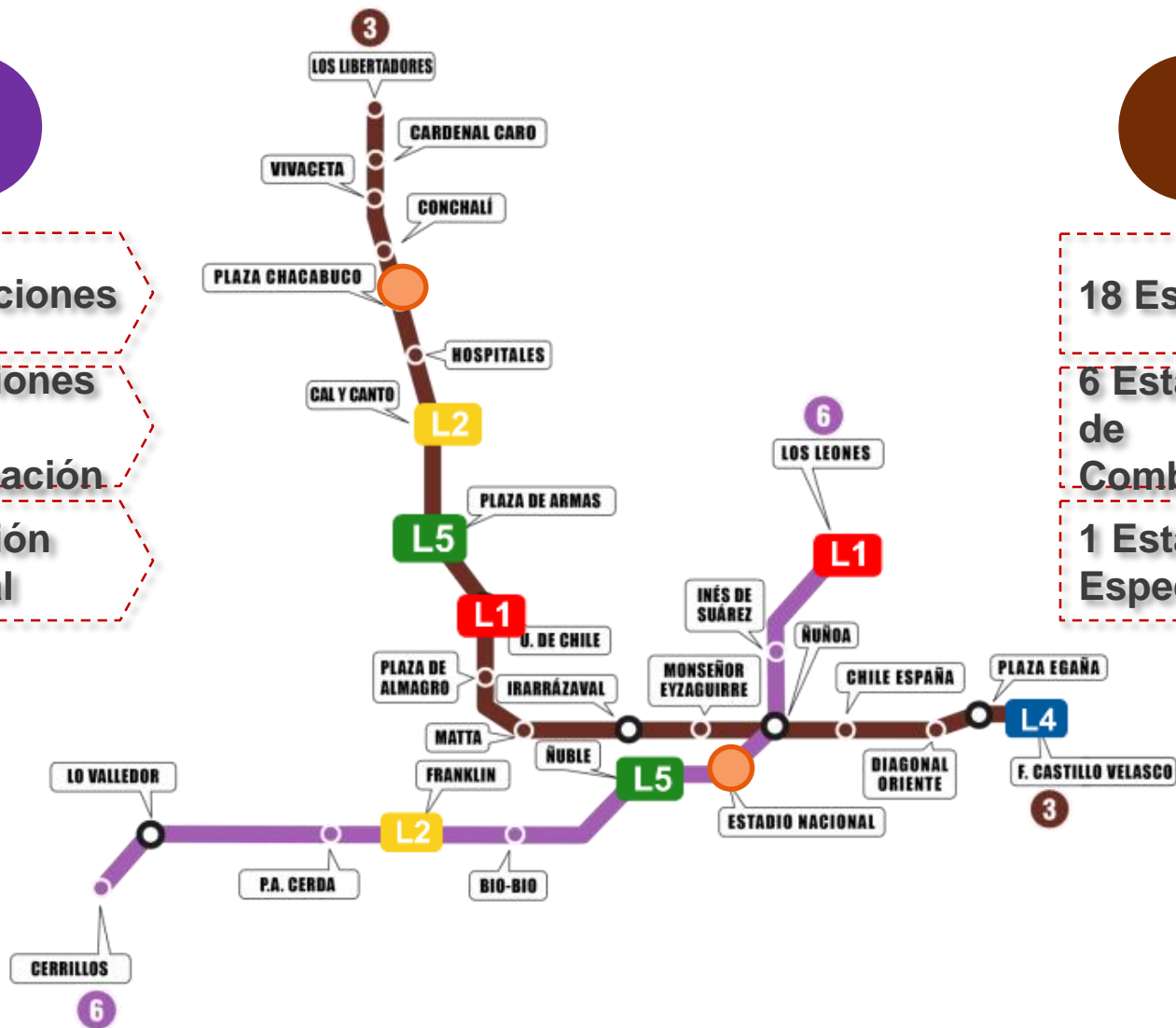
1 Estación
Especial

L
3

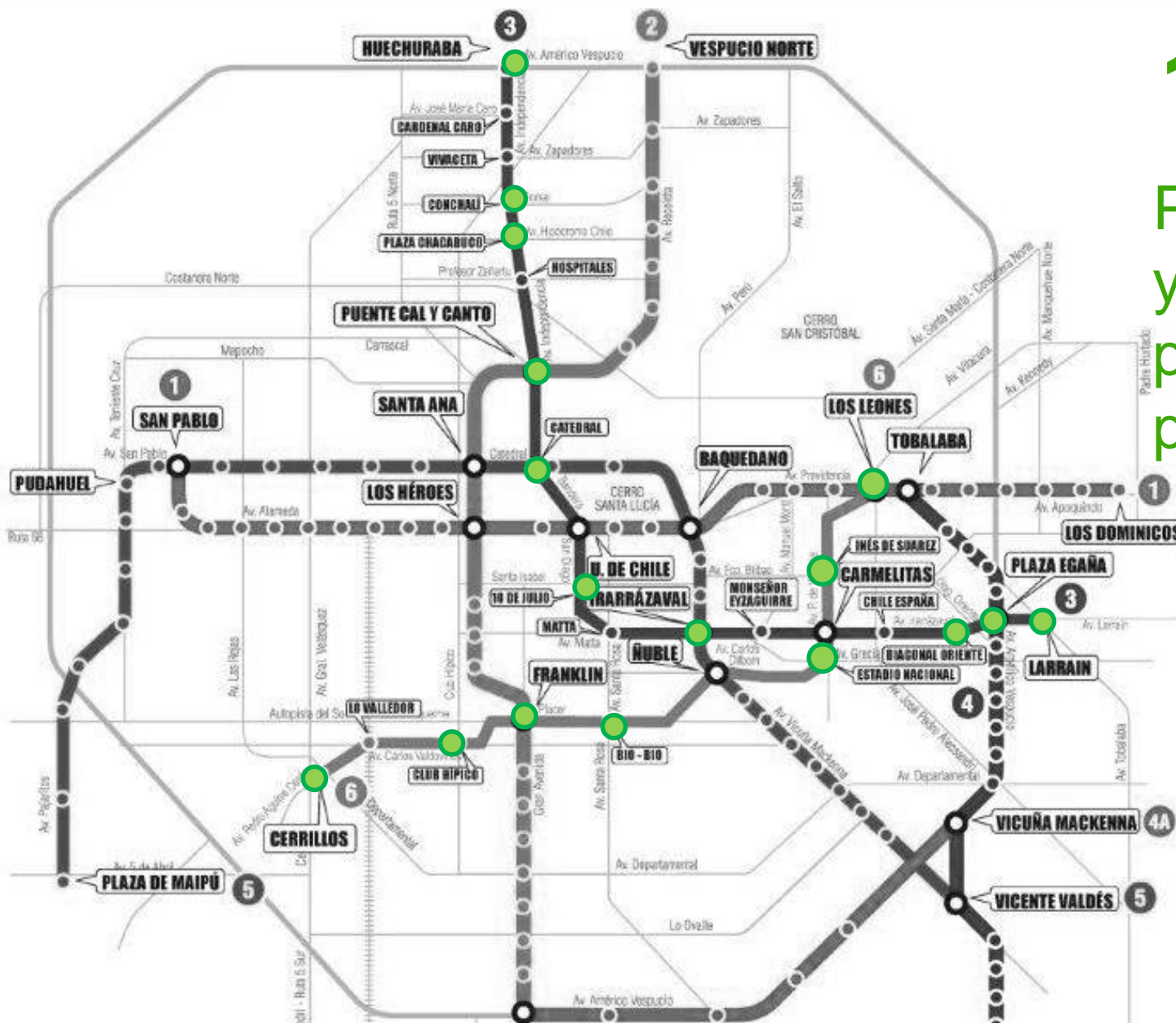
18 Estaciones

6 Estaciones
de
Combinación

1 Estación
Especial



17
Parques
y espacios
públicos
potenciales



Estación de Paso Pequeña

3

3

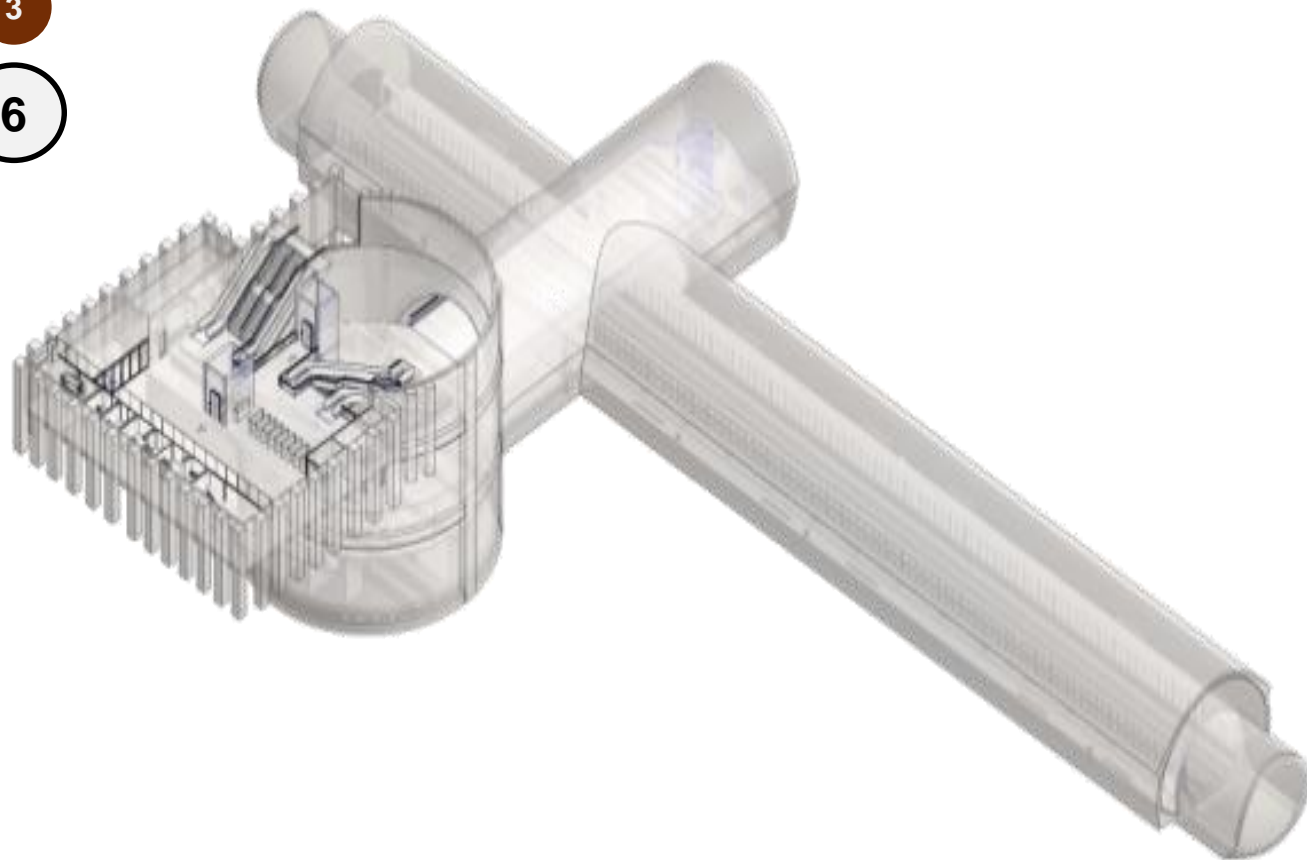
6

Línea 6

- Pedro Aguirre Cerda
- Bío Bío
- Inés de Suárez

Línea 3

- Parque Almagro
- Matta
- Monseñor Eyzaguirre



Estación de Paso Mediana

2

6

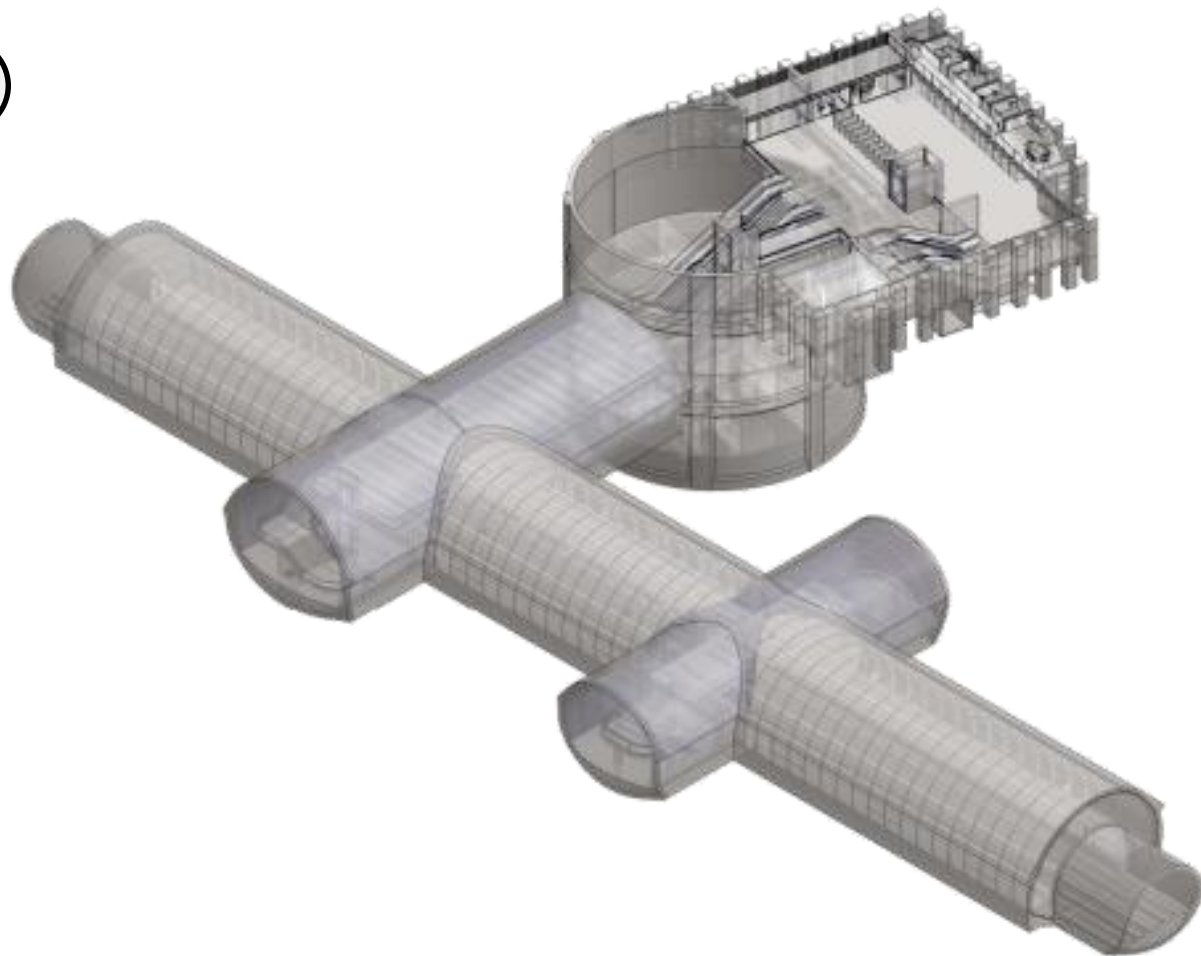
8

Línea 6

- Cerrillos
- Lo Valledor

Línea 3

- Cardenal Caro
- Vivaceta
- Conchalí
- Hospitales
- Chile España
- Diagonal Oriente



Estación de Combinación

4

6

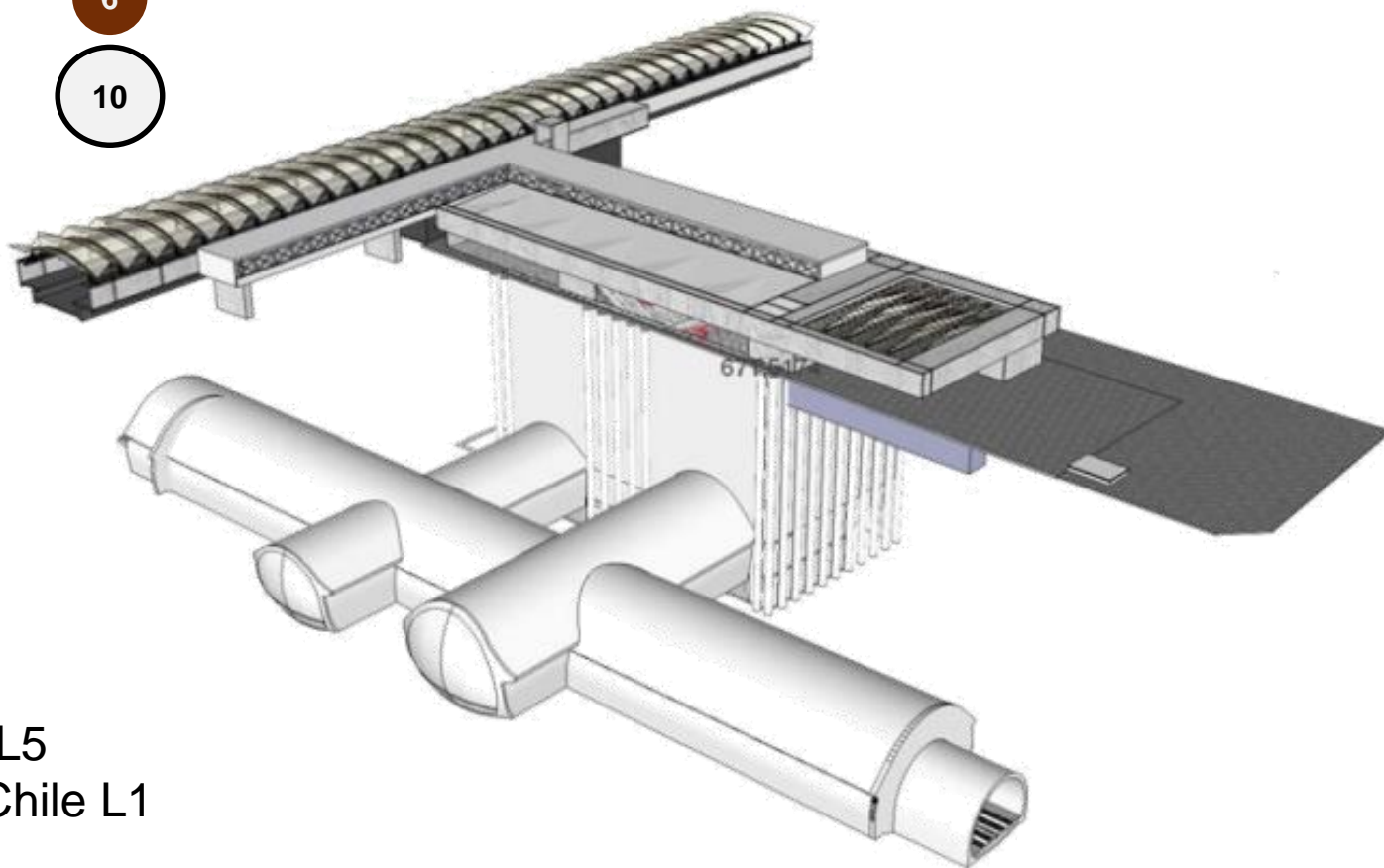
10

Línea 6

- Franklin L2
- **Ñuble L5**
- Ñuñoa L3
- Los Leones L1

Línea 3

- Cal y Canto L2
- Plaza de Armas L5
- Universidad de Chile L1
- Irarrázaval L5
- Ñuñoa L6
- Plaza Egaña L4



Estación de Terminal

2

2

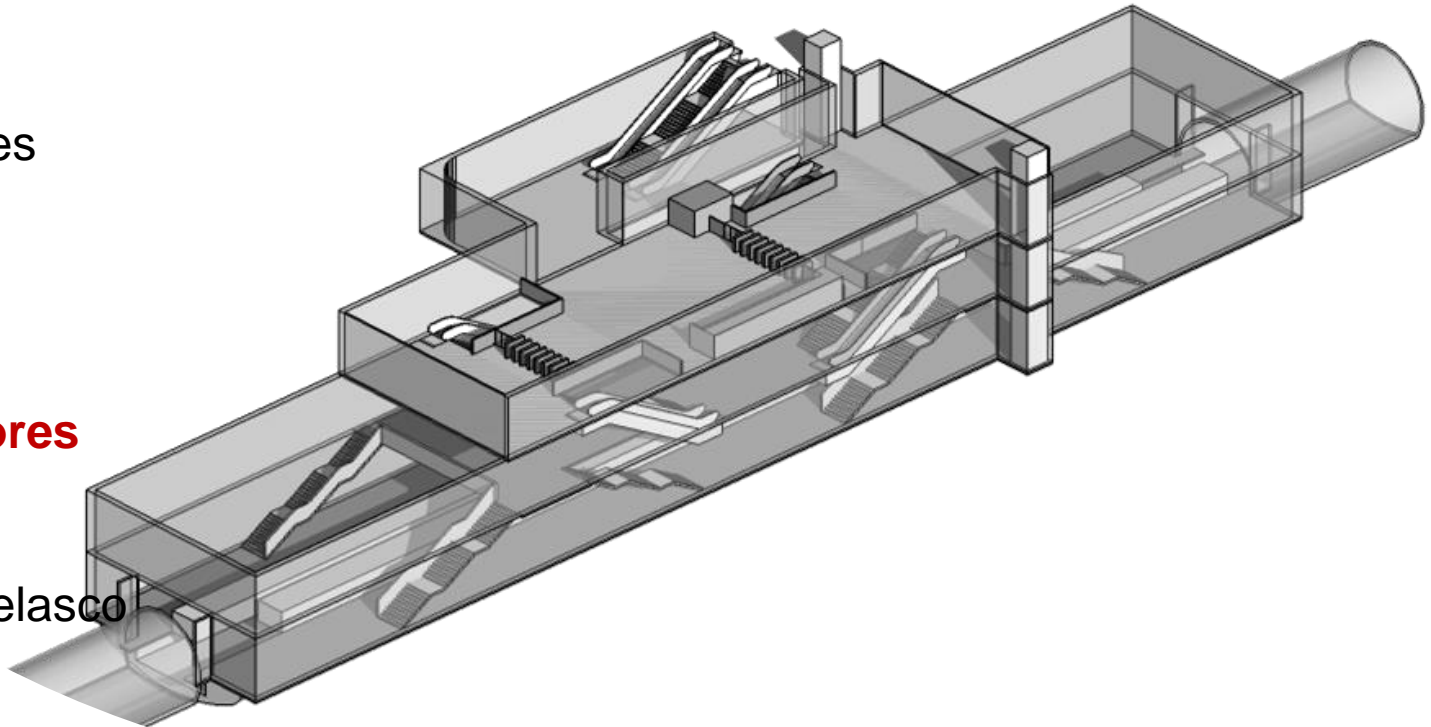
4

Línea 6

- Cerrillos
- Los Leones

Línea 3

- **Los Libertadores**
- Alcalde
Fernando
Castillo Velasco



Estación Especial

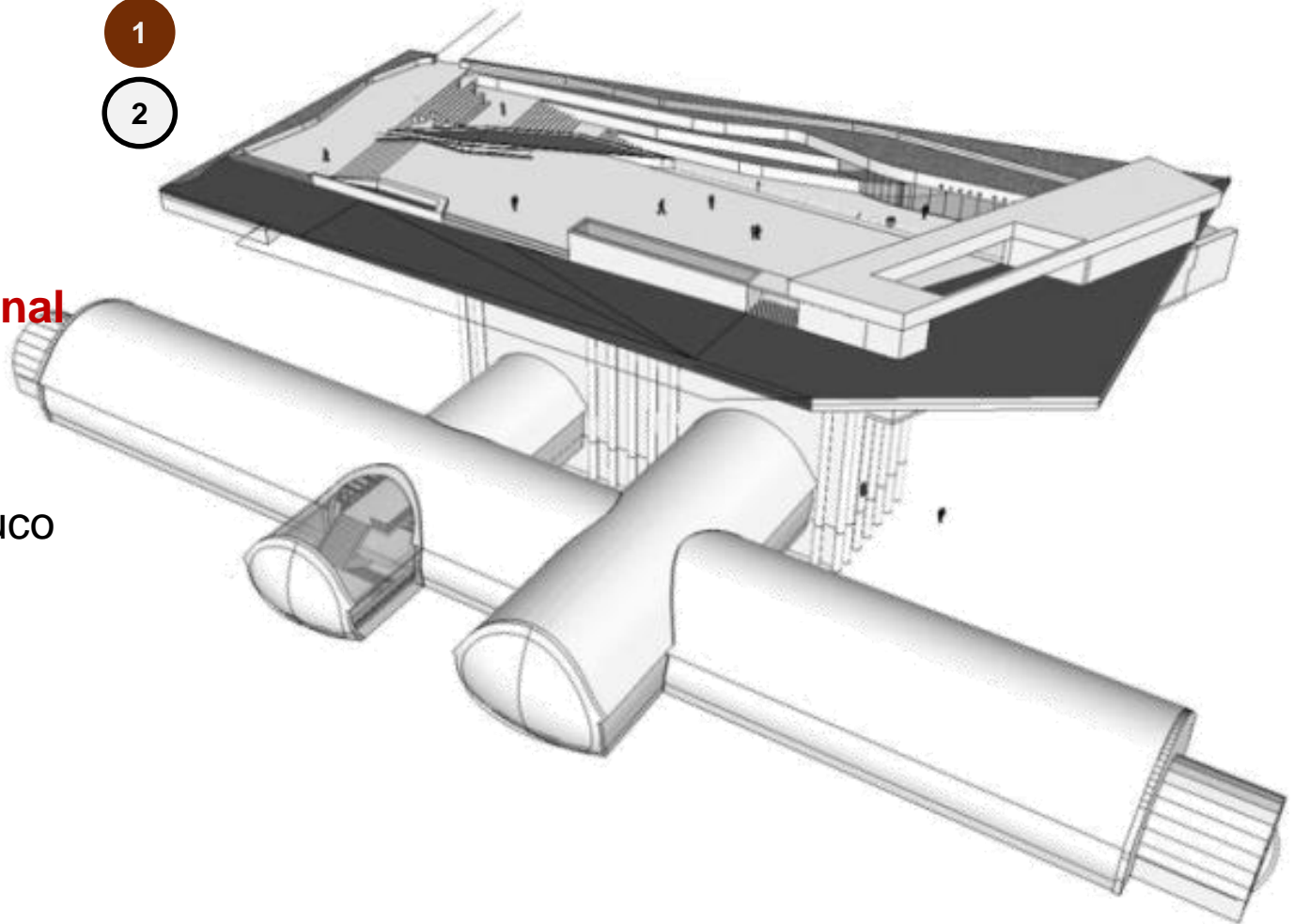


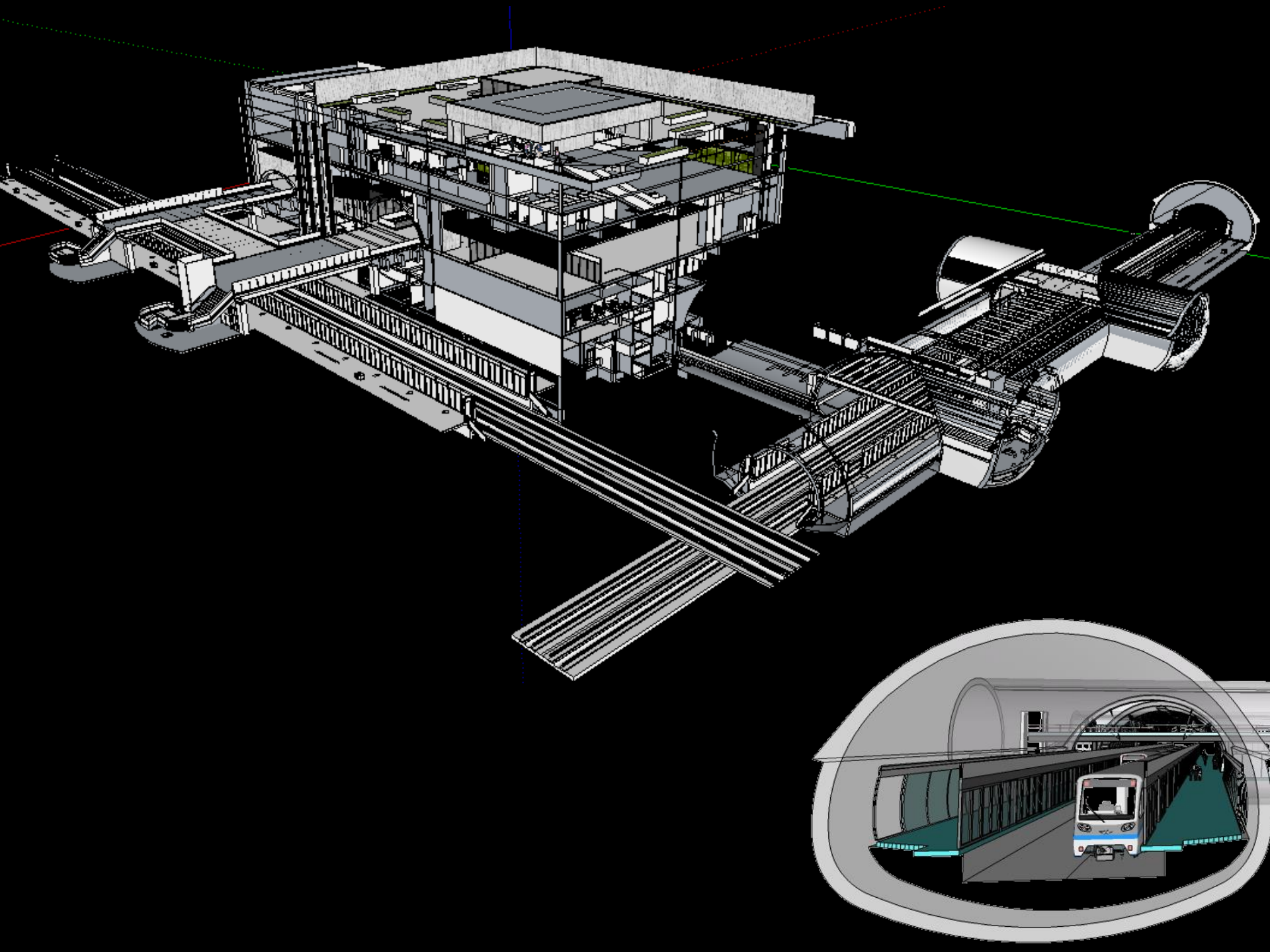
Línea 6

- **Estadio Nacional**

Línea 3

- Plaza Chacabuco





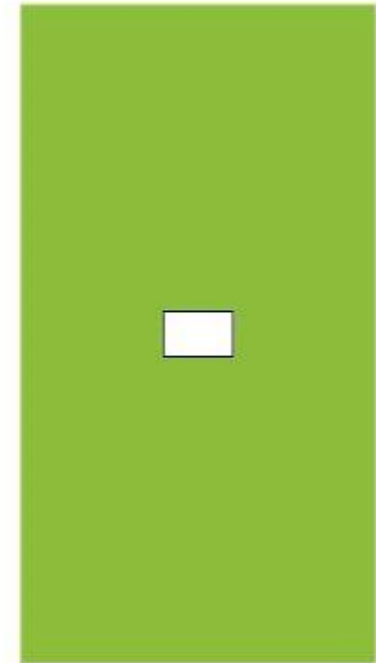
ESTACIONES DE METRO RELACIONADAS CON PARQUES URBANOS METROPOLITANOS



A

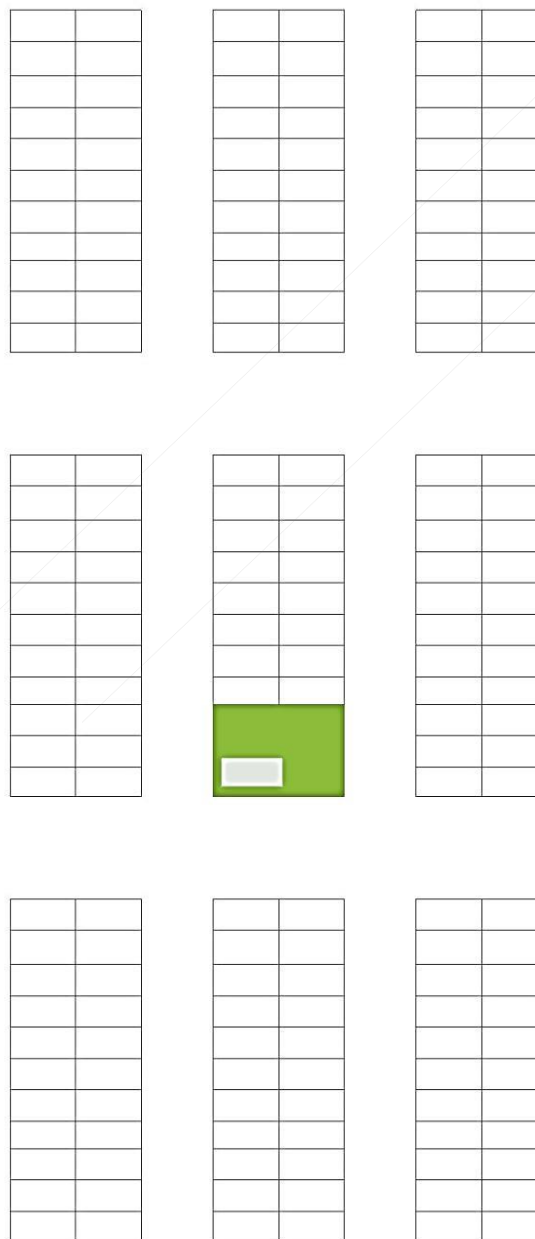
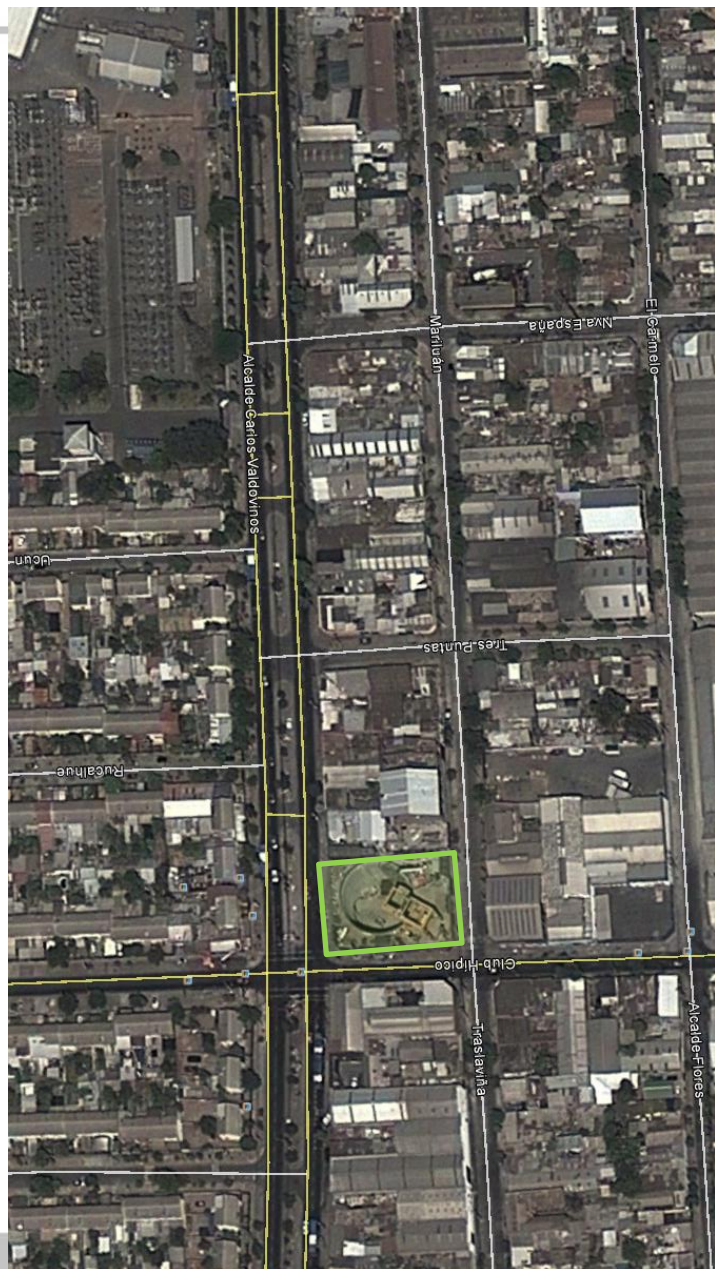


B

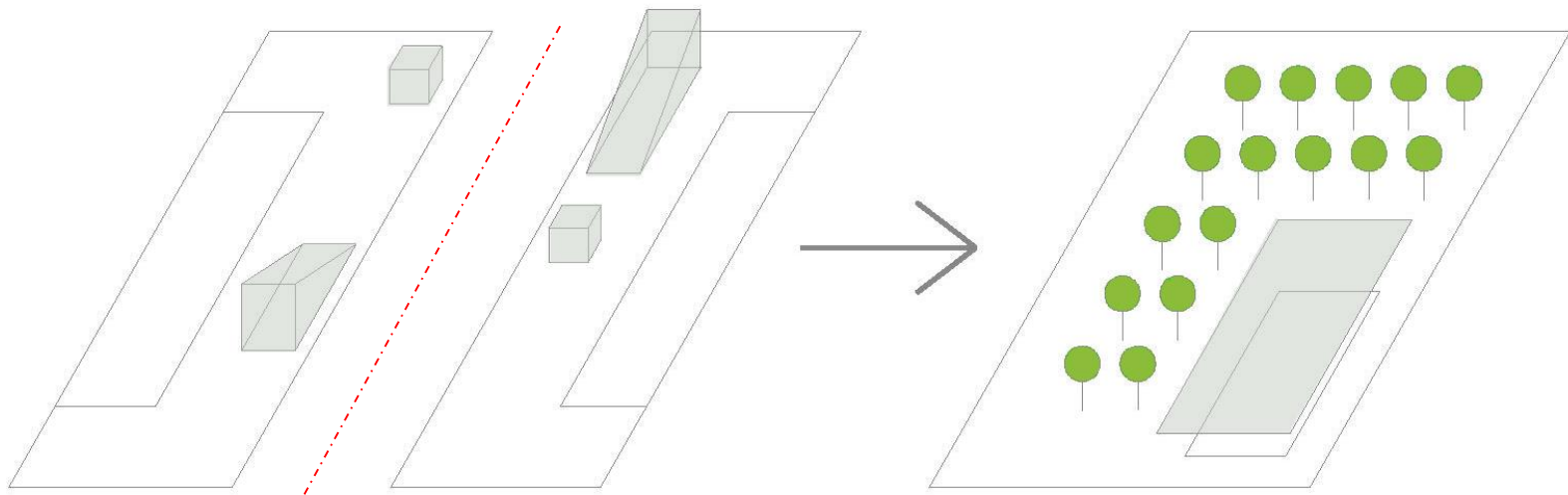


C

ESTACIONES DE METRO UBICADAS EN TERRENOS EXPROPIADOS



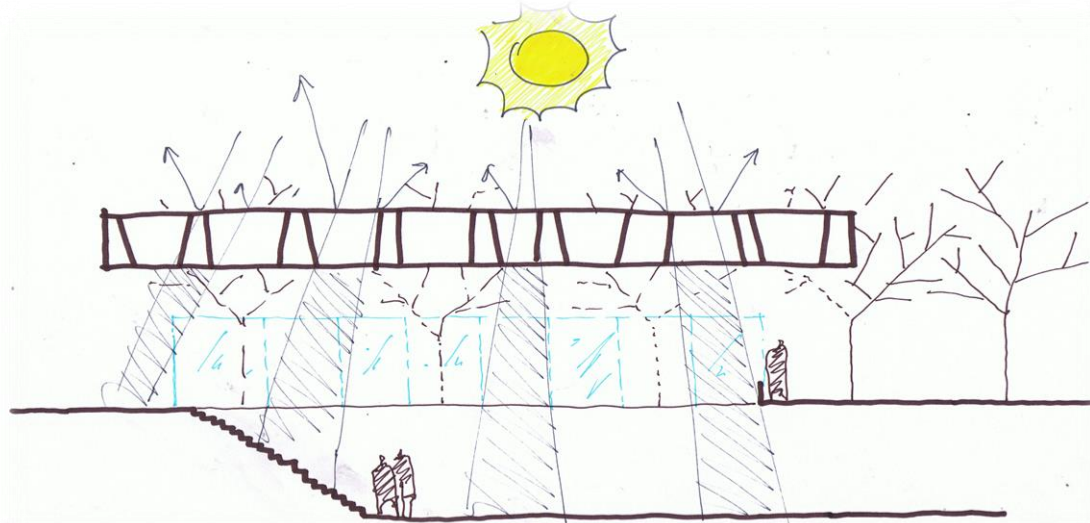
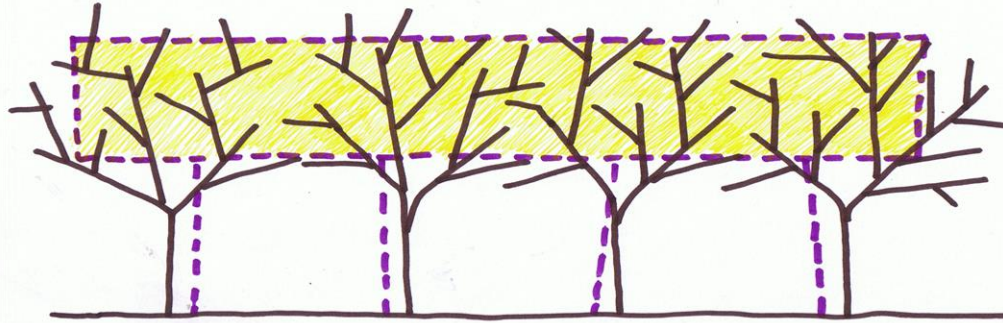
Terreno privado de
metro. Espacio Público
relevante a nivel de
barrio



Nueva Estrategia.
Convertir el Edículo en un
Pabellón



PRESENCIA VOLUMÉTRICA RED METROPARQUE
ARQUITECTURIZACIÓN DEL FOLLAJE
ENTRADA DE LUZ NATURAL TAMIZADA
COBIJO URBANO-IDENTIDAD
ALTA RELACIÓN VISUAL ENTORNO-SUBTERRÁNEO



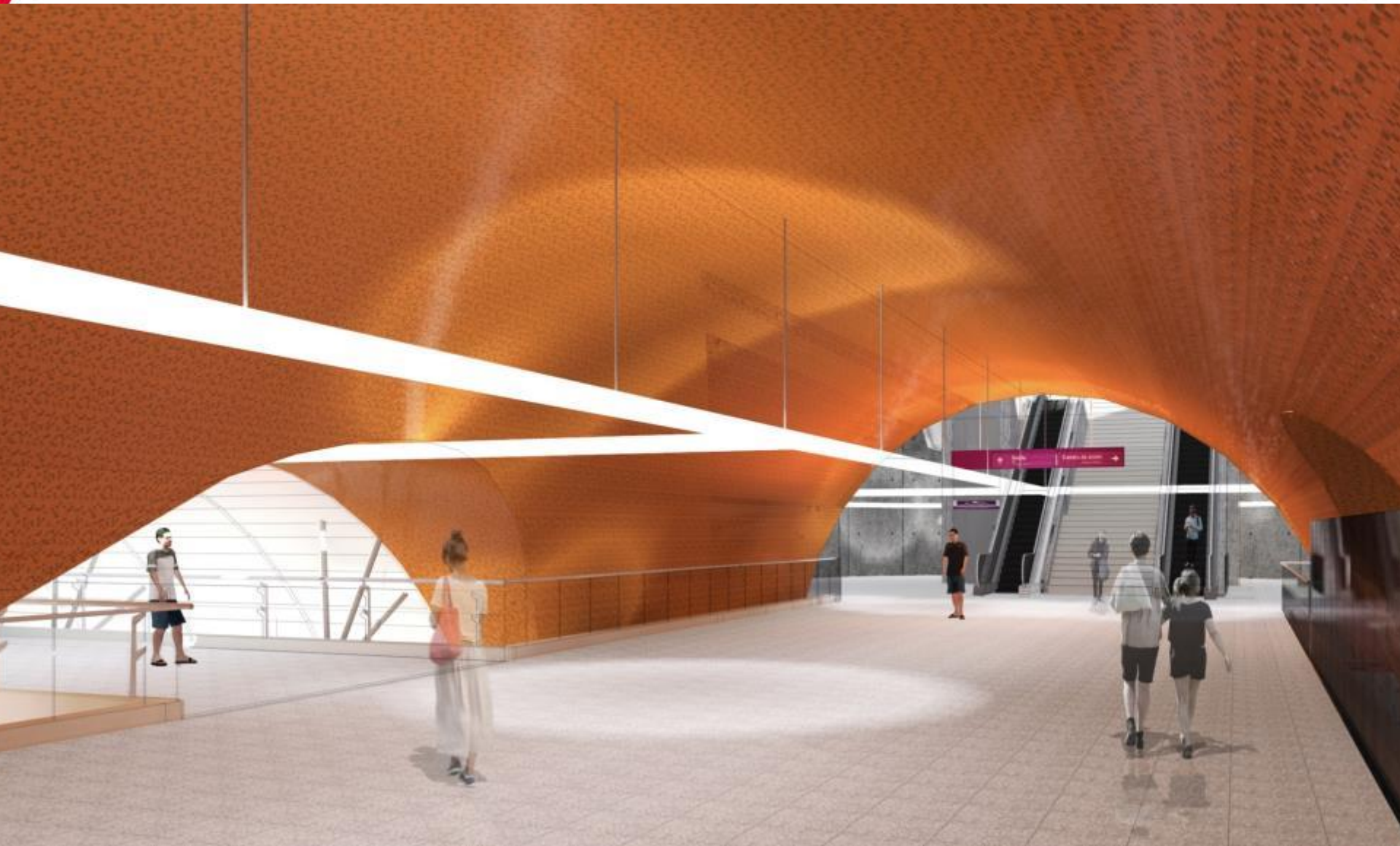
















Estación Lo Valledor





Estación Franklin



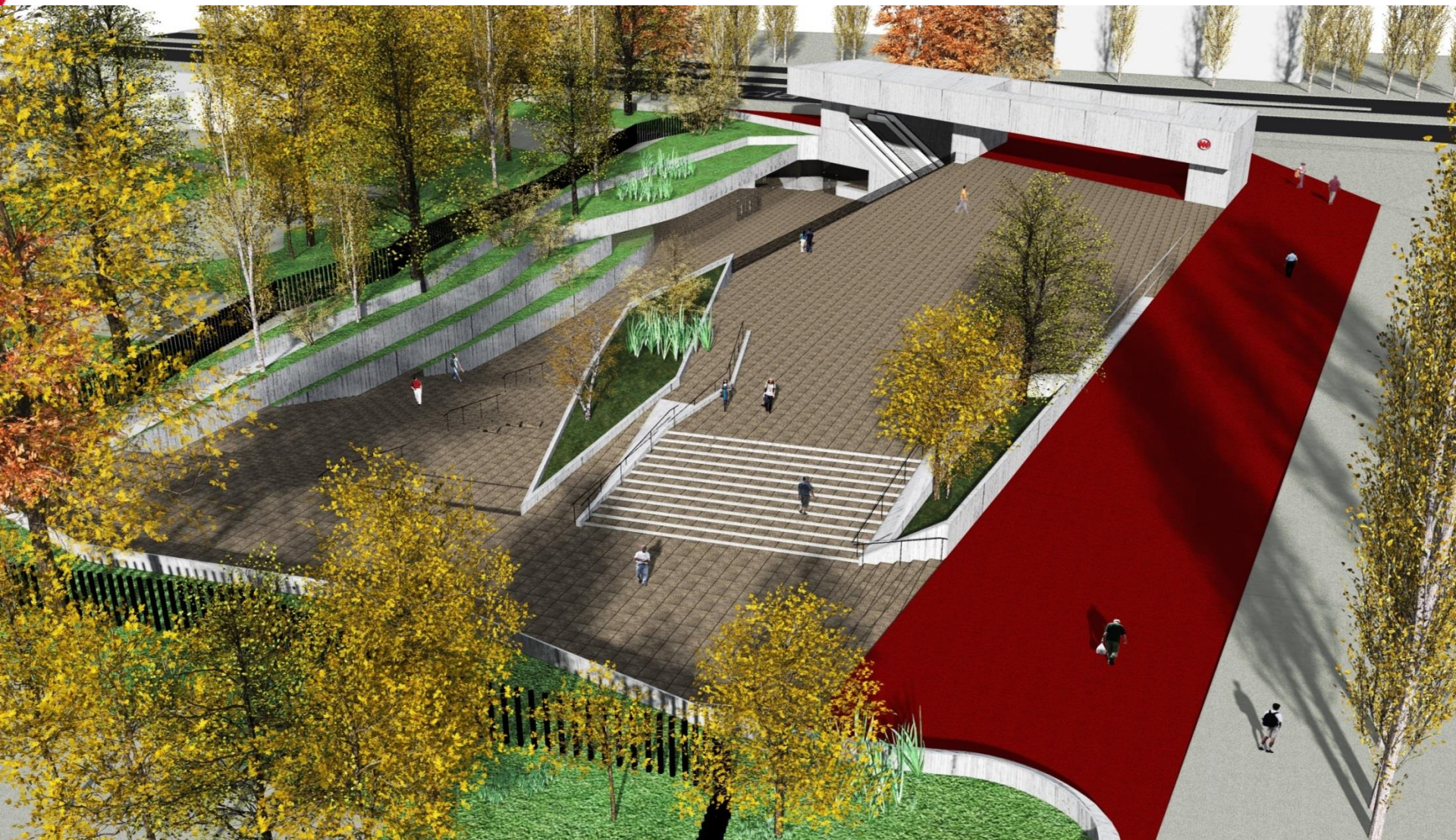


Estación Bio Bio





Estación Estadio Nacional

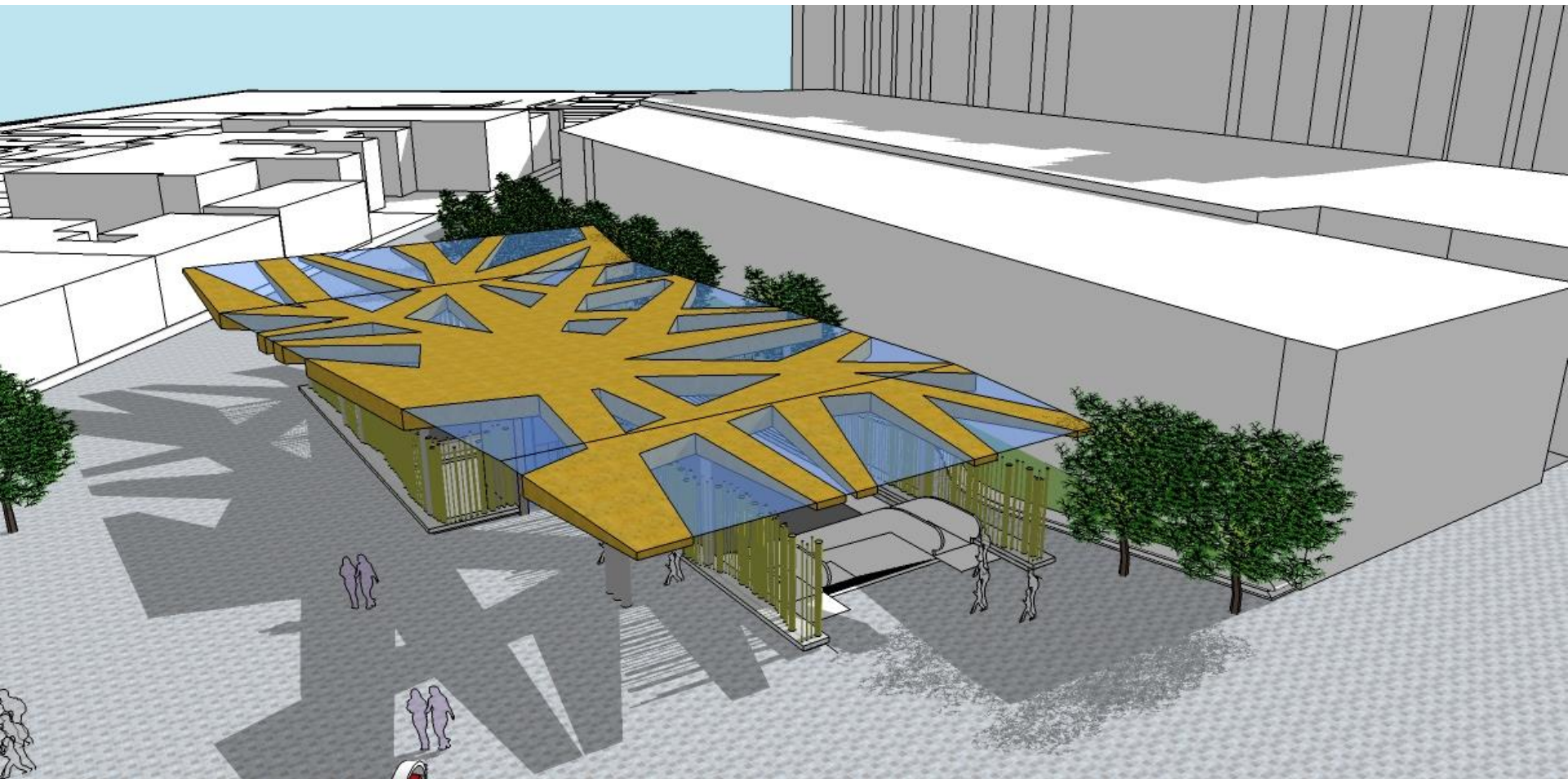




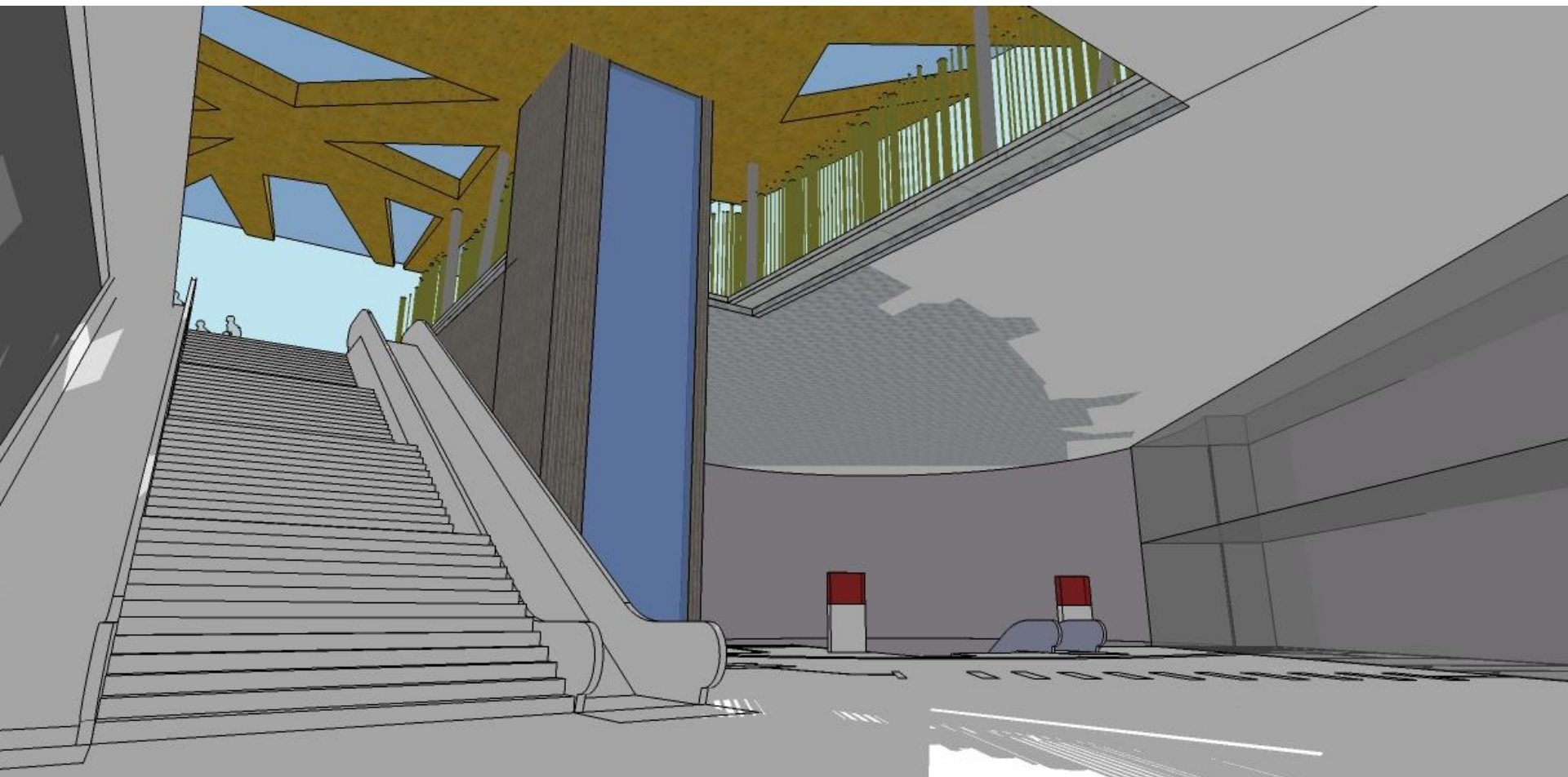
Estación Inés de Suárez















CONCHALI

Agencia de desarrollo urbano y vivienda
Tel: 021 244 1111
Fax: 021 244 1111
Email: info@conchali.cl

Servicio al cliente
Tel: 021 244 1111
Fax: 021 244 1111
Email: info@conchali.cl

Servicio al cliente
Tel: 021 244 1111
Fax: 021 244 1111
Email: info@conchali.cl

Servicios en esta estación

- Recepción
- Seguridad
- Estaciones
- Sala de espera
- Sala de información
- Servicios







Infraestructura Metro (OSD)

Edificio Estación Plaza de Armas















Trenes P63

Rodado de acero, gran capacidad y de eficiencia energética

**Evacuación
Frontal**



Conducción UTO



**Espacios
Reservados para
Movilidad
Reducida**



**Mayor
capacidad**



**Catenarias en
altura**



**Cámaras de
Seguridad
en Trenes**



**Aire
Acondicionado
en Vagones**



**Escaleras
Mecánicas y
Ascensores en
todas las
Estaciones**



**Peajes
Bidireccionales**



**Pago
Automático**



**Acceso de
Luz Natural**



Puertas de Andén



**Electrificación en
Altura**

37 Trenes de 5 coches cada uno

- ✓ 15 para L6
- ✓ 22 para L3



90 Kms de Montaje de Vías



6,7 Kms de Puertas de Andén



Equipos Electromecánicos

✓ **182 Escaleras mecánicas**



✓ **292 Puertas de barreras de control**



✓ **200 Máquinas Automáticas**



✓ **110 Ascensores**



¿Qué significa la construcción del P63?

- En total se utilizarán 709.946 m³ de hormigón. Lo que es el volumen de más de 227 piscinas olímpicas.

22

7



- En total se excavarán 3.982.017m³ de tierra. Lo que equivale al volumen de más de 2,5 Cerros Santa Lucía.

2,5



- En total se instalarán 3.955.963m² de mallas. Estos son casi 400 canchas de fútbol.

40

0



- En total se utilizarán 57.173.290 Kg de acero. Equivalentes al peso de más de 10.000 elefantes

10.00

0



AGENDA

1. Descripción proyecto
2. **Gestión del Proyecto**
3. Innovaciones en Metodología de Construcción
4. Avance Proyecto



PLAZO

COSTO

ALCANCE

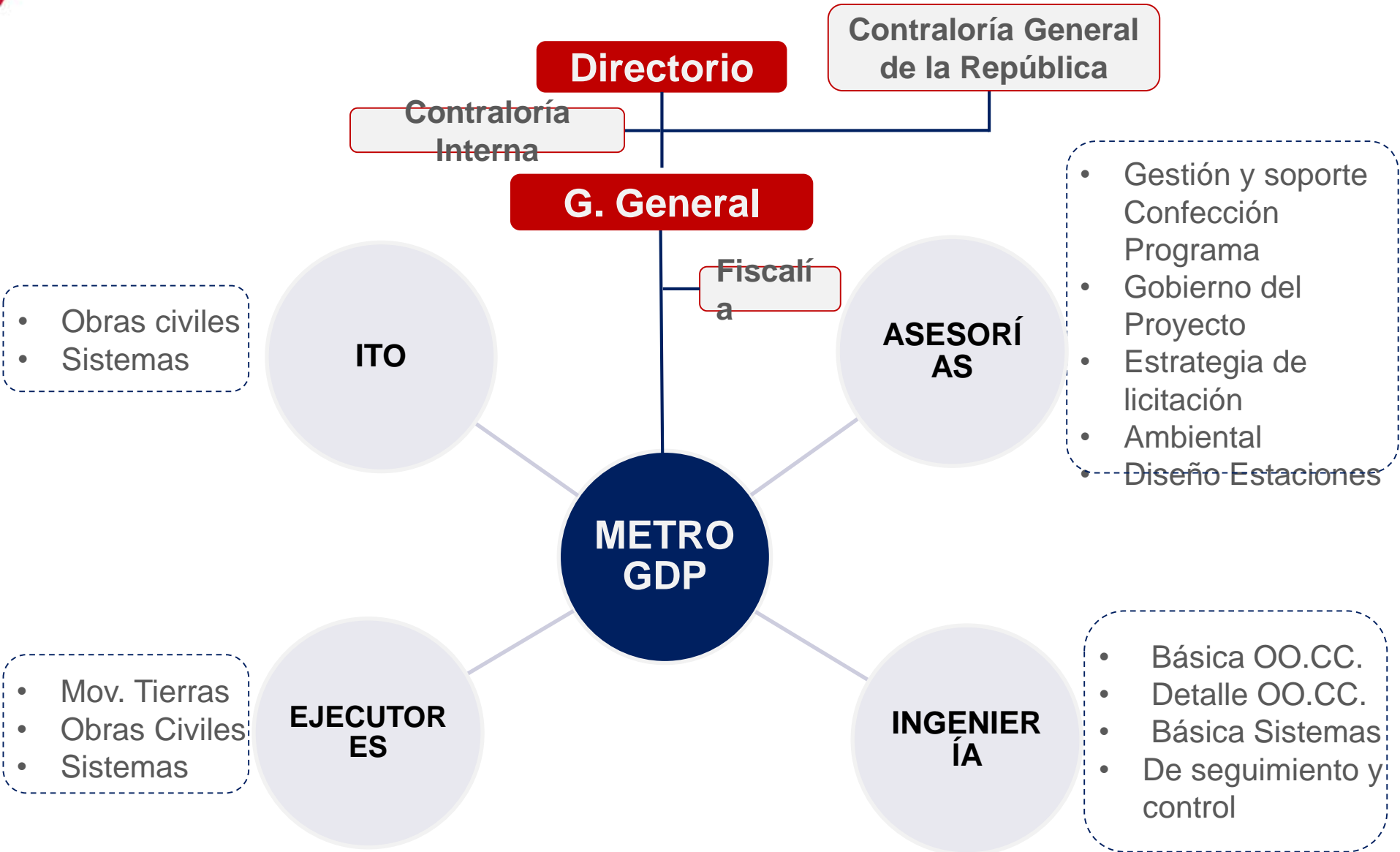
SUSTENTABILIDAD

Cada uno de estos pilares tienen sus propios indicadores y sistemas de control.





- Simultaneidad de contratistas en la etapa de OO.CC significa un desafío importante para el equipo GDP y alto riesgo.
- El inicio de la etapa de Montaje de Sistemas toma protagonismo en el cuidado de la seguridad de las faenas.
- Focalizar la preocupación, el autocuidado y dar el ejemplo a nuevos contratistas de sistemas.





Gerente Corporativo de Desarrollo de
Proyectos
Jaime Adasme



Gcia. Línea 3
Edgardo Salazar



Gcia. de Ingeniería, Obras
Civiles y Arquitectura
Héctor González



Gcia. Línea 6
Osvaldo Cortés



Sgcia. Contratos y
Gestión de Proyectos
Antonio Alarcón



Sgcia. Sistemas, Trenes y
Equipos
Carlos Ríos

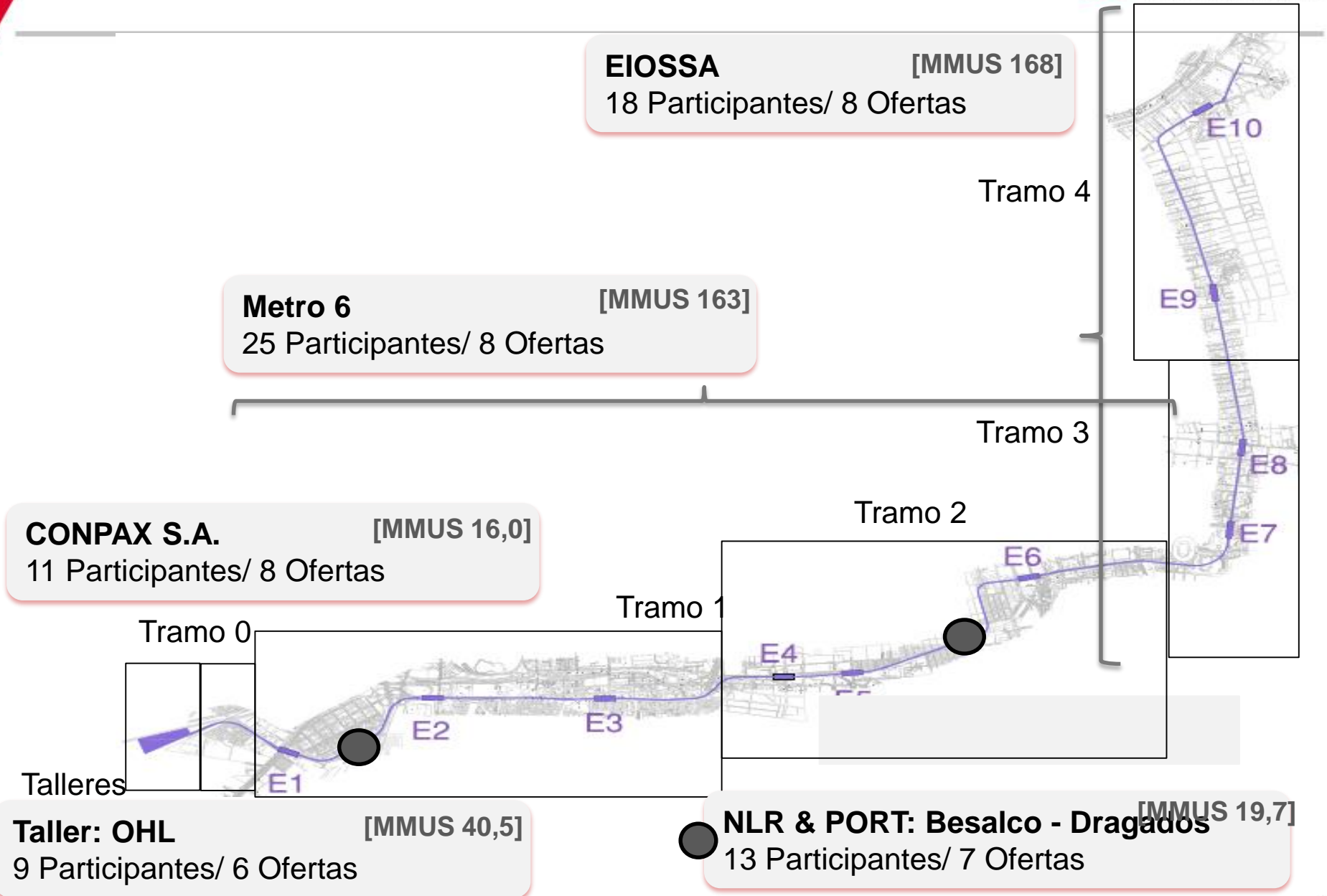


Sgcia.
Programación de
Proyectos
Ximena Schultz



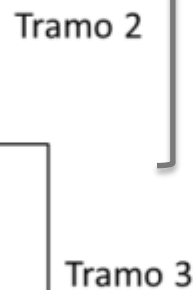
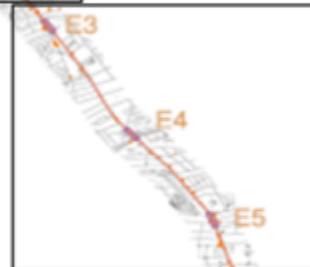
Aumentar los oferentes y la competitividad técnica y económica de las ofertas

Licitación Obras Civiles Línea 6



Taller: Besalco Dragados [MMUS 48,4]

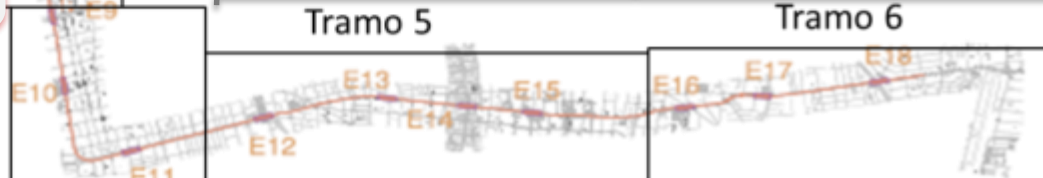
13 Participantes/ 4 Ofertas



Corsan Corviam Copasa [MMUS 92,4]

19 Participantes/ 6 Ofertas

Tramo 4



Ferrovial Agroman [MMUS 91,2]

19 Participantes/ 8 Ofertas

OHL [MMUS 43,2]

22 Participantes/ 9 Ofertas

Acciona – Brotec – Icafa [MMUS 105]

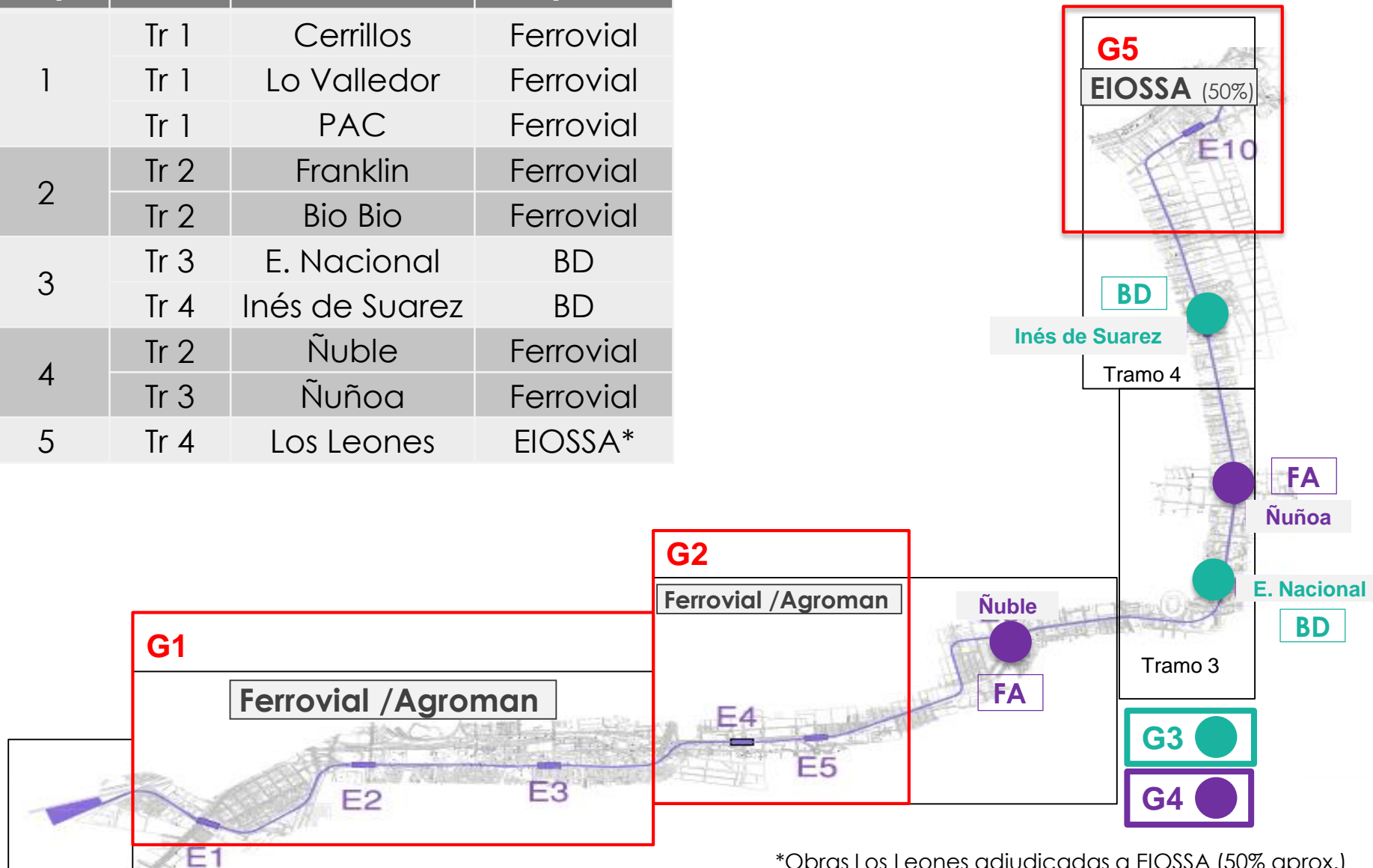
14 Participantes/ 8 Ofertas

OHL [MMUS 159,3]

18 Participantes/ 9
Ofertas

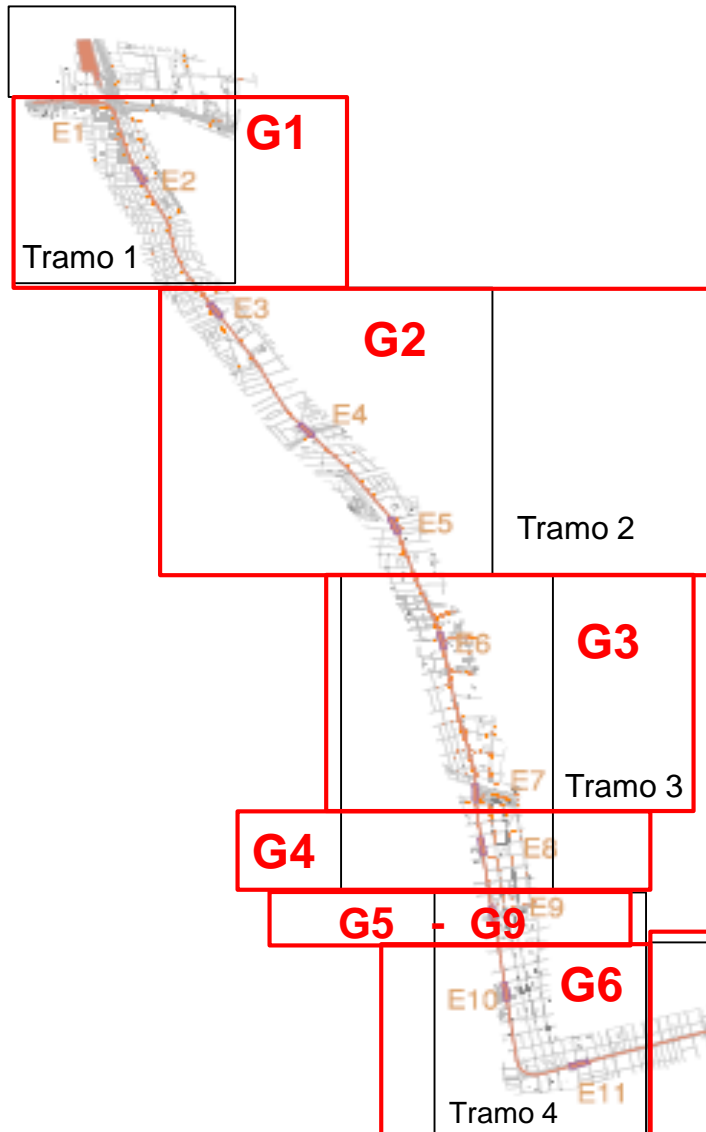
Licitación Estaciones L6

Grupo	Tramo	Estación	Empresa
1	Tr 1	Cerrillos	Ferrovial
	Tr 1	Lo Valledor	Ferrovial
	Tr 1	PAC	Ferrovial
2	Tr 2	Franklin	Ferrovial
	Tr 2	Bio Bio	Ferrovial
3	Tr 3	E. Nacional	BD
	Tr 4	Inés de Suarez	BD
4	Tr 2	Ñuble	Ferrovial
	Tr 3	Ñuñoa	Ferrovial
5	Tr 4	Los Leones	EIOSSA*



*Obras Los Leones adjudicadas a EIOSSA (50% aprox.)

Licitación Estaciones L3



Grupo	Tramo	Estación
1	Tr 1	Los Libertadores
	Tr 1	Cardenal Caro
2	Tr 2	Vivaceta
	Tr 2	Conchalí
	Tr 2	Plaza Chacabuco
3	Tr 3	Hospitales
	Tr 3	Cal y Canto
4	Tr 4	Plaza de Armas
5	Tr 4	U. De Chile
9	Tr 4	Ahumada Prat (L1)
6	Tr 4	Parque Almagro
	Tr 4	Matta
7	Tr 5	Irarrázaval
	Tr 5	Monseñor Eyzaguirre
	Tr 5	Chile España
8	Tr 6	Diagonal Oriente
	Tr 6	Plaza Egaña
	Tr 6	Fernando Castillo Velasco

SISTEMAS EN PAQUETES



Material Rodante y CBTC [MMUS 357,6]
Consorcio CAF – THALES
13 Participantes/ 5 Ofertas



Sistema de Vías y Catenarias [MMUS 155,7]
ETF-Colas Rail Consorcio
22 Participantes/ 3 Ofertas



Sistema Comunicaciones [MMUS 36,6]
Consorcio SICE / HYTERA
30 Participantes/ 7 Ofertas



Equipos Electromecánicos [MMUS 38,1]
Thyssenkrupp Elevadore
7 Participantes/ 4 Ofertas

SISTEMAS INDIVIDUALES



Sistema Eléctrico [MMUS 73,7]
Consorcio Abengoa - Inabensa Chile
14 Participantes/ 6 Ofertas



Sistema Puertas de Andén [MMUS 51,9]
Consorcio FAIVELEY / SOMETEC
12 Participantes/ 3 Ofertas



Sistema Comando Centralizado [MMUS 15,2]
**Consorcio CAF-SIGNALLING-
SYNAPSIS**
11 Participantes/ 3 Ofertas



Ventilación Forzada [MMUS 28,4]
Soler y Palau S.A.
13 Participantes/ 7 Ofertas



Peajes + Máq. Auto
Llamado Licitación Septiembre 2014

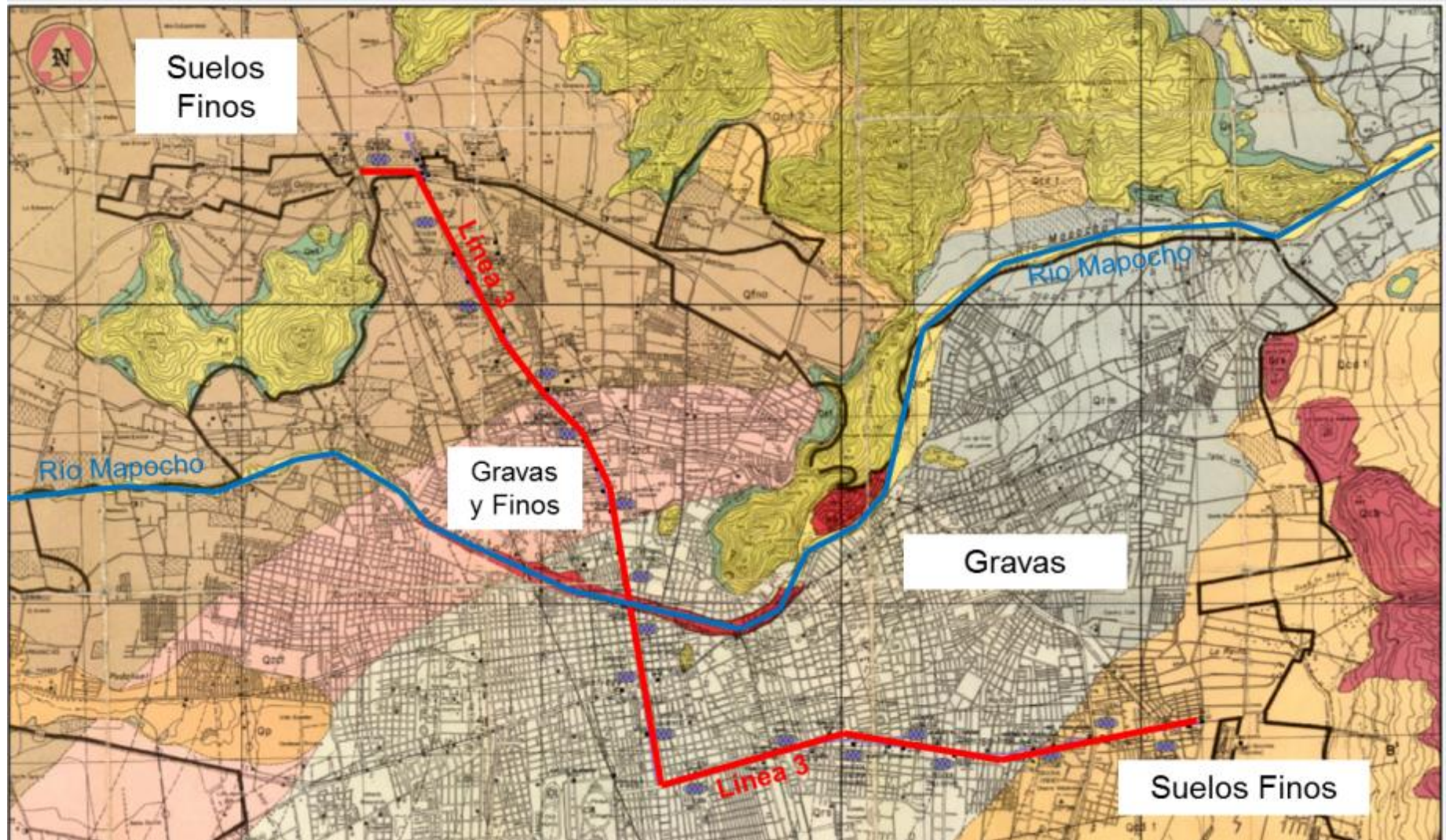
AGENDA

1. Descripción proyecto
2. Gestión del Proyecto
3. **Innovaciones en Metodología de Construcción**
4. Avance Proyecto

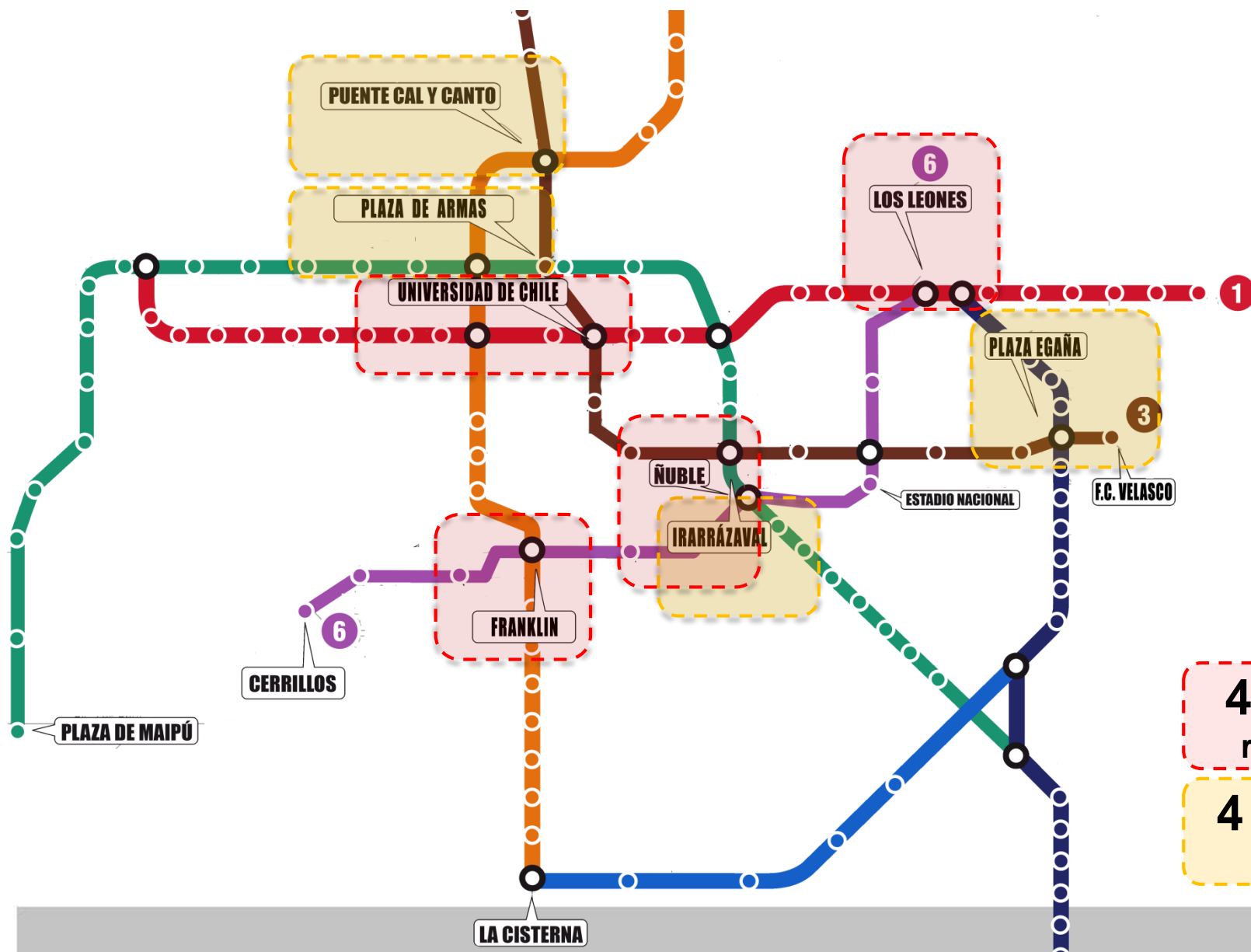


Carta Geológica de Santiago

Referencia L3



Atraviesos Líneas en Operación



**4 Cruces ya
realizados**

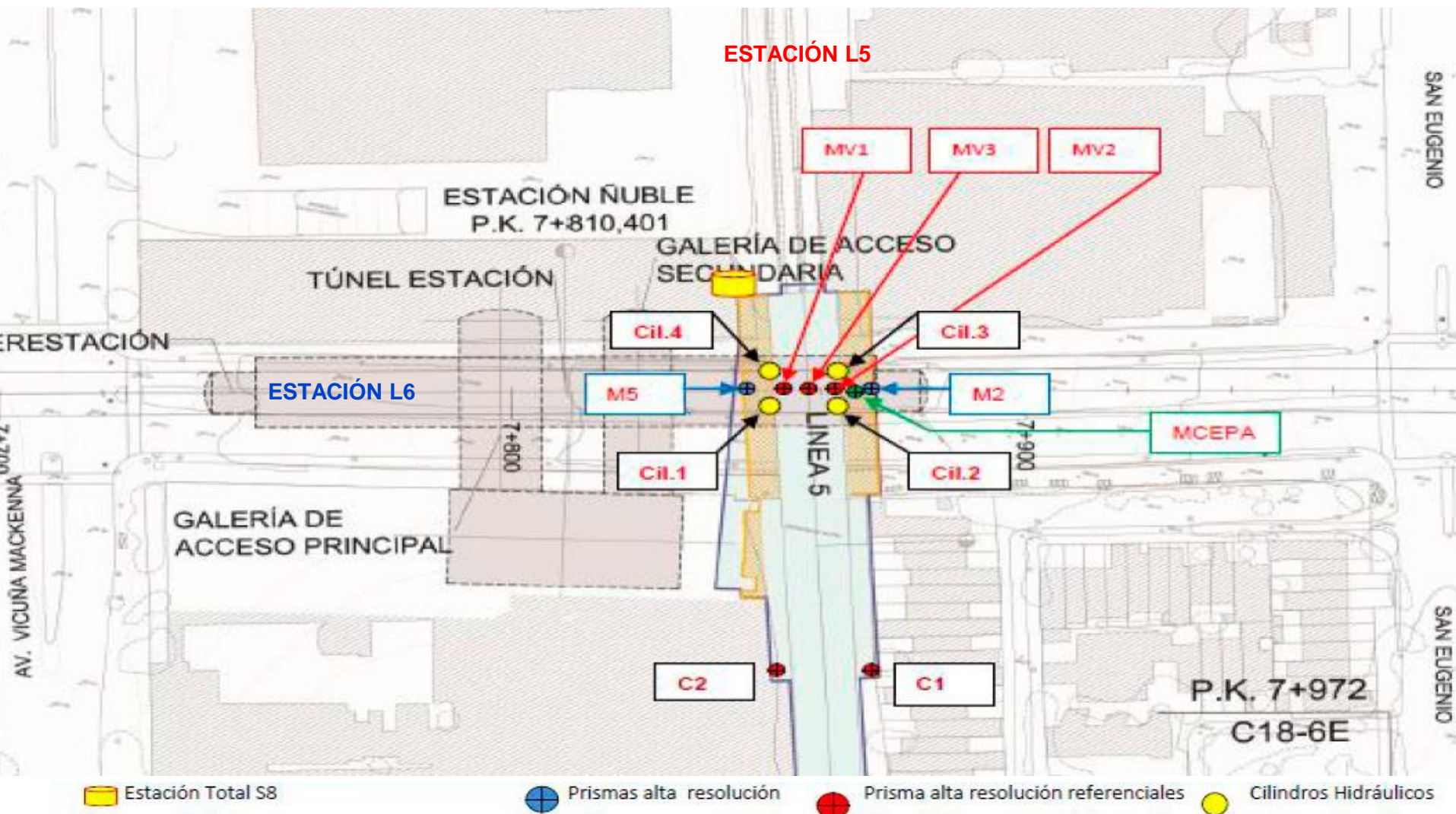
**4 Cruces por
realizar**

Estación Los Leones y alrededores

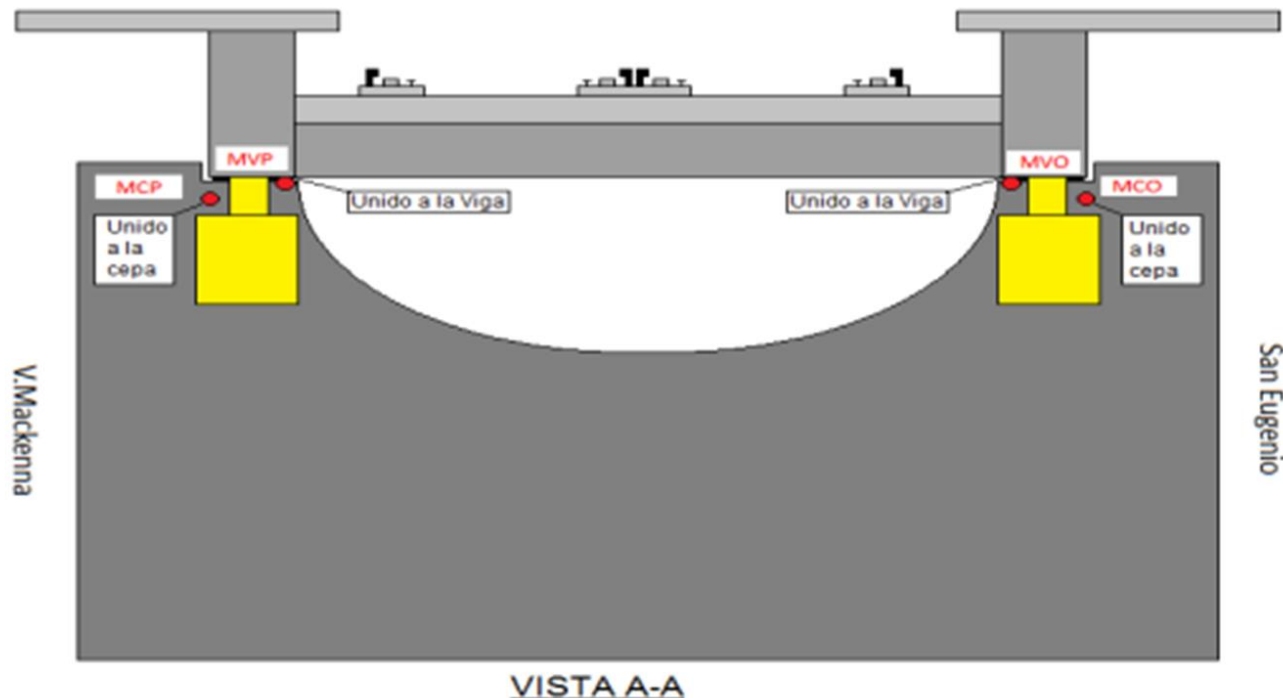




- Inicio Mediciones: Junio 2015



- Se requiere socalar Puente L5 asegurando la continua operación de la Red.
- Controlar deformaciones en puente L5, con objetivo de levante step-step de 3mm – 5mm. ($<14\text{mm}$).
- Compensación de descensos en cepa mediante laines entre puente y cepa.





Inicio de obra - Cierre



Construcción pique



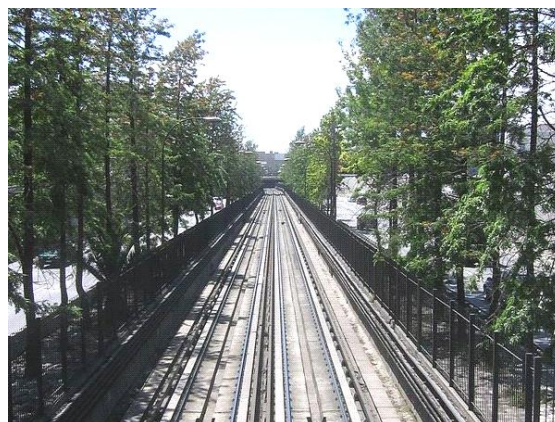
Construcción Galería



Construcción túnel

1969-1980

■ L1 y L2 Excavación en trinchera y cierre posterior



1969-1980

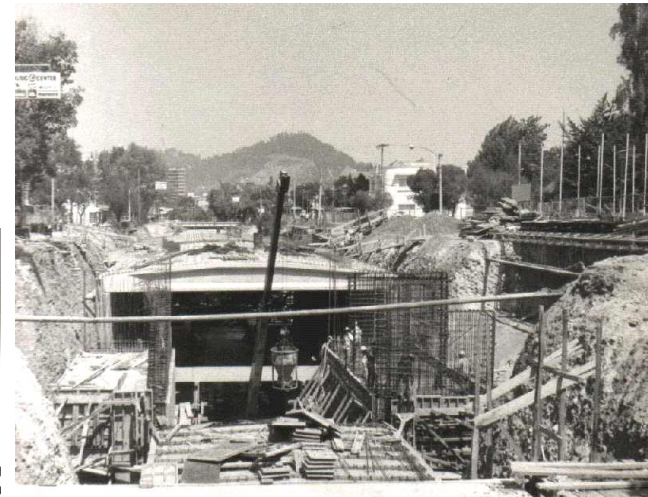
■ L1 y L2 Excavación en trinchera y cierre posterior

Vigas y losa de
cubierta

Mesanina

Andén

EXCAVACIÓN CON TALUDES



Túnel Estación

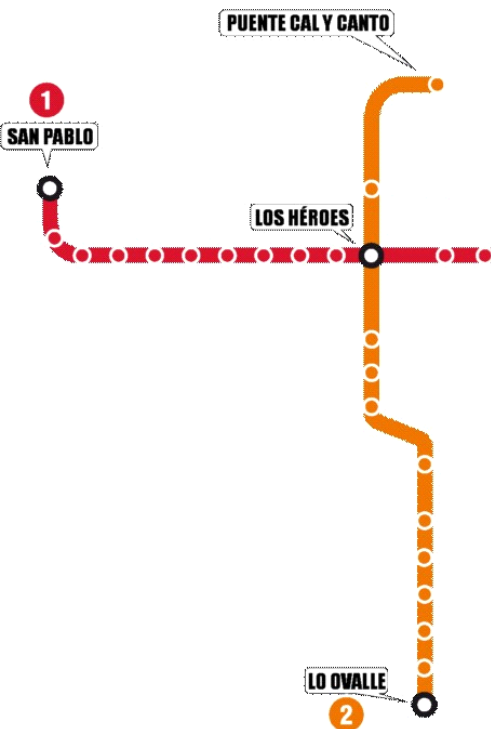


Túnel Interestación

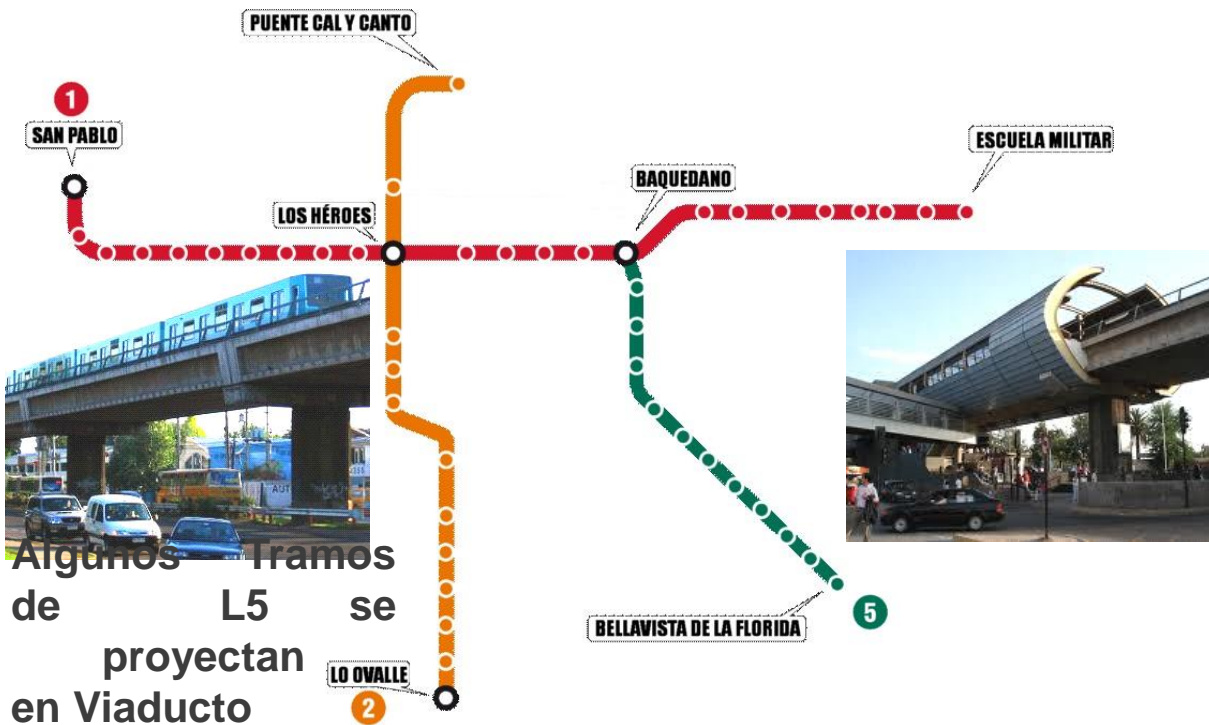
1984-1987

- **Ext L2** Se mantiene excavación en trinchera y cierre

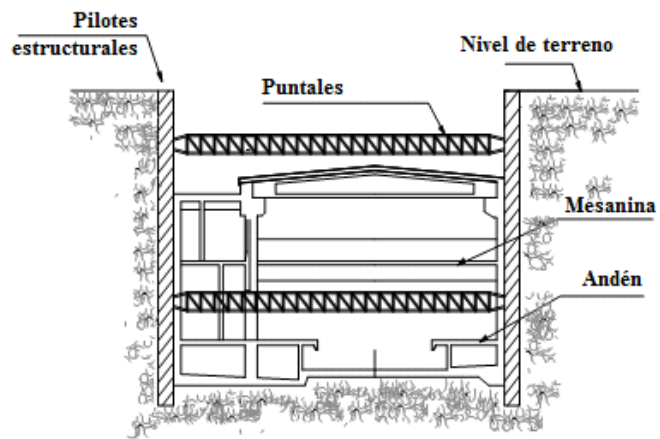
Algunos Tramos de
ExtL2 se proyectan en
Trinchera Abierta



- **Ext L2** Se mantiene excavación en trinchera y cierre pero incorporando pilotes y puntales. En Túnel Interestación (TI) comienzan las primeras experiencias con New Austrian Tunnelling Method (NATM)



1993 - 1997



ENTIBACIÓN CON PILOTES Y PUNTALES



1993 -1997

- **L5 Se ejecuta el primer tramo de Túnel Interestación con NATM bajo un sector del Parque Bustamante.**



1993 -1997

- **L5 Sostenimientos TI con Hormigón Proyectado y Revestimientos TI con Hormigón Moldeado en Banco y Hormigón Proyectado en Bóveda**

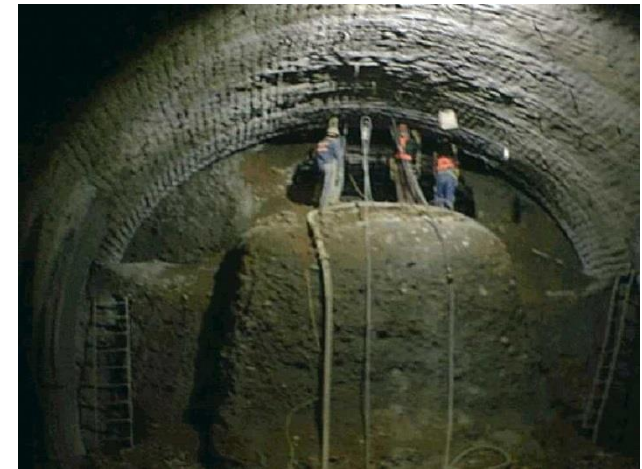
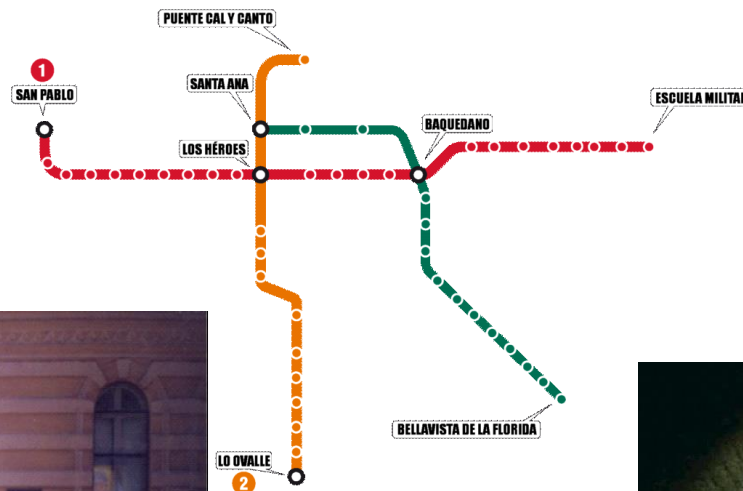


1993 - 1997

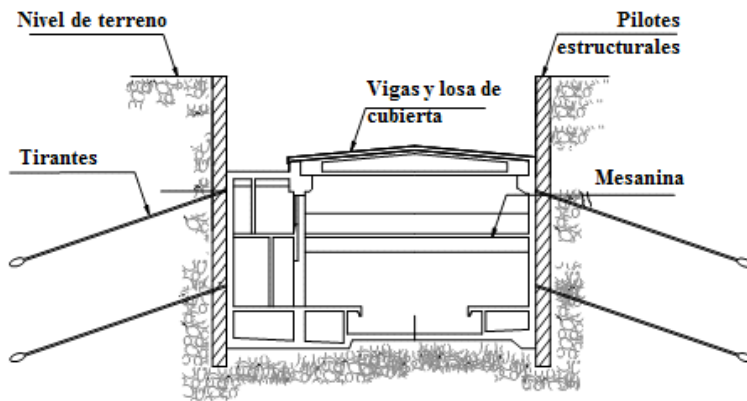
- **L5 Se ejecuta el primer cruce de una nueva línea bajo una línea en operación (L1)**



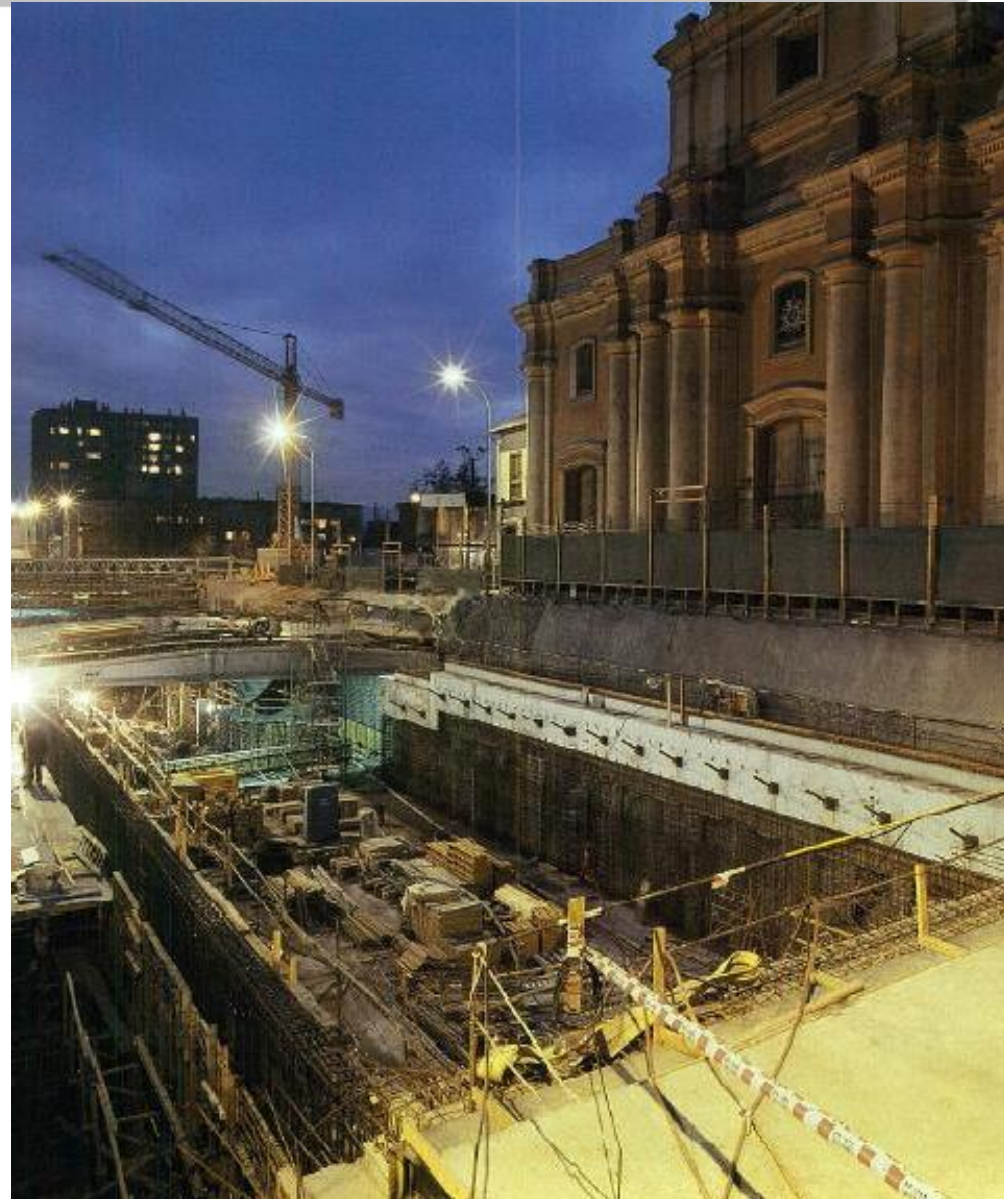
- Ext L5 a Santa Ana por Centro Histórico de Santiago. En Estaciones se mantiene excavación con pilotes, aunque ahora con anclajes, además de socialzados cuando procede y losas previas si es factible. Ahora todos los TI se ejecutan con el NATM



- **Ext L5** Esquema Típico de Excavación con Pilotes y Anclajes en Santa Ana



ENTIBACIÓN CON PILOTES Y ANCLAJES



1998 - 2000

- **Ext L5 En Plaza de Armas se Socialzan los Edificios Históricos**



1998 - 2000

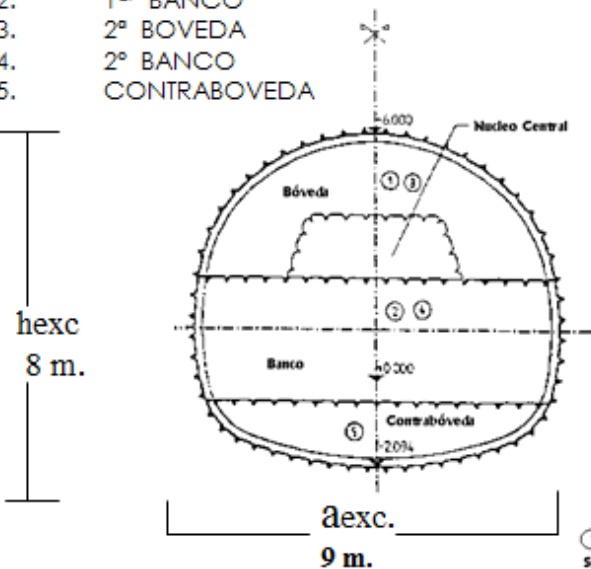
- **Ext L5** **En Estación Bellas Artes se ejecuta una Losa Previa**



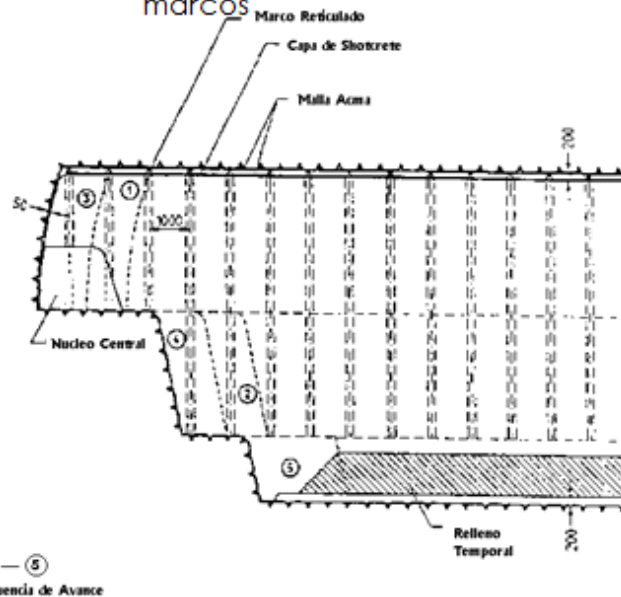
- Ext L5 Debido a su paso bajo el Centro Histórico los TI se excavan con **Bóveda y Banco desfasados** y todos se ejecutan con **Contrabóveda**

SECUENCIA EXCAVACIÓN TUNELES CICLO ESTANDAR:

1. 1º BOVEDA
2. 1º BANCO
3. 2º BOVEDA
4. 2º BANCO
5. CONTRABOVEDA



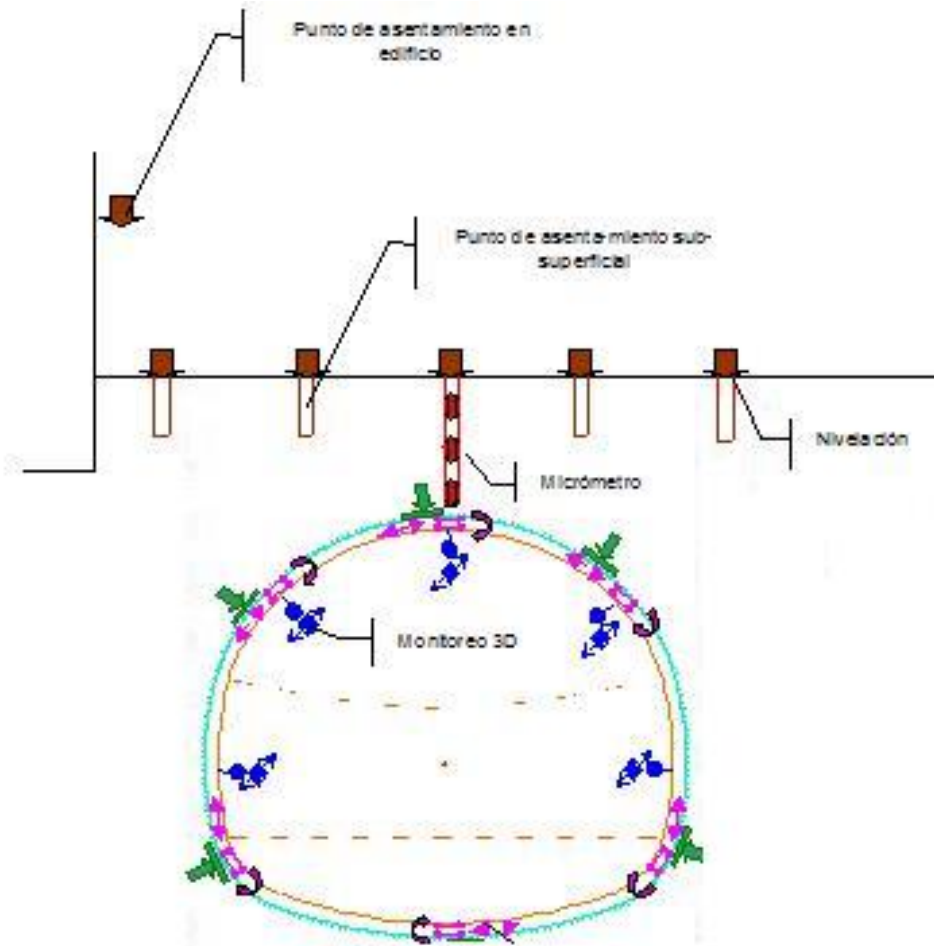
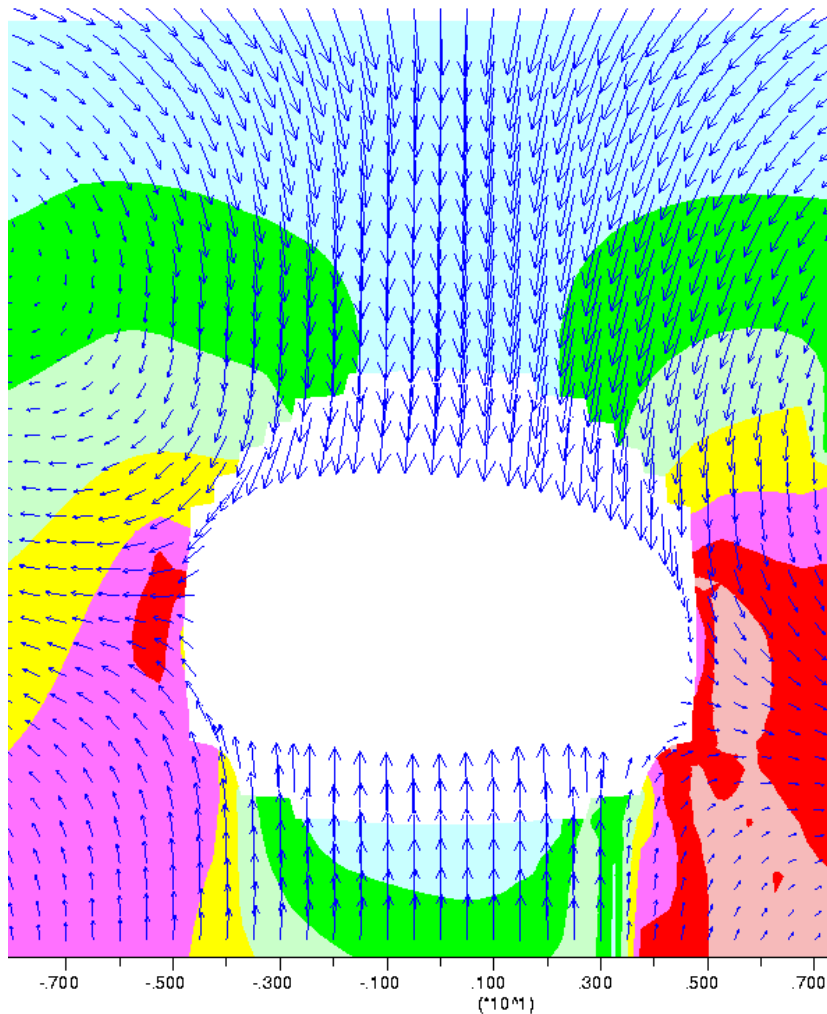
En general, 1 m. de distancia entre marcos



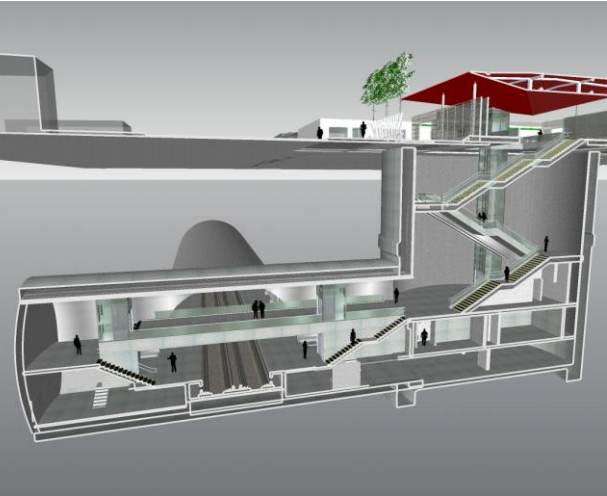
- **Ext L5 Sostenimientos TI con Hormigón Proyectado
Revestimientos TI con Hormigón Moldeado**



- **L5 El NATM demanda el uso de software de diseño geotécnico y el control de deformaciones de nuestras obras y su entorno**



- Las Estaciones comienza a ejecutarse con el NATM
- Los Revestimientos de TI y de Estaciones se ejecutan íntegramente con Hormigón Proyectado





- Hacia el 2007 se excavan las primeras Galerías de Acceso a Bóveda Completa



- El hormigón proyectado evoluciona de Vía Seca a Vía Húmeda, pasando por la Vía Semi Húmeda

Vía Seca



Vía Semi Húmeda



Vía Húmeda



Para las Líneas 3 y 6 en actual ejecución, se estableció en las bases que todo el hormigón proyectado debía ser por vía húmeda.

- **L3 y L6 Los Tl comienzan a excavarse sin Contrafuerte Temporal**



■ L3 y L6 Sostenimiento y Revestimiento en Túneles Interestación

Los diseños de túneles interestación consideran ahora sólo una malla en el Sostenimiento



El Revestimiento se considera a no más de 50 m de la frente.
(Los rendimientos de TI se contabilizan con Revestimiento terminado)

■ L3 y L6 Contrabóvedas en Túneles Interestación

En algunos tipos de suelos finos el diseño de los túneles interestación con contrabóveda permite avanzar con una herradura inicial y una contrabóveda de menor sección y curvatura

Además, se permite una mayor retraso de la contrabóveda respecto de la frente llegando hasta 40 m

Las capacidades de soporte del suelo se verifican con ensayos de Placa de Carga in situ



- **L6 Nuevas Secuencias Constructivas en Galerías de Acceso y Túneles Estación**

El diseño de L6 considera primeramente la excavación de toda la bóveda con un muro temporal y luego, el banco y contrabóveda a sección completa



- **L3 Túnel Estación de Universidad de Chile se está construyendo desde los túneles interestación**

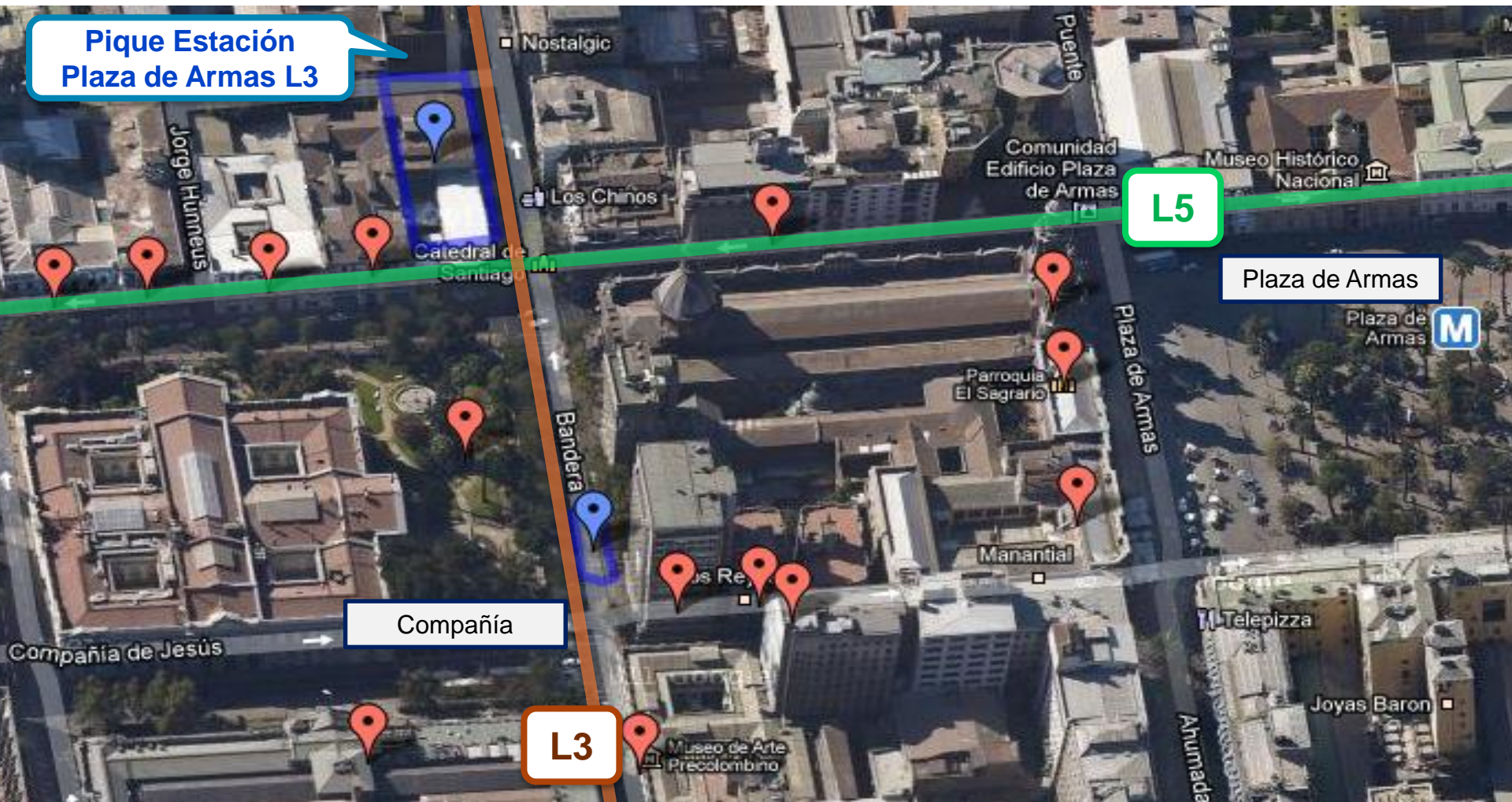


Con esta metodología se alcanzaron rendimientos máximos de alcanzados de 6m/d en excavación de túnel interestación

- **L3 Cruce de T.E. U de Chile bajo L1 Control de deformaciones de L1 con dispositivos electromecánicos (MEM) e inclinómetros electromecánicos para las edificaciones cercanas**



- L3 Paso de Eje Línea por Sector Patrimonial, lo que exige un exhaustivo control de deformaciones



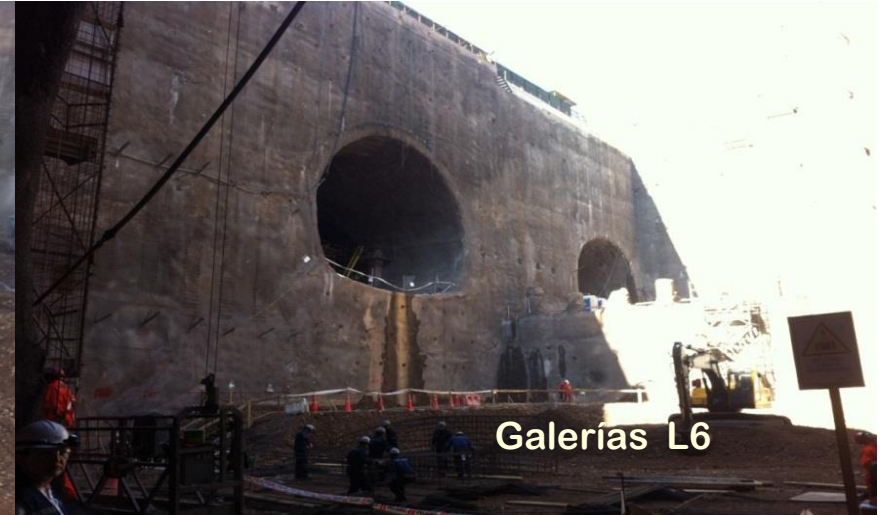
- **L6 Pique Los Leones se construye bajo Losa Previa con el objeto de no afectar calle Suecia**



- **L6 Túnel Estación Los Leones se construye con Galerías de Cimentación para limitar deformaciones**



- **L3 y L6 Estación de Combinación: Construcción simultánea de ambas Galerías y Túneles Estación**



- Se consolida el uso intensivo de maquinaria como actor principal



- Los avances del NATM han transformado el retiro de la Marina en una actividad crítica



- **Se ha consolidado la proyección robotizada del Shotcrete**



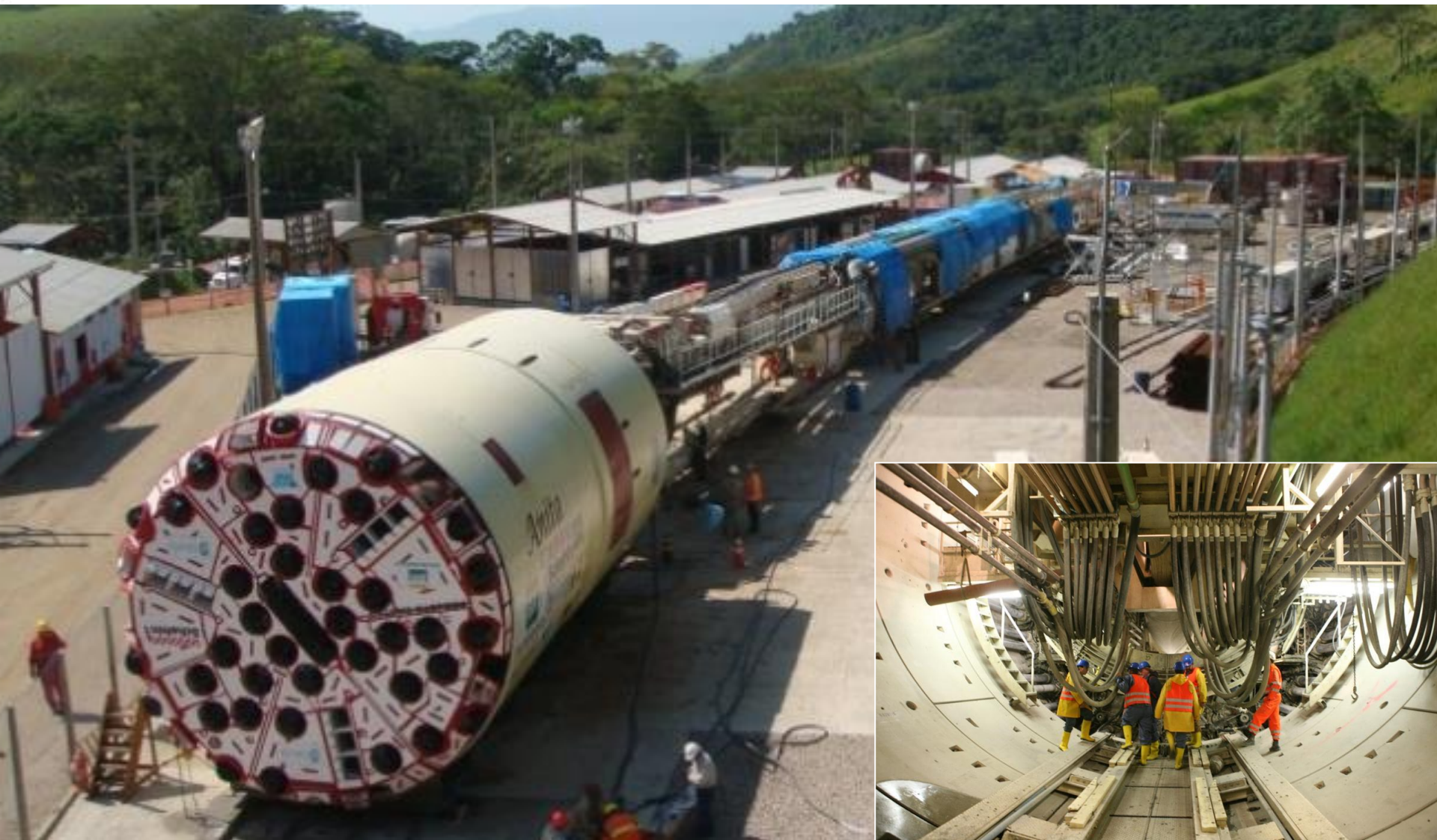
En las futuras Líneas de Metro, la proyección robotizada del Shotcrete será el procedimiento estándar



- Sostenimientos se ejecutaban en 2 capas y revestimiento final se ejecutaba una vez terminado el sostenimiento. Los pases de excavación eran de hasta 1,2 m y típicamente la bóveda iba desfasada del banco. Además, la frente llevaba un contrafuerte temporal
- El promedio de rendimientos en sección herradura, sólo en sostenimiento, era del orden de 2 m / día, con máximos sostenidos de hasta 3 m/día y puntuales de 4 m/día
- En secciones con contrabóveda el rendimiento promedio bajaba a un orden de 1,5 m /día



Próximos desafíos: ¿ Competencia o Complemento con el NATM ?



Próximos desafíos: ¿ Competencia o Complemento con el NATM ?

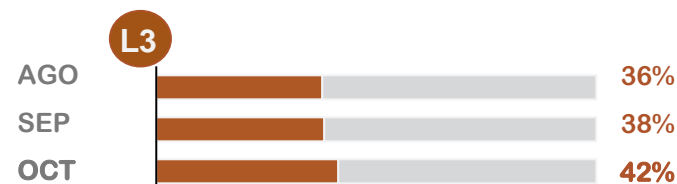
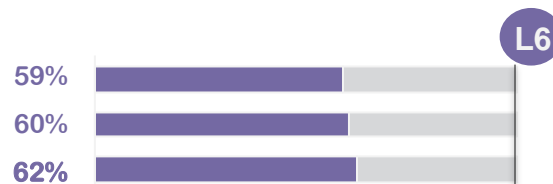


AGENDA

1. Descripción proyecto
2. Gestión del Proyecto
3. Innovaciones en Metodología de Construcción
4. **Avance Proyecto**



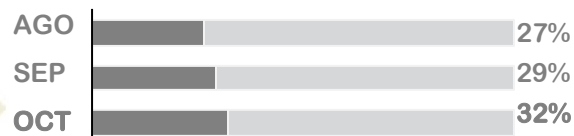
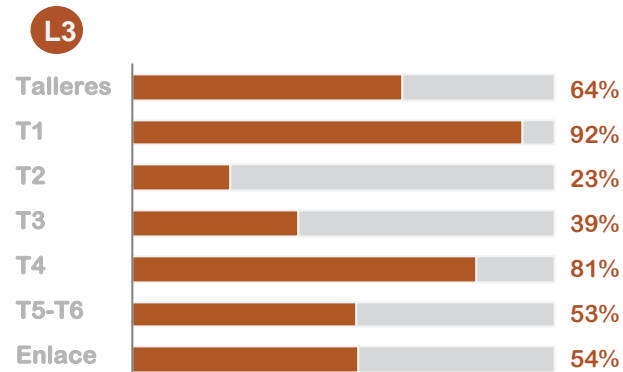
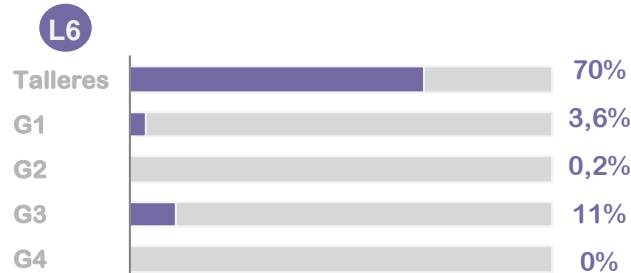
AVANCE FÍSICO



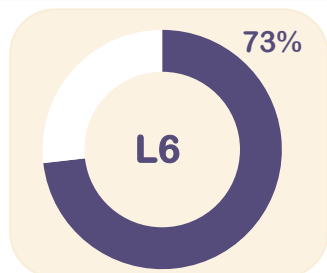
0
L6



0
L3



RESUMEN AVANCE OCCC



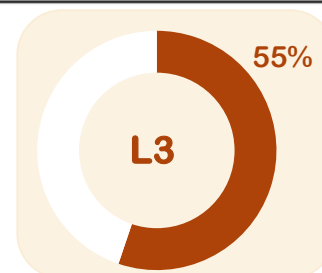
15,3 Km de túnel excavado

98% de túneles estación ejecutados

5 Estaciones en ejecución

90% Estaciones adjudicadas

26 Noviembre 2015 último encuentro de túneles L6



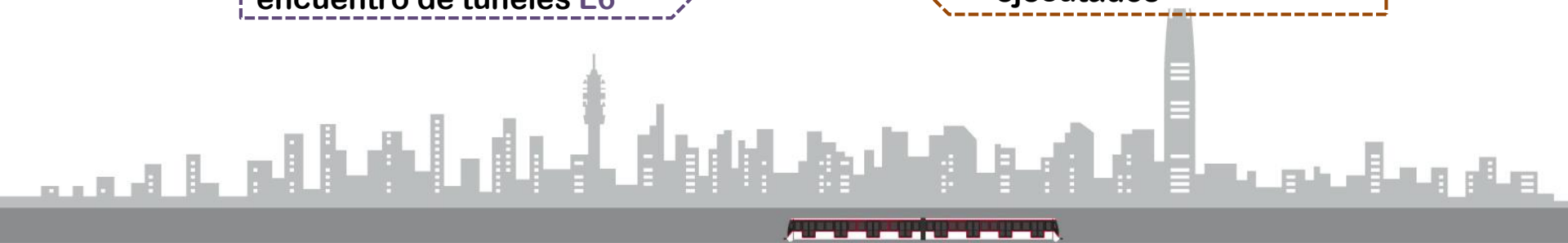
17,1 Km de túnel excavado

4,5 Km de túnel continuo sector sur

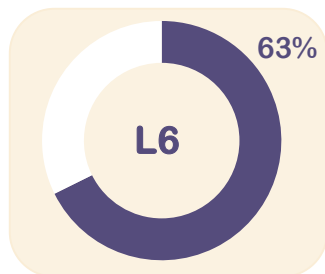
2,9 Km de túnel continuo sector norte

71% de los túneles estación ejecutados

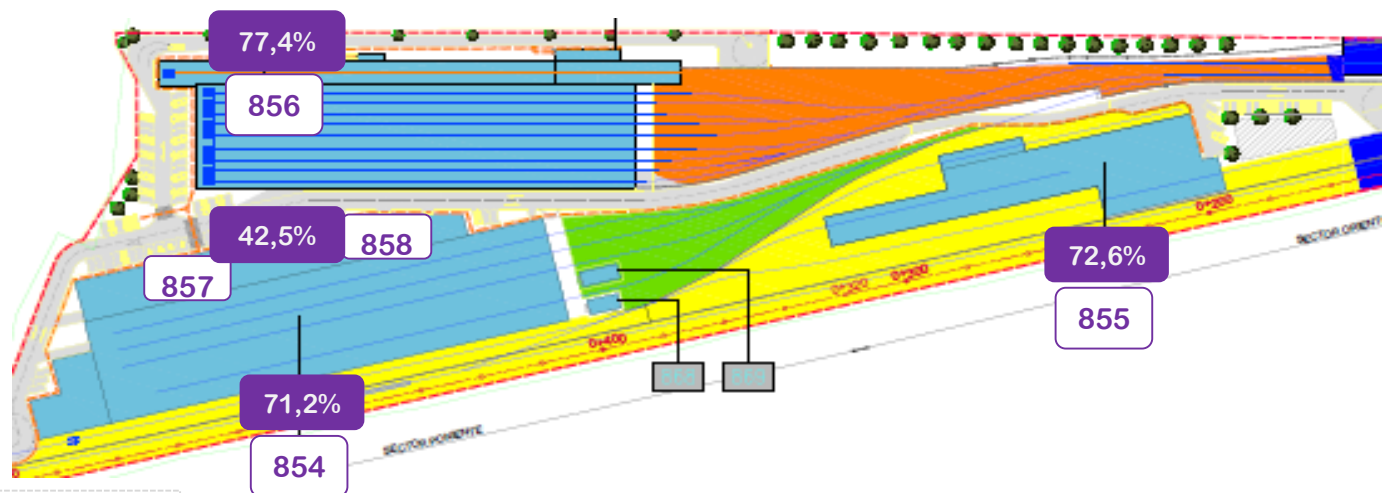
11 encuentros de túneles ejecutados



TALLER LÍNEA 6



**1.000 ton de
estruct. metálicas**



854: Rep. Menor. y Foso

855: Taller Mantenimiento

856: Cochera y Nave de Lavado

857 – 858: Administración y SER/SAF











26/10/2015 16:51



Leyenda

- █ Metros Excavados
- █ Metros Faltantes
- DD/MM/AA Fecha Proyectada Encuentro Túneles

- X% Avance Real Estación
- Y% Avance Real Mesanina

- Estación en Ejecución
- Estación Adjudicada
- Estación en Negociación

Radier Ejecutado



2015 09 25







26/10/2015 16:51



Leyenda

- Metros Excavados
- Metros Faltantes
- DD/MM/AA Fecha Proyectada Encuentro Túneles

- X% Avance Real Estación
- Y% Avance Real Mesanina

- Estación en Ejecución
- Estación Adjudicada
- Estación en Negociación





08/09/2015



Pique de Construcción Portugal
PK 7+002.170



Pique de Construcción Marathon
PK 8+875.816

PK 5+323.850
TRAMO 2a, TRAMO 1b

ESTACION BIO BIO
PK 5+748.036

Pique de Construcción Carmen
PK 6+458.779

ESTACION NUBLIN LINEA 6
PK 5+141.267

TRAMO 2a, TRAMO 1b



30/10/2015 15:29







Construcción
San Cortés
1+592.140

ESTACION ÑUÑO A
LINEA 6
PK 10+740.763

0%

86%

Pique de Construcción
Crescente Errazuriz
PK 10+315.735

Pique de Construcción
San Eugenio
PK 0+860.000

PK 8+075,400

TRAMO 2b TRAMO 3

291m

Pique de Construcción
Marathon
PK 8+875.816

ESTACION
ESTADIO NACIONAL
PK 9+839.214

1%

84%

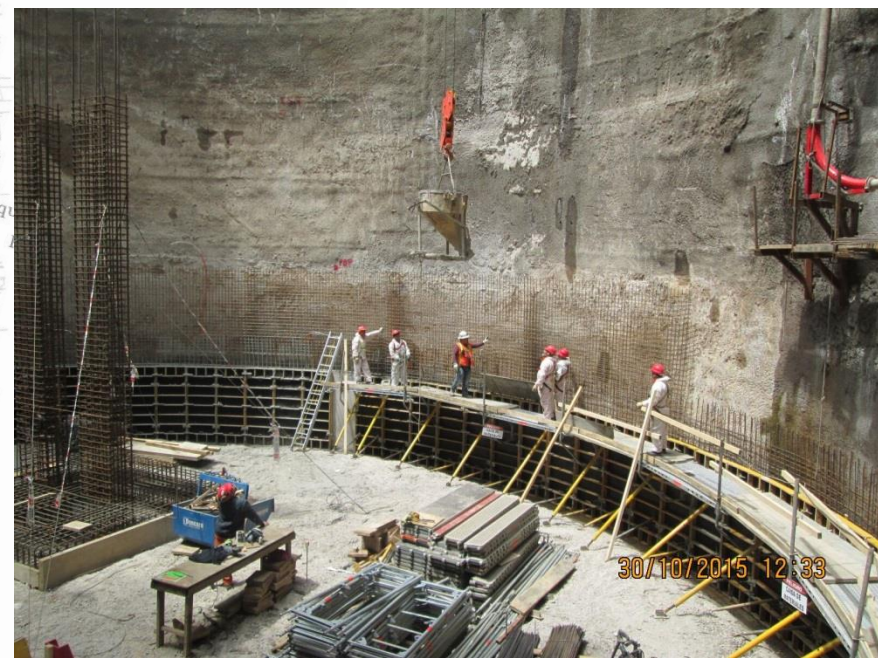
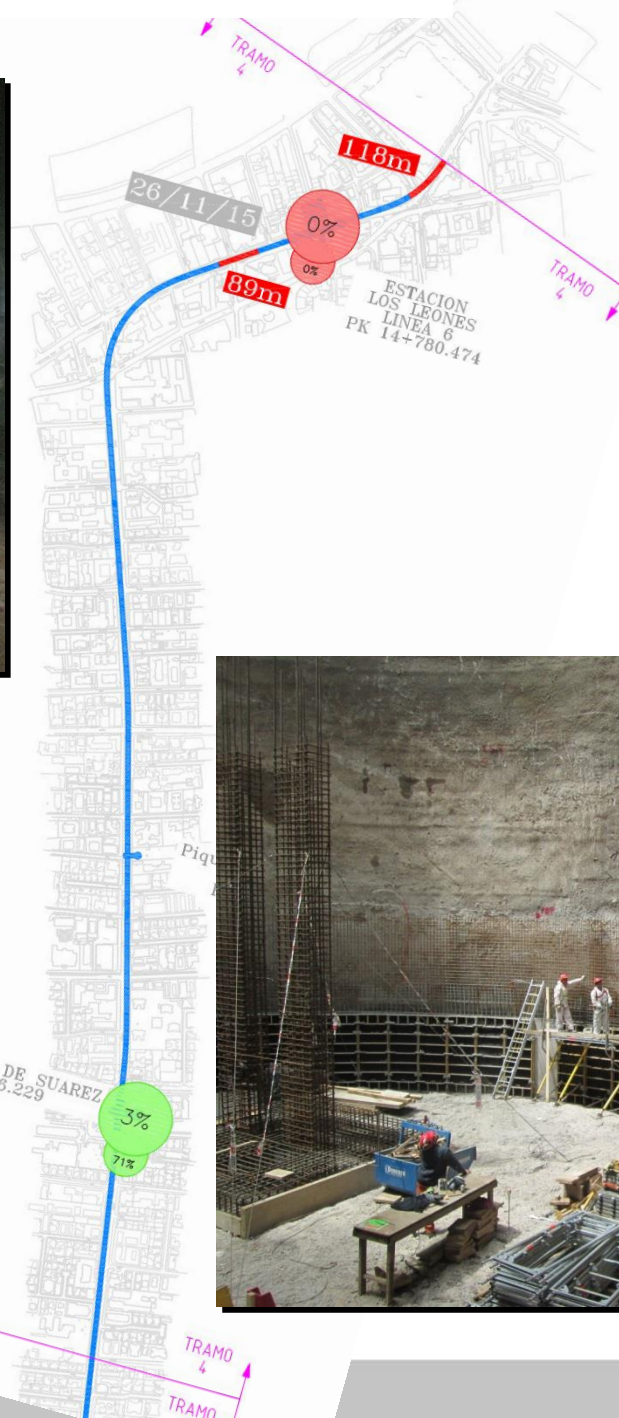


0%
0%

9m

ESTACION

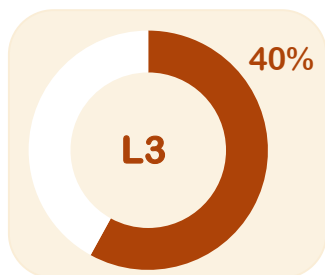








TALLER LÍNEA 3



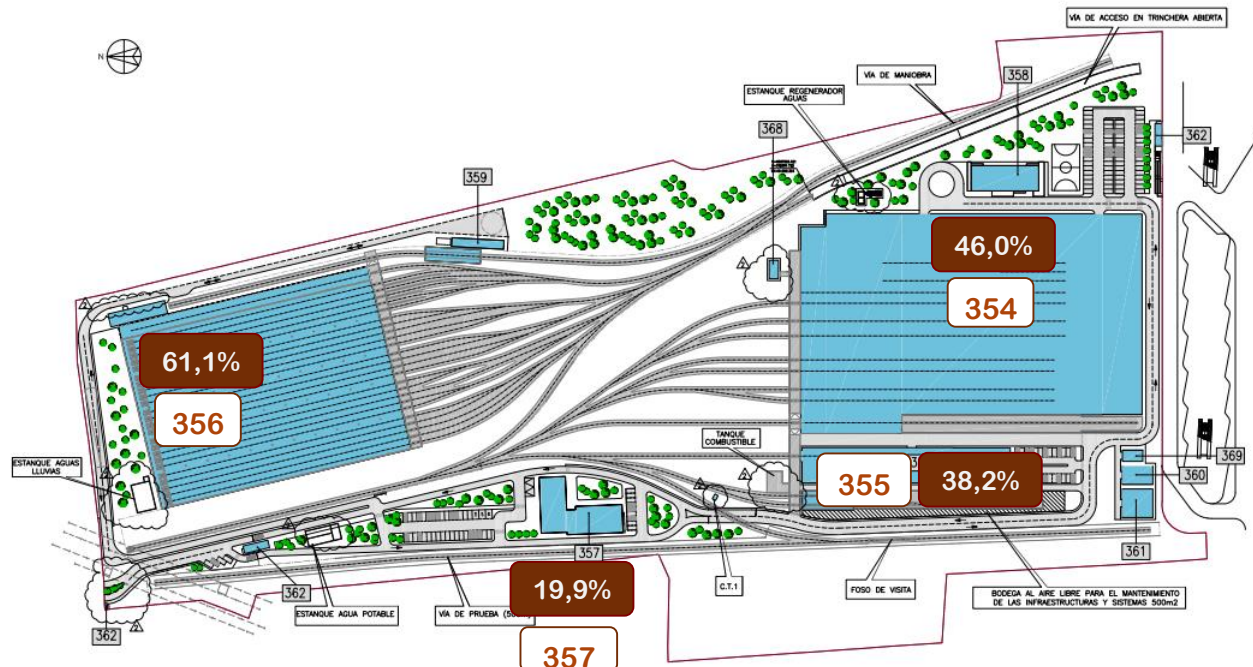
2.000 ton de estruct. metálicas

354: Rep. Menor. Gran Rev. y Foso

355: Taller Mantenimiento

356: Cochera y Nave de Lavado

357: Administración y Servicios





Cocheras L3

Pique	Total Acumulado Metros Equivalentes	Avance Real
Talleres	-	31,7%
Pique Cola de Maniobras	669	93,8%
Estación Los Libertadores	318	59,8%
Pique Granada	917	91,3%



Pique	Total Acumulado Metros Equivalentes	Avance Real
Estación Cardenal Caro	420	82,3%
Pique El Cortijo	981	84,2%









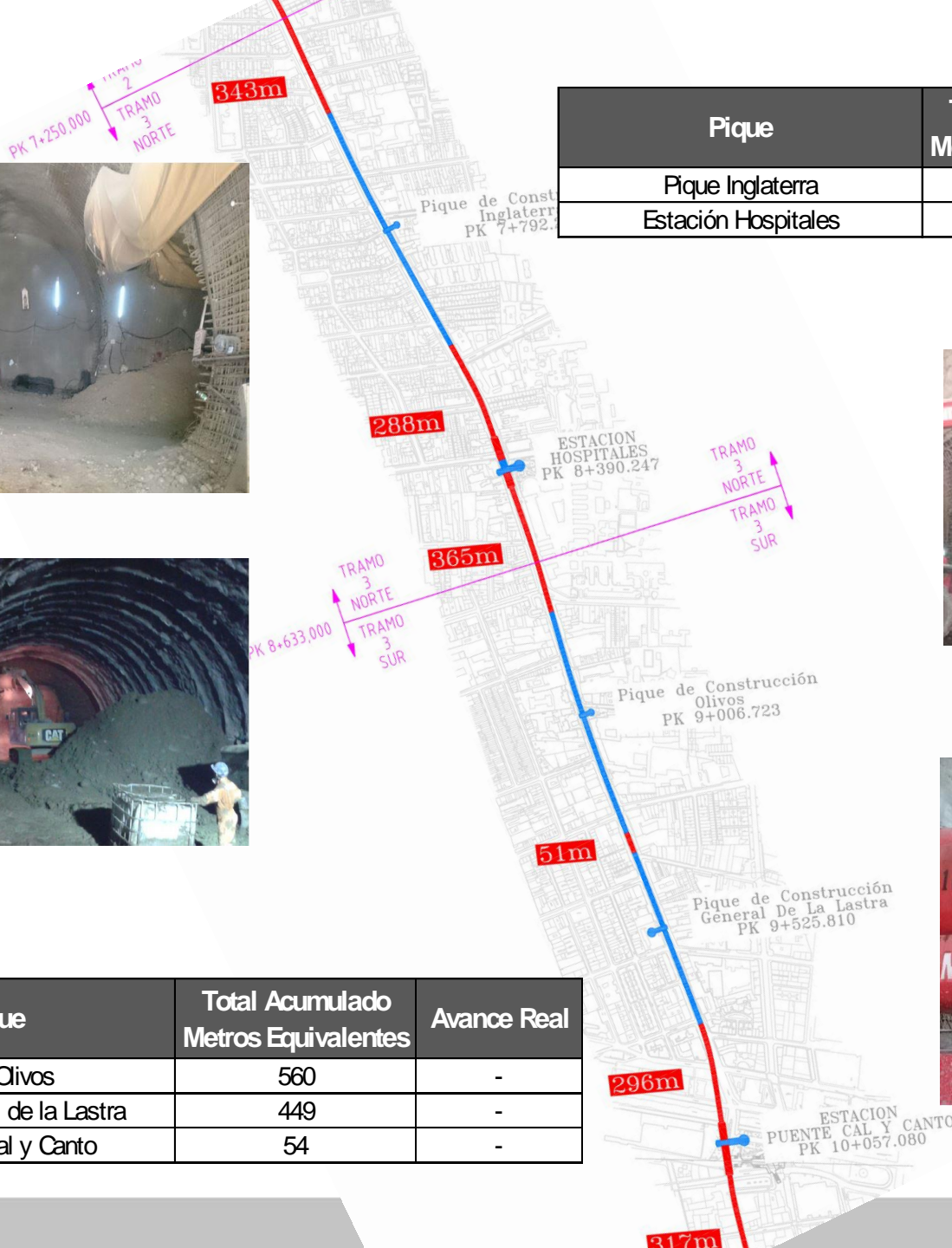
Pique	Total Acumulado Metros Equivalentes	Avance Real
Estación Vivaceta	294	16,4%
Pique Teniente Mery	873	11,1%
Estación Conchalí	255	25,6%
Pique Pantaleón Velez	950	0,0%
Estación Chacabuco	227	24,5%



Pique	Total Acumulado Metros Equivalentes	Avance Real
Pique Inglaterra	630	-
Estación Hospitales	76	-



Pique	Total Acumulado Metros Equivalentes	Avance Real
Pique Olivos	560	-
Pique General de la Lastra	449	-
Estación Cal y Canto	54	-





26 08 2015





25/04/15



22/12/14

ESTACION
PARQUE ALMAGRO
PK 12+201.107

Pique de Construcción
Copiapo
PK 12+646.265

27/07/15

PK 14+490,00
TRAMO 4 TRAMO 5

Pique de
Construcción
Cuevas
PK 14+373.555

ESTACION
MATTÁ
PK 13+640.192

12/08/15

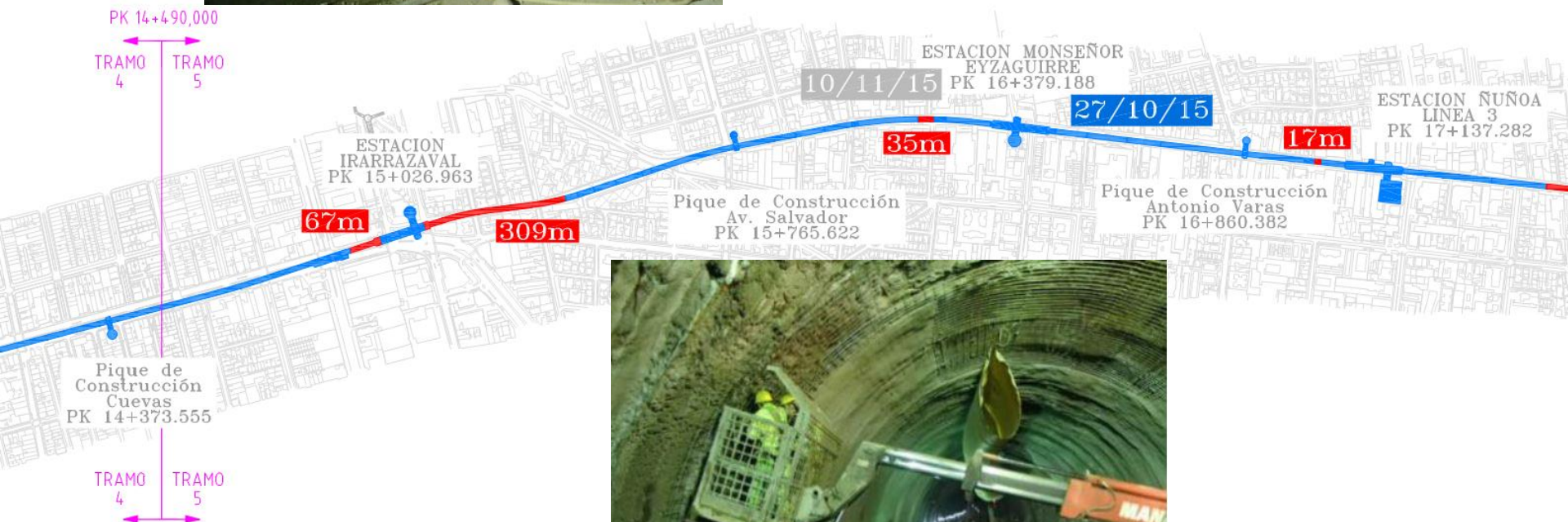
TRAMO 4 TRAMO 5

Pique	Total Acumulado Metros Equivalentes	Avance Real
Estación Plaza de Armas	313	36,9%
Pique Moneda	624	89,1%
Pique Alonso de Ovalle	746	98,9%
Estación Parque Almagro	155	90,4%
Pique Copiapó	913	97,9%
Estación Matta	470	90,1%
Pique Cuevas	1096	88,4%





Pique	Total Acumulado Metros Equivalentes	Avance Real
Estación Irrazaval	72	43,9%
Pique Salvador	791	75,5%
Estación Monseñor Eyzaguirre	237	50,2%
Pique Antonio Varas	575	68,9%





Pique	Total Acumulado Metros Equivalentes	Avance Real
Estación Chile España	121	20,6%
Pique Casa de la Cultura	406	41,8%
Estación Diagonal Oriente	389	45,8%



ESTACION
PLAZA EGAÑA
PK 20+345.099





Pique	Total Acumulado Metros Equivalentes	Avance Real
Estación Plaza Egaña (L4)	59	23,5%
Pique Lynch Sur	785	73,4%
Estación Fdb. Castillo Velasco	194	35,2%



Contrabóveda galería Plaza Egaña



AVANCE SISTEMAS

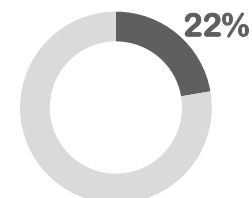


MATERIAL RODANTE

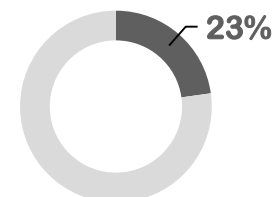
AVANCE FÍSICO



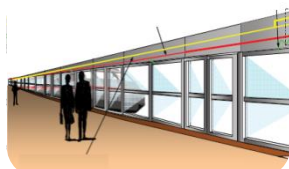
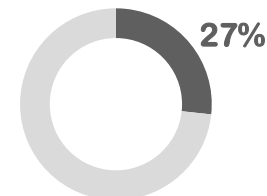
AVANCE FINANCIERO



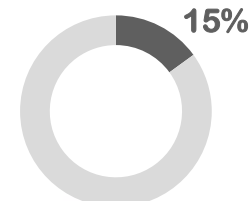
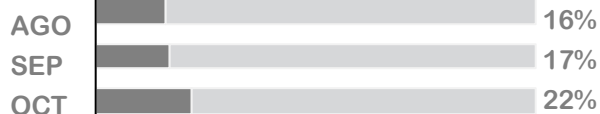
VÍAS Y CATENARIAS



SISTEMA ELÉCTRICO



PUERTAS DE ANDÉN



AVANCE SISTEMAS

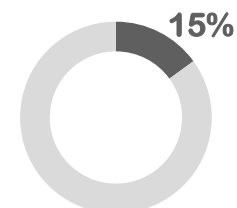


COMANDO CENTRALIZADO

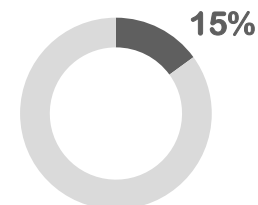
AVANCE FÍSICO



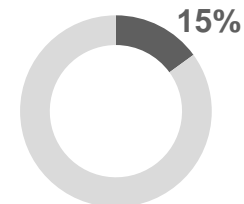
AVANCE FINANCIERO



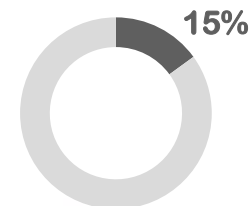
COMUNICACIONES



EMAS



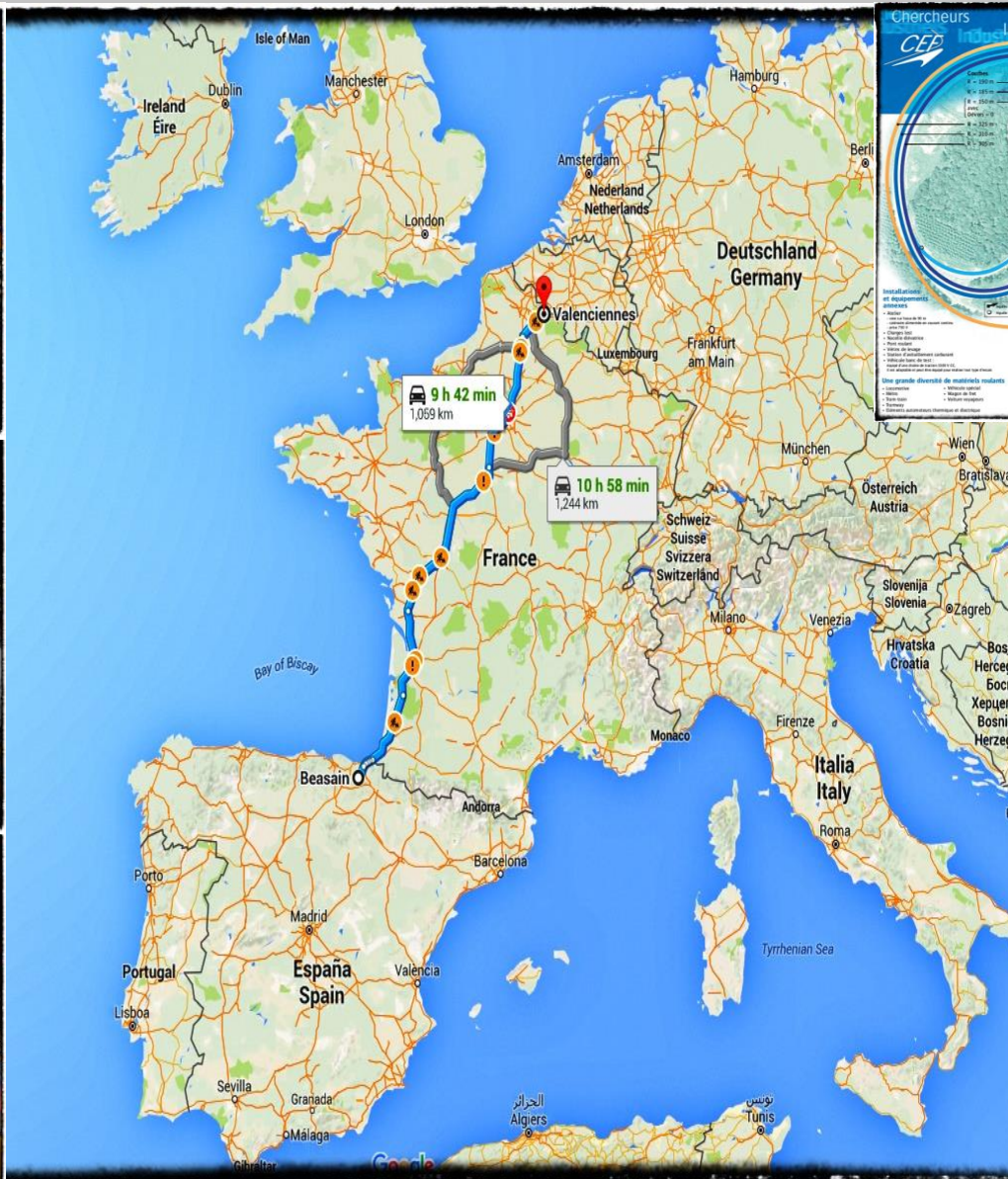
V. FORZADA



Envío Trenes a vías de pruebas (Valenciennes)



Envío Trenes a vías de pruebas (Valenciennes)



MATERIAL RODANTE

TREN EN VÍA DE PRUEBAS VALENCIENNES



VÍAS y CATENARIAS





Bajada de equipos de vías:
TSP en túnel Marathon





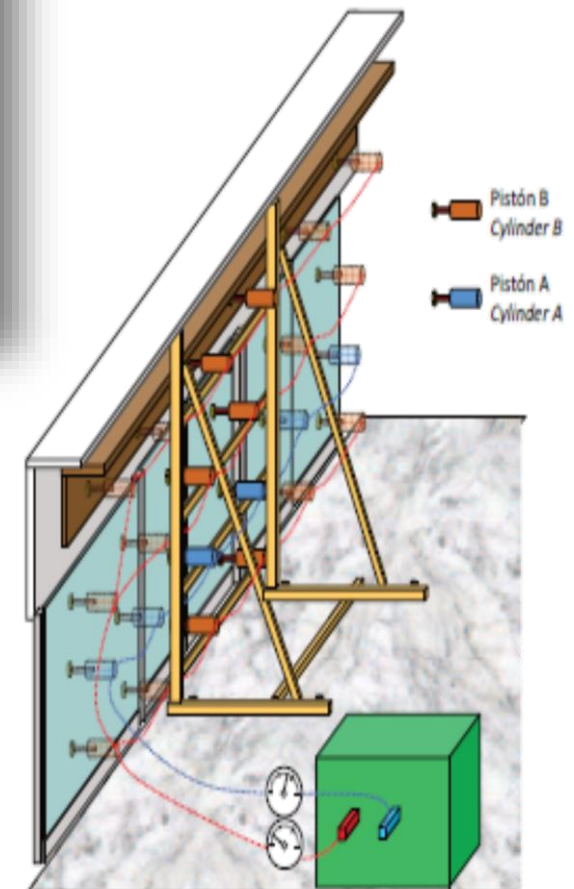
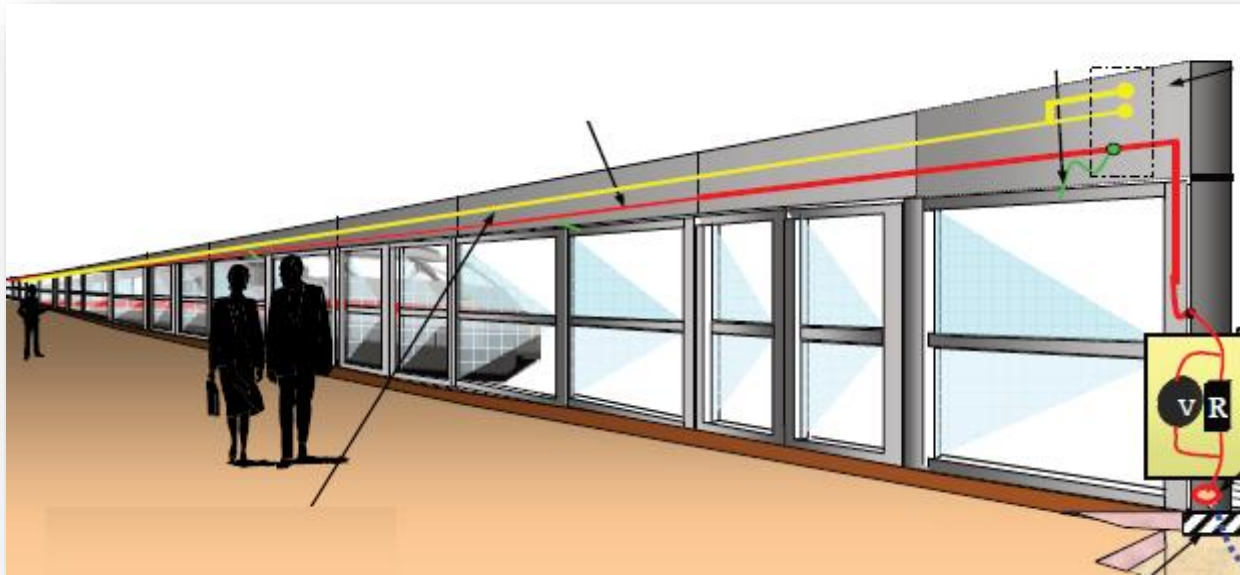




ESCALERAS MECÁNICAS

Fabricación





Embalaje PDA Fábrica Xunfeng Orbit TT Co Ltd. Shanghái - CHINA





Proyecto Construcción Líneas 6 y 3

Gerencia Corporativa de Desarrollo de Proyectos

Noviembre 2015



AGENDA

1. Descripción proyecto
2. Gestión P63
3. Innovaciones en Metodología de Construcción
4. Avance Proyecto

