



**EMPRESA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS
METRO S. A.**

**INGENIERÍA CONCEPTUAL E INGENIERÍA BÁSICA PROYECTO DE CONEXIÓN LÍNEA 1 DE
METRO ESTACIÓN CENTRAL CON FUTURO TREN ALAMEDA – MELIPILLA DE EFE
ANEXO 4
INFORME DE AFECTACIÓN A EDIFICIOS PATRIMONIALES
AEC-C0701-3**

0	08-01-2026	Uso	RPT	MBM	JBL	CGL		
C	11-11-2025	Revisión	RPT	MBM	JBL	CGL		
B	30-09-2025	Revisión	RPT	MBM	JBL	CGL		
A	25-09-2025	Revisión Interna	RPT	MBM	JBL	CGL		
REV N°	FECHA	EMITIDO PARA	PREP	REV	J. ESP	J. PROY	J. PROY	METRO S.A.
							APROBADO POR	
N° DOCUMENTO METRO S.A.		PL1-IB-4008-INF-101-TU-01102					Rev. 0	
N° DOCUMENTO E. COLABORADORA								



APROBACIONES

CyD INGENIERÍA LTDA.		FIRMAS	FECHA
PREPARADO POR	Raúl Plaza T.		08-01-2026
REVISADO POR	Marcelo Bacco M.		08-01-2026
APROBADO POR	Claudio Grumberg L.		08-01-2026

GERENCIA CORPORATIVA DE INGENIERÍA		FIRMAS	FECHA
APROBADO POR	Carlos Duboy H.		

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	5
2.	OBJETIVO Y ALCANCE.....	6
3.	DOCUMENTOS DE REFERENCIA.....	7
4.	NORMAS Y ESPECIFICACIONES.....	8
4.1.	Normativa Nacional.....	8
4.2.	Publicaciones Técnicas.....	8
5.	PLANOS ASOCIADOS AL DOCUMENTO	9
6.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE PROYECTO DE CONEXIÓN Y EDIFICACIONES CIRCUNDANTES.....	11
6.1.	Proyecto de conexión	11
6.2.	Edificios Patrimoniales Cercanos.....	11
6.3.	Obras subterráneas en zona de influencia de Edificios Patrimoniales.....	17
7.	CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE AFECTACIÓN	21
8.	ANÁLISIS DE DEFORMACIONES.....	23
9.	CONCLUSIONES	32

CONTROL DE CAMBIOS

Rev.	Punto	Título	Modificación Realizada

1. INTRODUCCIÓN

Metro S.A. ha encargado a CyD Ingeniería Ltda. el desarrollo del Proyecto de Ingeniería Conceptual e Ingeniería Básica denominado "Proyecto de Conexión Línea 1 de Metro Estación Central con Futuro Tren Alameda – Melipilla de EFE".

El Proyecto se ubica en la comuna de Estación Central, y considera la ampliación de la infraestructura de la Estación Central de Metro Línea 1 y de su entorno, para aumentar la capacidad para recibir pasajeros considerando el aumento en la demanda que se originará producto de la puesta en marcha del servicio Tren Alameda – Melipilla (TAM) de la Empresa de Ferrocarriles del Estado (EFE).

El Proyecto considera el diseño de Ingeniería Conceptual e Ingeniería Básica de las siguientes obras proyectadas: pique de construcción en plaza ubicada en el frontis de la Estación Central de Ferrocarriles – sector Plaza Argentina, nuevas galerías, trasandén vía 1, trasandén vía 2, nuevo puente de conexión mesanina en cajón o paso bajo nivel existente, ampliación de acceso existente y otras obras complementarias necesarias para el proyecto.

El proyecto de ampliación seleccionado considera que la circulación de los pasajeros de EFE hacia Metro L1 Estación Central se realiza en forma subterránea mediante un túnel peatonal de 225 m de longitud, el cual se construirá desde el futuro pique de combinación (o mesanina) EFE, ubicado en Plaza Argentina. La ampliación de la Estación Central de L1 será, entonces, mediante el túnel peatonal de conexión TAM, pique mesanina EFE, una serie de túneles peatonales y galerías peatonales, y un pique poniente de sección rectangular.

2. OBJETIVO Y ALCANCE

El alcance de este informe es presentar los criterios y análisis de deformaciones en superficie producto de las excavaciones de los túneles asociados al proyecto de ampliación para la Conexión de Línea 1 de Metro Estación Central con el Futuro Tren Alameda – Melipilla de EFE. En específico, se ha realizado un análisis de afectación a los edificios patrimoniales cercanos a la obra.

Para el análisis de afectación, se tendrán en cuenta las cotas a las que se han construido las fundaciones de los edificios patrimoniales ya existentes en la zona donde se construirán los túneles. En la Ilustración 1 se muestra una vista satelital con la obra proyectada en color azul.

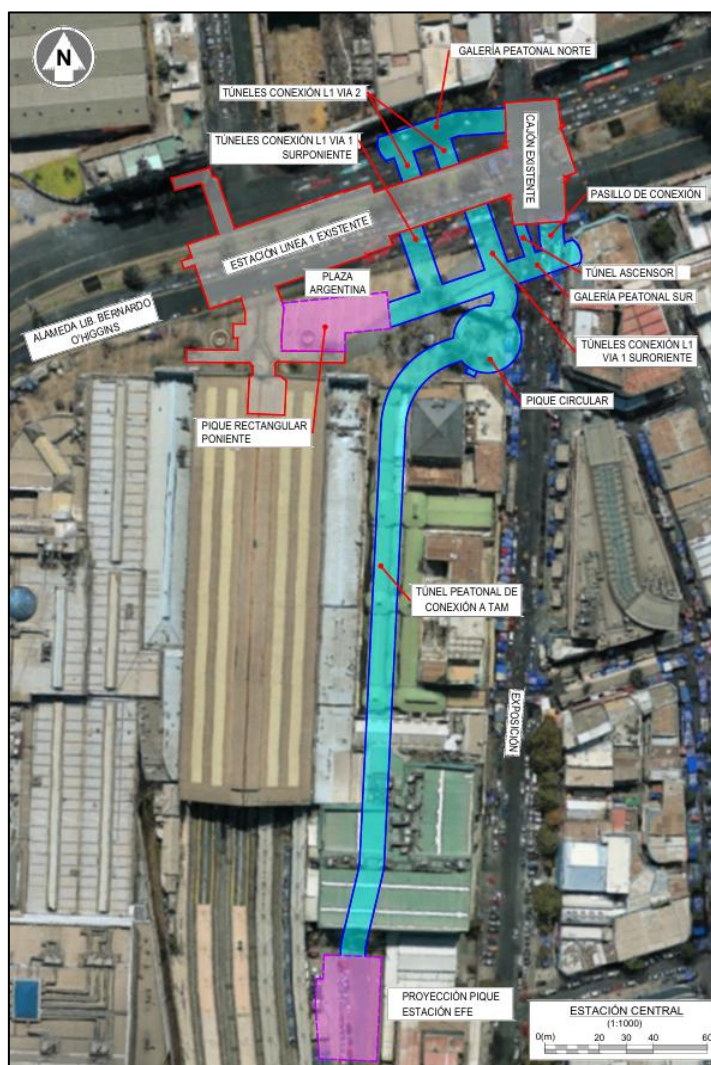


Ilustración 1: Vista en planta con indicación de las obras evaluadas dentro del alcance de este documento

3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Se consideran los siguientes documentos de referencia del Proyecto para la elaboración de este documento:

Código	Título
PL1-00-4008-TRE-101-CN-00001-R1	Términos de referencia, Ingeniería Conceptual y Básica proyecto "Conexión L1 de Metro Estación Central con futuro tren Alameda-Melipilla de EFE"
PL1-IB-4008-INF-101-OC-01101	Catastro edificios patrimoniales – Ingeniería conceptual e ingeniería básica proyecto de conexión Línea 1 de Metro Estación Central con futuro tren Alameda-Melipilla de EFE.
PL1-IC-4008-ETG-101-TU-01106	Especificación Técnica General Monitoreo Geotécnico
PL1-IB-4008-MCA-101-TU-01102	Memoria De Cálculo Túneles
MH_00330_1983_DS00614	Decreto Supremo N° 614 – Monumento Histórico "Conjunto de Edificios de la Estación Central de los Ferrocarriles o Estación Alameda", 1983.
Visita Estación Central_DS614-1983	Visita Estación Central, Conjunto de Edificios de la Estación Central de Ferrocarriles o Estación Alameda, 23 de mayo de 2025.
MC0055956 (Código BN, de la Biblioteca Nacional de Chile)	Estación Central – Estación Mapocho, Construcciones Ferroviarias en Santiago. Patricio Basaez, Ana María Amadori, 1994.

Tabla 1: Documentos de referencia del proyecto

4. NORMAS Y ESPECIFICACIONES

Se deberá utilizar manuales y especificaciones técnicas para el diseño de obras subterráneas del proyecto.

A continuación, se detallan las normativas nacionales como internacionales que deben ser aplicadas en el diseño de túneles, galerías y piques circulares.

4.1. Normativa Nacional

- Manual de Carreteras de la Dirección de Vialidad de Chile, Edición 2023.

4.2. Publicaciones Técnicas

- ITA (International Tunneling Association); "Settlements induced by tunnelling in Soft Ground" (2006)
- AFTES 1999 "Settlements induced by Tunneling".
- Itasca Consulting Group, Inc. (2019) FLAC3D — Fast Lagrangian Analysis of Continua in Three-Dimensions, Ver. 7.0.
- Burland et al (1977) "Classification of damage".

5. PLANOS ASOCIADOS AL DOCUMENTO

Asociados al presente informe, se consideran lo planos de Ingeniería Básica mostrados en la Tabla 2.

Código	Título
PL1-IB-4008-PLA-101-AR-01169	Planos Pertinencia Ambiental – Anteproyecto Arquitectura – Corte A – Vista General Monumento
PL1-IB-4008-PLA-101-TU-01101	Píque de Construcción - Formas - Sostenimiento y Revestimiento - Planta, Elevación y Sección
PL1-IB-4008-PLA-101-TU-01102	Galería Peatonal Sur (trasandén vía 1) - Formas - Sostenimiento y Revestimiento - Planta, Elevación y Sección
PL1-IB-4008-PLA-101-TU-01103	Pasillo conexión a Cajón Existente - Formas - Sostenimiento y Revestimiento - Planta, Elevación y Sección
PL1-IB-4008-PLA-101-TU-01104	Túnel de Conexión L1 Vía 1 - Suroriente - Formas - Sostenimiento y Revestimiento - Planta, Elevación y Sección
PL1-IB-4008-PLA-101-TU-01105	Túnel de Conexión L1 Vía 1 - Surponiente - Formas - Sostenimiento y Revestimiento - Planta, Elevación y Sección
PL1-IB-4008-PLA-101-TU-01106	Galería Peatonal Norte (trasandén vía 2) - Formas - Sostenimiento y Revestimiento - Planta, Elevación y Sección Planta, Elevación y Sección
PL1-IB-4008-PLA-101-TU-01107	Túnel de Conexión L1 Vía 2 - Nororiente - Formas - Sostenimiento y Revestimiento - Planta, Elevación y Sección
PL1-IB-4008-PLA-101-TU-01108	Túnel de Conexión L1 Vía 2 - Norponiente - Formas - Sostenimiento y Revestimiento - Planta, Elevación y Sección
PL1-IB-4008-PLA-101-TU-01109	Túnel Peatonal Ascensor Nivel Intercambio Oriente Nivel andén vía 1 - Formas - Sostenimiento y Revestimiento - Planta, Elevación y Sección
PL1-IB-4008-PLA-101-TU-01110	Túnel peatonal conexión a TAM - Formas - Sostenimiento y Revestimiento - Planta, Elevación y Sección
PL1-IB-4008-PLA-101-TU-01111	Túnel salida de emergencia TAM - Formas - Sostenimiento y Revestimiento - Planta, Elevación y Sección

Código	Título
PL1-IB-4008-PLA-101-CM-01101 @ 01105	Método Constructivo – Pique y túneles (1/5) a (5/5)
PL1-IB-4008-PLA-101-MO-01101 @ 01104	Monitoreo 1/4 a 4/4

Tabla 2: Planos del proyecto asociados a este documento.

6. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE PROYECTO DE CONEXIÓN Y EDIFICACIONES CIRCUNDANTES

6.1. Proyecto de conexión

El proyecto de ampliación considera un túnel peatonal denominado “túnel conexión a TAM” de 225 m de longitud, el cual servirá de conexión entre la futura estación de pasajeros de EFE para el terminal Santiago-Melipilla, y el pique mesanina EFE ubicado en Plaza Argentina. El pique mesanina EFE corresponde a un pique de construcción circular de 24,5 m de diámetro interior y 21 m de profundidad (desde el nivel de terreno hasta el nivel de sello de fundación), el cual conecta hacia el andén sur (denominado vía 1) de la actual estación Central de Metro mediante 2 túneles peatonales de 19,8 m de longitud cada uno, denominados túnel de conexión suroriente y surponiente.

La circulación de pasajeros hacia el andén norte (denominado vía 2) de la Estación Central de L1 se contempla mediante un pasillo de conexión con escaleras mecánicas y convencionales hacia el paso bajo nivel existente bajo Av. Exposición, seguido por una galería peatonal o trasandén al norte de la L1 de 45,7 m de longitud, desde el cual se excavarán 2 túneles peatonales de 9,9 m de longitud cada uno, que interceptan a nivel de vía 2 de la L1. Desde la galería peatonal sur se excavará un túnel para el ascensor de intercambio a nivel de vía 1, el cual tiene 21,2 m de longitud.

En el sector poniente de la actual estación, se contempla la demolición del pasillo existente de conexión y escalera de acceso sur-oriente, para la excavación de un nuevo pique poniente el cual tiene 28 m de largo y 15 m de ancho, alcanzando una profundidad de 10 m. El pique tendrá acceso peatonal a la mesanina existente mediante escaleras mecánicas y convencionales.

6.2. Edificios Patrimoniales Cercanos

En base al informe de catastro de edificaciones (Ref. PL1-IB-4008-INF-101-OC-01101), el Monumento Histórico “Conjunto de Edificios de la Estación Central de Ferrocarriles o Estación Alameda y edificios anexos”, se ubica al costado sur de la Plaza Argentina, lugar donde se proyecta la ejecución del pique de construcción y túneles de conexión descritos en el párrafo anterior.

En la ilustración siguiente se muestra una planta donde se destacan los edificios que forman parte del M.H. Estación Central.

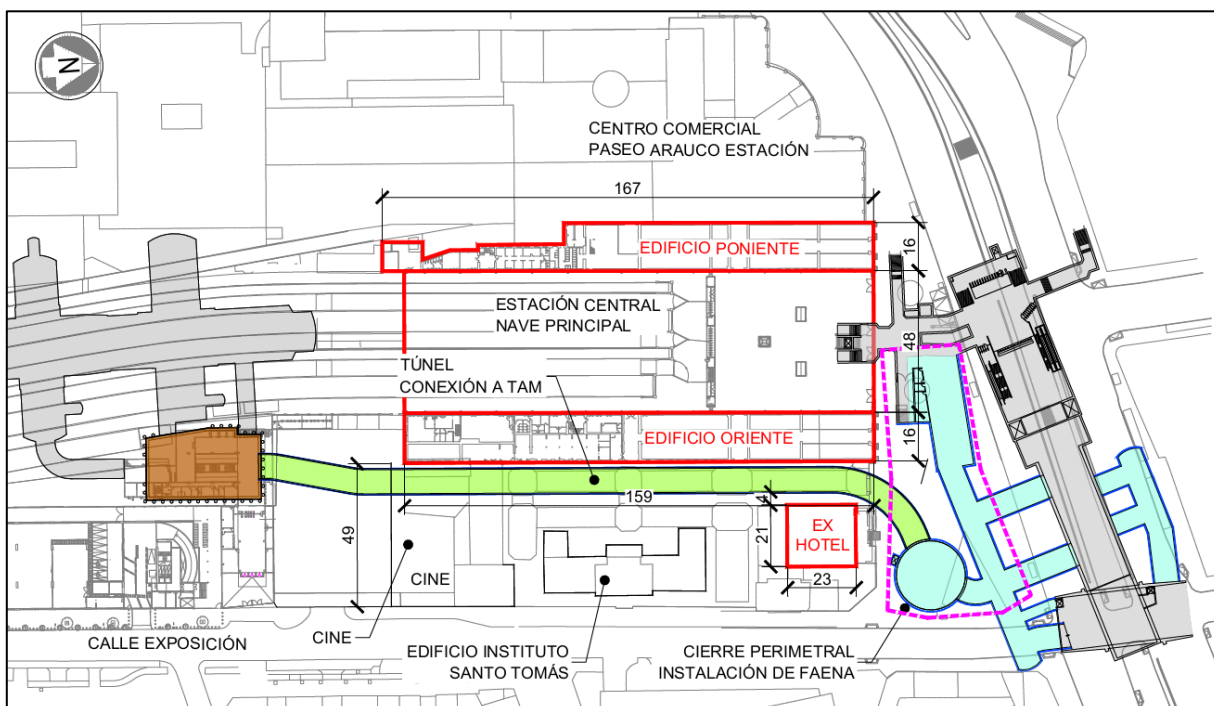


Ilustración 2: Emplazamiento del M.H. Estación Central (figura en línea roja)

El Monumento Histórico (M.H.) se compone en la actualidad de:

- La Estación Alameda (edificio lateral poniente, nave central y edificio lateral oriente),
- El edificio que fue el antiguo Hotel situado por Alameda junto a la Estación Alameda.

Actualmente, las actividades de los inmuebles de la Estación Alameda comparten funciones tanto en sus edificios laterales, patio central, estación ferroviaria, oficinas administrativas de EFE y comercio. Por su parte, el ex Hotel pasó a funcionar como local comercial.

El edificio lateral poniente se compone por una planta en primer piso rectangular de 16 x 150 m, que se tranquea en la parte posterior (al sur) por el lado exterior, alcanzando una superficie construida de 2325 m² aproximadamente. Su estructura es de muros de albañilería no reforzada ubicados en el perímetro y en los muros divisorios. Su fachada norte da a la Plaza Argentina ((Ilustración 3), y actualmente alberga locales comerciales y pasillos de circulación que conectan con el hall central de la Estación.



Ilustración 3: Fachada Edificio Lateral Poniente.

El Edificio Lateral Oriente es un cuerpo cuya planta en primer piso es rectangular y de 16x160 m aproximadamente, alcanzando una superficie construida de aproximadamente 2610 m². Su estructura resistente es de albañilería no reforzada.

Alberga actualmente oficinas administrativas de EFE en el primer y segundo piso, y locales comerciales en el primer piso, e igualmente cuenta con espacios de circulación que conectan el sector poniente del centro comercial con el hall central de la Estación. Su fachada norte da a Plaza Argentina (Ilustración 7). Tiene un nivel subterráneo en su extremo Norte (Ilustración 8 e Ilustración 9), el cual es utilizado por la empresa EFE para su sala de capacitación y computación, además de contar con un pequeño museo ferroviario.

La nave central que albergaba los andenes y ferrocarriles fue construida con base a una tecnología de hierro utilizando únicamente soportes metálicos. Destacan sus pilares de estilo neoclásico sobre los cuales se erige la estructura compuesta por cerchas metálicas (Ilustración 4 a Ilustración 6).

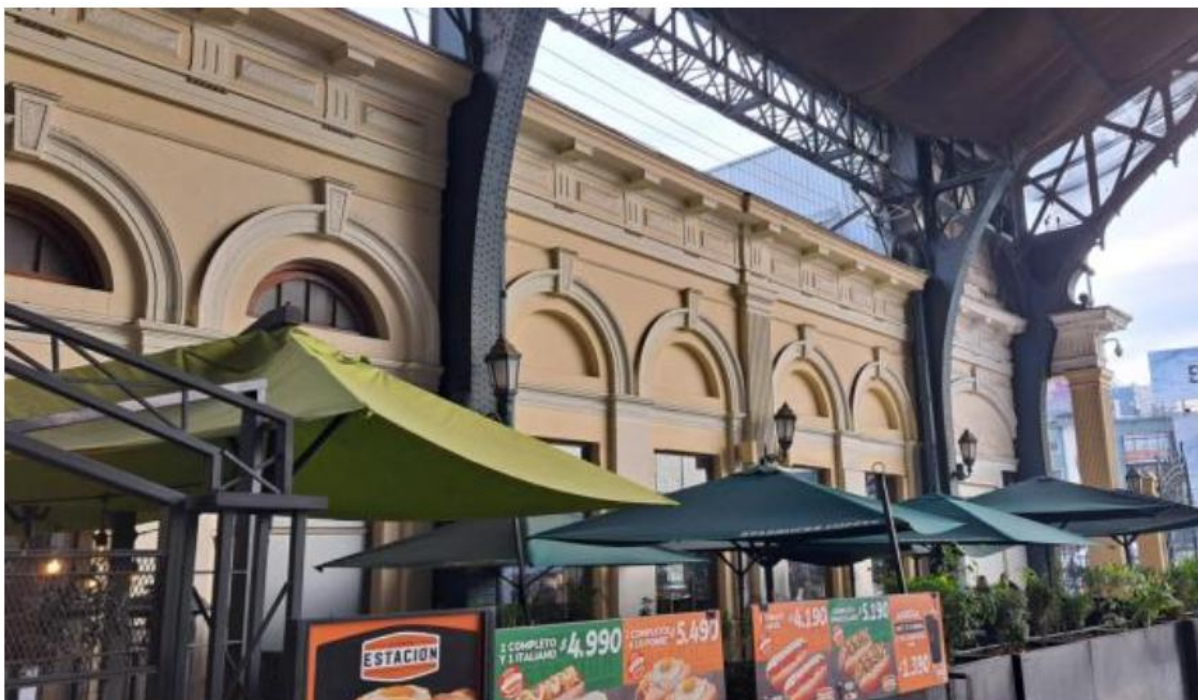


Ilustración 4: Estructura metálica de nave central.



Ilustración 5: Fachada principal, estructura metálica de nave central.



Ilustración 6: Coronación superior de estructura metálica de nave central.



Ilustración 7: Fachada Edificio Lateral Oriente.

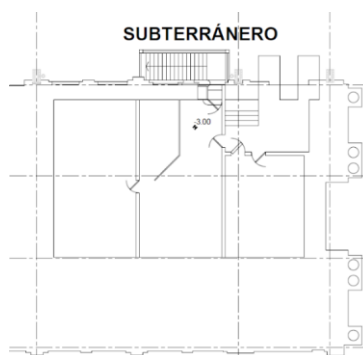


Ilustración 8: Planta subterráneo Edificio Lateral Oriente.

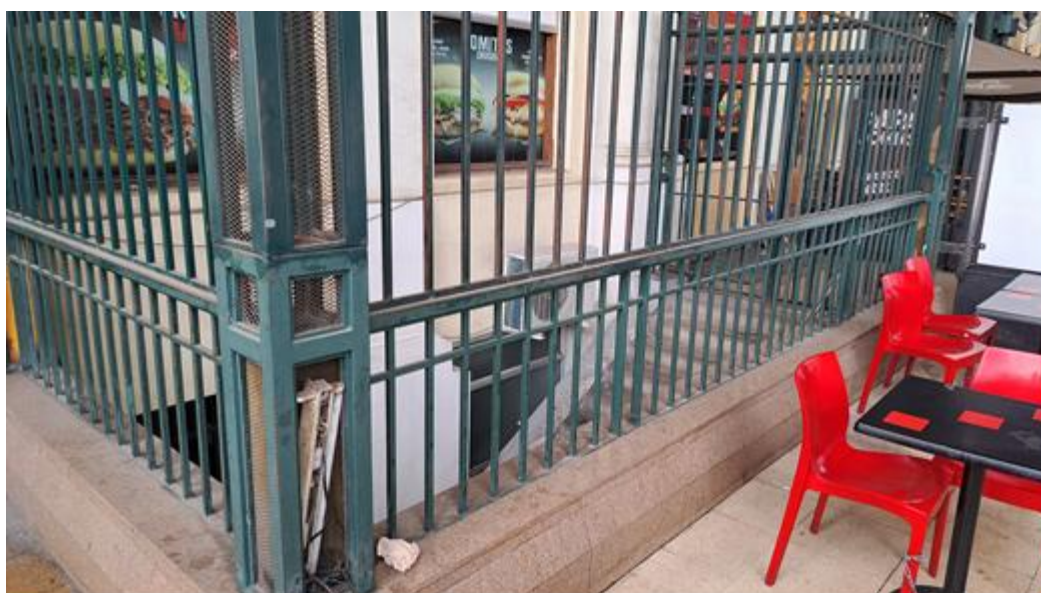


Ilustración 9: Acceso a subterráneo de Edificio Lateral Oriente.

El Edificio Ex Hotel se emplaza en Alameda y posee 4 niveles (Ilustración 10), incluyendo un nivel subterráneo. En planta tiene configuración rectangular en todos sus pisos (Ilustración 11), alcanzando una superficie construida de aproximadamente 1780 m².

Su estructura resistente es de muros de albañilería no reforzada ubicados principalmente en el perímetro y en los muros divisorios, así como columnas de madera interiores. Si bien forma parte del conjunto histórico, está aislado físicamente del actual Monumento Nacional.

Actualmente se utiliza parcialmente como edificio comercial.



Ilustración 10: Fachada Edificio Ex Hotel.

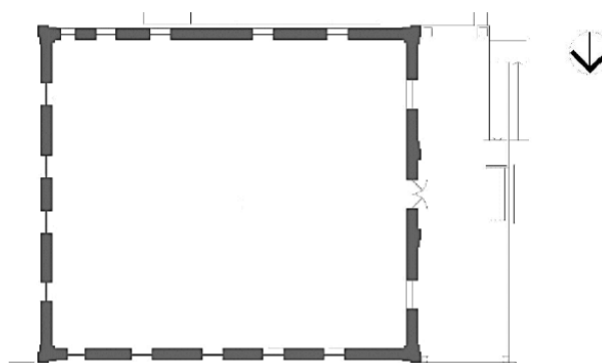


Ilustración 11: Planta Edificio Ex Hotel.

6.3. Obras subterráneas en zona de influencia de Edificios Patrimoniales

Dentro de las obras subterráneas de ampliación proyectadas, el túnel de conexión TAM es el que, por su cercanía al M.H. se debe evaluar su nivel de afectación tanto en superficie como a nivel de los subterráneos de las estructuras cercanas.

Dentro de las estructuras que deben ser evaluadas se considera el Edificio Lateral Oriente, Nave Central y el Ex Hotel, como se muestra en la siguiente ilustración con el emplazamiento del M.H. junto con las obras del proyecto de ampliación.

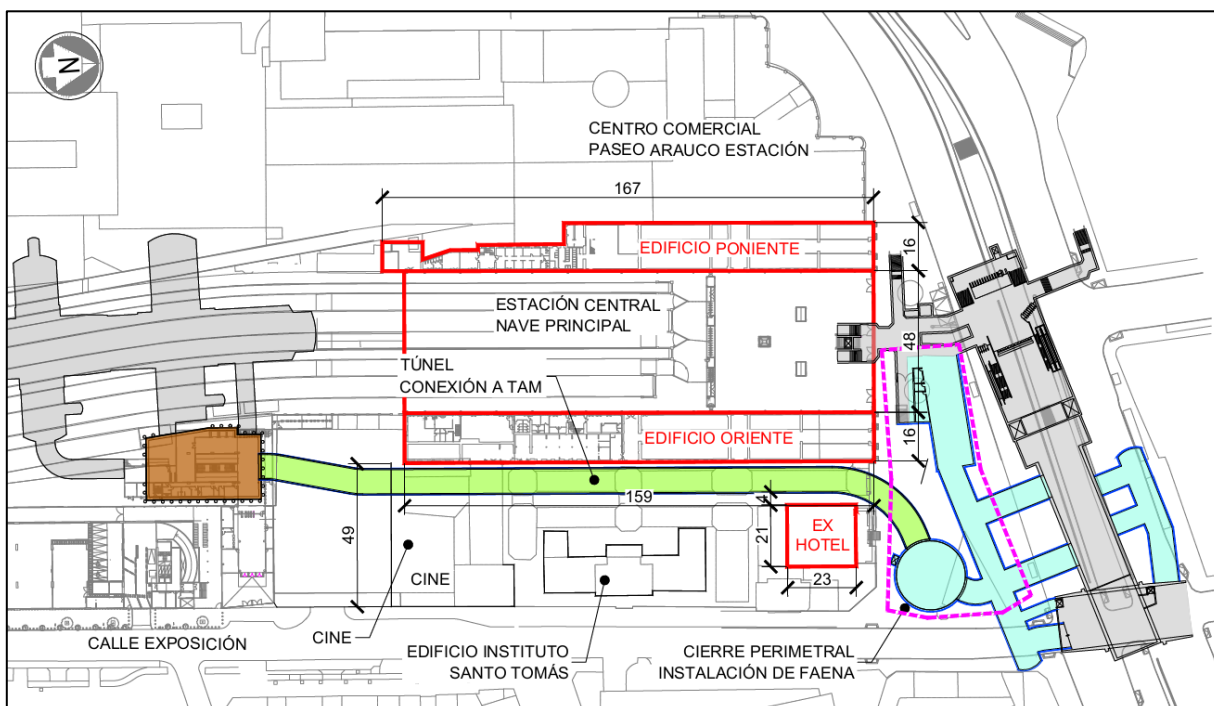


Ilustración 12: Planta con indicación en rojo de edificios parte del M.H. y en celeste las obras subterráneas del proyecto de ampliación.

Para poder caracterizar la ubicación de los edificios patrimoniales con respecto del túnel de conexión TAM, se ha definido 2 distancias, designadas como "X" y "Z", las que se muestran en la Ilustración 13. La distancia X corresponde a la distancia horizontal desde el eje del túnel de conexión TAM y el punto más cercano del edificio; la distancia Z corresponde a la profundidad desde la base del edificio hasta el nivel de la clave del túnel, como se muestra en la Ilustración 14 e Ilustración 15. Estas 2 distancias serán usadas posteriormente para el cálculo del asentamiento y la distorsión angular que experimentará la edificación producto de la construcción de las obras subterráneas.

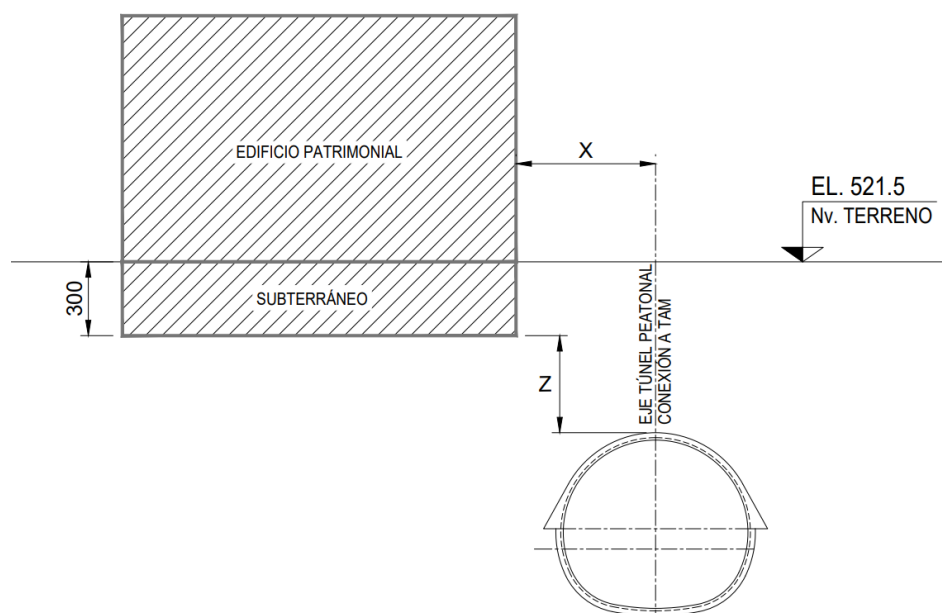


Ilustración 13: Definición de parámetros de distancia X y Z para los edificios patrimoniales respecto del eje y clave del túnel de conexión TAM.

A modo de resumen, en la Tabla 3 se listan todas las edificaciones a analizar, incluyendo las distancias X y Z, y otras características relevantes.

Edificio	Dimensiones (ancho x largo) en (m)	Posee subterráneo	Nivel de fundación (m bajo superficie) (*)	Z (m)	X (m)
Edificio Lateral Oriente	16x160	Sí	-3	2,9	5,7
Ex Hotel	23x21	Sí	-3	4,1	8,5

(*) Nota: se ha asumido una profundidad del nivel subterráneo de 3,0 m, en base a observaciones realizadas en el lugar de emplazamiento de las obras. A su vez, se ha asumido conservadoramente que el nivel de subterráneo del Edificio Lateral oriente se extiende a lo largo de toda su longitud.

Tabla 3: Características de edificios patrimoniales con relación al túnel TAM proyectado.

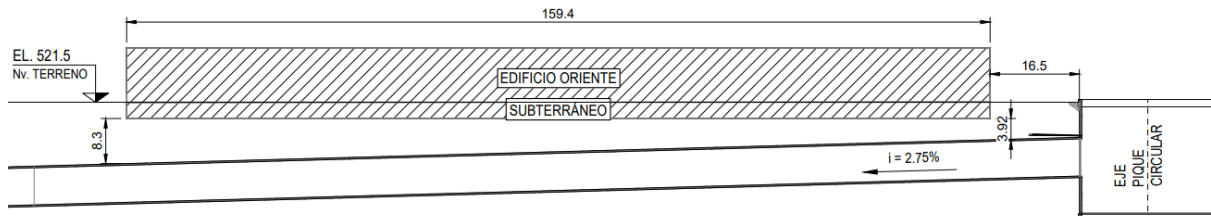


Ilustración 14: Elevación de Edificio Lateral Oriente con su nivel de subterráneo y túnel de conexión TAM.

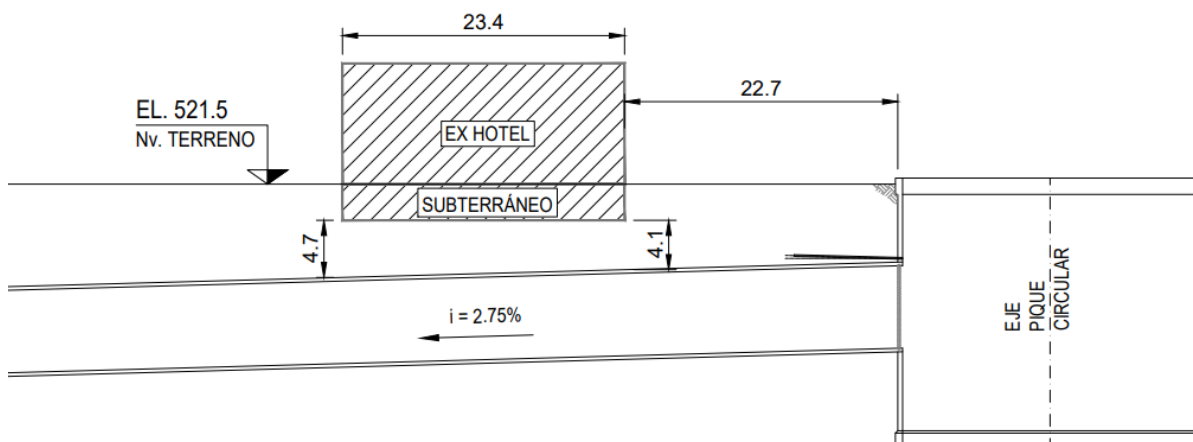


Ilustración 15: Elevación de Edificio Ex Hotel con su nivel de subterráneo y túnel de conexión TAM.

7. CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE AFECTACIÓN

Todo tipo de excavación subterránea en un medio urbano genera una influencia en superficie debido a la alteración del estado tensional in-situ del suelo producto de la excavación, provocando que la masa de suelo se deforme en las zonas circundantes de la excavación para poder alcanzar su nuevo estado de equilibrio. Dado que este tipo de excavaciones son generalmente superficiales y el suelo se encuentra confinado, estas deformaciones se manifiestan en superficie a través de asentamiento. Si estos asentamientos no son controlados, pueden provocar afecciones a la infraestructura en superficie.

En caso de los edificios clasificados como patrimoniales o Monumentos Nacionales, se debe verificar que se cumpla con las condiciones establecidas por el Consejo de Monumentos Nacionales de Chile (CMN), las que se muestran en la siguiente tabla.

Condición	Control	Límites
1	Sólo asentamiento	10 mm
2	Asentamiento y radio de deflexión	Asentamiento hasta 20 mm si el radio de deflexión es menor que 1/2000
3	Distorsión lateral	0,05%

Tabla 4: Límites para el control de asentamientos (CMN)

Adicionalmente, como complemento, se aplicará el criterio de admisibilidad de deformaciones establecidos por Rankine (1987), el que establece que un nivel de afección despreciable o muy ligero corresponde a un asentamiento vertical estimado inferior 10 mm y una distorsión angular estimada inferior a 1/500, o que equivale a 2mm/m. En el caso de satisfacerse estos dos criterios se considera que el riesgo de eventuales afecciones sobre la obra es despreciable. Si no se satisface este criterio, debe evaluarse de forma más detallada el caso o, por otra parte, analizarse la aplicación de medidas de mitigación, como, por ejemplo, modificar la secuencia constructiva u otras.

Adicional al análisis de Rankine, en la Memoria De Cálculo túneles (Ref. PL1-IB-4008-MCA-101-TU-01102) se realiza el análisis de afectación a los edificios circundantes a la obra, incluyendo dentro de las estructuras analizadas, los edificios patrimoniales estudiados en el presente informe.

Categoría	Asentamiento máximo [mm]	Distorsión angular máxima [-]
0 – 1 Despreciable	< 10	<1/500
2 Ligero	10 – 50	1/200 – 1/500
3 Moderado	50 – 75	1/50 – 1/200
4 Severo	> 75	1/50 – 1/200
5 Muy Severo	> 75	> 1/50

Tabla 5: Categorías de afección a infraestructura, Rankine (1987)

8. ANÁLISIS DE DEFORMACIONES

Se ha modelado el conjunto de obras subterráneas existentes de Línea 1 así como las obras proyectadas a través del software FLAC3D de ITASCA CONSULTING GROUP INC (Minneapolis, Minnesota).

El modelo realizado tiene las dimensiones mostradas en la Ilustración 16. Las propiedades geotécnicas del suelo, así como la secuencia constructiva y las dimensiones de las secciones de los túneles, están detalladas en la Memoria de Cálculo de Túneles (PL1-IB-4008-MCA-101-TU-01102).

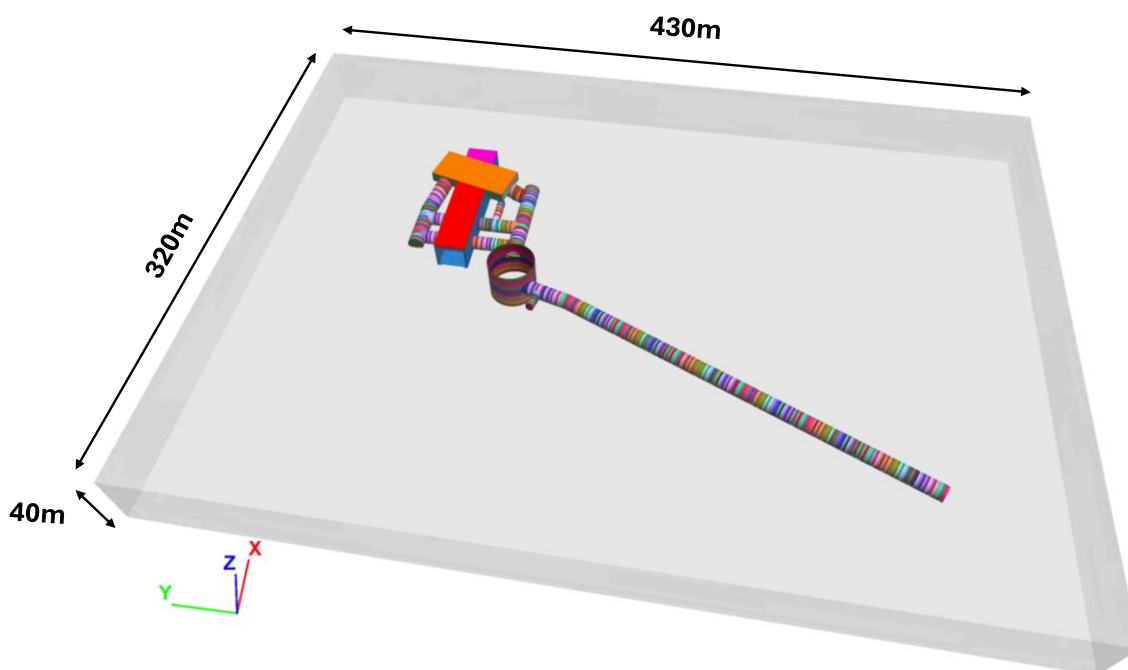


Ilustración 16: Modelo Numérico Tridimensional en FLAC 3D

A continuación, en la Ilustración 17 se presentan los resultados de los asentamientos en la etapa final del modelo con los edificios patrimoniales superpuestos. Se puede apreciar que ni la Nave Central ni el Edificio Poniente se ve afectado por los asentamientos generados por la construcción de las obras, por lo que no se van a analizar, ya que esta fuerza de la zona de influencia de asentamientos.

A su vez, se observa que los asentamientos máximos están en el orden de 3 a 4 mm por el eje del túnel de conexión TAM.

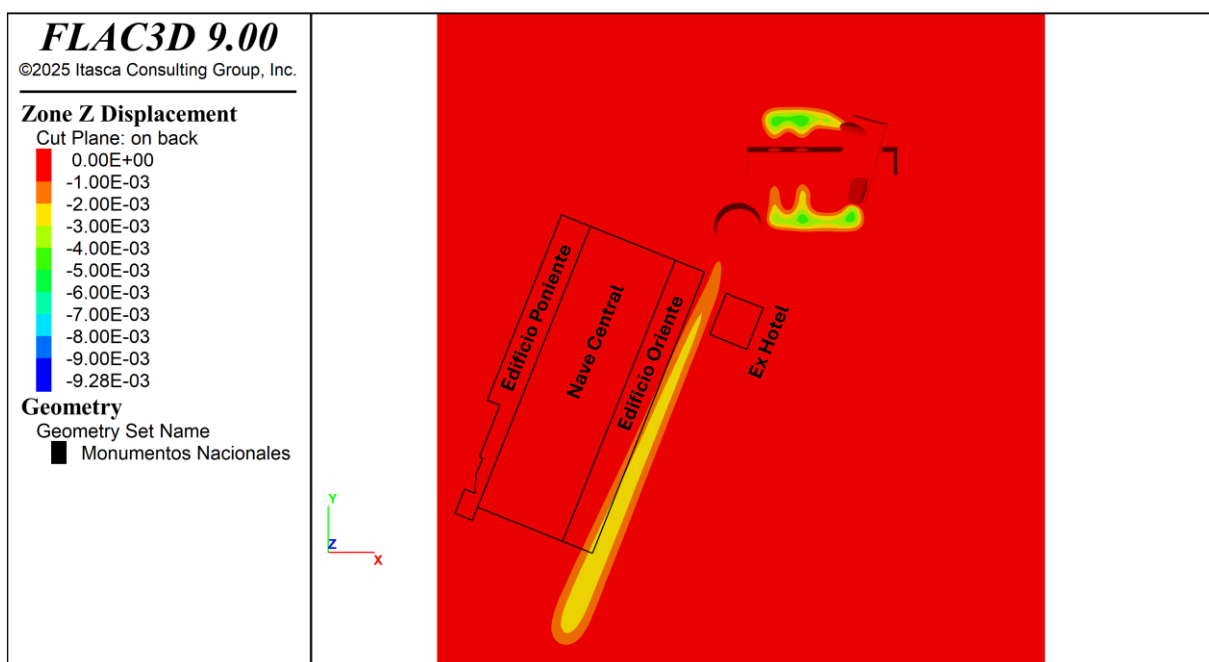


Ilustración 17: Isocontornos de asentamientos a -3 m de profundidad con el perímetro de los edificios Patrimoniales

Para poder analizar los asentamientos y distorsiones angulares que experimenta el suelo bajo el nivel del subterráneo de los edificios patrimoniales se requiere poder estimar dichos valores para diferentes etapas de la construcción del túnel de conexión a TAM, que es el túnel que pasa más próximo a los edificios. Esto se debe a que los valores más críticos pueden ocurrir en una etapa intermedia de avance del túnel y no necesariamente en la etapa final como es el caso cuando la frente del túnel está pasando justo bajo uno de los ejes del edificio.

Por lo tanto, se ha trazado 7 ejes de cálculo que se muestran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, que son los siguientes:

- Eje EO LONG: corresponde a un eje longitudinal por la fachada oriente del Edificio Oriente,
- Eje EO TRAN S N: corresponde a un eje transversal por la fachada norte del Edificio Oriente,
- Eje EO TRANS S: corresponde a un eje transversal por la fachada sur del Edificio Oriente,
- Eje ExH LONG: corresponde a un eje longitudinal por la fachada oriente del Ex Hotel,
- Eje ExH TRANS N: corresponde a un eje transversal por la fachada norte del Ex Hotel,
- Eje ExH TRANS S: corresponde a un eje transversal por la fachada sur del Ex Hotel,

Los resultados se han calculado para cada eje para varias posiciones de la frente de avance del túnel de conexión TAM. Se ha considerado como $X = 0$ m a la salida del pique y $X = 224$ m al final del túnel.

En las siguientes figuras se muestra los gráficos con los perfiles de asentamientos y distorsiones angulares para los 7 ejes mostrados previamente, para distintas posiciones de la frente de avance del túnel de conexión a TAM. Para el caso de los perfiles transversales, la posición del eje del túnel coincide con la zona de máximo asentamiento y de distorsión angular nula.

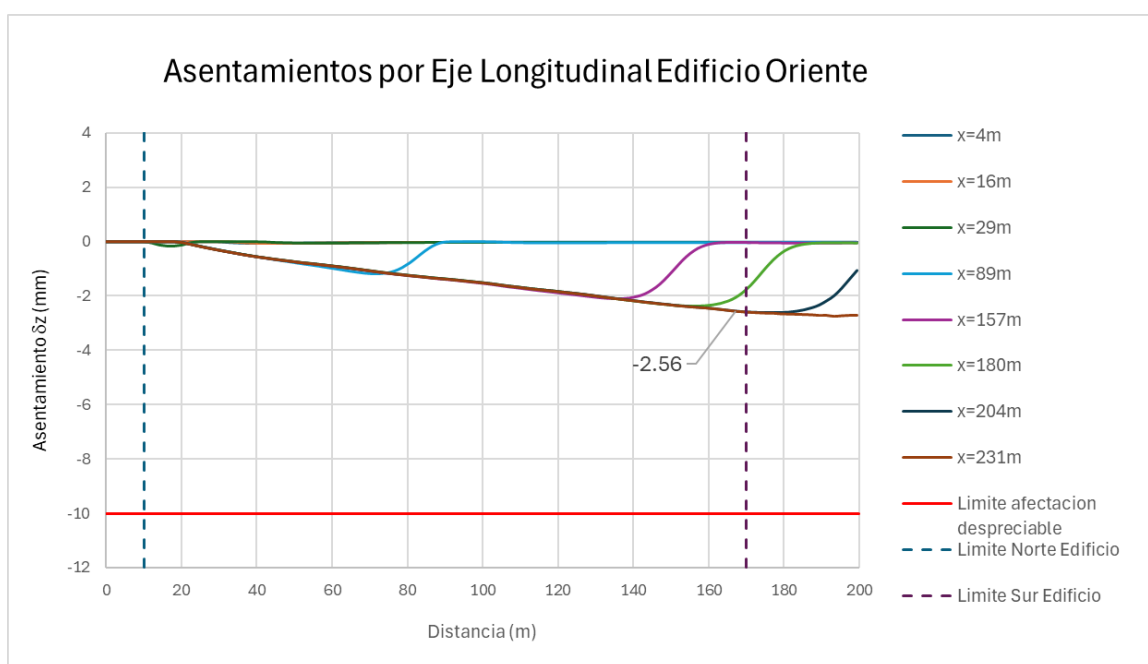


Ilustración 18: Perfiles de Asentamientos por Eje Longitudinal Edificio Oriente

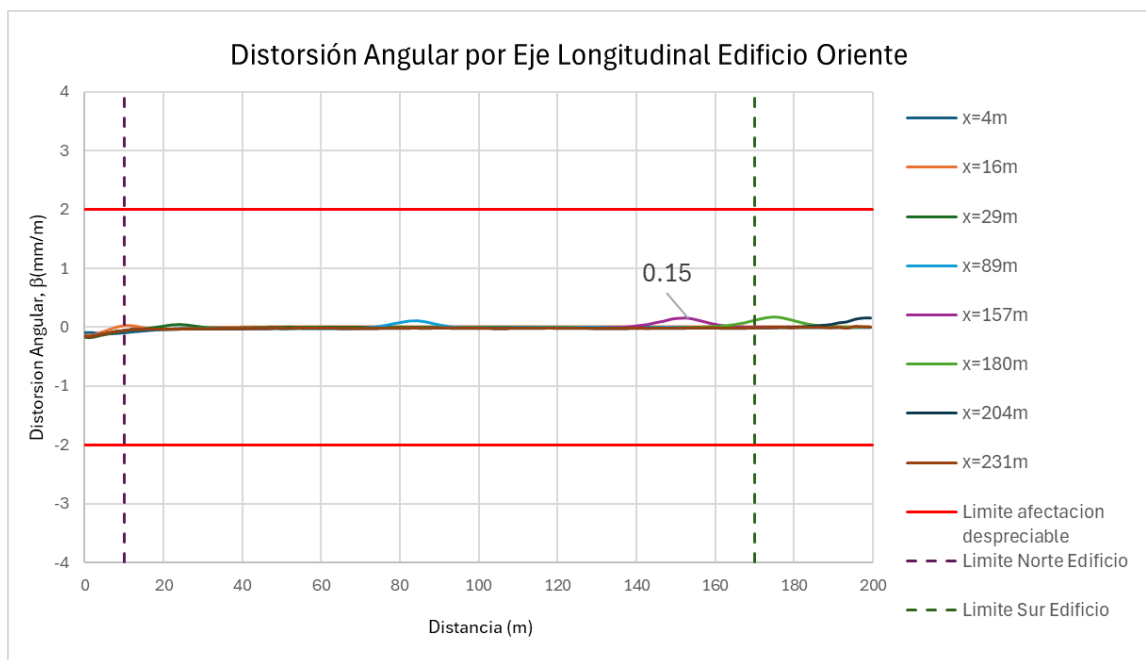


Ilustración 19: Perfiles de Distorsión Angular por Eje Longitudinal Edificio Oriente

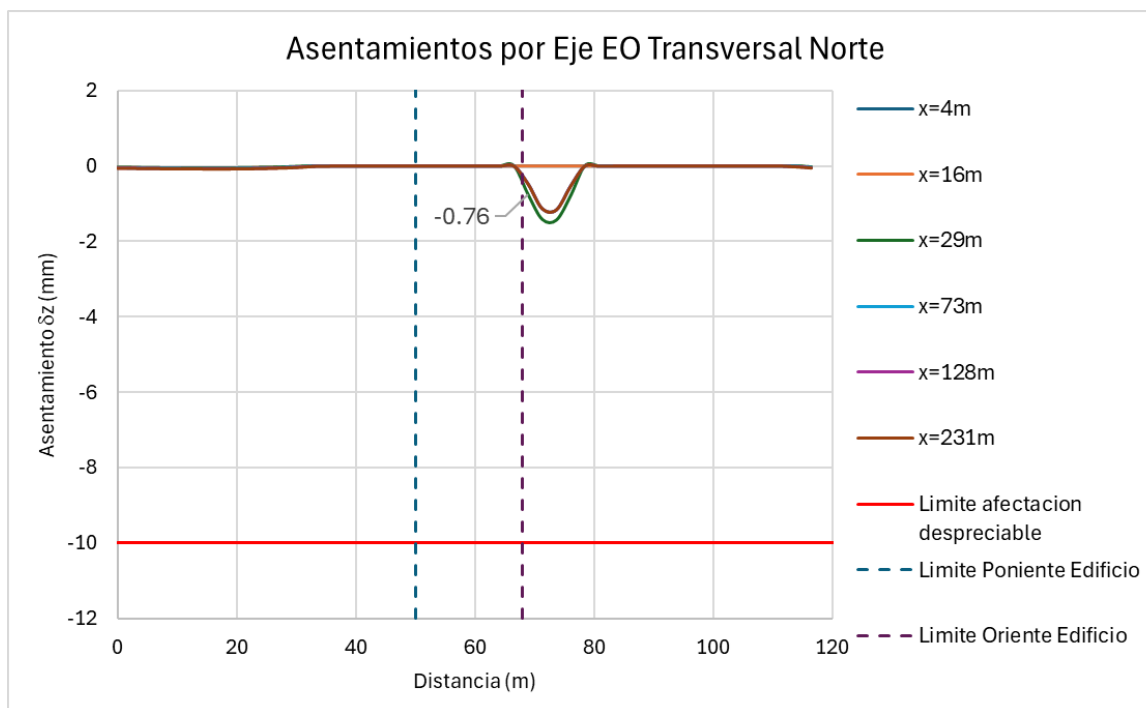


Ilustración 20: Perfiles de Asentamientos por Eje Edificio Oriente Transversal Norte

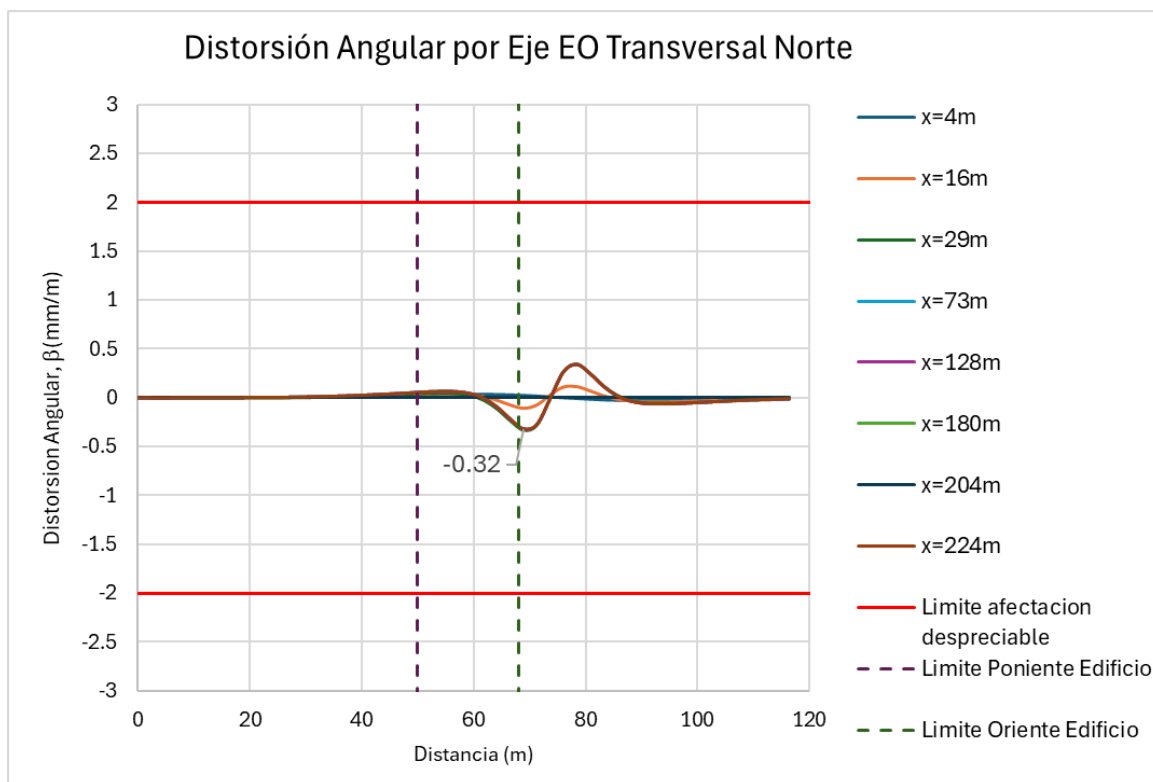


Ilustración 21: Perfiles de Distorsión Angular por Eje Edificio Oriente Transversal Norte

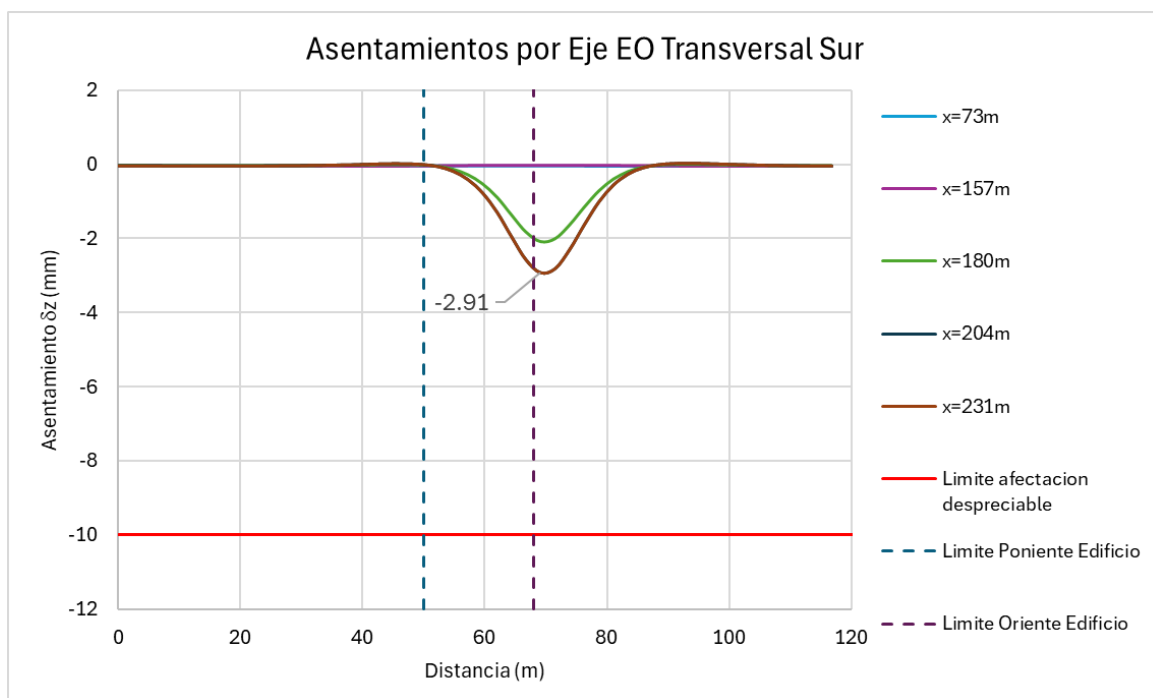


Ilustración 22: Perfiles de Asentamientos por Eje Edificio Oriente Transversal Sur

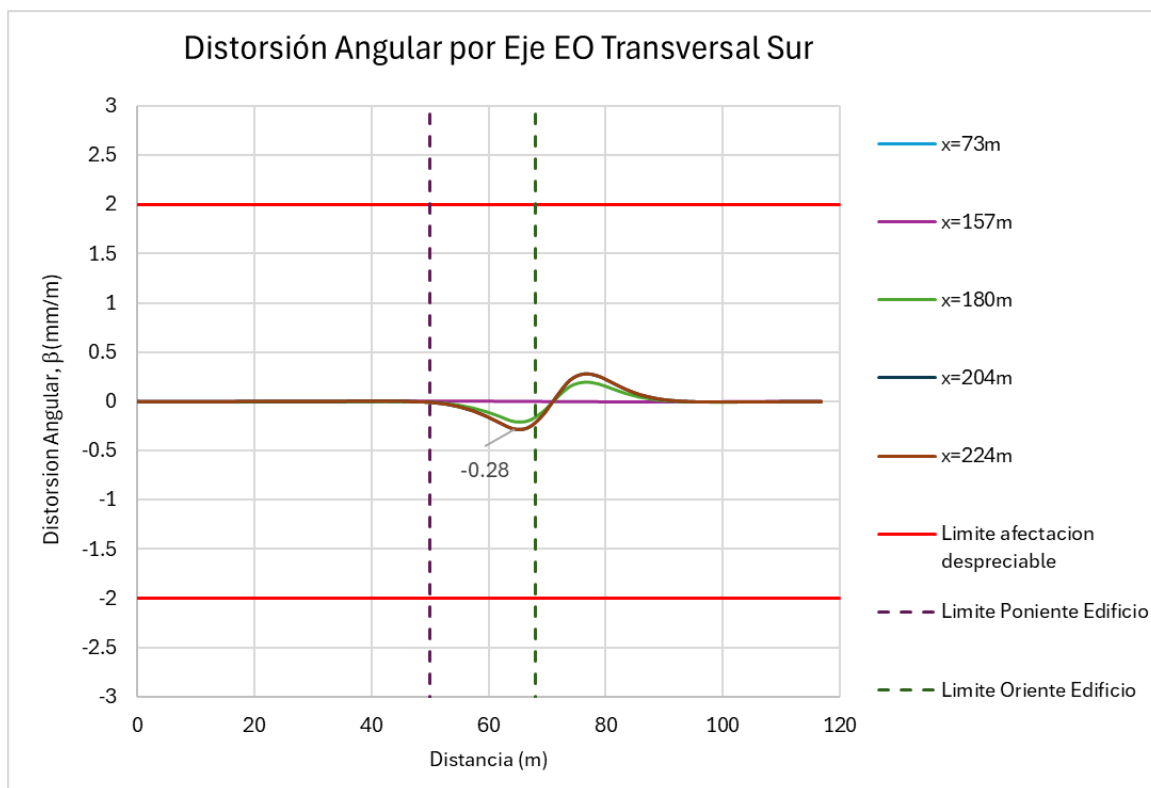


Ilustración 23: Perfiles de Distorsión Angular por Eje Edificio Oriente Transversal Sur

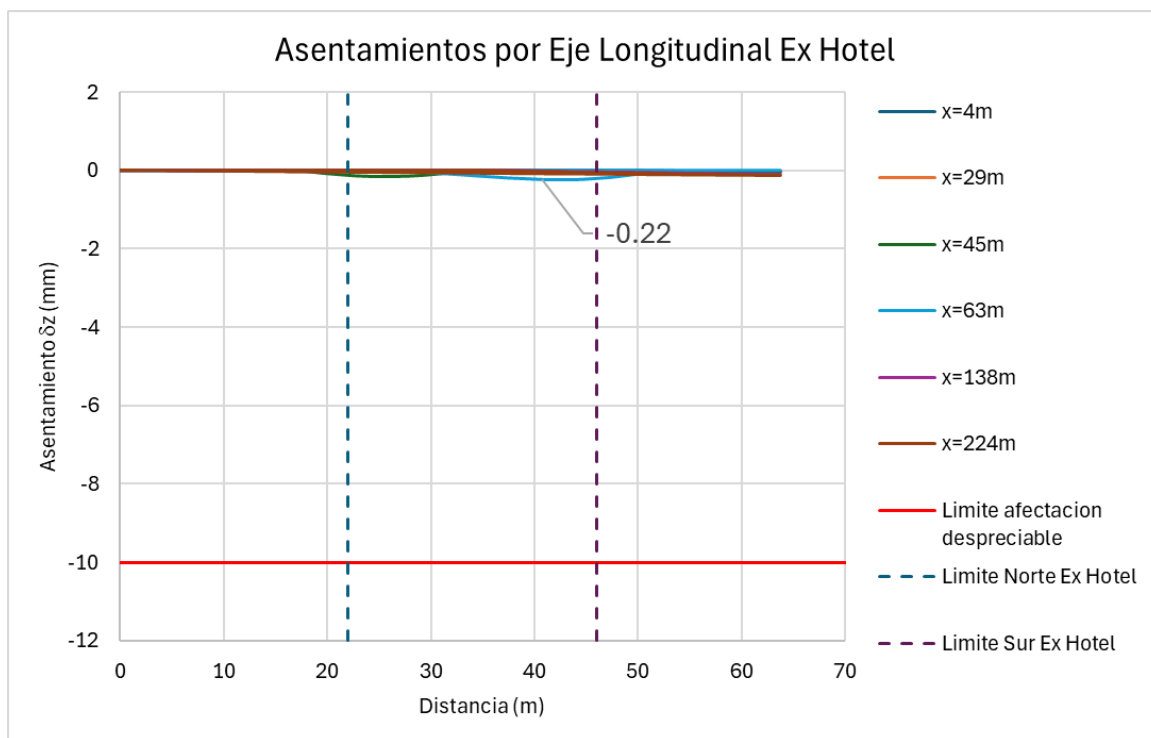


Ilustración 24: Perfiles de Asentamientos por Eje Longitudinal Ex Hotel

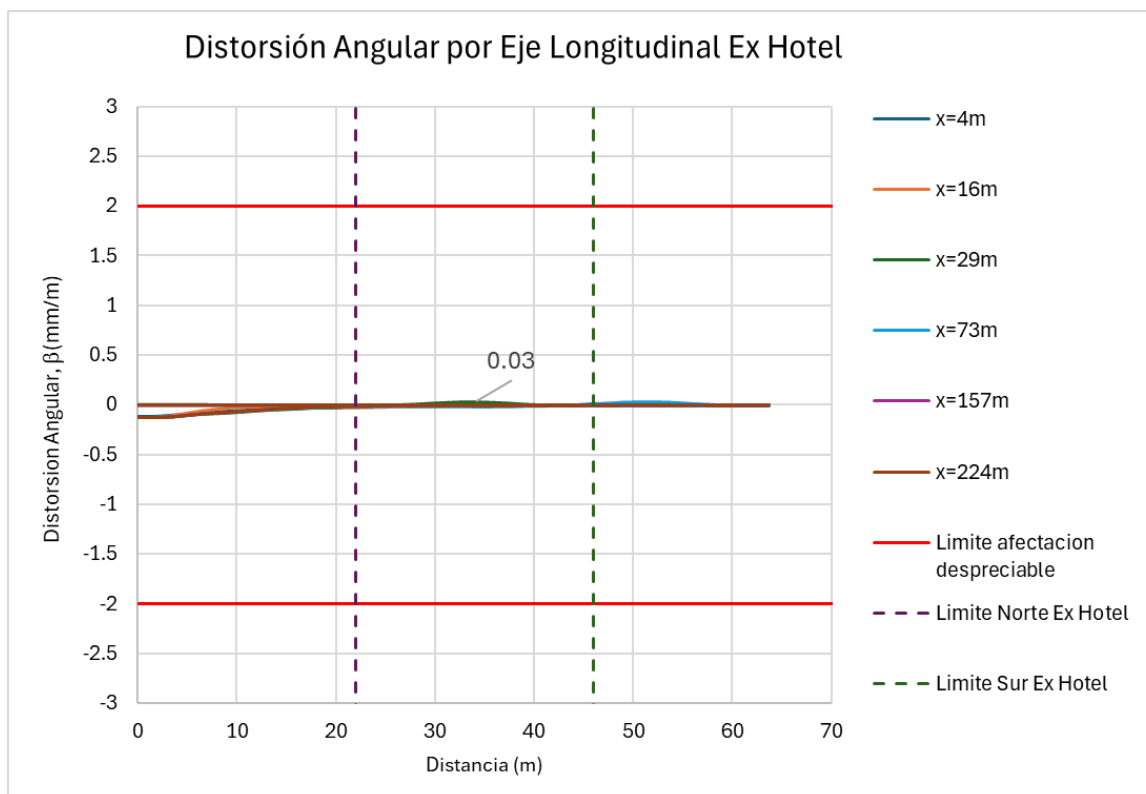


Ilustración 25: Perfiles de Distorsión Angular por Eje Longitudinal Ex Hotel

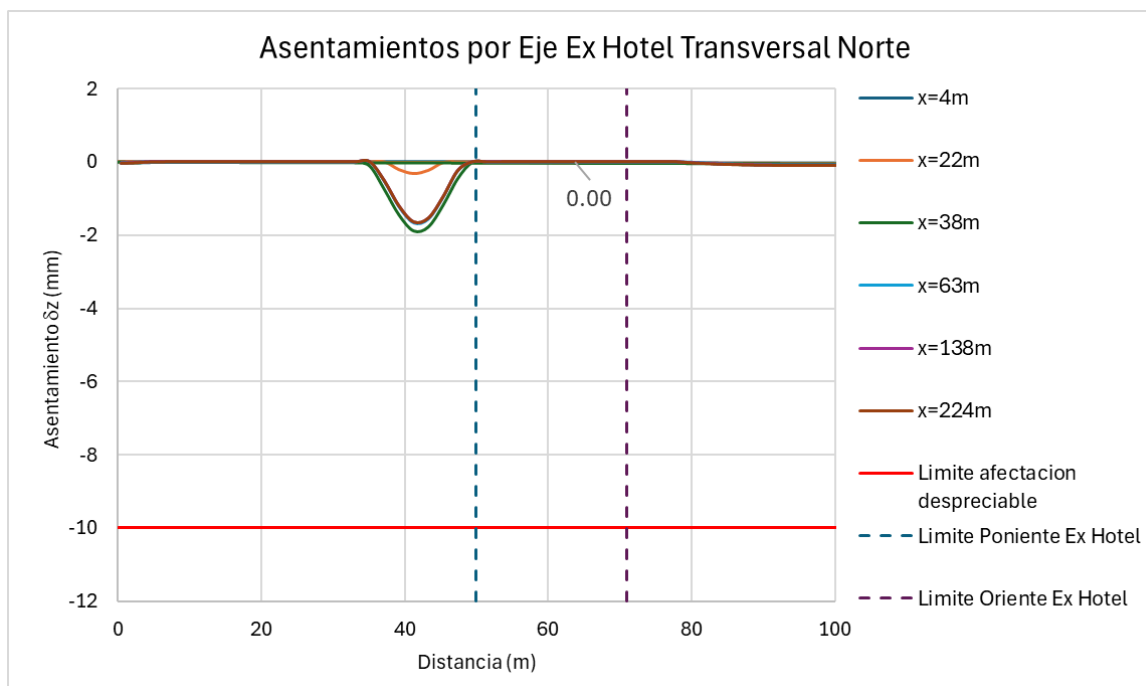


Ilustración 26: Perfiles de Asentamientos por Eje Ex Hotel Transversal Norte

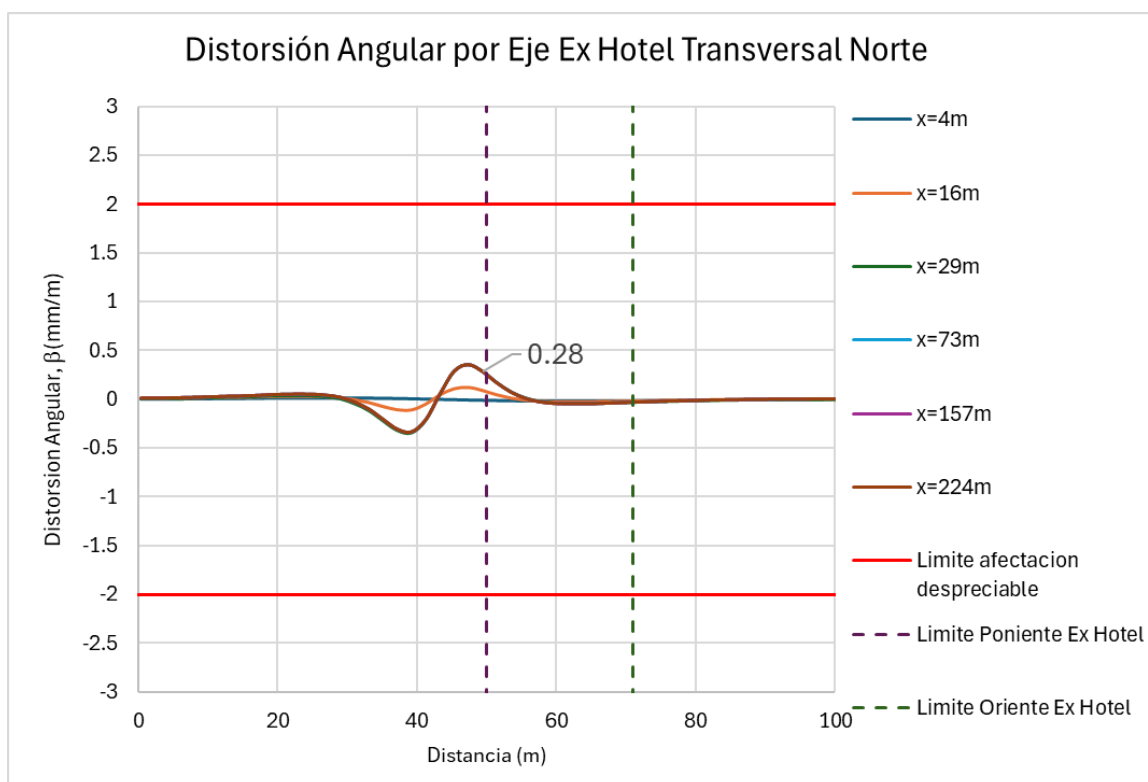


Ilustración 27: Perfiles de Distorsión Angular por Eje Ex Hotel Transversal Norte

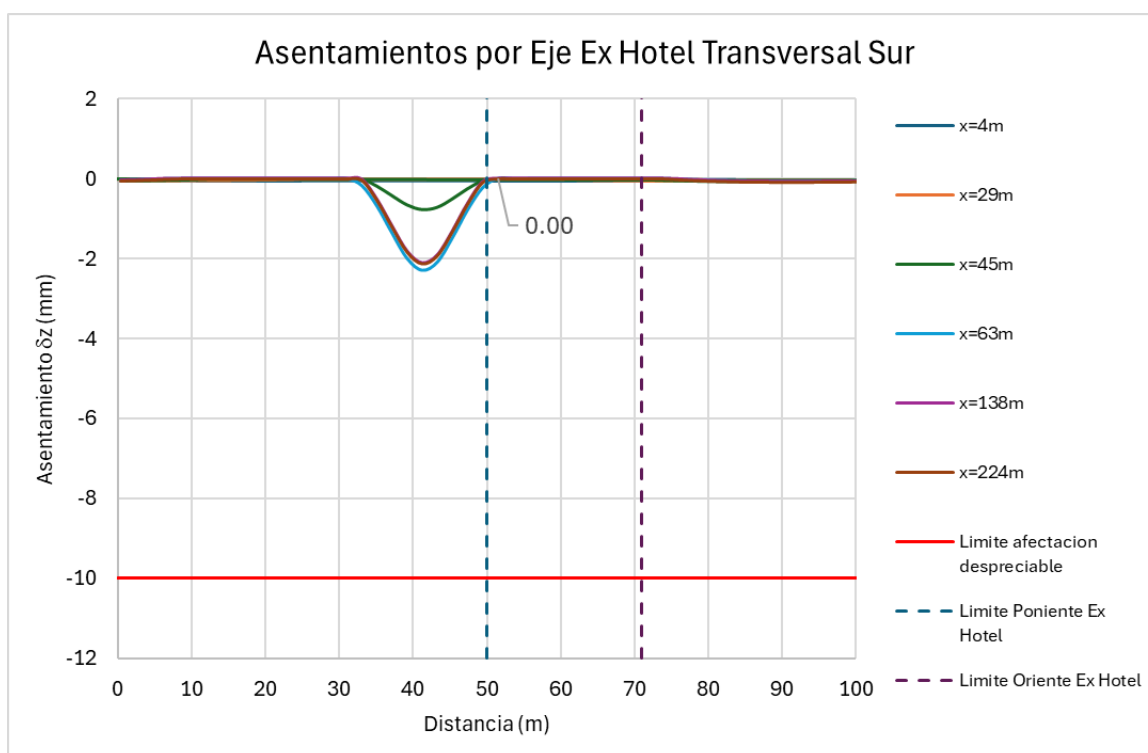


Ilustración 28: Perfiles de Asentamientos por Eje Ex Hotel Transversal Sur

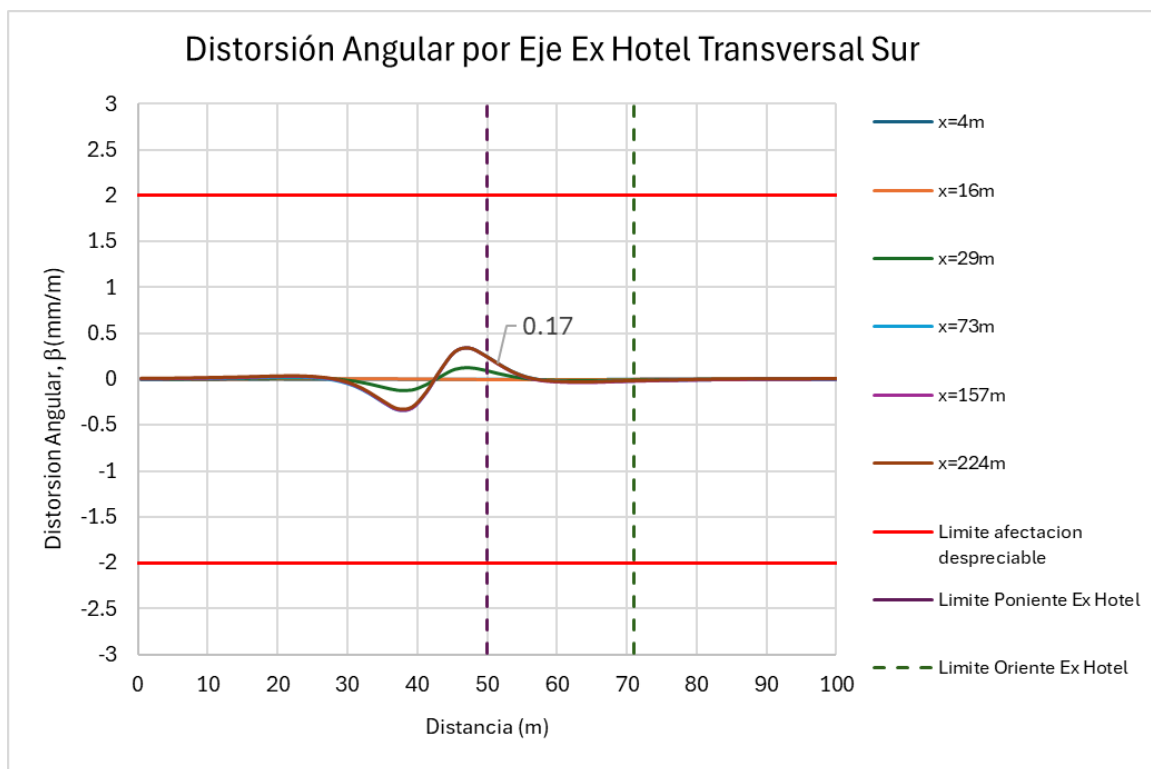


Ilustración 29: Perfiles de Distorsión Angular por Eje Ex Hotel Transversal Sur

9. CONCLUSIONES

A partir de los análisis realizados en el presente informe, a continuación, se indican las conclusiones obtenidas.

Las obras del Monumento Histórico Estación Central corresponden a los siguientes edificios:

- La Estación Alameda (edificio lateral poniente, nave central y edificio lateral oriente),
- El edificio que fue el antiguo Hotel situado por Alameda junto a la Estación Alameda

Las obras se emplazan sobre o muy cerca del trazado del túnel de conexión a TAM, como se mostró en el capítulo 6.3. Para aquellos edificios que, por su cercanía a la zona de influencia del túnel, se evalúa su nivel de afección producto de la excavación del túnel, y corresponden a:

- Edificio Lateral Oriente,
- Edificio Ex Hotel.

En base a los resultados de los asentamientos obtenidos, se ve en la figura Ilustración 17 que ni la Nave Central ni el Edificio Poniente experimentan asentamientos generados por la construcción de las obras, ya que están fuera del área de influencia de las excavaciones del proyecto, y por lo tanto, no fueron incluidos en los análisis presentados en este informe.

A partir de los análisis de deformaciones realizados, se calcularon los 2 parámetros que se utilizan para evaluar el nivel de afección que experimenta una edificación producto de la excavación de un túnel, a saber: asentamiento y distorsión angular.

Para evaluar el nivel de afección sobre los edificios, una vez calculados los parámetros indicados, se ha utilizado las recomendaciones establecidas por el Consejo de Monumentos Nacionales de Chile (CMN). En resumen, se obtuvo que, según la Clasificación de Monumentos Nacionales, todas las edificaciones evaluadas se encuentran en condición 1, dado que el asentamiento es menor a 10 mm.

El detalle de los resultados de los análisis para cada una de las 3 edificaciones analizadas se muestra en la Tabla 6, donde se indican también las categorías de evaluación de afectación según CNM y según Rankine (Tabla 5).

Edificio	Eje	Asentamiento δz (mm)	Distorsión Angular β (mm/m)	Nivel de afección (CNM)	Condición según Rankine
Lateral Oriente	Longitudinal	2,60	0,15	Condición 1	Despreciable
	Transversal Norte	0,76	0,32	Condición 1	Despreciable
	Transversal Sur	2,91	0,28	Condición 1	Despreciable
Ex Hotel	Longitudinal	0,22	0,03	Condición 1	Despreciable
	Transversal Norte	0,00	0,28	Condición 1	Despreciable
	Transversal Sur	0,00	0,17	Condición 1	Despreciable

Tabla 6: Resumen de resultados de análisis de afección sobre edificios patrimoniales

A partir de los resultados obtenidos, se concluye que el nivel de afección que produce la excavación del túnel de conexión a TAM sobre los edificios patrimoniales es en todos los casos despreciable. Los valores máximos de asentamiento estimados corresponden a 2,9 mm para el Edificio Lateral Oriente, valor menor que 10 mm establecido como límite por el Consejo de Monumentos Nacionales. A su vez, la distorsión angular en todos los casos se encuentra dentro de los límites mínimos de acuerdo con el criterio de Rankine (Tabla 5) para categorizar las deformaciones como despreciables.

Por lo tanto, en base a los resultados obtenidos, se desprende que las excavaciones del proyecto de ampliación de la Línea 1 no afectan a las edificaciones patrimoniales. Entre los factores que permiten establecer esta conclusión se tiene que los métodos constructivos definidos en la Ingeniería son conservadores, ya que favorecen la reducción de asentamientos. También se tiene que el túnel de conexión TAM no es un túnel de gran sección transversal y, además, el suelo circundante a las obras es rígido, por lo que no es susceptible a deformaciones altas, lo que se complementa con tener coberturas entre los 5 y 8 m respecto a la clave del túnel de conexión TAM.

El control del asentamiento de los edificios será a través del monitoreo de asentamientos, el cual se realizará utilizando como base lo establecido por el documento de Especificación Técnica General de Monitoreo Geotécnico (Ref. PL1-IC-4008-ETG-101-TU-01106). Este documento define los requerimientos mínimos de monitoreo previstos en el diseño para piques, galerías y túneles, dentro del cual se establece la metodología para el monitoreo de asentamiento de edificios.

El responsable de la correcta realización del monitoreo, y posterior procesamiento de los datos obtenidos a través de este será la Unidad de Monitoreo, la cual corresponde a la entidad

especializada en monitoreo topográfico y geotécnico designada por METRO. La SDO (Supervisión de Obra), estará encargada de interpretar la información del monitoreo proporcionada por la Unidad de Monitoreo, y en base a esta información, tomar decisiones respecto a las acciones que se deben tomar en caso de ser necesario.

El monitoreo de asentamientos en edificios cercanos se realizará mediante el uso de nivelación de alta precisión mediante puntos de asentamiento superficial, para cada edificio cercano a las excavaciones. Los puntos de control quedarán materializados por pernos de acero de 25 mm de diámetro, con cabeza redondeada y embebidos en la fachada del edificio. Para el monitoreo de asentamientos se utilizarán niveles digitales de precisión 0,3 mm con miras Invar de código de barra e indeformables. Los puntos de referencia deberán ser instalados en la ubicación indicada en los planos señalados en la Tabla 2, y su instalación deberá efectuarse con la anticipación mínima necesaria para que la Unidad de Monitoreo comience con el monitoreo antes del inicio de las excavaciones. La primera lectura (lectura cero), se efectuará con a lo menos 2 semanas de anticipación previo al comienzo de la excavación del pique o del túnel, respectivamente. La ubicación de los puntos será de acuerdo con lo especificado en los planos de monitoreo indicados en la Tabla 2, y la primera lectura deberá realizarse al menos 2 meses antes del inicio de la excavación de obras subterráneas en su entorno y 6 meses posterior a su finalización.

Los valores de los umbrales de alerta serán empleados en la evaluación de la información levantada por el sistema de monitoreo, permitiendo la toma inmediata de decisión y, si fuera necesario, de acciones de reparo o de mitigación antes de que la estabilidad de la excavación o de las estructuras cercanas se encuentre en riesgo. Como se ha indicado previamente en este documento, en base a lo establecido por el Consejo de Monumentos Nacionales (CMN), el límite de asentamiento para Condición 1 es de 10 mm. En caso de alcanzar un 75% de este valor (es decir 7,5mm), se deberán tomar medidas de mitigación para prevenir que los asentamientos sobrepasen este umbral.

Las medidas de mitigación consisten, por ejemplo, en la disminución de la longitud de cada avance, aumento en el espesor del sostenimiento, implementación de pernos de fibra de vidrio en la frente, implementación de pernos paraguas en la bóveda, entre otros. La frecuencia estándar del monitoreo de todos los puntos instalados no será menor a los valores consignados a continuación, (salvo que la ITO, SDO lo autorice expresamente en la obra):

- La medida diaria se realiza hasta que se logre la condición de estabilidad del suelo, y no haya nuevas excavaciones que generen un nuevo periodo de inestabilidad (esto debe ser verificado por la SDO y la ITO para su aprobación).

-
- La medida semanal se realiza una vez que se logre la estabilidad de la sección de monitoreo hasta que el frente de excavación este a una distancia de 100m (esto debe ser verificado por la SDO y la ITO para su aprobación).
 - Medida mensual se realiza hasta el fin de la obra.
 - Cada reemplazo de un punto de monitoreo de las deformaciones se debe de activar un nuevo ciclo con medidas diarias.
 - Cada paso de la excavación parcial nueva a través de la sección mencionada activa un nuevo ciclo con medidas diarias.