



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

**CONDICIONES DE ACCESIBILIDAD PARA PERSONAS EN SILLA DE RUEDAS EN
EL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE SANTIAGO**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

FERNANDO ANTONIO ITURRA GUZMÁN

PROFESOR GUÍA:
CARLOS MOYA SAAVEDRA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
ALEJANDRO TIRACHINI HERNÁNDEZ
SEBASTIÁN SERIANI AWAD

SANTIAGO DE CHILE
2021

RESUMEN DE MEMORIA PARA OPTAR
AL TITULO DE INGENIERO CIVIL
POR: FERNANDO ANTONIO ITURRA GUZMÁN
FECHA: 07/05/2021
PROF. GUÍA: CARLOS MOYA SAAVEDRA

CONDICIONES DE ACCESIBILIDAD PARA PERSONAS EN SILLA DE RUEDAS EN EL
SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE SANTIAGO

La Ley N°20.422, que Establece Normas sobre Igualdad de Oportunidades e Inclusión Social de las Personas con Discapacidad, que actualmente rige en el país indica que todos los medios de transporte público urbano de pasajeros “deberán ser accesibles y utilizables de forma autovalente y sin dificultad por personas con discapacidad, especialmente por aquellas con movilidad reducida” (Ley 20.422 Art. 28) , recayendo en el Estado, como ente regulador, adoptar normativas que dirijan al transporte a la condición de accesible, en lo cual se busca progresar pero, la falta de normativa actualizada no permite una correcta implementación de la accesibilidad en el Transporte público.

Este trabajo busca determinar el nivel de accesibilidad universal del sistema de transporte público Red Metropolitana en superficie para personas en silla de ruedas. El enfoque se radicó en los buses urbanos, ya que estos deben poder adaptarse, dentro de lo razonable, a las distintas condiciones que presenta la infraestructura y vías de la capital, para permitir el acceso de pasajeros en silla de ruedas.

Inicialmente, se estudió normativa de Brasil, Estados Unidos, España y la Comisión Europea de la ONU, buscando el enfoque de la búsqueda de información sobre accesibilidad universal en la flota de buses de Santiago. En esto se detectó que el enfoque no es solo en el abordaje del pasajero en silla de ruedas, sino también las condiciones de viaje, seguridad e interacción con los pasajeros.

Para desarrollar lo anterior, se estudió características del viaje, seguridad y rampas para infraestructura en casos ideales en distintos modelos de buses facilitados por los operadores.

Obtenidos los datos anteriores, se adaptó el Lab. de Dinámica Humana de la Universidad de Los Andes para emular y testear con voluntarios condiciones idealizadas de distintos parámetros de accesibilidad universal, buscando la máxima brecha vertical a considerar como accesible utilizando rampas de tres largos distintos, tres tipos de biseles y dos sillas de ruedas, urbana y ortopédica.

Del trabajo anterior se determina que la pendiente máxima normada en Chile (12%) es accesible para todos los voluntarios en todas las configuraciones de largo de rampa y bisel estudiados en laboratorio, sin embargo, los modelos de buses catastrados no alcanzan este valor, por lo que se proponen nuevos parámetros accesibles en base a los resultados de las pruebas realizadas, concluyendo que solo dos de los modelos catastrados cumplen dicha condición.

Luego, se comparó con estudios anteriores, determinando que la inexperiencia de los voluntarios puede influir en el máximo largo de rampa recorrido con la pendiente máxima accesible, siendo 21% en rampas de 1,2 metros en estudios anteriores y 22,4% en rampas de 0,8 metros en este caso.

Finalmente, se tiene que la configuración con rampa de largo 80 cm y bisel intermedio permite una mejor accesibilidad con 14 centímetros de brecha vertical ya que, para la rampa de 70 cm, la pendiente obtenida no permite acceder a todos voluntarios y, en los casos de longitud 90 cm, el recorrido requiere un mayor impulso, limitando el acceso. Con respecto al bisel, este fue escogido porque posee un comportamiento similar con ambos tipos de silla de ruedas, a diferencia de los otros, cuyos resultados varían con un tipo de silla en específico.

*Dedicado a todos los que me motivaron a seguir hasta el final.
Especialmente mi madre, hermanos y novia.*

Agradecimientos

En primer lugar, agradecer a mi familia por todo el apoyo que me han brindado a lo largo de la carrera, aguantar todas las veces que estaba estresado con las infinitas cosas que siempre tenía que hacer y apoyarme, casi siempre, las ideas locas que me han surgido. Mamá, Franco y Rayo, espero que logren todas sus metas.

También a mi novia Lucía, que siempre me anima a seguir adelante con su apoyo prácticamente incondicional, dándome un empujón cuando lo necesito y preocupándose por mí a veces hasta más que mí mismo, eres la mejor y te amo mucho.

A Los Arrieros, los mejores amigos que uno podría tener en Civil, siempre dispuestos a escuchar y ayudar más de una vez hasta muy muy muuuy tarde. Diego y Octavio que me ayudaron con los cursos en los que era un simio, a Cyntia que respondía todas mis dudas y apañó tantas veces hasta el amanecer en la memoria al otro lado de la pantalla, el Basti, la Fran la Indra y el Ari, por todos esos cursos que tuvimos y que nos ayudábamos para poder pasarlos, gracias a todos ustedes la Universidad fue una experiencia muy amena y entretenida.

Como olvidar a Seishin, el grupo de “cultura” japonesa, allí el Ñanku y la Ale, grandes amigos que apañaron con los 5 o 6 años que estuvimos a cargo las Tardes de Karaoke, además el Chelo, Lucho, Pipeño, Seba y básicamente todos los que son y fueron parte de Sala 11, hubieron muchos buenos momentos a su lado, entre las entretenidas conversas de temas otakus, la ayuda en todo, no solo estudio, y los infinitos “incendios” que teníamos que apagar entre las actividades que realizábamos, lo que ayudábamos y todo lo administrativo que implica ser un grupo organizado en la facultad.

Incluyo una mención a los amigos de mi novia, el Cris y la Miriam, que más de una vez me recibieron en sus casas para poder trabajar y entretenernos un rato junto a Lucía. Muchas tonteras y buenas ideas salieron de esos momentos.

Este párrafo especial a Ale, Ari, Basti, Basti de sala 11, Cyntia, Fabián, Iván y Michi, que se hicieron un tiempo y me ayudaron en los experimentos a pesar de la pandemia y del largo viaje que había que hacer para llegar al laboratorio.

Finalmente, a mi profesor guía Carlos que siempre se preocupó de cada detalle, a Esteban que con su conocimiento y motivación ayudó de sobremanera a concretar este trabajo, Sebastián que siempre estuvo motivado por lo que se podía conseguir y Alejandro, el que más comprendía como se debe trabajar y desarrollar este tipo de trabajos, fueron de gran ayuda para llevar este trabajo por el buen camino.

Tabla de contenido

1.	Introducción.....	1
1.1.	Motivación.....	1
1.2.	Flota operativa actual.....	1
1.3.	Objetivos.....	2
1.3.1.	Objetivo General.....	2
1.3.2.	Objetivos Específicos.....	2
1.4.	Resultados esperados.....	2
2.	Revisión bibliográfica.....	2
2.1.	Normativa chilena.....	3
2.1.1.	Tipos de vehículos.....	3
2.1.2.	Condiciones de accesibilidad.....	3
2.2.	Normativa internacional.....	4
2.2.1.	Puerta de acceso al bus.....	4
2.2.2.	Rampas de acceso.....	5
2.2.2.1.	Accionamiento motorizado.....	5
2.2.2.2.	Accionamiento manual.....	7
2.2.3.	Plataforma elevadora.....	7
2.2.4.	Espacio para silla de ruedas.....	8
2.2.5.	Aviso de parada.....	10
2.3.	Revisión de estudios anteriores.....	10
2.3.1.	Condiciones de viaje.....	10
2.3.2.	Conectividad de la red y acceso a la información.....	10
2.3.3.	Abordaje y descenso del bus.....	10
2.4.	Servicios sin accesibilidad universal.....	11
3.	Determinación de la cantidad de usuarios de Red en Silla de ruedas en la Región Metropolitana.....	12
4.	Obtención de datos en flota operativa.....	14
4.1.	Toma de muestras en flota Red operativa actual.....	14
4.1.1.	Instrumentos necesarios.....	15
4.1.2.	Medición de inclinación de pavimento.....	15
4.1.3.	Medición de inclinación de los buses.....	15
4.1.4.	Medición de parámetros de acceso a los buses.....	17
5.	Condiciones de accesibilidad entregadas por buses estándar Red.....	19
5.1.	Realización de mediciones.....	19

5.2.	Rampas de los diferentes modelos	20
5.3.	Condiciones al abordar el bus	20
5.3.1.	BYD	21
5.3.1.1.	BYD - K9FE - BYD6121LGEV3	21
5.3.2.	Foton	22
5.3.2.1.	Foton eBus U12 SC	22
5.3.3.	Mercedes Benz	22
5.3.3.1.	Marcopolo - Torino Low Entry Ver.1 Metbus - O500U	23
5.3.3.2.	Marcopolo - Torino Low Entry Ver.1 STP – O500U	23
5.3.3.3.	Marcopolo - Torino Low Entry Ver.1 - O500UA	24
5.3.3.4.	Marcopolo - Torino Low Entry Ver.2 - O500UA	24
5.3.4.	Scania	25
5.3.4.1.	Caio Induscar - Mondego II - K280UB	25
5.3.4.2.	Caio Induscar - Mondego II - K320UA	26
5.3.5.	Volvo	27
5.3.5.1.	Marcopolo - Torino Low Entry biportal - B8RLE	27
5.3.5.2.	Marcopolo Superpolo - Viale BRT - B8RLEA	28
5.3.6.	Yutong	29
5.3.6.1.	Yutong ZK6128BEVG	29
6.	Condiciones de viaje entregadas por buses estándar Red	29
7.	Problemas de accesibilidad y seguridad detectados	31
7.1.	BYD K9FE	31
7.2.	Marcopolo Torino Low Entry	31
7.3.	Caio Induscar Mondego II	32
7.4.	Marcopolo Superpolo Viale BRT	33
8.	Caracterización de paraderos	34
9.	Distancia horizontal de detención de los buses	36
10.	Ensayos en Laboratorio	36
10.1.	Elaboración de Rampa extensible	37
10.2.	Parámetros controlables del ensayo	39
10.3.	Circuito de prueba	41
10.4.	Prueba piloto	42
10.5.	Puntos de grabación	42
10.6.	Tipos de participantes	43
10.7.	Normalización del criterio inicial de los participantes	44
10.8.	Encuesta a los participantes	44

10.9.	Silla de ruedas a utilizar	45
10.10.	Repeticiones de cada ensayo	46
10.11.	Medidas de seguridad para los participantes	46
11.	Procesamiento de datos obtenidos	46
12.	Resultados y Análisis.....	48
12.1.	Diferencia según largo de rampa.....	48
12.2.	Diferencia según tipo de bisel	51
12.3.	Diferencia según distribución interna	55
12.4.	Comparativa con normativa vigente y resultados obtenidos.....	57
12.5.	Comparación de resultados obtenidos versus estudios anteriores.....	60
13.	Conclusiones.....	61
14.	Líneas futuras de investigación	63
15.	Bibliografía.....	64
1.	Anexos	67
1.1.	Anexo 1: Datos acceso a buses	67
1.2.	Anexo 2: Esquemas de buses para medidas de accesos.....	68
1.3.	Anexo 3: Datos distancia horizontal de parada de buses	69
1.4.	Anexo 4: Imágenes Scania Caio Mondego.....	71
1.5.	Anexo 5: Imágenes Mercedes Benz Marcopolo Torino V1	73
1.6.	Anexo 6: Imágenes Mercedes Benz Marcopolo Torino V2	74
1.7.	Anexo 7: Imágenes BYD K9FE	76
1.8.	Anexo 8: Imágenes Volvo Marcopolo Superpolo Viale BRT	78
1.9.	Anexo 9: Imágenes Foton eBus 12SC	80
1.10.	Anexo 10: Imágenes Yutong ZK6128BEVG.....	82
1.11.	Anexo 11: Imágenes laboratorio e implementos.....	84
1.12.	Anexo 12: Imágenes capturadas durante ensayos	86
1.13.	Anexo Digital	90

1. Introducción

1.1. Motivación

La Ley N°20.422, que Establece Normas sobre Igualdad de Oportunidades e Inclusión Social de las Personas con Discapacidad, que actualmente rige en el país indica que todos los medios de transporte público urbano de pasajeros “deberán ser accesibles y utilizables de forma autovalente y sin dificultad por personas con discapacidad, especialmente por aquellas con movilidad reducida” (Ley 20.422 Art. 28) , recayendo en el Estado, como ente regulador, adoptar normativas que dirijan al transporte a la condición de accesible, lo cual no se cumple en su totalidad.

Actualmente, la normativa vigente (DTO-142, MIDEPLAN-MTT) permite que los buses de tipología A-1 (hasta 9 metros de largo) no posean acceso para sillas de ruedas, lo cual es una falta grave teniendo en cuenta que algunos servicios de Santiago y buena parte de los recorridos urbanos de regiones en el país tienen servicios servidos en su totalidad con estos de buses.

Adicionalmente, las regulaciones actuales para los buses con piso bajo tienen un enfoque en la resistencia estructural por sobre las condiciones de servicio que estos prestan a los usuarios, siendo el modelo utilizado para definir los espacios interiores asimilable a un humano erguido, y no a una silla de ruedas, que requiere espacios mayores para sus movimientos.

1.2. Flota operativa actual

Según datos publicados por Red Metropolitana de Movilidad al mes de julio del año 2020, un 87,3% de la flota operativa cuenta con condiciones de accesibilidad, la cual se encuentra distribuida en los distintos servicios de la ciudad, teniendo el Directorio de Transporte Público Metropolitano (DTPM) identificados los servicios los cuales no cuentan con flota accesible.

Para los usuarios en silla de ruedas, la normativa con respecto a la rampa de acceso únicamente regula el tamaño mínimo de rampa y la pendiente máxima que esta puede tomar, no destacando una serie de parámetros adicionales que se poseen al acceder a los buses, como los cambios de pendiente, desniveles en el recorrido de la silla, radios de giro, movimientos y la ubicación de la zona de viaje al interior de los buses.

En base a lo anterior, se busca determinar experimentalmente las condiciones habilitantes para el acceso de personas en sillas de ruedas a buses del Sistema de Transporte Público estándar Red, ya que estos son los que prestarán servicio en el largo plazo en la ciudad, teniendo en cuenta el cumplimiento de la vida útil de los buses estándar Transantiago, los cuales ya poseen más de 10 años operando en la ciudad.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

El objetivo de este trabajo es identificar las condiciones que pueden ser causantes de falencias en la accesibilidad universal para usuarios de sillas de ruedas al sistema de buses Red operativo, comparando las condiciones que ofrece el sistema con normativas tanto nacionales como internacionales.

1.3.2. Objetivos Específicos

Se tienen los siguientes objetivos específicos:

- Determinar las condiciones ofrecidas por los buses del sistema de transporte urbano de Santiago para el acceso de personas en sillas de ruedas.
- Ensayar en laboratorio distintas combinaciones de parámetros de diseño para determinar la accesibilidad de las personas en sillas de ruedas.
- Crear ábacos de factibilidad de acceso universal a buses por parámetro estudiado.
- Determinar los requerimientos que debe cumplir la interacción parada-bus para permitir el acceso y descenso de forma autónoma de usuarios en silla de ruedas.
- Generar recomendaciones de diseño accesible de sillas de ruedas en buses de transporte público urbano.

1.4. Resultados esperados

- Diagnóstico preliminar de la situación actual de accesibilidad universal al Sistema de Red Metropolitana de Movilidad.
- Determinar qué condiciones de los buses permiten acceder a ellos de forma autovalente a los usuarios en silla de ruedas.
- Determinar las condiciones complementarias que deben cumplir los paraderos para permitir una adecuada accesibilidad a los buses.
- Crear ábacos que indiquen qué dimensiones de cada parámetro de diseño estudiado pueden ser considerados accesibles.

2. Revisión bibliográfica

Las normativas analizadas, presentan distintos tipos de exigencias a los buses para ser considerados como accesibles. A su vez, para cumplir con los requerimientos de accesibilidad, se muestran una serie de alternativas, delegando tanto la función a los buses como a la infraestructura de parada.

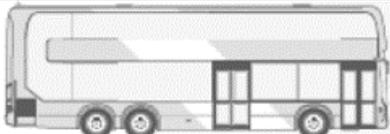
Para el caso de estudio, el enfoque del análisis se realiza sobre las exigencias para autobuses urbanos de transporte público bajo las normativas vigentes de Brasil, Chile, España, Estados Unidos y la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE-ONU).

2.1. Normativa chilena

2.1.1. Tipos de vehículos

Los buses de transporte urbano en Chile se pueden clasificar según la siguiente tabla:

Tabla 1: Clasificaciones de Buses urbanos en Chile.

	Clase	Subclase BUS	Longitud en Metros [m]
	A	A1	< 9 m
		A2	≥ 9 m y < 11 m
	B	B1	≥ 11 m y < 12 m
		B2	≥ 12 m y < 14 m
		B2P	≥ 12 m y < 14 m, con puertas de servicio a ambos costados de la carrocería
	C	C1	≥ 14 m y < 16,5 m
		C2	≥ 16,5 m y < 19 m
		C2P	≥ 16,5 m y < 19 m, con puertas de servicio a ambos costados de la carrocería
	D	D	≥ 11 m y < 13 m con doble piso

2.1.2. Condiciones de accesibilidad

La normativa que actualmente rige los parámetros de constructibilidad de los buses es el Decreto n° 122 del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones. En este decreto, se listan tanto las condiciones de acceso que deben cumplir los buses, como sus elementos técnicos de resistencia y diseño estructural según cada clasificación.

- Puertas: Con un mínimo de 45% de superficie cristalizada desde la zona superior con un ancho mínimo de 110 cm y altura de 190 cm para el caso de puertas dobles.
- Rampa de acceso: Puede ser de operación manual o motorizada, debe contar con una superficie mínima de 900 mm de ancho y 700 mm de largo. En caso de contar con despliegue motorizado, debe cumplir con al menos una de las normativas siguientes en su versión más reciente: ABNT NBR 15646 de Brasil o Reglamento n° 107 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas Para Europa.
- Espacio para Silla de Ruedas: Con un espacio mínimo de 900 mm de ancho y 1400 mm de largo, debe estar ubicado lo más cercanamente posible al acceso para silla de ruedas, contar con un respaldo espaldar acolchado de 32 cm de ancho por 130 cm de alto, cinturón de tres

- puntas con pretensor, sistema de sujeción de silla de accionamiento simple y una barra lateral de apoyo a una altura mínima de 750 mm, a un mínimo de 40 mm del borde.
- Aviso de parada: Debe estar localizado en el espacio designado para la Silla de Ruedas y debe contar con una señal acústica diferente a las del resto del vehículo.

Actualmente, la normativa exige que los requerimientos de accesibilidad para Sillas de Ruedas sean cumplidos por los buses de Transporte Urbano de tipo A-2, B, C y D.

2.2. Normativa internacional

Para este caso, se remitió a las siguientes normativas, con sus respectivas referencias de conformación citadas en su cuerpo:

Tabla 2: Normativas vigentes utilizadas.

	Normativa
Brasil	ANBT NBR 14022-2011
Estados Unidos	Americans with Disabilities Act (ADA) Accessibility Specifications for Transportation Vehicles
España	Real Decreto 1544/2007
CEPE-ONU	Reglamento n° 107 - 2018/237

Fuente: Elaboración propia

Se destaca que, para el caso de la normativa española, si un elemento no es mencionado por esta, se debe regir por el Reglamento n°107 de la CEPE-UE, lo cual será indicado con un asterisco (*).

2.2.1. Puerta de acceso al bus

La puerta de acceso es el elemento que permite abordar a los pasajeros. Todas las normativas tienen exigencias sobre las dimensiones, resistencia y como operan las mismas, pero para el caso de las que cuentan con acceso para sillas de ruedas, se deben cumplir una serie de requisitos adicionales, los cuales se muestran a continuación:

Tabla 3: Condiciones que debe cumplir la Puerta de Acceso según Normativa.

	Brasil	Estados Unidos	España	CEPE-ONU
Altura mínima [mm]	1900	1727	1800*	1800
Ancho libre mínimo [mm]	950	Dado por Sistema de acceso	1100*	1100
Área visible mínima (excepto delantera)	55%	No informa	Mismas ventana carrocería*	Mismas ventana carrocería
Soporte de apoyo antideslizante	si	Si, sostenible desde el exterior	Si, entre 800 y 900 mm desde el suelo del bus*	Si, entre 800 y 900 mm desde el suelo del bus
Luz de apoyo	si	Si, proyectada hacia el exterior	si	si

Fuente: Elaboración propia con datos normativos

2.2.2. Rampas de acceso

Las rampas de acceso a los buses del transporte público pueden clasificarse según su sistema de accionamiento en dos categorías, manual y motorizada. Dentro de estas categorías, se pueden clasificar según como opera su sistema de despliegue de la siguiente forma:

- Plegable

Consiste en un sistema para salvar desniveles compuesto de una sección rectangular rígida adosada a la carrocería, que cuenta con un eje de giro al borde del acceso para poder ser desplegada hacia la zona de espera del pasajero. Su almacenaje se realiza en la zona de viaje del bus. Este tipo de rampa es el más común en la ciudad de Santiago.

- Telescópica

Sistema que permite salvar desniveles proyectando en dirección paralela al acceso una o más secciones rígidas en algún ángulo determinado hasta conectar la zona de espera con el bus.

2.2.2.1. Accionamiento motorizado

Las rampas de despliegue motorizado, como su nombre indica, son las que no requieren de esfuerzo humano para su despliegue. Este tipo de rampa, siempre se encuentra acompañado de una serie de sistemas de seguridad y asistencia, para evitar herir a los pasajeros y dañar al equipamiento en cuestión.

Todas las normativas permiten la utilización de rampas de despliegue motorizado, condicionando su funcionamiento de la siguiente forma:

Tabla 4: Condiciones que debe cumplir la Rampa de Acceso Motorizada según cada normativa.

	Brasil	Estados Unidos	España	CEPE-ONU
Ancho mínimo [mm]	800	762	800	800
Largo mínimo [mm]	800	El necesario para cumplir condiciones de pendiente	El necesario para cumplir condiciones de pendiente*	El necesario para cumplir condiciones de pendiente
Pendiente máxima [%]	16 si largo \leq 900 12,5 si $900 < \text{largo} \leq 1800$ (bus puede estar arrodillado)	Condicionadas (ver tabla 5)	12 (bus puede estar arrodillado)*	12 (bus puede estar arrodillado)
Carga mínima soportada [Kg]	255	272 si largo mayor a 762 mm 136 en otro caso	300*	300
Biselado	Si borde incidente con acera es mayor a 7mm y menor a 13 mm (máximo), Pendiente de 1:2	1:2 si diferencia de nivel es mayor a 6,35 mm	Redondeado mínimo 2,5 mm de radio	Redondeado mínimo 2,5 mm de radio
Protección lateral	-	Si, de 2 pulgadas mínimo	Si*	Si
Advertencia lumínica	Si, color ámbar parpadeante	Si, baliza	Si, baliza	-
Requerimientos adicionales	Barras verticales de sujeción en puerta con elevador	No pueden existir diferencias de nivel mayores a 6,35 mm en el recorrido de la silla	Comunicador junto al acceso entre 900 y 1100 mm de altura en carrocería externa	Comunicador con el conductor al costado de la zona de descenso

Fuente: Elaboración propia con datos normativos

Tabla 5: Pendiente máxima de Rampa de Acceso según normativa estadounidense.

Diferencia de nivel	Pendiente máxima permitida Rampa [%]
Desde el suelo	16,7
Hasta 3 pulgadas*	16,7
Desde 3 a 6 pulgadas*	16,7
Desde 6 a 9 pulgadas*	12,5
Mayor a 9 pulgadas*	8,33

* Considerando una altura base de 3 pulgadas

Para los casos de España y CEPE-UE, se permite que la rampa pueda operar de forma manual en caso de desperfectos durante su operación.

2.2.2.2. Accionamiento manual

Para este caso, solo las normativas brasileña y CEPE-UE permiten su implementación en el formato de rampa plegable, bajo las siguientes exigencias:

Tabla 6: Condiciones que deben cumplir las rampas de Accionamiento Manual según normativa.

	Brasil	CEPE-ONU
Ancho mínimo [mm]	800	800
Largo mínimo [mm]	800	No especifica
Pendiente máxima [%]	16 si largo \leq 900 12,5 si $900 <$ largo \leq 1800 (bus puede estar arrodillado)	12 (bus puede estar arrodillado)
Carga mínima soportada [Kg]	255	300
Biselado	Si borde incidente con acera es mayor a 7mm y menor a 13 mm (máximo), Pendiente de 1:2	Redondeado mínimo 2,5 mm de radio
Protección lateral	No requerido	Si largo es mayor a 1200 mm

Fuente: Elaboración propia con datos normativos

2.2.3. Plataforma elevadora

Para este tipo de acceso a buses, en los casos de Brasil y España se permite su utilización solo en casos particulares, cumpliendo con los siguientes requerimientos:

Tabla 7: Condiciones que deben cumplir las Plataformas elevadoras según normativa.

	Brasil	Estados Unidos	España	CEPE-ONU
Tamaño mínimo [mm x mm]	800 x 1000	760 x 1220	800 x 1200	800 x 1200
Condición especial	Operación no permita piso bajo	-	Chasis menor a 9 metros que no permita piso bajo	-
Ubicación acceso	Por puerta de servicio adaptada	Por puerta de servicio o especial adaptada	Por puerta de servicio o especial adaptada*	Por puerta de servicio o especial adaptada
Tipo operación	Por operario calificado	Conductor u operario calificado	Conductor u operario calificado*	Conductor u operario calificado
Condiciones de operación	A la vista del operador	A la vista del operador	A la vista del operador de forma directa, con espejos directos o cámaras	Vista del operador a través de cámaras o espejos de ayuda
Carga mínima soportada [Kg]	255	272	300*	300
Biselado	Para abordar el elevador 1:2	De máxima pendiente 1:2	-	-
Velocidad máx. de subida [m/s]	0,15	0,15	-	-
Requerimientos adicionales	Alarma sonora y lumínica que avise que se encuentra en operación	Pasamanos a ambos costados de la plataforma, poder ser usada por pasajeros con movilidad reducida	Comunicador con el conductor, si es que la plataforma no se ubica de forma directa con él	Comunicador con el conductor, si es que la plataforma no se ubica de forma directa con él

Fuente: Elaboración propia con datos normativos

2.2.4. Espacio para silla de ruedas

Es la ubicación dentro del vehículo, la cual permite transportar de forma segura y confortable a los pasajeros que se desplazan en Silla de Ruedas, en todos los casos debe contar con sistemas de sujeción para el pasajero, como anclajes o cinturones de seguridad. Comúnmente, los vehículos son concebidos con uno de estos espacios, pero en casos especiales pueden ser un número mayor, siempre y cuando se cumplan todas las medidas de seguridad y movilidad al interior para los ocupantes.

Los requerimientos de este espacio varían según cada normativa, como se muestra a continuación:

Tabla 8: Condiciones que debe cumplir el Espacio de viaje para Silla de Ruedas.

	Brasil	Estados Unidos	España	CEPE-ONU
Plazas requeridas mínimas	1	2 para vehículos de más de 6,5 metros	1	1
Espacio efectivo mínimo [mm x mm]	1300 x 800	1219 x 762	1300 x 750	1300 x 750
Espacio para maniobras mínimo [mm x mm]	1200 x 800	La suficiente entre el acceso y el espacio de viaje	Sin obstáculos ni escalones	La suficiente entre el acceso y el espacio de viaje
Área libre de giro mínima [mm x mm]	1200 x 1200	La suficiente entre el acceso y el espacio de viaje	La suficiente entre el acceso y el espacio de viaje	La suficiente entre el acceso y el espacio de viaje
Ubicación en el bus	Preferentemente frente a puerta de acceso	Lo más cercano posible al acceso (puede ser exclusivo)	-	-
Orientación del pasajero	En sentido o contra la marcha	Al menos una en sentido de marcha	En sentido o contra la marcha*	En sentido o contra la marcha
Inclinación máx. sentido de marcha	8%	8%	5%*	5%
Cinturón pasajero	Único, tres puntas con altura ajustable	Único, tres puntas con altura ajustable	Abdominal o tres puntas*	Abdominal o tres puntas
Anclaje para ruedas	Ambas traseras	Ambas traseras	Ambas traseras*	Ambas traseras
Respaldo [mm] (ancho x alto x espesor)	260 x 762 x 43	455 x 455 x (no informa)	300 x 1300 x (no informa)	270 a 300 x 1300 x (no informa)
Respaldo, distancia desde el suelo [mm]	581	965	0	0
Pasamanos apoyo Diámetro [mm]	30 a 45	31,75 x 38,1	-	-
Pasamanos apoyo Distancia al borde [mm]	mínimo 40	mínimo 38,1	40 mínimo 90 en su zona más alejada*	40 mínimo 90 en su zona más alejada

Fuente: Elaboración propia con datos normativos

2.2.5. Aviso de parada

Es botón de aviso de parada, para el caso de los pasajeros con silla de ruedas, debe estar localizado de forma tal que pueda ser accionado sin necesidad de desplazarse del espacio seguro de viaje o tener que recurrir a un tercero. Comúnmente, los fabricantes adosan el pulsador de aviso de parada directamente en la superficie lateral del espacio para silla de ruedas.

Para todos los casos estudiados, se exige que este sistema cuente con una alerta sonora y luces de advertencia diferentes a los utilizados por el resto de los pasajeros del bus.

2.3. Revisión de estudios anteriores

La literatura enfocada en accesibilidad ha identificado una serie de factores que limitan a distintos tipos de usuarios. Particularmente, para los usuarios de sillas de ruedas se mencionan los temas a continuación:

2.3.1. Condiciones de viaje

En lo que respecta a esta condición, la zona de viaje para la silla de ruedas se manifiesta como la principal complejidad, ya que este a pesar de encontrarse normado, dependiendo del modelo de bus que cada operador decida usar, la ubicación y dimensiones de este espacio difiere (Park y Chowdhury, 2018).

De lo anterior, la ubicación de la zona de viaje es determinante para los distintos tipos de dispositivos de movilidad (silla de ruedas mecánica, motorizada y scooter), ya que estos no poseen los mismos movimientos al retroceder y girar, requiriendo en muchos casos más espacio que el designado (D'Souza et al., 2010).

2.3.2. Conectividad de la red y acceso a la información

Para el caso de los usuarios en silla de ruedas, esto es una parte crucial de la planificación de sus viajes ya que, al requerir buses con características específicas para realizar sus traslados, necesitan determinar cuáles servicios pueden abordar, lo que causa que se reduzcan sus alternativas de conectividad y aumenten sus tiempos de viaje (Ferrari et al, 2014). Muchas veces la complejidad anterior se ve agudizada por la falta de información sobre la accesibilidad de los servicios, quedando en manos de la experiencia del usuario u en plataformas externas a las oficiales la obtención de estos datos (Hidalgo et al, 2020).

2.3.3. Abordaje y descenso del bus

Las paradas, a pesar de ser los elementos que permiten la subida y bajada de los buses, estos se encuentran presentes en diversas configuraciones, condicionadas muchas veces por su entorno de emplazamiento. El tener condiciones como pendiente longitudinal en el sentido de la calle, estacionamientos que no permiten acercarse a los buses, diferencias de altura bus-parada que requieren rampas en mayor pendiente son parte de las problemáticas comúnmente mencionadas.

Ya que la mayoría de los estudios tienen enfoque en la pendiente de la rampa, en estos se menciona que el valor de pendiente máximo autorizado en USA de 21% presenta complejidades de abordaje y descenso para usuarios de sillas de ruedas no motorizadas, esto para largos de rampa desde 121 cm (41 in) (Bertocci et al, 2018) hasta 1,88 m (D’Souza et al., 2017).

También son mencionados problemas al interactuar con el resto de los pasajeros, como la percepción de molestia por su abordaje y descenso, el cual requiere mayor tiempo, o la necesidad de tener que moverse de sus posiciones dentro del bus para permitir el paso de la silla de ruedas, lo cual es particularmente complejo en horarios punta.

2.4. Servicios sin accesibilidad universal

En los Anexos de operación de Red Movilidad, los servicios de buses se encuentran catalogados según su nivel de accesibilidad de los vehículos licitados. Estas clasificaciones son tres:

- Total: Todos los vehículos asignados a un servicio cuentan con acceso para sillas de ruedas.
- Parcial: Parte de los vehículos asignados a un servicio cuentan con acceso para sillas de ruedas.
- Ninguna: Ningún vehículo asignado al servicio cuenta con acceso para sillas de ruedas.

A continuación, se muestran los servicios que operan sin accesibilidad para sillas de ruedas según la información Plan operacional vigente en Santiago:

Tabla 9: Servicios sin Accesibilidad Universal.

Servicio	Operador	Servicio	Operador	Servicio	Operador
G01	Subus Chile	I20	Buses Vule	C12	Redbus Urbano
G01c	Subus Chile	I24	Buses Vule	C13	Redbus Urbano
G02	Subus Chile	J01c	Metbus	C17	Redbus Urbano
G05	Subus Chile	J03	Metbus	C18	Redbus Urbano
G07	Subus Chile	J06	Metbus	C19	Redbus Urbano
G09	Subus Chile	J07c	Metbus	C22	Redbus Urbano
G11	Subus Chile	J15c	Metbus	F02	STP Santiago
G12	Subus Chile	J16	Metbus	F03	STP Santiago
G13	Subus Chile	J17	Metbus	F03c	STP Santiago
G14	Subus Chile	J19	Metbus	F07	STP Santiago
G15	Subus Chile	B04v	Redbus Urbano	F11	STP Santiago
G18	Subus Chile	B08	Redbus Urbano	F15	STP Santiago
H02	Buses Vule	B15	Redbus Urbano	F16	STP Santiago
H05	Buses Vule	B22	Redbus Urbano	F24	STP Santiago
H05c	Buses Vule	B23	Redbus Urbano	F26	STP Santiago
H06	Buses Vule	B26	Redbus Urbano	F27	STP Santiago
H12	Buses Vule	B27	Redbus Urbano	F29	STP Santiago
H14	Buses Vule	B28	Redbus Urbano	-	-
I16	Buses Vule	C08	Redbus Urbano	-	-

3. Determinación de la cantidad de usuarios de Red en Silla de ruedas en la Región Metropolitana.

Esta sección busca determinar la potencial cantidad de pasajeros en silla de ruedas que poseen independencia para viajar solos, ya que estos son los que mayoritariamente no poseen asistencia a la hora de abordar y descender de los buses. Para esto, se utilizarán datos de la Segunda Encuesta Nacional de Discapacidad (ENDISC-II, 2015), la Encuesta de Caracterización Económica nacional (CASEN, 2017) y el Censo 2017.

- I. Según datos de ENDISC-II, 2.836.818 personas se declaran en situación de discapacidad, de los cuales 1.523.949 son adultos. En esta encuesta también se indica que un 6% de los encuestados adultos declara usar una silla de ruedas, siendo un total de 91.436 personas.
- II. Luego, la encuesta CASEN indica, en base a datos de ENDISC-II, que un 0,8% de los encuestados no puede caminar o subir escaleras y un 2,9% declara tener mucha dificultad.
- III. Dentro de la encuesta anterior, se indica que el 63,1% del total de encuestados se declara con discapacidad no dependiente y un 9,9% con dependencia leve. Particularmente para los mayores de 15 años en la Región Metropolitana, un 63,4% se declara independiente y 10,6% con dependencia leve.
- IV. Utilizando los datos anteriores, se puede realizar un cálculo aproximado de los menores de edad que pueden ser usuarios de silla de ruedas. Considerando que las personas representadas por los porcentajes del punto (II) son usuarias de sillas de ruedas, obtenemos que 104.962 personas de todas las edades son potenciales usuarios de sillas de ruedas.
- V. Al valor obtenido en (IV), le restamos el 6% de usuarios de sillas de ruedas adultos mostrado en (I), obteniendo un total de 13.526 potenciales usuarios de sillas de ruedas menores de edad.
- VI. Según datos del Censo 2017, el 40,5% de la población del país reside en la Región Metropolitana, y de estos el 96,2% vive en comunas donde opera Red Metropolitana.
- VII. Utilizando el supuesto de que las personas discapacitadas se distribuyen uniformemente según población del país, utilizando los datos de (I) y (VI) para los adultos, se obtiene un total de 35.624 potenciales usuarios mayores de edad de Red Metropolitana.
- VIII. De forma similar al punto anterior, para los menores de edad obtenidos en (V), se obtiene un total de 5.270 menores de edad potenciales usuarios de silla de ruedas en la Región Metropolitana.
- IX. Considerando que no todos los menores de edad tienen la capacidad de viajar de forma independiente, se utiliza el supuesto de que los mayores de 15 años son potenciales usuarios sin asistencia del sistema de transporte.
- X. Según datos del Censo 2017, un total de 969.233 personas entre 15 y 19 años residen en la zona de operación, de los cuales 349.760 tienen edades entre 15 y 19 años, es decir un 36% de los menores.
- XI. Utilizando el valor de 36% obtenido en (X), ponderamos los usuarios menores de edad, obteniendo un total de 1.897 personas entre 15 y 19 años.
- XII. Ahora, sumando lo obtenido en (V) y (XI), tenemos un total de 37.521 personas en silla de ruedas en rangos de edad en los que son autónomos para viajar.

- XIII. Usando los supuestos de: las personas que pueden viajar de forma independiente se declaran “no dependientes” o “con dependencia leve” y los porcentajes mencionados en (III) para la Región Metropolitana distribuyen homogéneamente entre los usuarios en sillas de ruedas, se obtiene que 27.765 personas potenciales usuarios (1.404 menores y 26.361 adultos).
- XIV. Según datos de CASEN 2017, un 33% de las personas en situación de discapacidad trabajan, los que nos da un total de 8.699 adultos.
- XV. Adicionalmente, según información de Casen 2017, la tasa neta de asistencia a educación media (rango de edades entre 15 y 18 años de la educación obligatoria) es de 56,9%, lo que entrega un total de 799 menores que potencialmente asiste de forma regular a clases.
- XVI. Sumando los valores obtenidos en (XIV) y (XV), se tiene un total de 9.498 potenciales usuarios de a diario en el sistema.

Con el valor final obtenido en (XVI), podemos definir un tamaño muestral de interés para los futuros ensayos, utilizando los siguientes supuestos:

- Nivel de confianza del 90% ($Z=1,65$).
- Error aceptable del 10% ($e=0,1$).
- Usuarios de a diario totales de 9.498 personas (N).
- Supuesto de varianza de un 20%.

Luego, se reemplazan los valores anteriores en la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N\sigma^2 Z_\alpha^2}{e^2(N - 1) + \sigma^2 Z_\alpha^2}$$

De esto, se obtiene que el tamaño muestral (n) para estas condiciones es de 11 personas.

Se destaca que los valores presentados son obtenidos a través de una serie de supuestos, dado que la información disponible de manera oficial varía según las distintas fuentes, como por ejemplo el universo total de discapacitados, siendo la ENDISC la que presenta el mayor total con 2.606.914 personas, versus el Registro Nacional de Discapacidad (RND) con 369.239 personas. La discrepancia anterior se debe a que el primer estudio incluye a todos los que se identifican con alguna discapacidad y el segundo solo a los que formalmente se registran como uno.

4. Obtención de datos en flota operativa

Con el objetivo de poder estudiar la accesibilidad universal en los buses del sistema de transporte público urbano licitado de Santiago “Red Movilidad”, se plantea una metodología para la recolección de datos en los modelos de buses mayoritariamente utilizados por los operadores, con el propósito de simular a escala real los datos obtenidos en terreno.

4.1. Toma de muestras en flota Red operativa actual

Se presentan los modelos mayoritariamente utilizados por los operadores de Red Metropolitana.

Tabla 10: Buses estándar Red operativos.

Fabricante	Modelo Chasis	Carrocero	Modelo Carrocería	Largo homologado [m]	Operador
BYD	K9FE	BYD	BYD6121LGEV3	12,00 (R)	Metbus
Foton	eBus U12 SC	Foton	eBus U12 SC	12,00 (R)	STP Santiago
KingLong	XQM6127G Plus	KingLong	XMQ6127G Plus	12,58 (R)	Redbus Urbano
Mercedes Benz	O500U	Caio Induscar	Mondego II	13,20 (R)	Buses Vule
Mercedes Benz	O500U 1930 Euro VI	Marcopolo	Torino Low Entry	13,00 (R)	Metbus - Redbus Urbano - STP santiago
Mercedes Benz	O500UA 2836 Euro VI	Marcopolo	Torino Low Entry Articulado	18,60 (A)	Metbus - Redbus Urbano - STP santiago
Scania	K 280 UB	Marcopolo	Torino Low Entry	12,50 (R)	Redbus Urbano
Scania	K 280 UB	Caio Induscar	Mondego II	12,50 (R)	Express de Santiago
Scania	K 320 UA	Caio Induscar	Mondego II	18,60 (A)	Express de Santiago
Volvo	B8RLE	Marcopolo	Torino Low Entry	13,20 (R)	Subus Chile
Volvo	B8RLEA 6x2	Marcopolo Superpolo	Viale BRT	18,50 (A)	Subus Chile
Yutong	ZK6128	Yutong	ZK6128BEVG	12,00 (R)	Buses Vule - STP Santiago

Los datos de la tabla anterior corresponden a los modelos circulando con servicio comercial al día 28 de octubre de 2020. Sin perjuicio de lo anterior, no fueron contemplados los modelos que se encuentran en servicio comercial, pero poseen solo una máquina del modelo específico en operación.

4.1.1. Instrumentos necesarios

Se requieren de los siguientes instrumentos para la toma de datos de los buses:

- Inclímetro digital.
- Huincha de medir metálica de mínimo 5m, para medir parámetros de los buses, como ancho de rampa y longitud del acceso a los buses
- Cuatro soportes plegables de 15cm de altura fabricados en MDF, para emular la altura de soleras normal y Kassel.

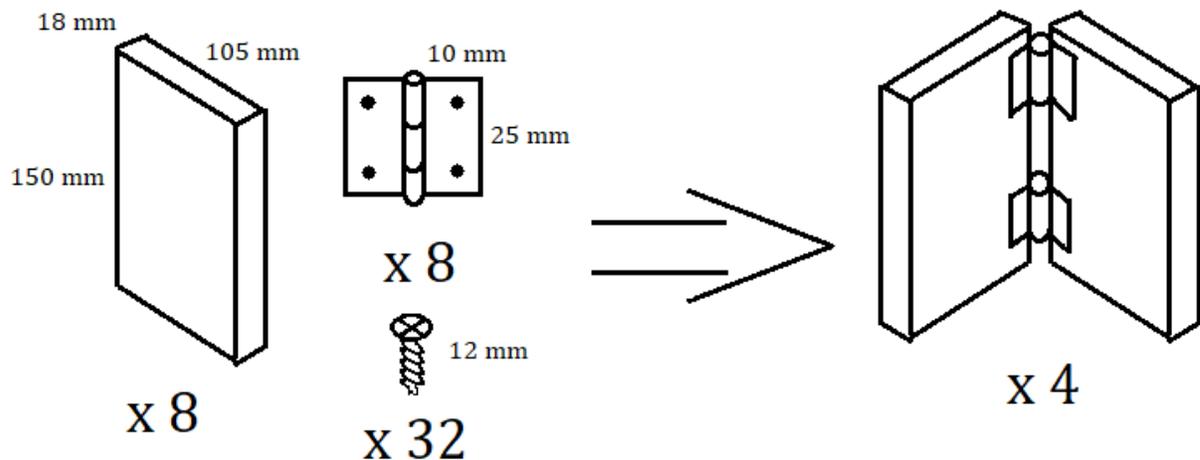


Figura 1: Esquema referencial de armado de soportes. Elaboración propia

4.1.2. Medición de inclinación de pavimento

Para esta medición, en donde se encuentre emplazada la maquina utilizada para el estudio, se debe realizar utilizando un Inclímetro el cual debe ser girado iterativamente para determinar la dirección de máximo descenso de la zona.

4.1.3. Medición de inclinación de los buses

- Inclinación lateral

Para determinar la inclinación lateral de los buses, se plantean tres casos de posibles: suspensión baja (menor altura posible), arrodillamiento (dos ruedas laterales bajas) y sin inclinación. Cada una de las configuraciones se muestran a continuación:

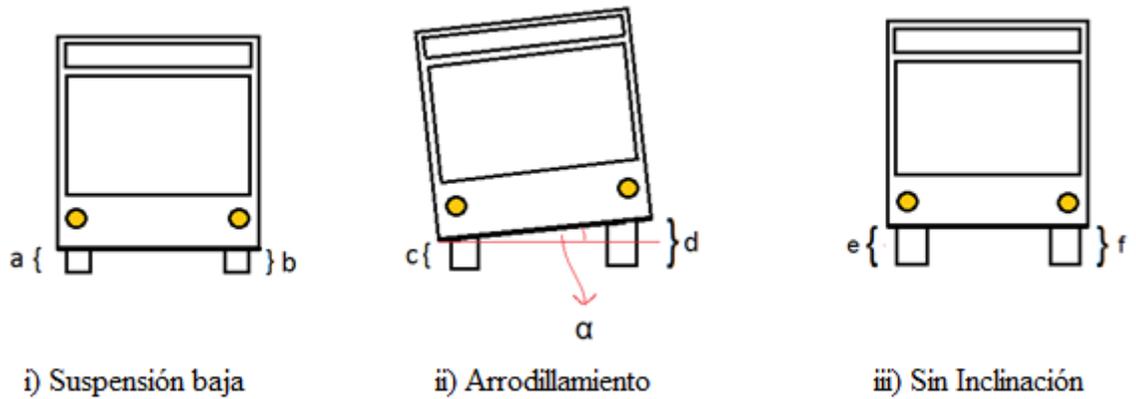


Figura 2: Posiciones de arrodillamiento en buses con sistema de suspensión neumática. Elaboración propia.

- Inclinación según sentido de marcha

Para el caso de los vehículos rígidos, se debe medir su inclinación orientando el dispositivo de medición en el sentido de marcha del bus en la zona central del mismo, donde comúnmente se ubica la puerta de acceso para sillas de ruedas.

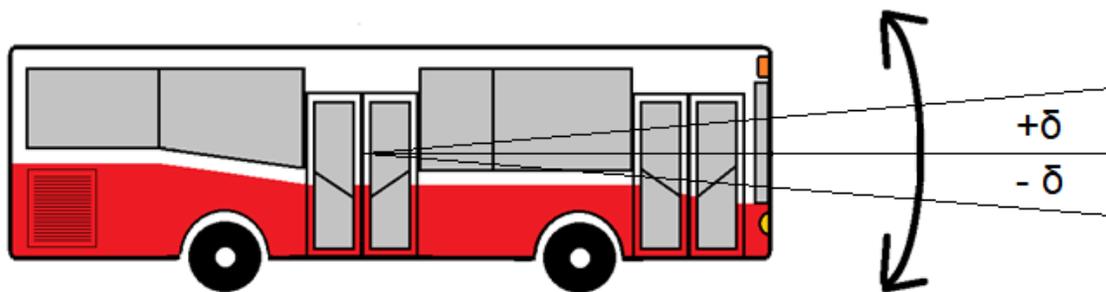


Figura 3: Inclinación de buses rígidos según sentido de marcha. Elaboración propia.

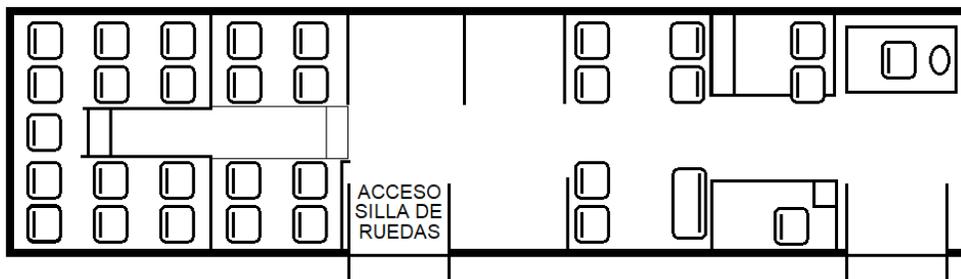


Figura 4: Disposición de acceso para silla de ruedas. Elaboración propia.

Para el caso de los vehículos articulados, la medición se debe realizar en la zona del chasis que cuente con el acceso para sillas de ruedas, la cual puede cambiar según el fabricante de la carrocería. Cabe destacar que solo es necesario medir δ_i en la zona de la carrocería que posee acceso para silla de ruedas.



Figura 5: Inclinación de buses articulados por sección según sentido de marcha. Elaboración propia

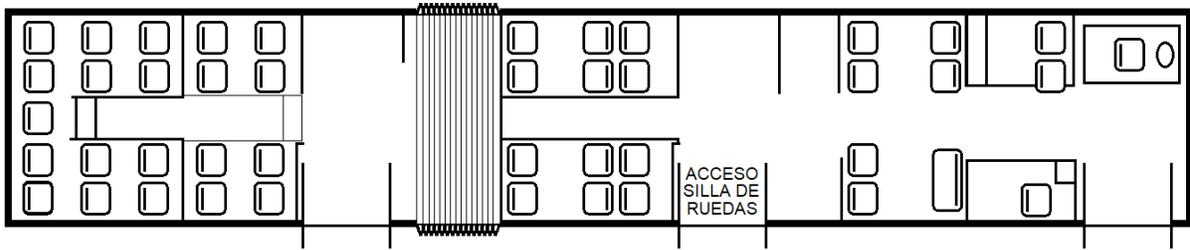


Figura 6: Disposición acceso silla de ruedas bus articulado estándar Red. Elaboración propia.

Para la captura de todos los datos propuestos, se utiliza la plantilla ubicada en Anexo 1.

4.1.4. Medición de parámetros de acceso a los buses.

Para determinar las características de la rampa se debe proceder desplegando la misma, luego se deben medir los siguientes datos: Longitud rampa (A), ancho (B), biselado ($C_{1,2,3}$), pendiente de acceso al bus (D), plinto de interacción rampa-pasillo (E) y Largo del pasillo (F).

Para la medición de inclinación de la rampa de acceso (D) se plantean tres casos ideales de solera presentes en la infraestructura vial de Santiago, los cuales se encuentran compuestos de la siguiente forma:

Tabla 11: Altura respecto al suelo de distintas soleras comunes.

Caso	Altura respecto al suelo [cm]
Sin solera (I_1)	0
Solera Normal (I_2)	15
Solera Kassel (I_3)	30

Considerando lo anterior, parámetro I_Y debe ser medido posicionando el bus en cada una de sus configuraciones de suspensión, colocando el fin de la rampa en las distintas alturas mencionadas en la tabla anterior, lo cual se realiza utilizando las preformas plegables mostradas en (3.1.1), representando cada solera respectiva.

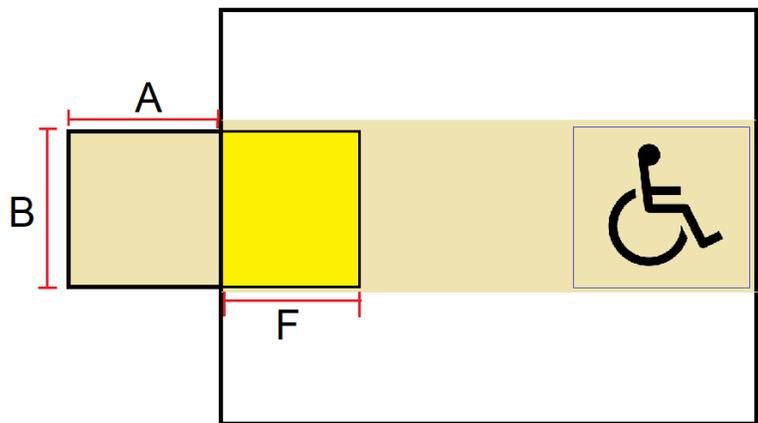


Figura 7: Esquema simplificado de acceso para silla de ruedas en buses con acceso a la derecha. Elaboración propia.

Donde: A: Largo de rampa
 B: Ancho de rampa
 F: Largo de cajón de rampa al interior del bus

Para el caso de buses con sistema biportal, se determina en terreno la ubicación de la zona de viaje para sillas de ruedas de estos, ya que poseen una zona compartida para ambos accesos del bus.

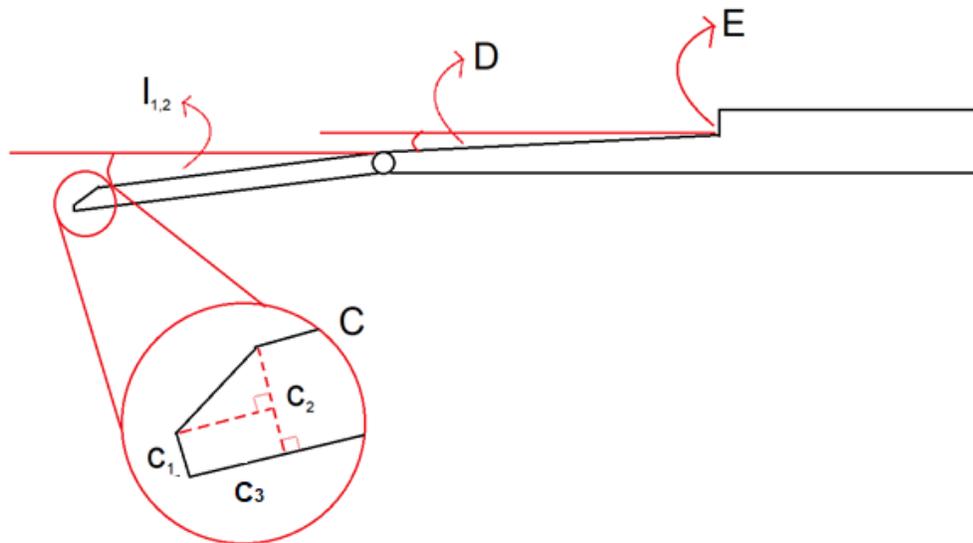


Figura 8: Esquema de rampa de acceso desplegada. Elaboración propia.

Donde: I_Y : Deflexión de la rampa de acceso según tipo de solera seleccionada
 C_Y : Parámetros de medición de biselado de rampa
 D: Deflexión del cajón contenedor de la rampa de acceso
 E: Altura borde de cajón de rampa en recorrido de acceso
 Y: caso a evaluar (1) sin solera, (2) solera 15 cm y (3) solera 30 cm

Cabe destacar que, para algunos modelos de buses, el parámetro E no se encuentra presente ya que cuenta con biselado de acceso en esa zona. Para estos casos se propone medir el largo de recorrido del biselado (EL), además de su inclinación respecto a la parte central del bus cuando este se encuentra con arrodillamiento total o sin arrodillamiento ($E\theta$). Para la captura de estos datos, se dispone de la plantilla propuesta en Anexo 1.

Adicionalmente, con el propósito de determinar cómo debe ser modificado el Laboratorio de Dinámica Humada de la Universidad de Los Andes, se deben medir y esquematizar los espacios entre los accesos y la plaza para silla de ruedas del bus (Anexo 2).

5. Condiciones de accesibilidad entregadas por buses estándar Red

5.1. Realización de mediciones

Ya que ninguno de los operadores dispone de todos los modelos catastrados, estos fueron dispuestos por los mismos en distintas ubicaciones. También, dependiendo de cada empresa, se asignaba personal o se realizaba una capacitación para operar el bus.

Las mediciones tanto de las rampas, como de los espacios interiores se realizaban de forma personal, utilizando los instrumentos descritos en el punto (3.1.1). Adicionalmente, se toman fotografías de la distribución interior como referencia y respaldo del trabajo realizado.

Tabla 12: lugar de realización de mediciones por modelo de bus.

Fabricante	Modelo Chasis	Carrocero	Operación del bus	Operador	Terminal utilizado	Fecha y lugar de medición
BYD	K9FE	BYD	Personal de mantención	Metbus	Los Nogales	Av. Américo Vespucio 2076, Maipú (06-10-2020)
Mercedes Benz	O500UA 2836 Euro VI	Marcopolo	Personal de mantención		Los Cipreses	Camino El Roble 200, Pudahuel (06-10-2020)
Mercedes Benz	O500U 1930 Euro VI	Marcopolo	Conductor designado al modelo			
Scania	K 280 UB	Caio Induscar	Jefe de mantención	Express de Santiago	Huechuraba	Av. Recoleta 5151, Huechuraba (14-10-2020)
Scania	K 320 UA	Caio Induscar				
Volvo	B8RLE	Marcopolo	Personal de mantención	Subus Chile	San José	José Besa 669, San Bernardo (08-09-2020)
Volvo	B8RLEA 6x2	Marcopolo Superpolo				
Foton	eBus U12 SC	Foton	Conductor designado al modelo	STP Santiago	El Conquistador	Av. 5 Poniente 1601, Maipú (18-11-2020)
Yutong	ZK6128	Yutong				
Mercedes Benz	O500UA 2836 Euro VI	Marcopolo	Capacitación para operar de forma particular			
Mercedes Benz	O500U 1930 Euro VI	Marcopolo				

5.2. Rampas de los diferentes modelos

Para los distintos carroceros se tienen diferentes condiciones de rampa, estas se muestran a continuación:

Tabla 13: Parámetros de rampas catastradas para cada modelo.

Carrocero	Modelo	Largo Rampa [cm]	Ancho rampa [cm]	Tipo bisel
BYD	K9FE	86	84	Completo
Caio Induscar	Mondego II*	73	90	Flexible
Foton	eBus U12 SC	91	95	Completo
Marcopolo	Torino Low Entry*	73,5	90	Intermedio
Marcopolo Superpolo	Gran Viale BRT	85	96	Completo
Yutong	ZK6128	80	100	Completo

Para los modelos marcados con (*), toda la serie, independiente de si es rígido, articulado o con diferente chasis, cuentan con el mismo modelo de rampa.

5.3. Condiciones al abordar el bus

En esta sección se muestran los datos recopilados en los distintos modelos de buses para los diferentes fabricantes de Chasis y Carroceros presentes actualmente en el sistema.

La información se presenta en tablas, siguiendo la secuencia del esquema presentado en la Fig.9.

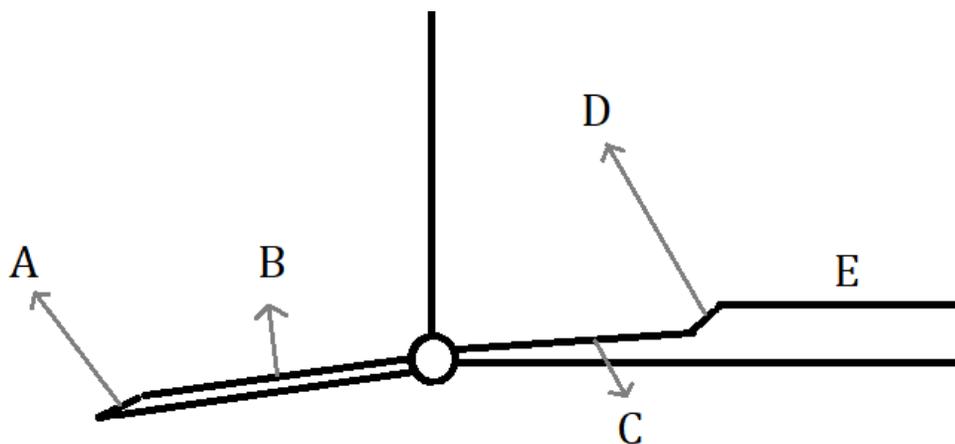


Figura 9: Perfil longitudinal de acceso para silla de ruedas.

- Donde: A: Biselado rampa
B: Rampa
C: Cajón de Rampa
D: Biselado Cajón de Rampa
E: Pasillo

Para cada uno de estos parámetros se tiene la longitud de recorrido y la pendiente para las distintas posiciones que posee la suspensión.

Los buses son clasificados por fabricantes de chasis, para establecer un orden de presentación de datos, y cada modelo específico es presentado con el formato **Carrocero - Modelo carrocería - Modelo chasis**.

Se destaca que existen casos donde, por condiciones constructivas de las carrocerías, no se pudo realizar la medición, estos se encuentran señalados como se muestra a continuación:

- X: La extensión u eje de giro de la rampa no permite que se apoye sobre la superficie.
- CP: La configuración obtenida es a contrapendiente.

5.3.1. BYD

Este fabricante presenta dos modelos homologados para operar con estándar Transantiago/Red, pero únicamente uno se encuentra operativo en el sistema, que corresponde al modelo eléctrico K9FE fabricado en China.

5.3.1.1. BYD - K9FE - BYD6121LGEV3

Este modelo cuenta con la particularidad de que posee cuatro posiciones de suspensión, distinguiendo entre la posición baja y regular, esta última comúnmente utilizada como defecto en el movimiento del bus.

Tabla 14: Parámetros de acceso BYD - K9FE.

Lado Puerta	Posición Suspensión	Altura acceso [cm]	Solera [cm]	Pendientes Secciones [%]				
				A	B	C	D	E
Derecha	Bajo	35	0	95,90	38,79	5,77	50,95	0,17
			15	61,04	17,63			
			30	39,79	0,35			
Derecha	Alto	48	0	137,13	58,90	5,59	50,95	0,17
			15	85,11	34,63			
			30	62,97	14,95			
Derecha	Inclinado	36	0	101,41	39,79	6,82	58,90	3,14
			15	69,50	19,44			
			30	46,63	1,92			
Derecha	Regular (de marcha)	42	0	118,75	48,99	5,24	56,12	0,17
			15	80,98	26,98			
			30	53,84	7,87			

Tabla 15 Grosor de rampa y longitud de recorrido de cada sección para BYD K9FE.

Grosor rampa [cm]	A [cm]	B [cm]	C [cm]	D [cm]
2	3	81	87	5

5.3.2. Foton

5.3.2.1. Foton eBus U12 SC

Tabla 16: Parámetros de acceso Foton eBus U12 SC

Lado Puerta	Posición Suspensión	Altura acceso [cm]	Solera [cm]	Pendientes Secciones [%]				
				A	B	C	D	E
Derecha	Bajo	38	0	103,92	49,86	5,07	59,61	0,35
			15	72,92	21,99			
			30	48,13	5,24			
Derecha	Alto	45	0	115,04	48,77	4,54	51,17	0,35
			15	84,81	29,05			
			30	57,97	11,92			
Derecha	Inclinado	29	0	85,71	29,62	8,40	67,45	3,14
			15	55,66	12,10			
			30	CP	CP			

Tabla 17: Grosor de rampa y longitud de recorrido de cada sección para Foton eBus U12 SC

Grosor rampa [cm]	A [cm]	B [cm]	C [cm]	D [cm]
2	4	88	88	4

5.3.3. Mercedes Benz

Este proveedor de chasis se encuentra presente con modelos de buses Rígidos O500U, carrozados por Caio Induscar y Marcopolo, y Articulados O500UA, carrozados únicamente por Marcopolo. Para ambos casos, las plantas de fabricación se encuentran ubicadas en Brasil. Para este estudio solo se pudo tener acceso a los modelos construidos por Marcopolo.

5.3.3.1. Marcopolo - Torino Low Entry Ver.1 Metbus - O500U

Tabla 18: Parámetros de acceso Marcopolo - Torino Low Entry Metbus Ver.1 - O500U

Lado Puerta	Posición Suspensión	Altura acceso [cm]	Solera [cm]	Pendientes Secciones [%]				
				A	B	C	D	E
Derecha	Bajo	39,5	0	111,84	47,91	9,28	43,90	1,22
			15	71,33	23,27			
			30	37,79	1,57			
Derecha	Alto	45,5	0	143,35	65,19	8,22	43,07	2,09
			15	88,16	35,02			
			30	51,39	12,46			
Derecha	Inclinado	34	0	99,30	42,45	11,04	45,99	2,79
			15	60,32	18,35			
			30	41,42	1,75			

Tabla 19: Grosor de rampa y longitud de recorrido de cada sección para Marcopolo - Torino Low Entry Metbus Ver.1 - O500U

Grosor rampa [cm]	A [cm]	B [cm]	C [cm]	D [cm]
3	5	69,5	71	5,5

5.3.3.2. Marcopolo - Torino Low Entry Ver.1 STP – O500U

Tabla 20: Parámetros de acceso Marcopolo - Torino Low Entry STP Ver.1 - O500U

Lado Puerta	Posición Suspensión	Altura acceso [cm]	Solera [cm]	Pendientes Secciones [%]				
				A	B	C	D	E
Derecha	Bajo	41	0	127,08	55,43	4,72	43,69	1,92
			15	79,83	28,30			
			30	48,56	6,47			
Derecha	Alto	47	0	153,40	67,96	7,69	44,31	2,09
			15	93,58	38,99			
			30	60,56	15,48			
Derecha	Inclinado	33,5	0	100,70	40,20	9,98	47,48	4,02
			15	62,73	16,91			
			30	37,19	0,79			

Tabla 21: Grosor de rampa y longitud de recorrido de cada sección para Marcopolo - Torino Low Entry STP Ver.1 - O500U

Grosor rampa [cm]	A [cm]	B [cm]	C [cm]	D [cm]
3	5	70	71	6

5.3.3.3. Marcopolo - Torino Low Entry Ver.1 - O500UA

Tabla 22: Parámetros de acceso Marcopolo - Torino Low Entry Ver.1 - O500UA

Lado Puerta	Posición Suspensión	Altura acceso [cm]	Solera [cm]	Pendientes Secciones [%]				
				A	B	C	D	E
Derecha	Bajo	37	0	106,12	48,77	10,33	42,45	2,97
			15	64,45	21,44			
			30	37,79	0,70			
Derecha	Alto	45	0	X	X	8,05	39,39	1,40
			15	84,21	35,41			
			30	51,84	11,75			
Derecha	Inclinado	32	0	91,63	36,99	12,46	44,11	5,24
			15	54,30	13,52			
			30	CP	CP			

Tabla 23: Grosor de rampa y longitud de recorrido de cada sección para Marcopolo - Torino Low Entry Ver.1 - O500UA

Grosor rampa [cm]	A [cm]	B [cm]	C [cm]	D [cm]
3	5	69,5	71	5

5.3.3.4. Marcopolo - Torino Low Entry Ver.2 - O500UA

Tabla 24: Parámetros de acceso Marcopolo - Torino Low Entry Ver.2 - O500UA

Lado Puerta	Posición Suspensión	Altura acceso [cm]	Solera [cm]	Pendientes Secciones [%]				
				A	B	C	D	E
Derecha	Bajo	39,5	0	X	X	9,63	77,57	1,75
			15	69,76	26,05			
			30	40,40	3,14			
Derecha	Alto	55	0	X	X	9,28	80,12	1,75
			15	84,81	35,41			
			30	52,72	12,46			
Derecha	Inclinado	32	0	92,28	41,01	13,34	84,81	5,07
			15	55,89	15,84			
			30	CP	CP			

Tabla 25: Grosor de rampa y longitud de recorrido de cada sección para Marcopolo - Torino Low Entry Ver.2 - O500UA

Grosor rampa [cm]	A [cm]	B [cm]	C [cm]	D [cm]
3	4,5	69	73	5

5.3.4. Scania

Este proveedor de chasis se encuentra presente con modelos de buses Rígidos K280UB, carrozados por Caio Induscar y Marcopolo, y Articulados K320UA, carrozados únicamente por Caio Induscar. Para ambos casos, las plantas de fabricación se encuentran ubicadas en Brasil. Para este estudio únicamente se tuvo acceso a los modelos carrozados por Caio Induscar.

5.3.4.1. Caio Induscar - Mondego II - K280UB

La rampa de acceso de este modelo cuenta con dos particularidades, la primera es que no posee bisagra a lo ancho de la rampa, sino un sistema con ejes de giro en los bordes, y el extremo de la rampa no cuenta con biselado, sino con una pieza de goma flexible que se adapta a la superficie donde es desplegada, suavizando la interacción Silla-Rampa.



Figura 10: Pieza flexible en inicio de rampa.

Tabla 26: Parámetros de acceso Caio Induscar - Mondego II - K280UB

Lado Puerta	Posición Suspensión	Altura acceso [cm]	Solera [cm]	Pendientes Secciones [%]				
				A	B	C	D	E
Derecha	Bajo	48	0	Flexible	X	7,34	29,05	1,40
			15		44,52			
			30		17,09			
Derecha	Alto	55	0	Flexible	X	7,52	29,81	0,87
			15		51,61			
			30		24,19			
Derecha	Inclinado	31,5	0	Flexible	39,39	12,46	35,41	5,24
			15		14,59			
			30		CP			

Tabla 27: Grosor de rampa y longitud de recorrido de cada sección para Caio Induscar - Mondego II - K280UB

Grosor rampa [cm]	A [cm]	B [cm]	C [cm]	D [cm]
3	10	64	63	10

5.3.4.2. Caio Induscar - Mondego II - K320UA

De forma similar al modelo mencionado en (4.1.5.2), en reemplazo de la sección biselada en el extremo de la rampa, este cuenta con una pieza de goma flexible, que le permite adaptarse a la superficie en donde es desplegada, suavizando la primera interacción Silla-Rampa.

Tabla 28: Parámetros de acceso Caio Induscar - Mondego II - K320UA

Lado Puerta	Posición Suspensión	Altura acceso [cm]	Solera [cm]	Pendientes Secciones [%]				
				A	B	C	D	E
Derecha	Bajo	47	0	Flexible	73,19	6,64	31,34	0,70
			15		43,07			
			30		17,45			
Derecha	Alto	55	0	Flexible	X	6,12	32,69	0,70
			15		51,39			
			30		23,82			
Derecha	Inclinado	31	0	Flexible	41,63	12,63	39,39	4,89
			15		16,20			
			30		CP			

Tabla 29: Grosor de rampa y longitud de recorrido de cada sección para Caio Induscar - Mondego II - K320UA

Grosor rampa [cm]	A [cm]	B [cm]	C [cm]	D [cm]
3	10	64	63	10

5.3.5. Volvo

Este proveedor de chasis se encuentra presente con modelos de buses Rígidos B8RLE, carrozados por Marcopolo, y Articulados B8RLEA, carrozados por Marcopolo Superpolo. Para el caso de los buses rígidos la carrocería es fabricada en Brasil y para los articulados la manufactura se realiza en Colombia.

5.3.5.1. Marcopolo - Torino Low Entry biportal - B8RLE

Esta combinación de carrocería/chasis cuenta con la particularidad de ser el única de la flota estándar Red con presencia masiva que opera con puertas a ambos costados del bus, ya que la empresa que opera los servicios lo hace a través del corredor exclusivo de Av. Independencia.

De los datos capturados en terreno, se pudo determinar que la operación de la puerta izquierda está pensada exclusivamente para vías segregadas para transporte público, ya que el modelo no cuenta con la posibilidad de arrodillamiento hacia esta dirección.

También, para la operación izquierda, la rampa se despliega desde la primera puerta, a diferencia de la operación normal, que lo hace desde la segunda.

Tabla 30: Parámetros de acceso Marcopolo - Torino Low Entry biportal - B8RLE

Lado Puerta	Posición Suspensión	Altura acceso [cm]	Solera [cm]	Pendientes Secciones [%]				
				A	B	C	D	E
Derecha	Bajo	37	0	99,65	44,31	7,52	5,59	0,70
			15	61,76	18,90			
			30	32,30	1,22			
Derecha	Alto	45	0	123,49	60,09	8,22	4,72	0,00
			15	75,90	31,72			
			30	45,57	8,22			
Derecha	Inclinado	30	0	77,85	31,53	9,45	4,19	4,54
			15	46,21	8,92			
			30	CP	CP			
Izquierda	Bajo	35	0	106,86	45,36	9,81	43,48	-0,70
			15	65,94	9,28			
			30	-	-			
Izquierda	Alto	43	0	133,19	60,09	0,00	0,00	0,00
			15	83,32	31,34			
			30	50,73	8,92			

Tabla 31: Grosor de rampa y longitud de recorrido de cada sección para Marcopolo - Torino Low Entry biportal - B8RLE

Grosor rampa [cm]	A [cm]	B [cm]	C [cm]	D [cm]
3	5	69	72	6

5.3.5.2. Marcopolo Superpolo - Viale BRT - B8RLEA

Tabla 32: Parámetros de acceso Marcopolo Superpolo - Viale BRT - B8RLEA.

Lado Puerta	Posición Suspensión	Altura acceso [cm]	Solera [cm]	Pendientes Secciones [%]				
				A	B	C	D	E
Derecha	Bajo	42	0	80,12	48,56	5,42	27,54	0,87
			15	49,86	26,79			
			30	27,92	7,34			
Derecha	Alto	48	0	96,23	61,52	4,19	26,23	-0,17
			15	61,28	35,81			
			30	37,19	14,95			
Derecha	Inclinado	36,5	0	69,24	41,83	6,47	49,64	2,62
			15	43,07	20,35			
			30	21,44	1,40			

Tabla 33: Grosor de rampa y longitud de recorrido de cada sección para Marcopolo Superpolo - Viale BRT - B8RLEA.

Grosor rampa [cm]	A [cm]	B [cm]	C [cm]	D [cm]
2	6	80	80	6

5.3.6. Yutong

5.3.6.1. Yutong ZK6128BEVG

Tabla 34: Parámetros de acceso Yutong ZK6128BEVG.

Lado Puerta	Posición Suspensión	Altura acceso [cm]	Solera [cm]	Pendientes Secciones [%]				
				A	B	C	D	E
Derecha	Bajo	32	0	92,60	37,59	5,77	61,76	1,40
			15	65,44	16,20			
			30	44,11	-1,40			
Derecha	Alto	43	0	134,16	56,81	4,89	63,22	0,35
			15	94,24	31,72			
			30	58,67	11,39			
Derecha	Inclinado	32	0	92,60	37,59	7,17	63,46	2,09
			15	65,44	16,20			
			30	44,11	-0,40			

Tabla 35: Grosor de rampa y longitud de recorrido de cada sección para Yutong ZK6128BEVG.

Grosor rampa [cm]	A [cm]	B [cm]	C [cm]	D [cm]
2	4	77	77	4

6. Condiciones de viaje entregadas por buses estándar Red

En esta sección se muestran los datos recopilados en los distintos modelos de buses para las distintas carrocerías presentes actualmente en el sistema. Entre las condiciones medidas se encuentran la presencia de cinturones de seguridad, soporte de espalda, dirección de viaje, timbres y espacio total exclusivo designado. Se presenta el siguiente cuadro resumen de los modelos catastrados:

Tabla 36: condiciones de viaje entregadas por buses catastrados.

Fabricante chasis	Modelo chasis	Fabricante carrocería	Modelo carrocería	Tipo bus	Cinturón seguridad	Fijación ruedas	Botón de parada	Aviso de parada acústico	Aviso parada tablero conductor	Posición de viaje	Soporte espaldar [mm x mm]	Pasamanos horizontal de apoyo	Espacio s. de ruedas [cm x cm]	Demarcación espacio Silla de Ruedas
BYD	BYD6121 LGEV3	BYD	K9FE	RÍGIDO	Tres puntas, altura fija	Cinturones, ambas traseras	Diferenciado, color distintivo	Sonido diferenciado	Indicación diferenciada	Contra sentido Marcha	32 x 100	Una barra, metálica lisa	77 x 140	No demarcado
FOTON	E BUS	FOTON	U12SC	RÍGIDO	Tres puntas, altura fija	Ganchos, ambas traseras	(1) Diferenciado, Color distintivo y (1) Similar al resto pasajeros	Sonido diferenciado, permanente hasta la parada	Indicación diferenciada	Contra sentido Marcha	32 x 130	Una barra, engomada	80 x 136	Azul mate
M. BENZ	O500U	MARCOPOLO	TORINO LOW ENTRY (METBUS)	RÍGIDO	Tres puntas, altura ajustable	Cinturones, ambas traseras	Similar al resto de pasajeros	Sonido diferenciado	Indicación diferenciada	Contra sentido Marcha	25 x 122	Doble barra, metálica lisa	74 x 134	No demarcado
M. BENZ	O500U	MARCOPOLO	TORINO LOW ENTRY (STP)	RÍGIDO	Tres puntas, altura ajustable	Cinturones, ambas traseras	Similar al resto de pasajeros	Sonido diferenciado	Indicación diferenciada	En sentido Marcha	25 x 122	Doble barra, Metálica lisa	78 x 138	No demarcado
M. BENZ	O500UA	MARCOPOLO	TORINO LOW ENTRY VER.1	ARTI-CULADO	Tres puntas, altura ajustable	Cinturones, ambas traseras	Similar al resto de pasajeros	Sonido diferenciado	Indicación diferenciada	Contra sentido Marcha	25 x 121	Doble barra, metálica lisa	80 x 136	No demarcado
M. BENZ	O500UA	MARCOPOLO	TORINO LOW ENTRY VER.2	ARTI-CULADO	Tres puntas, altura ajustable	Cinturones, ambas traseras	Similar al resto de pasajeros	Sonido diferenciado	Indicación diferenciada	Contra sentido Marcha	25 x 122	Doble barra, metálica lisa	70 x 135	Azul mate
SCANIA	K280UB	CAIO	MONDEGO II	RÍGIDO	Tres puntas, altura ajustable	Cinturones, ambas traseras	Similar al resto de pasajeros	Sonido diferenciado	Indicación diferenciada	En sentido Marcha	32 x 130	Una barra, engomada corrugada	84 x 125	Azul brillante
SCANIA	K320UB	CAIO	MONDEGO II	ARTI-CULADO	Tres puntas, altura ajustable	Cinturones, ambas traseras	Similar al resto de pasajeros	Sonido diferenciado	Indicación diferenciada	En sentido Marcha	32 x 130	Una barra, engomada corrugada	84 x 125	Azul brillante
VOLVO	B8RLE	MARCOPOLO	TORINO LOW ENTRY BIportal	RÍGIDO	Tres puntas, altura ajustable	Cinturones, ambas traseras	Similar al resto de pasajeros	Sonido diferenciado	Indicación diferenciada	Contra sentido Marcha	25 x 122	Doble barra, metálica lisa	68 x 140	Azul mate
VOLVO	R8RLEA	MARCOPOLO SUPERPOLO	VIALE BRT	ARTI-CULADO	Tres puntas, altura fija	Cinturones, ambas traseras	Similar al resto de pasajeros	Sonido diferenciado	Indicación diferenciada	Contra sentido Marcha	26 x 120	Una barra, engomada	85 x 140	Azul brillante
YUTONG	ZK6128 BEVG	YUTONG	ZK6128 BEVG	RÍGIDO	Tres puntas, altura fija	No	Diferenciado, color distintivo	Sonido diferenciado	Indicación diferenciada	Contra sentido Marcha	30 x 100	Dos barras, pintadas	73 x 135	Amarillo brillante

7. Problemas de accesibilidad y seguridad detectados

Dentro de los modelos estudiados se detectaron una serie de falencias de accesibilidad y seguridad en sus diseños, los cuales se presentan a continuación:

7.1. BYD K9FE

Este modelo cuenta con una rampa la cual posee biselado en todos sus bordes, esto puede favorecer una caída en caso de que el usuario pierda el rumbo al realizar una maniobra sobre ésta, pero posee la ventaja de, cuando el bus queda al mismo nivel de la parada, permite acceder desde todas direcciones con facilidad, no únicamente desde el frente.



Figura 11: Rampa con bordes laterales biselados modelo BYD K9FE.

7.2. Marcopolo Torino Low Entry

Una de las falencias detectadas en este modelo es la pérdida de visibilidad del acceso para sillas de ruedas bajo ciertas condiciones como la apertura de la primera puerta del bus y la incidencia de luz directa desde el exterior. Si bien, el modelo bloquea la partida y el cierre de puertas con la rampa desplegada, de igual forma permite realizar cambios en la altura del bus y su inclinación con esta desplegada. Estos problemas se presentan en todas las series Torino Low Entry estudiadas.



Figura 12: Pérdida de visión de rampa con primera puerta cerrada y abierta respectivamente.



Figura 13: Pérdida de visión de zona exterior con rampa desplegada (recuadro 4).

7.3. Caio Induscar Mondego II

El reemplazo de la bisagra por un eje de giro en los extremos causa que exista un espacio libre entre la rampa y la carrocería, lo que podría generar el atrapamiento de la primera rueda de una silla, si es que esta no índice correctamente con esta zona al realizar el abordaje o descenso, a diferencia de la bisagra tradicional.

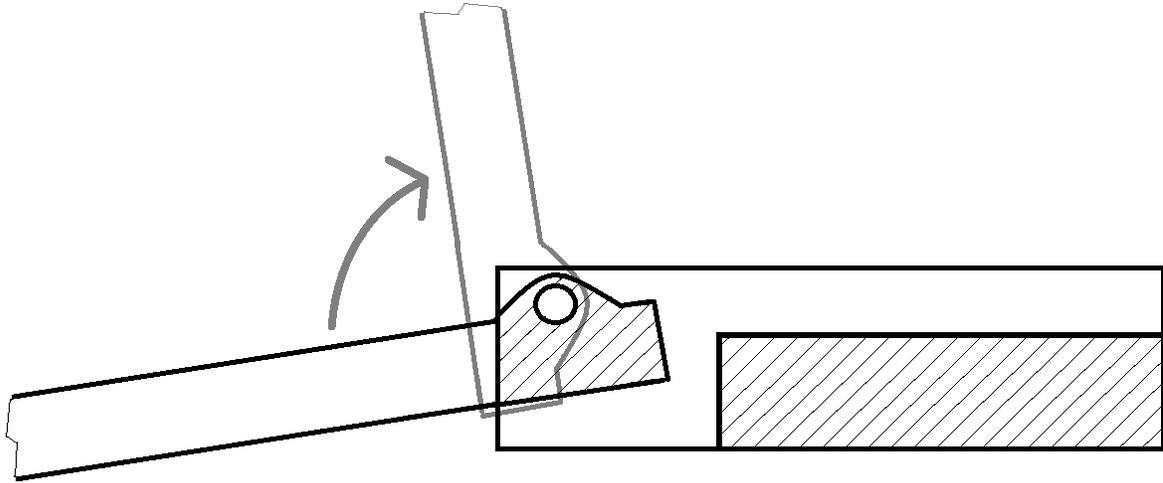


Figura 14: Esquema de rampa con eje lateral.

7.4. Marcopolo Superpolo Viale BRT

Este modelo cuenta con una rampa la cual posee biselado en todos sus bordes, esto puede favorecer una caída en caso de que el usuario pierda el rumbo al realizar una maniobra sobre esta.



Figura 15: Rampa con biselado en los costados Marcopolo Superpolo Viale BRT.

Una vez dentro del bus, se tiene la existencia del sensor de despliegue de rampa sobresaliendo sobre la zona de posible circulación de las ruedas de la silla, lo que puede restringir el movimiento de subida y bajada. También, se tiene que esta zona no posee material antideslizante en su totalidad, sino secciones de este material sobre una superficie metálica lisa, lo que en presencia de algún agente que disminuya la fricción (como agua en días de lluvia) puede causar el patinaje de las ruedas de una silla, causando una condición de riesgo.



Figura 16: Superficie de acceso al interior del bus Marcopolo Superpolo Viale BRT.

8. Caracterización de paraderos

Dentro de la ciudad existen diferentes configuraciones de paradas, las cuales se encuentran condicionadas por múltiples factores como lo son el Ancho de acera, desniveles, afluencia de público, entre otros. El objetivo es determinar parámetros base para los ensayos de Laboratorio, además de una caracterización de paradas.

Entre los parámetros de interés se encuentran:

- Número de parada
- Dimensiones radier disponible para los usuarios
- Ancho disponible entre asientos y solera
- Ancho disponible máximo en parada

Los datos fueron obtenidos en terreno entre los días 12 y 16 de noviembre de 2020.

Los valores de los parámetros catastrados se presentan a continuación:

Tabla 37: Datos de paraderos catastrados.

Código Usuario	Nombre Paradero	Alto solera [cm]	Ancho solera [cm]	Largo parada [cm]	Ancho acceso [cm]	Distancia parada - solera [cm]	Distancia asiento - Solera [cm]	Max. Ancho disponible [cm]	Min. Ancho disponible [cm]
PA177	Parada 4 / (M) Irarrázaval	27	26	1800	216	240	200	240	200
PC114	Parada 10 / (M) Escuela Militar	15	12	4160	85	320	No posee	320	100
PC214	Parada / Plaza Lo Castillo	15	40	1000	110	170	135	240	135
PC215	Avenida Vitacura / esq. Av. A. Vespucio	17	40	1480	100	170	120	240	70
PC641	Nueva Costanera / esq. Pedro de Villagra	6	12	403	148	170	120	202	120
PC642	Nueva Costanera / esq. Juan Bautista P.	12	12	1200	148	217	172	300	140
PC69	Av. Américo Vespucio / esq. Av. Vitacura	5	12	1360	200	220	200	260	110
PC74	Parada 6 / (M) Escuela Militar	30	25	4160	240	260	208	260	208
PD1315	Av. Vic. Mackenna / esq. Av. Manuel A. Matta	14	15	400	320	320	No posee	320	320
PD148	Parada / Plaza Pinto Durán	7	15	480	85	170	170	170	130
PD428	Parada 16 / (M) Irarrázaval	12	12	630	100	175	132	175	132
PD524	Parada 3 / (M) Irarrázaval	28	26	4240	200	240	200	240	200
PD564	Parada 2 / (M) Irarrázaval	30	26	4200	200	240	200	240	200
PD73	Parada / Plaza Pinto Durán	14	13	500	135	170	135	170	135
PD897	El Líbano / esq. Avenida Macul	13	12	440	130	165	130	165	130
PD910	Las Golondrinas / esq. Avenida Macul	12	12	440	130	205	166	205	166
PE136	Parada 1 / (M) Los Quillayes	30	26	1800	220	180	120	280	120
PE143	Parada 2 / (M) San José de La Estrella	31	26	2000	160	140	No posee	160	140
PE847	Parada 3 / Paradero 24 Av. Vicuña Mackenna	15	13	1180	115	155	115	180	115
PE863	Parada 6 / (M) Los Quillayes	15	15	1360	90	200	140	200	140
PF168	Parada 8 / Hospital de Niños	14	13	Parada paleta sobre tierra					
PF272	Parada 2 / (M) Hospital Sótero del Río	16	14	2400	90	240	180	240	180
PF310	Parada 6 / Hospital de Niños	14	13	2680	160	232	160	232	50
PF745	Parada 3 / Hospital de Niños	15	14	1200	140	200	160	240	160
PF746	Parada 5 / (M) Hospital Sótero del Río	16	13	1170	70	210	No posee	210	210
PF759	Parada 4 / (M) Hospital Sótero del Río	30	26	1760	100	180	No posee	240	180
PF824	Parada 4 / Hospital de Niños	15	14	1200	360	160	120	160	120
PI1519	Av. 4 Poniente / esq. Av. González Videla	14	13	340	340	160	No posee	160	160
PI164	Pdte. G. Videla / esq. Avenida 4 Poniente	15	12	420	150	200	154	240	154
PI529	René Olivares / esq. Avenida 4 Poniente	27	1	1060	200	200	154	210	154
PI89	Av. 4 Poniente / esq. Av. González Videla	6	9	556	150	160	114	208	114

9. Distancia horizontal de detención de los buses

Con el objetivo de determinar la longitud de incidencia de la rampa en los paraderos se estudia la distancia promedio de detención de los buses en los casos que la parada cuenta con solera de 15 cm y 30 cm.

Dada la situación de pandemia COVID-19 durante el año 2020, se utilizaron únicamente los paraderos PE-524 y PE-151 en Av. Vicuña Mackenna, entorno a la estación de Metro Vicente Valdés en La Florida. Estos paraderos fueron seleccionados ya que múltiples servicios se detienen en ellos y poseen las condiciones ideales de solera con 15 cm y 30 cm respectivamente. Además, por su afluencia de pasajeros, la mayoría de los buses se detienen a recoger pasajeros, lo que permite realizar una mayor cantidad de mediciones.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Tabla 38: Distancia horizontal entre parada y bus.

Parada	Altura solera [cm]	Ambiente medición	Distancia horizontal Solera - bus	
			Promedio [cm]	Mediana [cm]
PE-151	30	Día	26,2	27,8
PE-151	30	Noche	41,5	41,1
PE-524	15	Noche	27,5	25,4

Los datos completos de las mediciones se presentan en el Anexo 3.

10. Ensayos en Laboratorio

El propósito de estos ensayos es poder determinar ábacos de factibilidad de acceso para usuarios en silla de ruedas en diferentes condiciones de acceso dadas por la diferencia de altura Bus-Parada, longitud de la rampa y biselado.

Para preparar esta experiencia se procede a caracterizar las distintas variables que se desea estudiar, determinando empíricamente valores y características. Luego, se adapta la infraestructura base para que cumpla las condiciones deseadas determinadas anteriormente, preparando los implementos necesarios a utilizar como sillas de ruedas, cámaras, almacenamiento, protección personal en el contexto de COVID-19, etc. También se realizan pruebas piloto para realizar ajustes preliminares, posicionando las cámaras, midiendo tiempos de cada ensayo, permitiendo determinar la duración de las pruebas para no tener conflictos con las condiciones de disponibilidad del Laboratorio de Dinámica Humana de la Universidad de Los Andes y restricciones de desplazamiento impuestas por la Autoridad Sanitaria.

Para la simulación, se implementa un circuito de acceso a buses, que emula tanto el interior del bus con una serie de combinaciones de rampas de acceso, teniendo en cuenta que actualmente la Normativa Chilena indica un máximo de pendiente de 12% para la rampa accediendo a los buses, con una longitud mínima de 70 cm, donde luego de cada prueba se contesta una encuesta para determinar el nivel de dificultad percibido, teniendo grabaciones de respaldo de los movimientos realizados en cada prueba (Ref. Anexo 1.13).

Una vez obtenidos los resultados, estos se procesan para eliminar posibles inconsistencias y completar datos que pudiesen faltar, siguiendo parámetros definidos para mantener la consistencia de lo obtenido.

Finalmente, los datos se trabajan para producir los resultados, esto para cada conjunto de experiencias estudiado, comparando cada caso, mostrando sus ventajas y desventajas. Con lo anterior, se concluye sobre las distintas variables estudiadas como normativa, desempeño de los dispositivos, equipamiento actual y posibles mejoras para futuras normativas.

10.1. Elaboración de Rampa extensible

Para la elaboración de la rampa se utilizaron los siguientes materiales:

- a. Corte de plancha OSB desnudo 90 cm x 60 cm x 12 mm.
- b. Dos cortes de plancha OSB desnudo 90 cm x 10 cm x 12 mm.
- c. Corte de plancha OSB desnudo 90 cm x 6 cm x 12 mm.
- d. 10 listones cepillados de 1" x 2" x 60 cm.
- e. 3 secciones de listón seco 1" x 6" x 90 cm.
- f. 12 listones cepillados de 1" x 2" x 10 cm.
- g. 2 listones cepillados de 1" x 2" x 90 cm.
- h. Cepillo de madera eléctrico con calado mayor a 12 mm.
- i. Atornillador eléctrico con punta PH2.
- j. Broca salomónica Ø10 mm.
- k. Barra de acero Ø8 mm de 20 cm de largo.
- l. Caja 100 tornillos vulcanita punta aguja 1¼" x 6.
- m. 9 bisagras 3½".
- n. Lija al agua grano 80.

- 1) Posicionar desde cada borde tres listones (d) con un espaciamiento de 2" entre ellos y posicionar la plancha (a) sobre estos, atornillar desde la plancha tres tornillos para cada listón como se muestra a continuación:

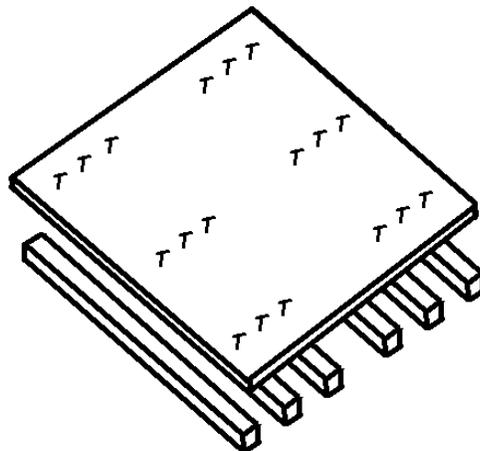


Ilustración 1: Superficie principal de la rampa.

- 2) Repetir el procedimiento anterior dos veces para la plancha (b) y listones (f), como se muestra en la figura:

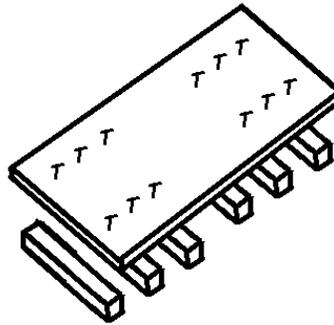


Ilustración 2: Superficie de extensión de rampa.

- 3) Luego, tomar cuatro listones (d) e instalar bajo la plancha (c), esto procurando que quede una distancia de 2" desde tres de los cuatro bordes, ya que en el último los listones sobresalen.

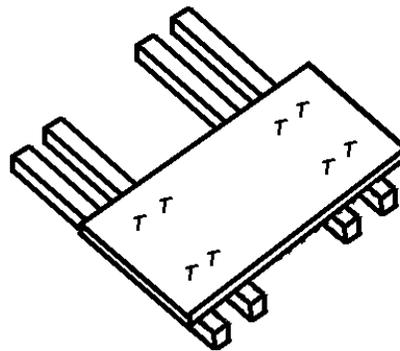


Ilustración 3: superficie secundaria de rampa para sujeción de biseles.

- 4) Para la fabricación de los biseles se utilizan los listones (e), a los cuales con el cepillo eléctrico se realiza un calado de 12 mm en uno de sus lados, y, dependiendo del bisel a fabricar, se cepilla con inclinación 1:2 el listón en el lado opuesto, como se muestra en la siguiente figura.

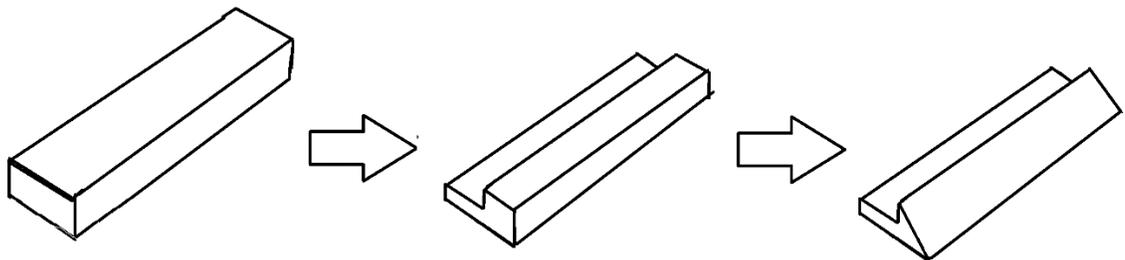


Ilustración 4: Esquema de elaboración de biseles.

- 5) Adosar sobre las superficies de 1), 2) y 3) la lija (n), para aumentar la adherencia de la superficie de madera.
- 6) Insertar la pieza 3) completamente en la obtenida en 1) y perforar en el costado con la broca salomónica, para poder generar un punto de encaje para la barra de acero (k), esto ayuda a mantener el mecanismo deslizante fijo.

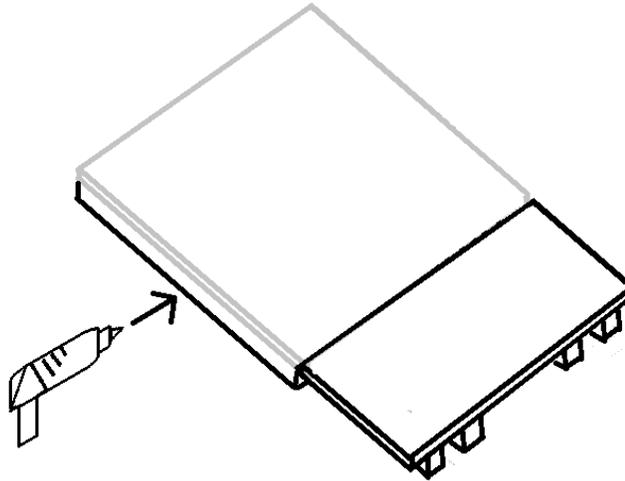


Ilustración 5: Posición de piezas de rampa para perforación.

- 7) Instalar el bisel deseado con a lo menos 4 tornillos en el borde libre de la pieza 3).
- 8) Instalar las bisagras consecutivamente en el borde libre de la pieza 1).

10.2. Parámetros controlables del ensayo

Dentro del ensayo hay una serie de variables que son controladas, entre las que se encuentran:

- Biselado de la rampa.

Se cuenta con 3 versiones: sin biselado, como poseen actualmente los buses estándar Transantiago, biselado parcial con pendiente $\frac{1}{2}$ a 1 cm del borde inferior, como posee la flota Red procedente de Brasil y biselado completo con pendiente $\frac{1}{2}$ desde el borde inferior, similar a los encontrados en buses de procedencia China y Colombia.

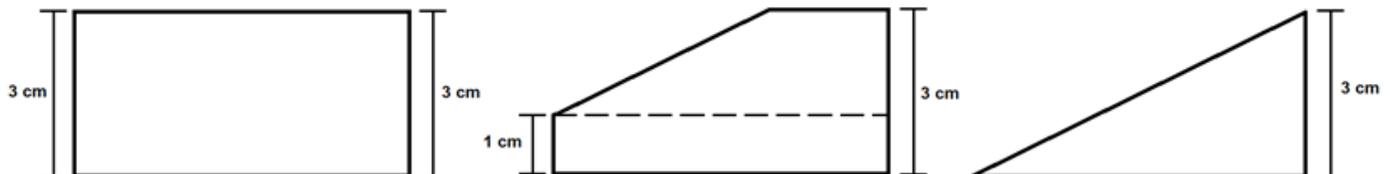


Ilustración 6: Vista lateral de los biselados utilizados (sin bisel, intermedio y completo respectivamente).

- Diferencia de nivel anden – vagón.

Representando la diferencia de nivel parada – bus, esta es aumentada inicialmente en 10 cm, luego a 14 cm y finalmente en pasos de 2 cm y, cuando los participantes indiquen que no pueden realizar el abordaje, se procederá a detener el ensayo de la condición específica (combinación de bisel y largo rampa) para casos de mayor pendiente, continuando con el resto de las pruebas.

- Extensión de rampa y Cajón de rampa.

Se utilizan 3 extensiones de rampa: 70, 80 y 90 cm de longitud total. Esta a su vez contará con apoyos en su parte inferior, para evitar flexiones y apoyar su resistencia al uso continuo.

También, el Cajón de rampa aumentará sus dimensiones de forma tal que sea compatible con el largo de la rampa no desplegada. Esta contará con un único bisel de pendiente $\frac{1}{2}$ en su extremo, teniendo los bordes del cajón un ángulo recto, ya que los modelos de buses que poseen la configuración a ensayar cuentan con esta característica.

- Espacio interior para maniobrar

Se tienen dos espacios para maniobrar, el primero con ancho de 140 cm y el segundo con 74 cm de ancho, que representan los valores máximos y mínimos encontrados durante el muestreo de buses.

Cada ensayo se encuentra compuesto por un valor fijado de cada uno de los parámetros anteriores, por ejemplo:

Tabla 39: Ejemplo de parámetros ensayo.

Parámetro	Valor
Biselado de Rampa	Sin biselado
Diferencia de nivel [cm]	5
Extensión de Rampa [cm]	80
Espacio interior de maniobra [cm]	140

10.3. Circuito de prueba

Para los ensayos sin obstáculos se utilizará el circuito sugerido representado a continuación:

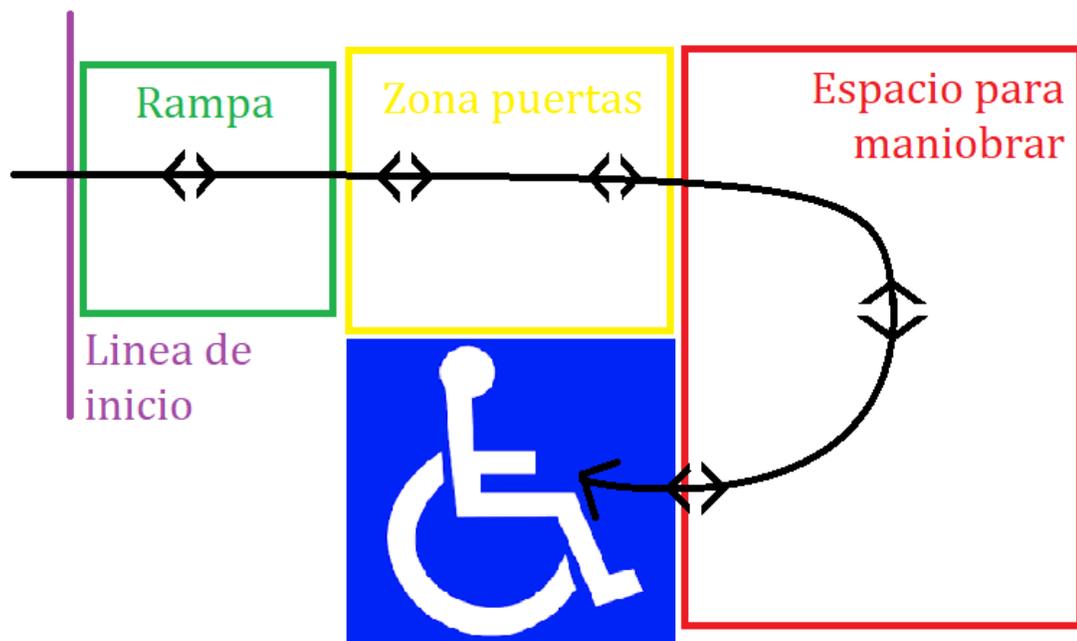


Figura 17: Circuito de subida y bajada en ensayo sin obstáculos.

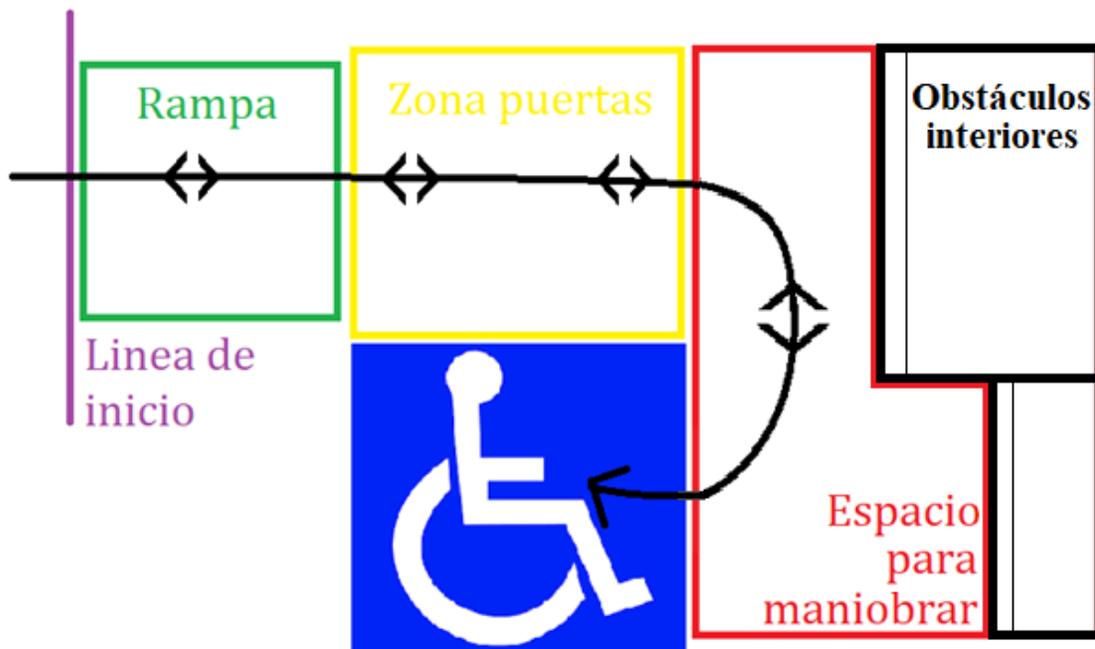


Figura 18: circuito de subida y bajada en ensayo con obstáculos.

En estos circuitos existen una serie de puntos de grabación, con el propósito de poder determinar velocidad, radios de giro, movimientos complejos o peligrosos, entre otros.

A los participantes se le asignará una distancia frente a la línea de inicio de 1,2 metros, emulando las restricciones que imponen las paradas locales de buses que actualmente se encuentran en el sistema. Fueron descartados las distancias mayores que se logran presentar en las Paradas de Intercambio ya que, en estos casos, la diferencia de nivel con el bus es significativamente menor.

Para el caso más restrictivo se incorporarán elementos que causen que la limitación del movimiento sea física, evitando posibles errores causados por los participantes al no seguir el circuito indicado para cada caso.

10.4. Prueba piloto

Para la experiencia, se realiza una prueba piloto con el propósito de determinar las mejores posiciones para las cámaras, además del tiempo que se requiere para implementar los distintos cambios propuestos para cada ensayo.

De esto, se logró determinar que se requieren un total de cinco puntos de grabación, tres de ellos con mira desde interior de la maqueta de ensayo, una apuntando desde fuera al interior y finalmente una grabando el movimiento de abordaje desde afuera.

10.5. Puntos de grabación

Para poder realizar análisis posteriores, se utilizan cinco puntos de grabación, la primera al exterior del vagón, de manera de tener una vista lateral de la rampa, la segunda en la zona de giro de la silla de ruedas para abordar, la tercera, cuarta y quinta con vista en planta del interior del vagón, para analizar el recorrido que sigue la silla al abordar.

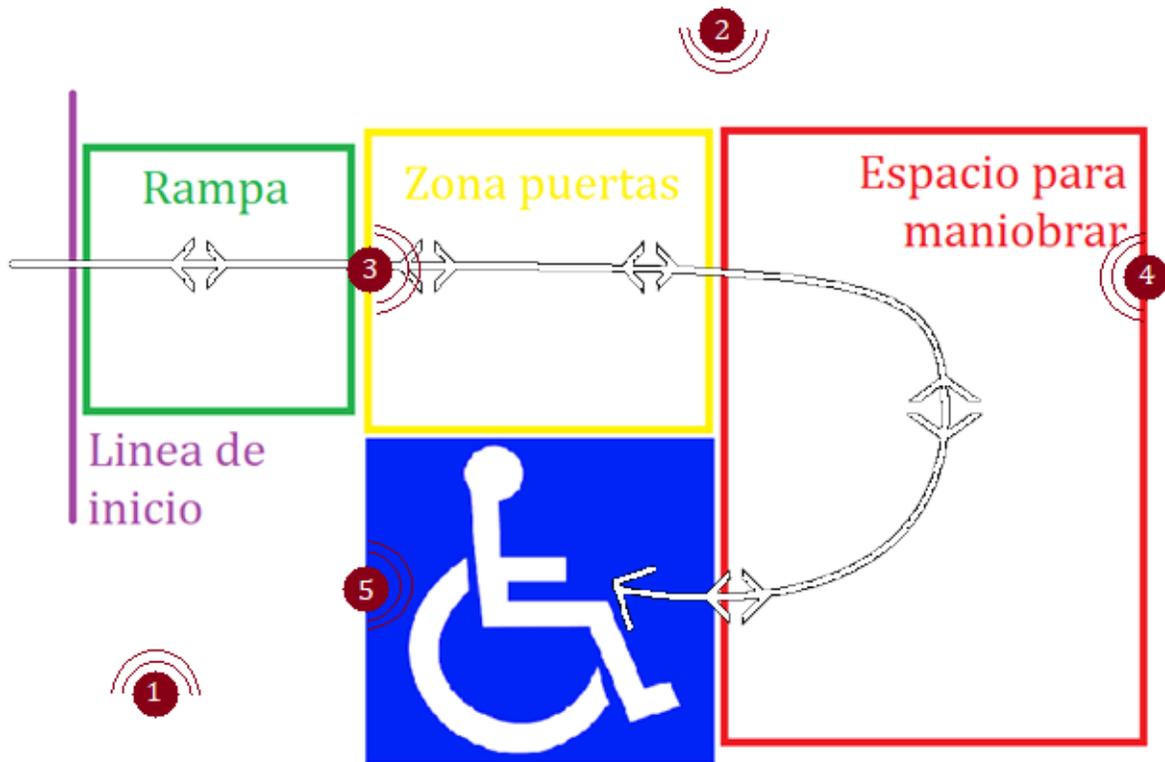


Figura 19: Ubicación cámaras de grabación

10.6. Tipos de participantes

Los participantes de este experimento fueron un total de siete personas, cuatro hombres y tres mujeres, los cuales se caracterizan a continuación:

Tabla 40: Identificación de los participantes.

Participante	Género	Experiencia previa
Michelle ¹	Mujer	Ninguna
Ariel	Hombre	Ninguna
Cyntia	Mujer	Ninguna
Alejandra	Mujer	Ninguna
Fabián	Hombre	Ninguna
Bastían H.	Hombre	Ninguna
Iván	Hombre	Ninguna

¹ Esta participante no realizó todas las pruebas del experimento, estando presente en los resultados con siete participantes.

10.7. Normalización del criterio inicial de los participantes

Para que los participantes tengan un criterio unificado a la hora de responder la encuesta, antes de comenzar los experimentos se les solicita realizar tres pruebas iniciales en las condiciones más favorables que permite la configuración del ensayo, dando a entender que todas las demás combinaciones presentan una dificultad mayor, pero que no necesariamente un aumento en la dificultad implica que ellos cambien su percepción de accesibilidad.

Tabla 41: Condiciones más favorables posibles.

Parámetro	Valor
Biselado de Rampa	Biselado completo
Diferencia de nivel [cm]	0
Extensión de Rampa [cm]	70
Espacio interior de maniobra [cm]	140

10.8. Encuesta a los participantes

Tras cada recorrido realizado en el circuito de ensayo, los participantes deberán contestar una encuesta, la cual tiene el propósito de identificar tanto la complejidad de la maniobra realizada, como también si esta, a pesar de poder realizarse, causa algún efecto secundario como dolores musculares, posibles golpes o sensaciones de peligro. A mayor puntaje asignado a la combinación de parámetros ensayada, esta será considerada más accesible. También, se da la posibilidad de indicar comentarios a la experiencia, tanto positivos como negativos, permitiendo identificar ventajas y desventajas de cada situación ensayada.

Tabla 42: Encuesta precepción de accesibilidad.

Descripción de la situación	Valoración numérica	Nivel de accesibilidad	Comentario
El usuario no puede embarcar	0	No accesible	
El usuario pudo embarcar, pero en condiciones muy poco confortables (dolor, miedo, etc.)	1	No accesible	
El usuario pudo embarcar, pero con algunas condiciones poco confortables	2	Accesible	
Se pudo subir y bajar sin complejidades	3	Accesible	

Fuente: *Accesibilitat al trenen cadira de rodes (2009)*

10.9. Silla de ruedas a utilizar

Para este ensayo se contarán con una silla de rueda urbana y una ortopédica. las cuales cuentan con los siguientes parámetros de interés:

Tabla 43: Parámetros sillas a utilizar.

Parámetro	Silla urbana	Silla ortopédica
Marca Silla de Ruedas	Activate	GloMed
Modelo Silla de Ruedas	Activate L	Básica Nylon
Tracción	Humana, propia o asistida	
Material estructura	Acero al carbono	Fierro cromado
Ruedas de impulso	Aro 24, corrugadas	Aro 24, lisas
Tipo de Rueda de Impulso	Antipinchazos, inflable	Maciza
Ancho Rueda de Impulso	2.3 cm	
Ruedas delanteras	3 pulgadas	8 pulgadas
Tipo de Rueda delantera	Maciza	Maciza
Ancho de Rueda delantera	1,5 pulgadas	1 pulgada
Ruedas antivuelco	No	No
Altura del reposapiés	4 cm	
Distancia ejes delantero/trasero	38 cm	
Ancho total silla	61 cm	
Largo total silla	84 cm	
Peso silla	11 Kg	17 Kg



Ilustración 7: Silla urbana utilizada (Activate L).



Ilustración 8: Silla ortopédica utilizada (Glomed Básica Nylon).

10.10. Repeticiones de cada ensayo

Al momento de realizarse los ensayos, dada la contingencia sanitaria causada por el COVID-19, la ciudad poseía restricciones de movilidad desde las 22 horas, cesando el transporte público una hora antes. Para evitar problemas de traslado para los participantes, los ensayos concluyen a las 19 horas, por lo que a cada sujeto de prueba realiza el circuito designado una vez, para cada combinación de Diferencia de nivel, Largo de rampa, Tipo de silla y Tipo de bisel. Para el caso de cambio de distribución interna del bus, se realizará una prueba aislada en donde solo se varía la longitud de rampa, con el respectivo cambio en el cajón que contiene esta cuando no se encuentra desplegada, utilizando el bisel completo.

Los videos de cada ensayo se encontrarán almacenados digitalmente (Anexo 1.13).

10.11. Medidas de seguridad para los participantes

A todos los participantes del experimento se les proporcionará un casco de bicicleta ajustable para evitar lesiones graves en caso de un posible accidente. Sin desmedro de lo anterior, siempre se tendrá una persona disponible para impedir cualquier maniobra peligrosa no deseada.

Adicionalmente, dado el contexto sanitario actual, cada participante será dotado de una mascarilla desechable, además contarán con alcohol gel de libre disposición.

11. Procesamiento de datos obtenidos

El procesamiento de los datos consiste en presentarlos en un formato tal que, al momento de generar los distintos productos, no se presenten confusiones que puedan llevar a errores en los resultados. Además, se generan correcciones en los datos recopilados, las cuales se presentan a continuación:

- Reemplazo de ensayos no realizados por complejidad de un caso anterior.

Como se plantea en el punto (9.2), al encontrarse con un caso en el que no se puede abordar, los casos con las mismas condiciones, pero con mayor diferencia de nivel no se realizan, quedando sin calificación. Para poder procesar los datos, estos puntos sin calificación se completan con un cero (0), tal como se muestra a continuación:

Sujeto i
3
2
2
0
-
-
-
-

→

Sujeto i
3
2
2
0
0
0
0
0

Figura 20: Reemplazo por calificación cero por complejidad de un caso anterior.

- Reemplazo de ensayos no realizados por exceder tiempo máximo de estadía.

Para evitar problemas de traslado para participantes mencionados en (9.10), los ensayos concluían a las 19 horas no permitiendo, en algunos casos, realizar el total de las pruebas. Por lo anterior, para poder completar los datos faltantes, se asume una caída lineal de las calificaciones desde la última respuesta que fue entregada, como se muestra a continuación:

Sujeto i
3
3
3
-
-
-
-
-

→

Sujeto i
3
3
3
2
1
0
0
0

Figura 21: Reemplazo de datos por ensayos faltantes.

Una vez realizado lo anterior, se clasifican los datos según las distintas combinaciones de estudio de interés

El propósito de los datos obtenidos es obtener representaciones de Ábacos de accesibilidad para distintos casos, estos representan el porcentaje de voluntarios que logran abordar en condiciones específicas. Estas curvas buscan mostrar, para distintas combinaciones, cual es el límite para ser considerado como una configuración accesible para los usuarios, determinando Zonas Accesibles (calificaciones 3 y 2 de encuesta), con Complejidad de Acceso (calificación 1 de encuesta) y No Accesibles.

12. Resultados y Análisis

Se presentan los resultados obtenidos en los ensayos para los diferentes casos, comparando los parámetros en distintas combinaciones, determinando qué factores inciden directamente al momento de realizar las maniobras de subida y bajada del bus.

12.1. Diferencia según largo de rampa

En esta sección se presentan los resultados para cada combinación Silla de Ruedas – Tipo Bisel, variando el largo de rampa. En cada gráfica se destaca con una línea vertical la diferencia de nivel parada-bus para cada largo de rampa que cumple la actual normativa nacional de 12% máximo de pendiente.

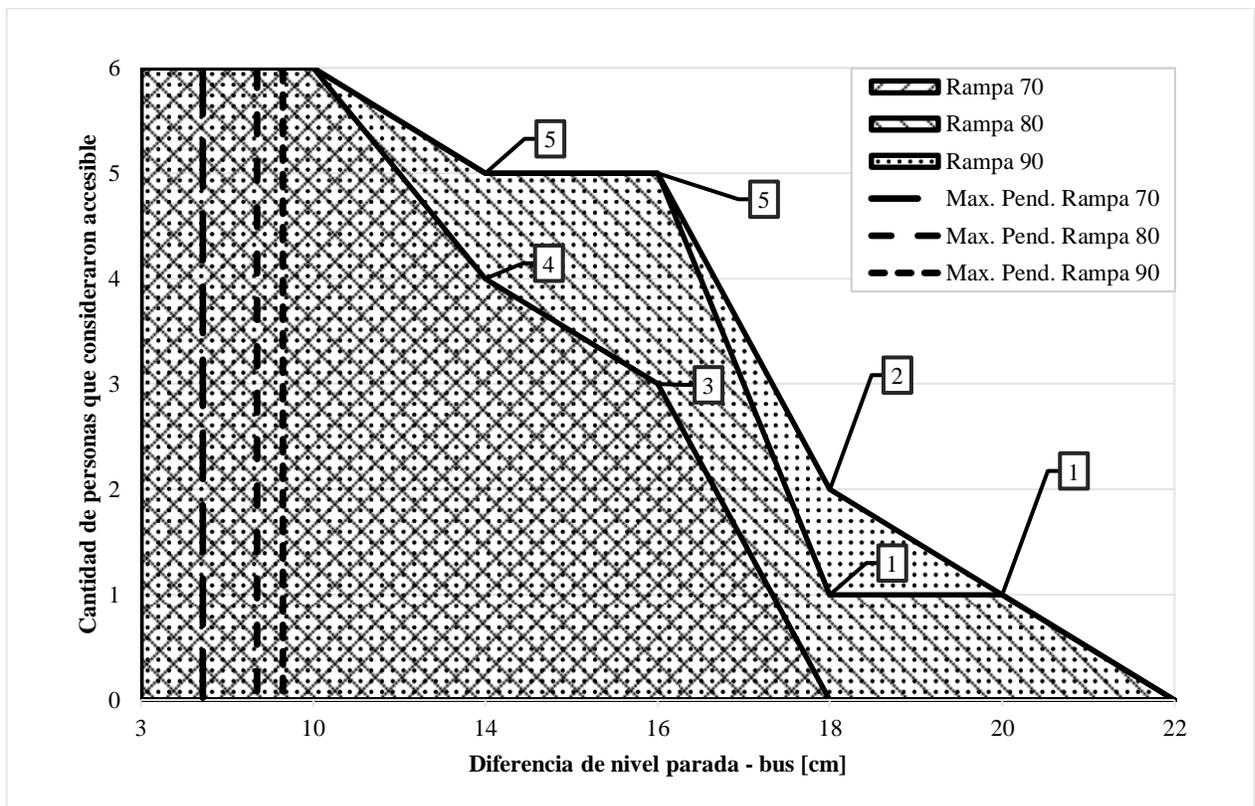


Figura 22: Accesibilidad en Rampa sin bisel según largo para Silla ortopédica.

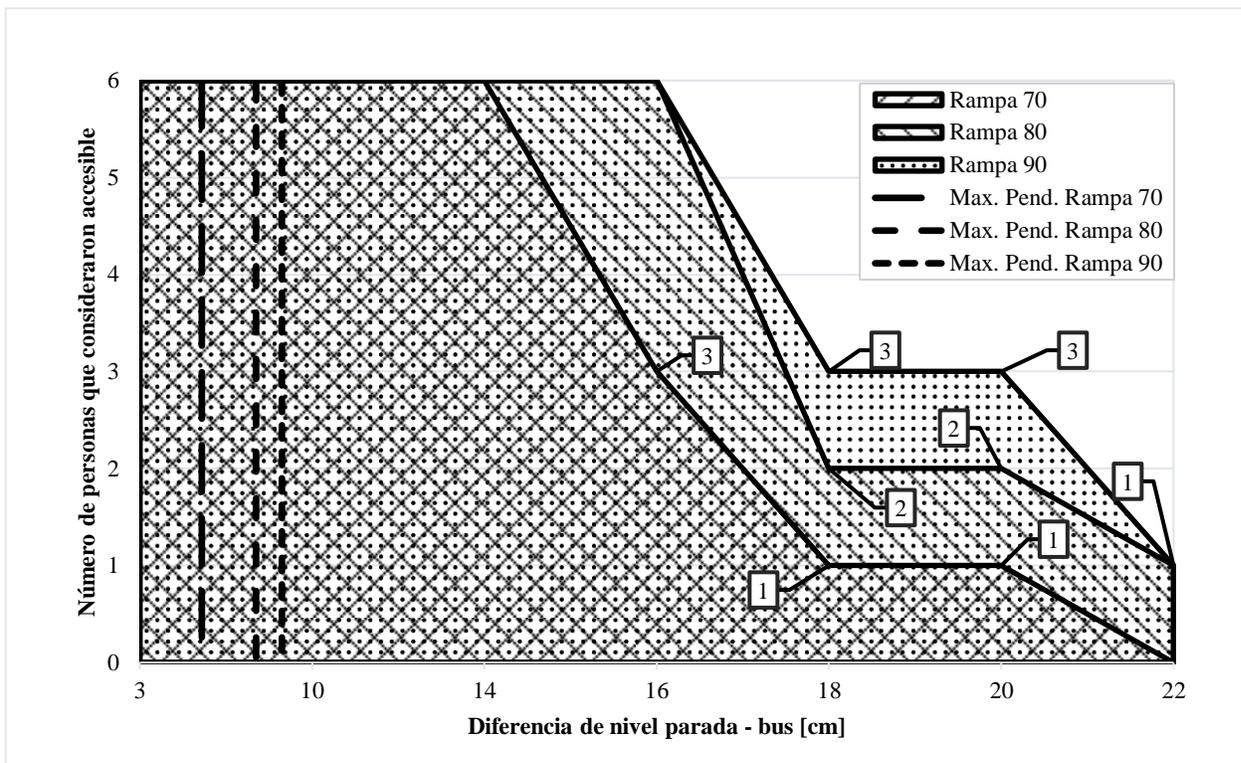


Figura 23: Accesibilidad en Rampa sin bisel según largo para Silla urbana.

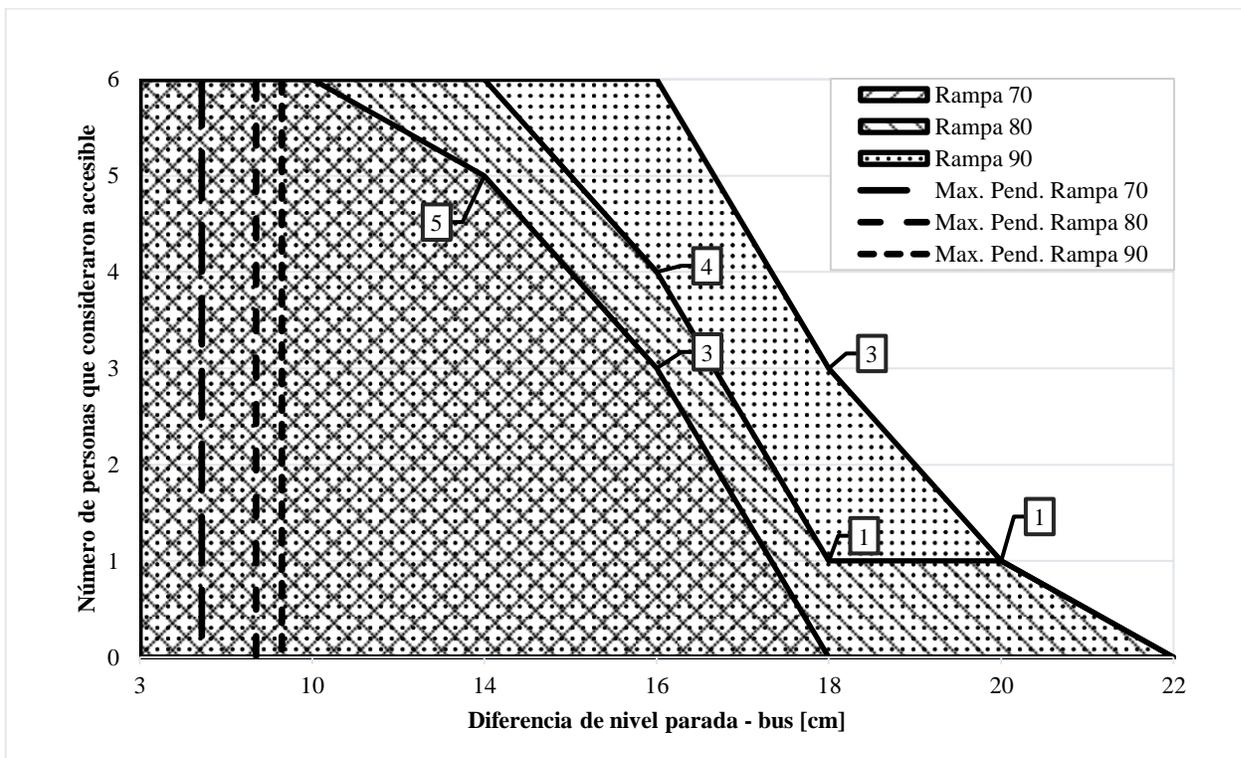


Figura 24: Accesibilidad en Rampa bisel intermedio según largo para Silla ortopédica.

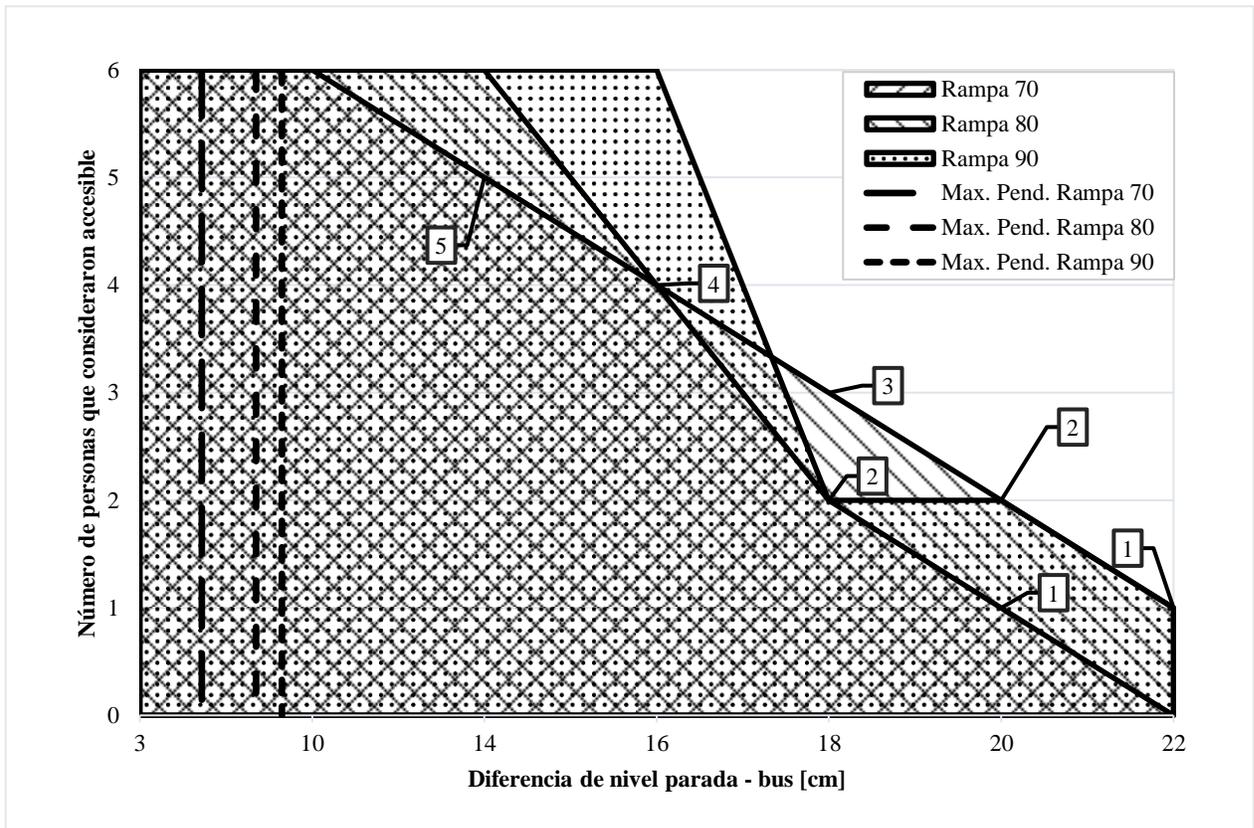


Figura 25: Accesibilidad Rampa Bisel intermedio según largo para Silla urbana.

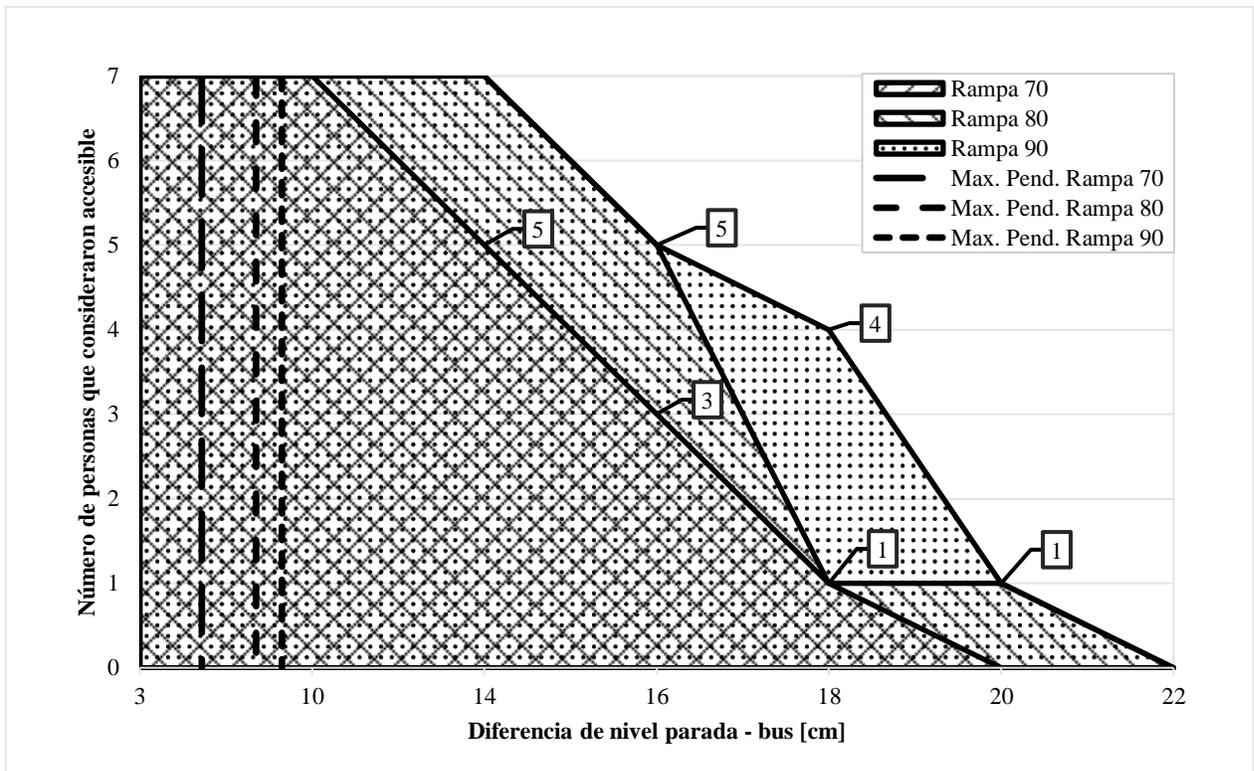


Figura 26: Accesibilidad Rampa Bisel completo según largo para Silla ortopédica.

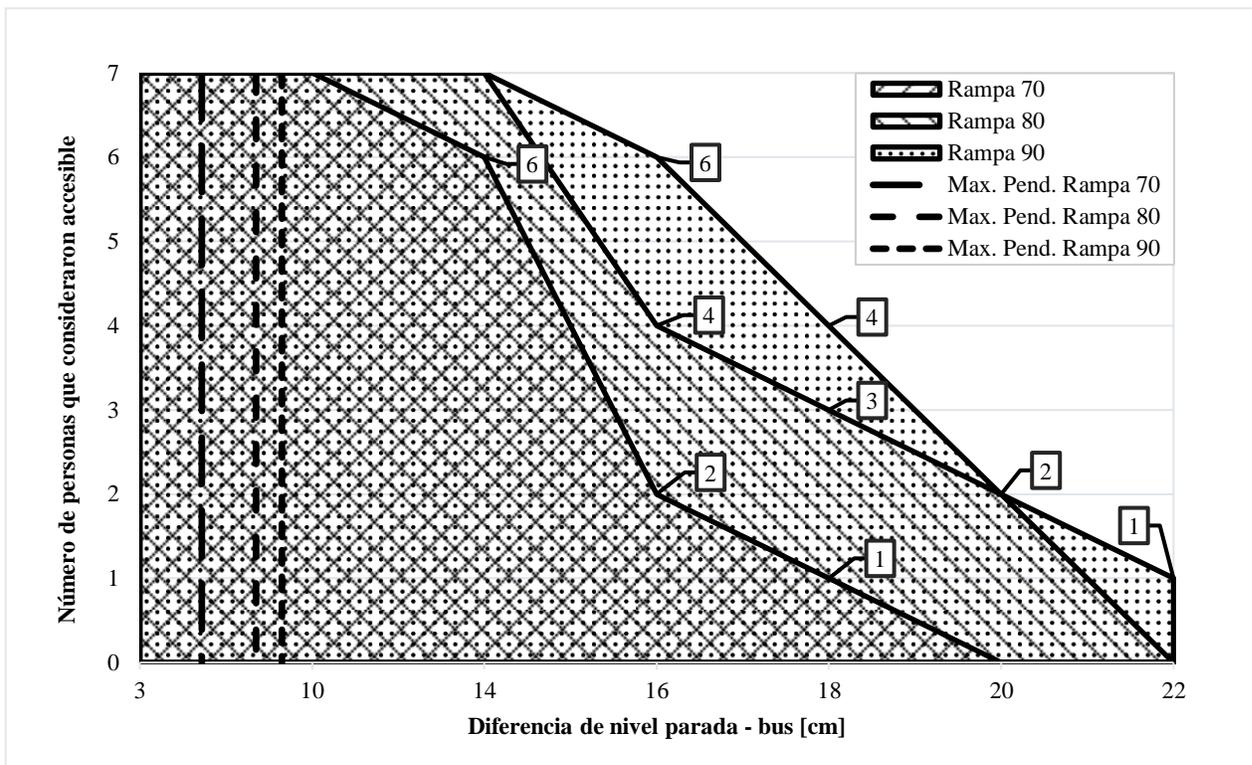


Figura 27: Accesibilidad Rampa Bisel completo según largo para Silla urbana.

Analizando los datos de los gráficos anteriores podemos observar que, para todas las combinaciones rampa-bisel, los participantes completaron con un 100% de percepción de accesibilidad casos más complejos a los máximos permitidos por la normativa, lo que nos da a entender que existe un margen de tolerancia para la pendiente máxima admisible.

Realizando un filtro por los tipos de biseles que actualmente presenta la flota estándar de Red Metropolitana (completo e intermedio), podemos notar que las rampas de largo 80 [cm] y 90 [cm] en el total de los casos fueron consideradas como accesibles, mostrando que el menor valor de pendiente dada una brecha vertical aumenta la accesibilidad percibida por los sujetos de ensayo. Esto muestra que, dadas ciertas condiciones, se puede tener una mayor percepción de accesibilidad por parte de los usuarios.

12.2. Diferencia según tipo de bisel

Para un mismo largo de rampa se realizaron pruebas con distintos tipos de biseles, con esto se logra determinar la influencia de este elemento en la condición de accesibilidad. Los resultados se muestran a continuación, clasificados según tipo de silla y largo de rampa.

Se destaca que para los ensayos con bisel completo se contó con 7 participantes, para los otros casos solo hubo 6 participantes.

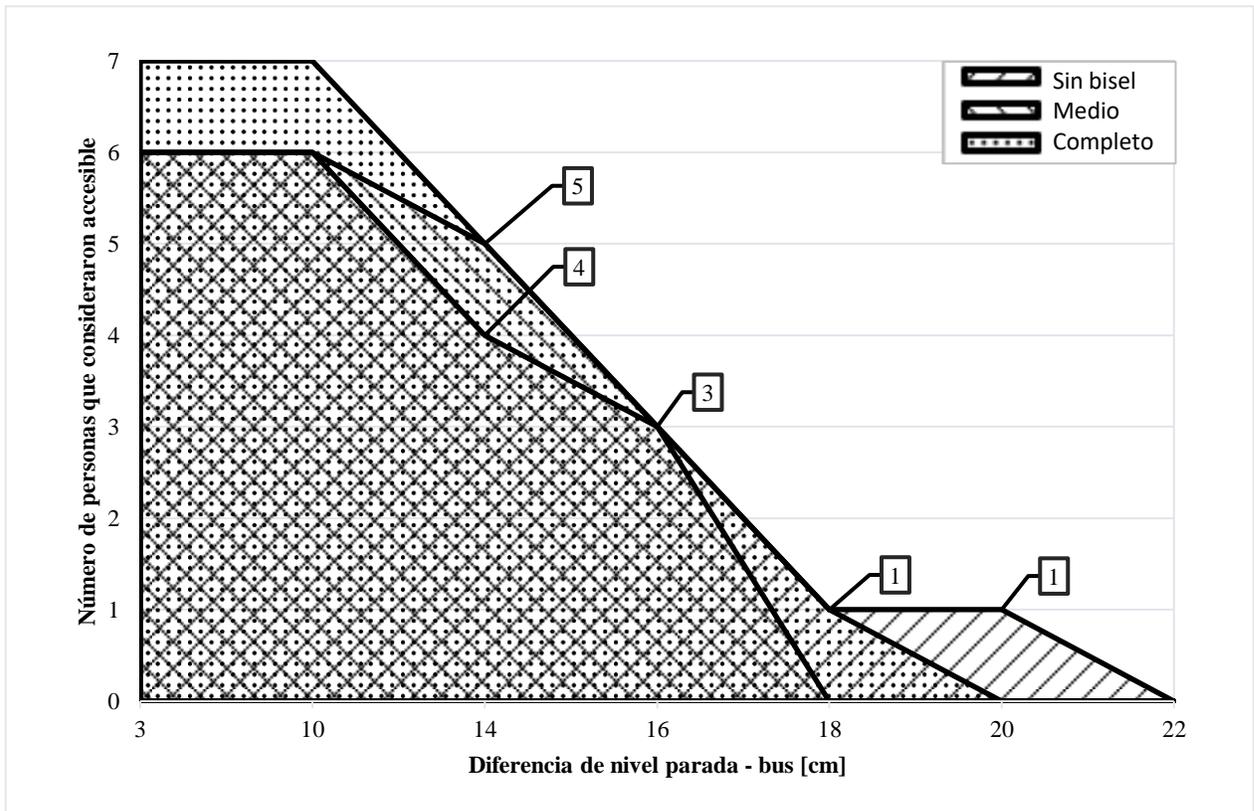


Figura 28: Accesibilidad Rampa largo 70 cm según bisel Silla ortopédica.

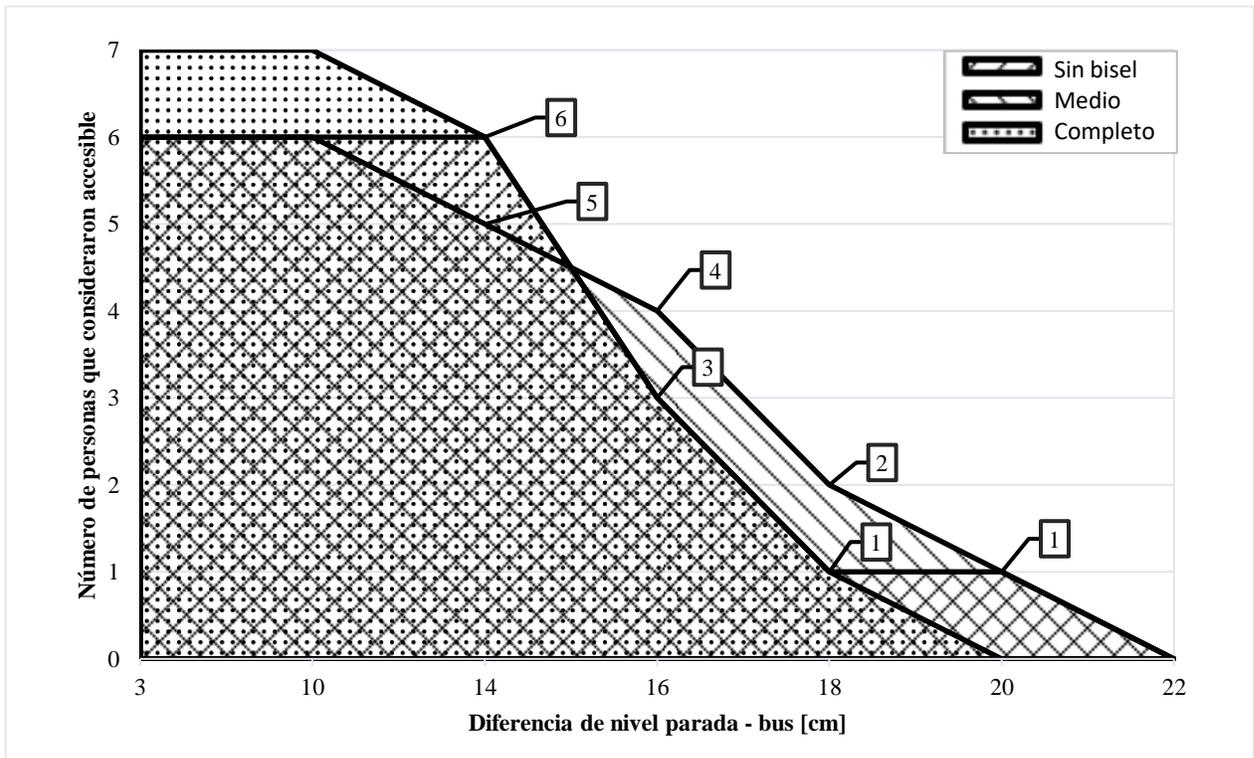


Figura 29: Accesibilidad Rampa largo 70 cm según bisel Silla Urbana.

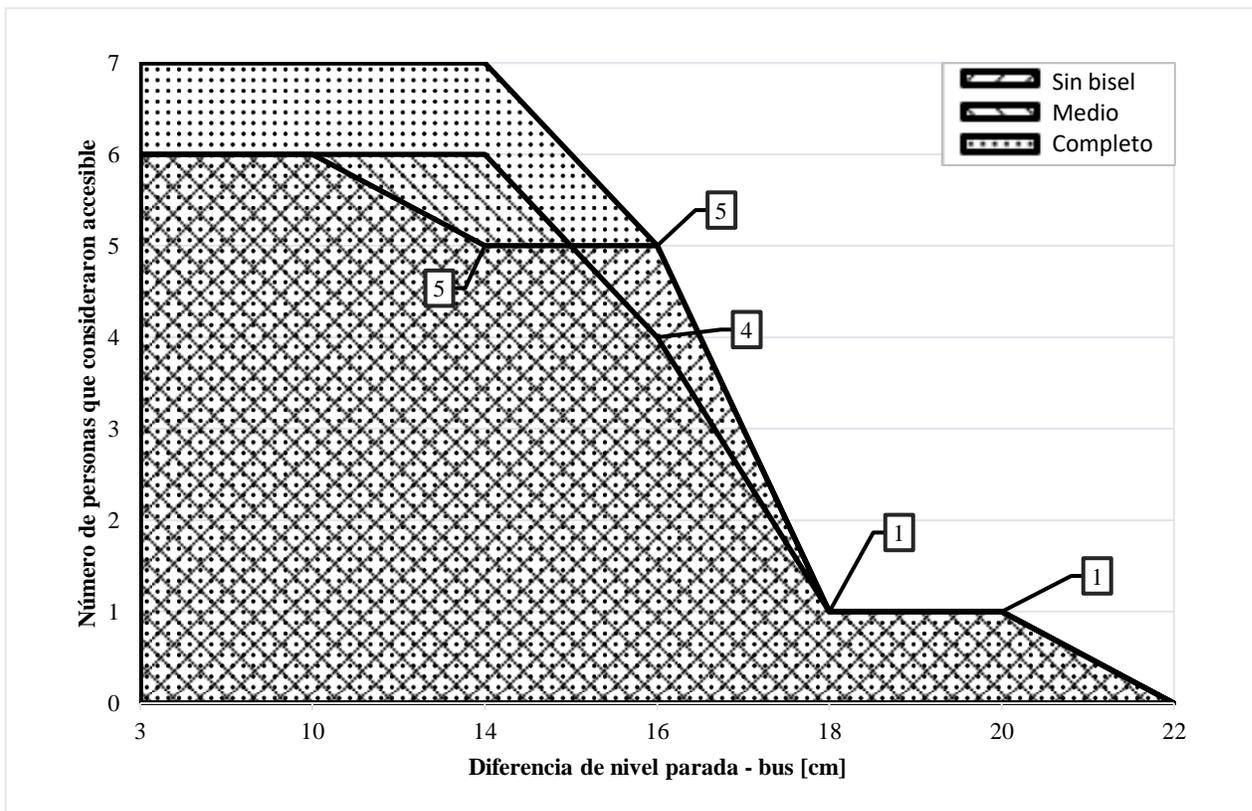


Figura 30: Accesibilidad Rampa largo 80 cm según bisel Silla ortopédica.

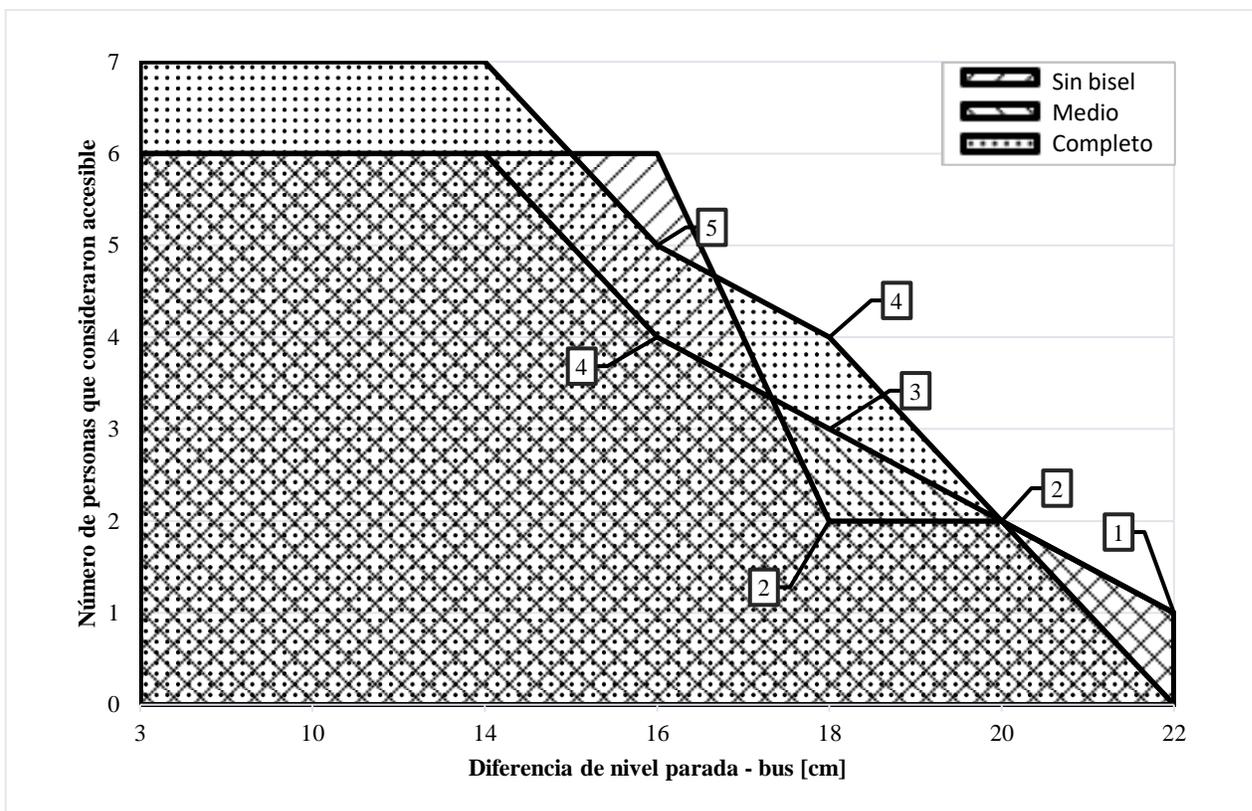


Figura 31: Accesibilidad Rampa largo 80 cm según bisel Silla urbana.

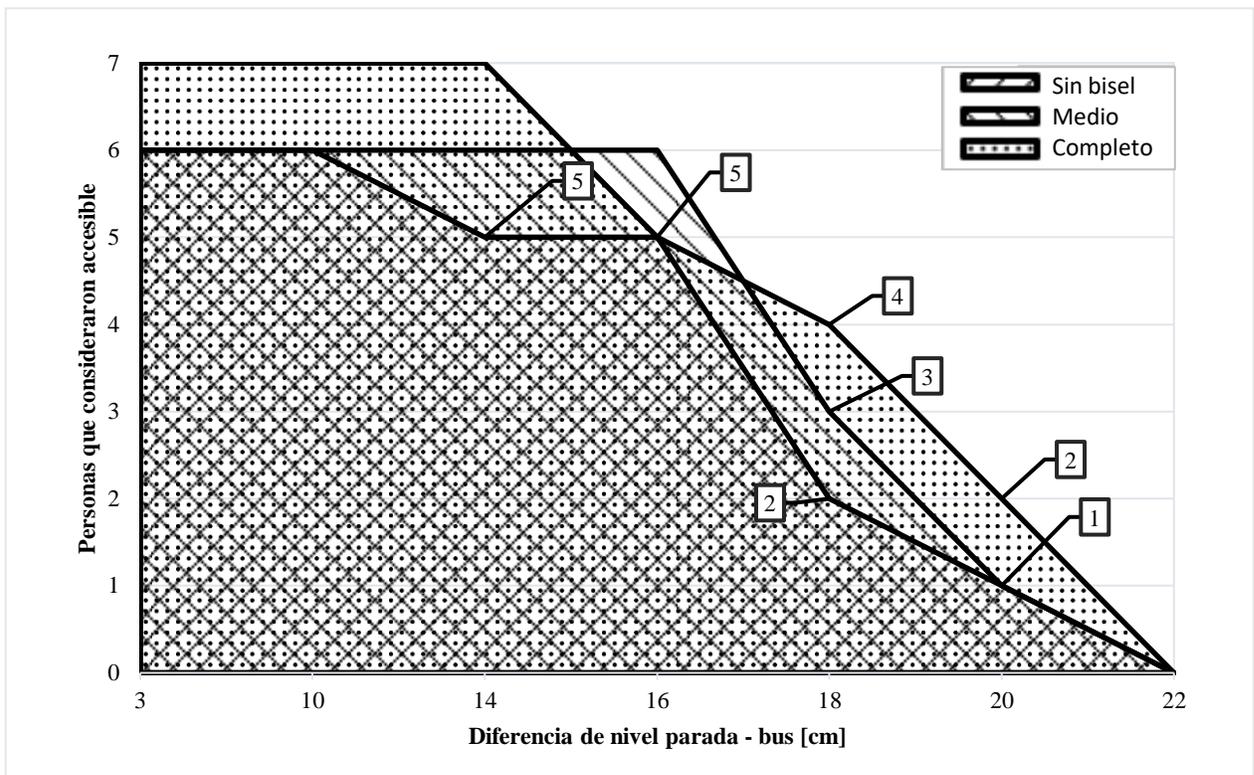


Figura 32: Accesibilidad Rampa largo 90 cm según bisel Silla ortopédica.

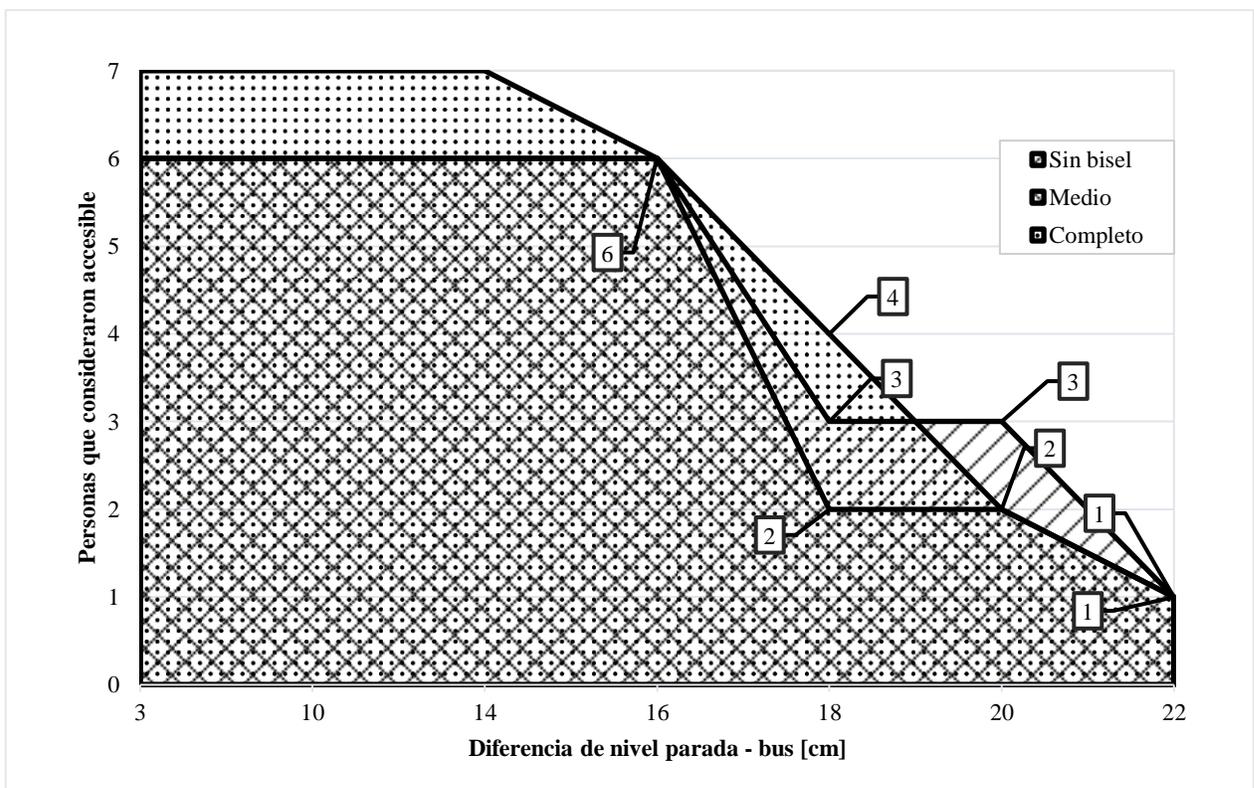


Figura 33: Accesibilidad Rampa largo 90 cm según bisel Silla urbana.

Como se puede visualizar en las gráficas, en todos los casos los biseles tienen comportamientos similares con cada silla y largo de rampa correspondiente, pero podemos notar que para cinco de seis casos (se excluye rampa 70 [cm] con silla ortopédica), la percepción de accesibilidad en la combinación que no posee bisel disminuye antes que en casos con bisel completo e intermedio.

También, se destaca que para los casos iniciales (10, 14 y 16 [cm]) en que se utilizó una silla de ruedas urbana se tuvo más participantes que consideraron su uso como accesible con respecto al mismo ensayo realizado con una silla de ruedas ortopédica.

Para las rampas de 70 [cm] de largo no se logra visualizar un bisel particularmente más competitivo, pero para el caso con brecha de 14 [cm], el bisel con mejor desempeño global es el completo, con 5 de 7 de los casos declarados como accesible para la silla ortopédica y 6 de 7 para la silla urbana. Dentro del mismo largo de rampa, el bisel intermedio presenta un comportamiento consistente para ambos tipos de silla, siendo considerado como accesible por 5 de 6 participantes en ambos casos.

En el caso con largo de rampa 80 [cm], los biseles intermedio y completo son considerados por los participantes como igual de accesibles hasta la brecha vertical de 14 [cm], luego, para la silla urbana la caída de la percepción de accesibilidad en configuraciones más complejas es constante, versus el caso de la silla ortopédica, la cual sobrepasando la brecha de los 16 [cm] tiene una abrupta caída con todos los biseles.

Para los casos con rampa de 90 [cm] se tiene que la configuración con bisel intermedio es la más accesible, ya que sus resultados son consistentes en los gráficos de ambas sillas de ruedas hasta una altura de 16 [cm], a diferencia de los otros biseles, que sus comportamientos cambian entre una silla y la otra.

12.3. Diferencia según distribución interna

La distribución al interior del bus actúa restringiendo los movimientos de giro al abordar y descender lo que, agregado a las distintas dimensiones de las sillas estudiadas, influye en la accesibilidad percibida. A continuación, se muestran los resultados obtenidos cuando el ancho libre de pasillo es de 74 [cm]:

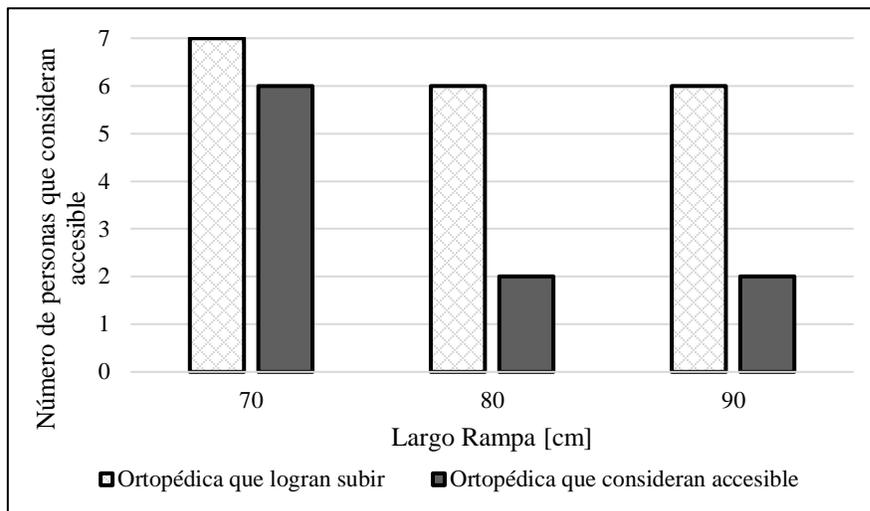


Figura 34: Personas que consideran accesible vs Personas que logran subir Silla Ortopédica.

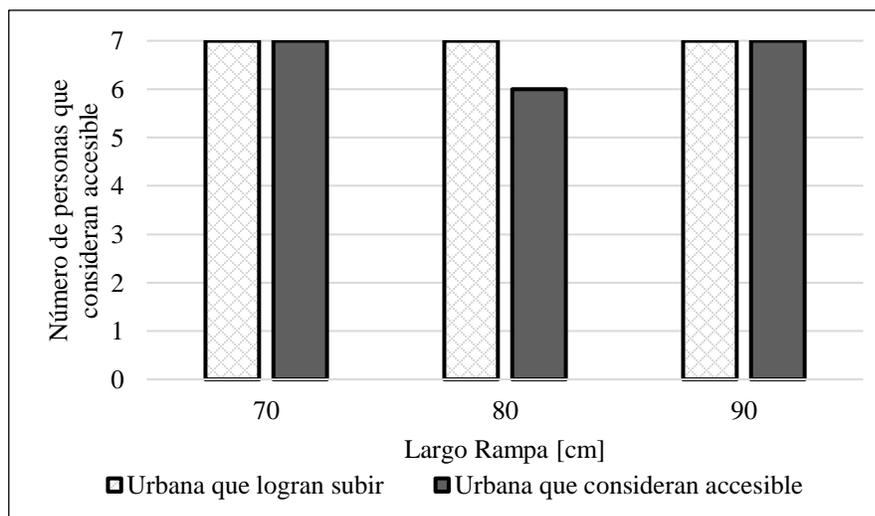


Figura 35: Personas que consideran accesible vs Personas que logran subir Silla Urbana.

Se observa que los resultados para la silla urbana indican que esta condición no impone mayores problemas de accesibilidad, a diferencia de la silla ortopédica, la cual ve mermada su accesibilidad total en un 70% para los casos con rampas de 80 [cm] y 90 [cm].

Para el caso con rampa de 70 [cm] en la silla ortopédica, su mayor desempeño con respecto al resto se debe a que, al realizar el giro interior, ambas ruedas de impulso se encuentran al mismo nivel, caso que no sucede para el caso de 80 [cm] que una de las ruedas de impulso queda sobre el bisel del cajón de la rampa y el de 90 [cm] que una rueda de impulso queda sobre el pasillo y la otra en el cajón.

12.4. Comparativa con normativa vigente y resultados obtenidos

Recordando que la normativa actual chilena exige un 12% máximo de pendiente, comparamos con los datos de los distintos modelos para la condición ideal en la que el paradero se encuentra sobre una solera de 15 [cm].

Tabla 44: Pendiente de rampas desplegadas en acera de 15 cm.

Fabricante chasis	Modelo chasis	Fabricante carrocería	Modelo carrocería	Tipo bus	Alt. Mínima [cm]	Grosor rampa [cm]	Largo Rampa [cm]	Bus se encuentra Inclinado	Puerta de acceso	Pendiente en acera 15 cm
BYD	BYD6121LGEV3	BYD	K9FE	RÍGIDO	35	2	84	no	Derecha	24,04%
FOTON	E BUS	FOTON	U12SC	RÍGIDO	29	2	91	si	Derecha	15,45%
M. BENZ	O500U	MARCOPOLO	TORINO LOW ENTRY (STP)	RÍGIDO	34	3	73	si	Derecha	26,33%
M. BENZ	O500UA	MARCOPOLO	TORINO LOW ENTRY VER.2	ARTICULADO	32	3	73	si	Derecha	23,50%
SCANIA	K280UB	CAIO	MONDEGO II	RÍGIDO	31,5	3	73	si	Derecha	22,80%
SCANIA	K320UB	CAIO	MONDEGO II	ARTICULADO	31	3	73	si	Derecha	22,10%
VOLVO	B8RLE	MARCOPOLO	TORINO LOW ENTRY BIPORTAL	RÍGIDO	30	3	73	si	Derecha	20,70%
VOLVO	B8RLE	MARCOPOLO	TORINO LOW ENTRY BIPORTAL	RÍGIDO	35	3	73	no	Izquierda	27,75%
VOLVO	R8RLEA	MARCOPOLO SUPERPOLO	VIALE BRT	ARTICULADO	36,5	2	85	si	Derecha	25,57%
YUTONG	ZK6128 BEVG	YUTONG	ZK6128BEVG	RÍGIDO	32	2	80	no	Derecha	21,41%

Como se destaca en rojo, ninguno de los modelos cumple con la pendiente exigida en la normativa bajo la condición de una parada en acera ideal, siendo el bus más cercano en valor el del fabricante FOTON, condición que viene dada por dos factores relevantes, es el modelo que posee la rampa más larga de los catastrados, además de ser el que alcanza la menor altura desde el suelo.

Utilizando los resultados presentados en (11.1), podemos construir una relación entre el largo de rampa y la pendiente máxima accesible que se obtuvo experimentalmente. Ya que los largos de rampa estudiados son discretos, se utiliza el supuesto de que la pendiente máxima accesible tiene un comportamiento lineal entre el intervalo largo de rampa 70 [cm] y 80 [cm] y, para el intervalo 80[cm] a 90 [cm], ya que la accesibilidad del 100% de los sujetos de prueba se tiene en la diferencia

vertical Parada-bus 14 [cm], la pendiente decrece con el largo de rampa, también bajo el supuesto de comportamiento lineal.

Con lo anterior se obtiene el siguiente comportamiento de configuración de largo/pendiente máxima accesible.

Tabla 45: Pendiente máxima admisible para ser considerado 100% accesible según ensayos con voluntarios.

Altura Calzada-bus [cm]	Largo rampa [cm]	Pendiente en parada 15 cm [%]
29,00	90	19,89%
29,00	88	20,34%
29,00	86	20,82%
29,00	84	21,32%
29,00	82	21,85%
29,00	80	22,40%
28,15	78	21,57%
27,33	76	20,75%
26,52	74	19,91%
25,75	72	19,08%
25,00	70	18,25%

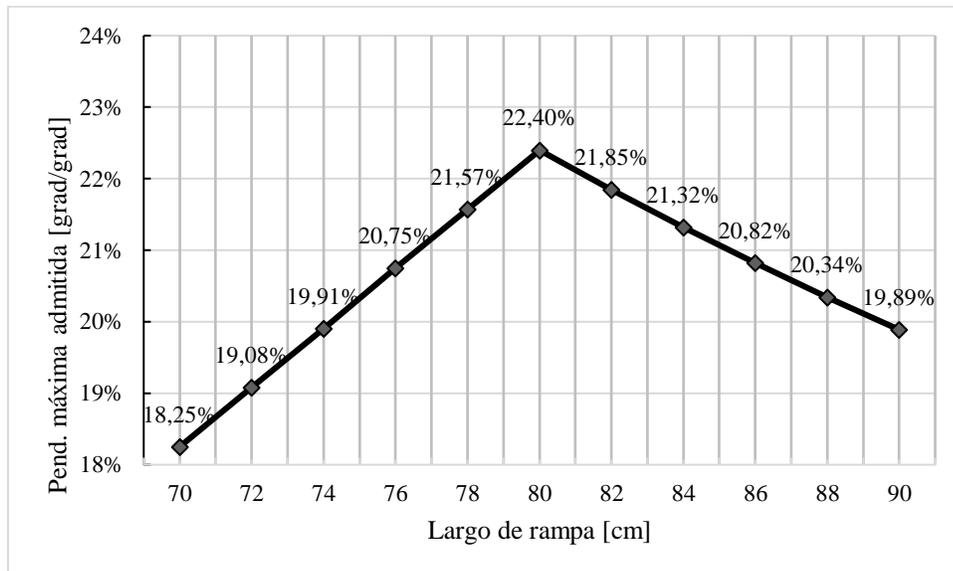


Figura 36: Pendiente máxima admitida para ser considerado accesible.

Podemos notar que el comportamiento obtenido castiga la utilización de rampas con longitudes mayores a 80 [cm], ya que para brechas verticales mayores a 14 [cm] no todos los sujetos de prueba consideraron la configuración como accesible.

Con lo anterior, podemos determinar si en la condición actual los modelos de buses catastrados son accesibles según los nuevos valores obtenidos experimentalmente:

Tabla 46: Caracterización de accesibilidad según modelo estudiado para nueva pendiente máxima.

Fabricante chasis	Modelo chasis	Fabricante carrocería	Modelo carrocería	Tipo bus	Largo Rampa	Puerta	Pendiente en acera 15 cm	Máx. pendiente accesible para el modelo	¿Es accesible con nueva condición?
BYD	BYD6121 LGEV3	BYD	K9FE	RÍGIDO	84	Derecha	24,04%	21,32%	NO
FOTON	E BUS	FOTON	U12SC	RÍGIDO	91	Derecha	15,45%	19,89%	SI
M. BENZ	O500U	MARCOPOLO	TORINO LOW ENTRY (STP)	RÍGIDO	73	Derecha	26,33%	19,49%	NO
M. BENZ	O500UA	MARCOPOLO	TORINO LOW ENTRY VER.2	ARTI-CULADO	73	Derecha	23,50%	19,49%	NO
SCANIA	K280UB	CAIO	MONDEGO II	RÍGIDO	73	Derecha	22,80%	19,49%	NO
SCANIA	K320UB	CAIO	MONDEGO II	ARTI-CULADO	73	Derecha	22,10%	19,49%	NO
VOLVO	B8RLE	MARCOPOLO	TORINO LOW ENTRY BIportal	RÍGIDO	73	Derecha	20,70%	19,49%	NO
VOLVO	B8RLE	MARCOPOLO	TORINO LOW ENTRY BIportal	RÍGIDO	73	Izquierda	27,75%	19,49%	NO
VOLVO	R8RLEA	MARCOPOLO SUPERPOLO	VIALE BRT	ARTI-CULADO	85	Derecha	25,57%	21,07%	NO
YUTONG	ZK6128 BEVG	YUTONG	ZK6128BEVG	RÍGIDO	80	Derecha	21,41%	22,40%	SI

Incorporando las nuevas condiciones, las cuales son más flexibles que la normativa nacional vigente, aún se tiene que siete de los nueve modelos estudiados no son accesibles en una parada en acera con solera normal, en lo que respecta al despliegue de la rampa.

12.5. Comparación de resultados obtenidos versus estudios anteriores

Según estudios anteriores mencionados en 2.3.3, el valor de pendiente límite donde los usuarios de silla de ruedas comienzan a presentar complicaciones para abordar es de 21% para rampas de 1,2 metros de largo.

Teniendo en cuenta el valor de pendiente máximo admisible presentado en la Fig.36, el valor de 21% de pendiente es cercano al obtenido experimentalmente en este estudio de 22,4%, por lo que se puede indicar que este resultado es consistente con estudios preliminares.

Para el caso de la relación Largo de rampa versus Pendiente, que el valor de pendiente máxima accesible obtenido del caso con largo de rampa 90 [cm] sea menor al 21% anteriormente mencionado para largos de 1,2 metros se puede deber a la inexperiencia de los sujetos de ensayo utilizando estos dispositivos de movilidad (tanto sillas de ruedas como rampas), además de otras condiciones no mencionadas en otros estudios, como la diferenciación de biseles, que guarda relación con la pérdida de impulso inicial al abordar. También, tiene que los participantes no dominaban las formas de impulsarse, ya que para rampas de mayor extensión, se requiere de más de un impulso para recorrerlas en su totalidad.

13. Conclusiones

En el presente trabajo han sido estudiados los distintos factores que inciden en la accesibilidad universal a buses urbanos del sistema de transporte público Red Metropolitana de Santiago.

Para determinar qué parámetros registrar, se consultó normativa internacional respecto a accesibilidad universal para sillas de ruedas en el transporte público, determinando qué ítems se encuentran normados, además de que se exige para cada uno de estos. Con esto se logra determinar que se debe estudiar la distribución de los elementos al interior del bus, sus rampas y sistemas de seguridad al abordar y descender pasajeros.

Luego, fueron catastrados distintos modelos ingresados al sistema de transporte público de buses de Santiago como estándar Red con el objetivo de determinar si estos pueden ser considerados como accesibles. Cabe mencionar que, fuera de este estándar existen modelos catalogados como A1 sin dispositivos de accesibilidad universal de interés como el piso bajo

Obtenidos los datos de los buses operativos en Santiago, se procedió a adaptar el Laboratorio de Dinámica Humana de la Universidad de Los Andes emulando una serie de condiciones como tipos de bisel, largo de rampa, pendiente y distribución de espacios interiores, para luego realizar ensayos de percepción de accesibilidad con voluntarios, con una respectiva encuesta para rescatar la información. Para esto se utilizaron dos sillas de ruedas, una ortopédica con ruedas de impulso lisas y una urbana con ruedas de impulso de caucho.

Una vez consolidados los resultados de la encuesta, estos se procesaron para completar datos inconclusos y corregir errores menores, obteniendo los parámetros necesarios para comenzar el análisis.

Se determinó que, para los distintos largos de rampa, la pendiente máxima que el total de los participantes consideraron accesible es mayor que la máxima actual normada de 12%, siendo las rampas más largas las que obtienen mejores resultados ya que enfrentan la diferencia de nivel parada-bus con una menor pendiente.

Con respecto a los biseles de las rampas, se determina que el bisel intermedio es el que, a pesar de no tener los resultados más accesibles en todos los ensayos, es el que posee un comportamiento consistente independiente del tipo de silla que se utilice, es decir, tanto la silla ortopédica como la urbana tienen un desempeño similar para brechas verticales de hasta 16 [cm] en rampas de 90 [cm] de largo. Dado lo anterior, es considerado el más accesible, ya que su desempeño no depende del tipo de silla de ruedas utilizada.

Para la reducción del pasillo de acceso, se tiene que las dimensiones de la silla de ruedas tienen directa relación a la capacidad de acceder, por lo que se recomienda que el espacio de viaje para sillas de ruedas se encuentre frente a la puerta de acceso y, en caso de no ser posible esta condición, tener un ancho de pasillo libre mayor a un metro, para disminuir las complicaciones del giro interior de la misma.

Luego, se estudió las características de los buses estándar Red sobre una parada con solera regular de 15 [cm] respecto a la calzada, obteniendo que, para la condición más favorable al viajero en silla de ruedas, ninguno de los modelos catastrados logra cumplir lo exigido en la normativa en relación con la pendiente máxima de 12%.

Dado que los ensayos con biseles presentes en los modelos mostraron que existen pendientes mayores totalmente accesibles, se estudiaron nuevamente las pendientes de acceso, considerando

estos resultados como los nuevos parámetros máximos a cumplir. Este ejercicio muestra que dos modelos del total de buses catastrados pueden ser considerados accesibles en lo que respecta a pendientes de acceso.

Con respecto a las limitaciones del estudio realizado, la falta de personas con discapacidad usuarios de sillas de ruedas con experiencia, se presenta como la principal limitante, mostrándose en la comparación con estudios anteriores (Bertocci et al, 2018), donde para una pendiente similar a la máxima obtenida como accesible en este experimento, los participantes usuarios de sillas de ruedas podían recorrer una mayor longitud de rampa sin presentar consecuencias en su percepción de accesibilidad.

Con lo anterior, se determina que la configuración con rampa de largo 80 cm y bisel intermedio con pendiente 1:2 con un centímetro de borde inferior es la que permite una mejor accesibilidad con 14 centímetros de brecha vertical considerados por el total de los voluntarios como accesible. Para longitudes menores la pendiente no permite acceder a todos los sujetos de ensayo, reduciéndose de 14 cm a 10 cm la máxima brecha vertical considerada totalmente accesible, y el caso de largos mayores hace que se requiera un mayor impulso para abordar, limitando el acceso. Para los biseles, este fue escogido ya que posee un comportamiento similar con ambos tipos de silla de ruedas, a diferencia de los otros casos que poseen mejores resultados con un tipo de silla en específico.

En lo que respecta a recomendaciones de accesibilidad, como primer punto se debe tener en cuenta la infraestructura, como parte permanente del equipamiento de la ciudad, teniendo en cuenta que existen casos en donde el entorno no permite una correcta implementación de paradas accesibles o mobiliario en general, para los casos en donde esto es posible, se debe velar que la condición mínima de altura con respecto a la calle de 15 centímetros se pueda cumplir. Lo anterior se debe tener en consideración cada vez que se requieran obras de mantención o modificaciones al entorno, como recape de pavimento asfáltico o cambios en calzadas y aceras.

Finalmente, para los buses, el normar la pendiente máxima de la rampa no produce que los fabricantes dispongan de distintas formas y modelos para cumplir con la accesibilidad universal, ya que la pendiente que se puede lograr depende también de la infraestructura con la que interactúa el bus. Para este caso, se propone un cambio a la normativa de ‘pendiente máxima de la rampa’ a ‘máxima diferencia de altura que el acceso del bus debe poder alcanzar desde la calzada’, esto permitiría normalizar las condiciones mínimas de abordaje de los buses, permitiendo determinar qué agente no cumple con las condiciones para entregar accesibilidad universal.

14. Líneas futuras de investigación

En el marco de la posible continuidad de este tipo de estudios, se presentan puntos de interés para futuras investigaciones en este ámbito:

- Realizar ensayos con voluntarios que sean usuarios de sillas de ruedas y que posean distinta experiencia en su uso.
- Incluir otros modelos de bisel, como los redondeados mencionados por la normativa española y el bisel flexible encontrados en algunos modelos.
- Incorporar largos de rampa intermedios a los ensayos.
- Analizar el efecto de la fricción mediante la utilización de otros materiales antideslizantes para la rampa.
- Incorporar más modelos de sillas de ruedas, como son las de propulsión eléctrica.
- Ensayar casos en donde el viajero es asistido (viajero dependiente).
- Ensayos de subida y bajada donde existan pasajeros en el interior del bus.
- Otras variables del andén, parada o acera que influyen sobre la distancia de impulso inicial.

15. Bibliografía

1. Americans With Disabilities Act (Ada) Accessibility Specifications For Transportation Vehicles – Part 38. Recuperado de <https://www.ecfr.gov/cgi-bin/retrieveECFR?gp=1&SID=4793ab5f9cbbabcd5deee05795b85979&ty=HTML&h=L&mc=true&n=pt49.1.38&r=PART>
2. Architectural and Transportation Barriers Compliance Board (2016). Americans With Disabilities Act (ADA) Accessibility Guidelines for Transportation Vehicles – Final Rule. [Descargable] <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2016-12-14/pdf/2016-28867.pdf>
3. Asociación Brasileña de Normas Técnicas. (2005). Accesibilidad en Transporte Interurbano. Recuperado de http://www.turismo.gov.br/sites/default/turismo/o_ministerio/publicacoes/downloads_publicacoes/NBR15320.pdf
4. Asociación Brasileña de Normas Técnicas. (2009). Transporte - Especificaciones técnicas para fabricación de vehículos de características urbanas para transporte colectivo de pasajeros (Segunda edición). Recuperado de https://www.cnmp.mp.br/portal/images/Comissoes/DireitosFundamentais/Acessibilidade/NBR_15570-2009_Transp_Coletivo_Urbano.pdf
5. Asociación Brasileña de Normas Técnicas. (2011). Accesibilidad en vehículos de características urbanas para el transporte colectivo de pasajeros. Recuperado de https://www.cnmp.mp.br/portal/images/Comissoes/DireitosFundamentais/Acessibilidade/NBR_14022-2011_Onibus_Ed4.pdf
6. Bertocci, G., Smalley, C., Page, A., & Digiovine, C. (2018). Manual wheelchair propulsion on ramp slopes encountered when boarding public transit buses. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 1–5.
7. Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa. (2018). Sobre disposiciones uniformes relativas a la homologación de vehículos de la categoría M2 o M3 por lo que respecta a sus características generales de construcción. (2018/237). Recuperado de <http://www.boe.es/>
8. Corporación Ciudad Accesible. (2020). Ficha 14 – Paraderos y Refugios Peatonales Accesibles. Recuperado de https://www.ciudadaccesible.cl/wp-content/uploads/2020/05/Ficha-14-Paraderos-y-refugios-peatonales_2020.pdf
9. D’Souza, C., Paquet, V., Lenker, J. A., & Steinfeld, E. (2017). Effects of transit bus interior configuration on performance of wheeled mobility users during simulated boarding and disembarking. *Applied Ergonomics*, 62, 94–106.
10. D’Souza, C., Paquet, V. L., Lenker, J. A., & Steinfeld, E. (2017). Self-reported difficulty and preferences of wheeled mobility device users for simulated low-floor bus boarding, interior circulation and disembarking. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 1–14. doi:10.1080/17483107.2017.1401128

11. D'Souza, C., Steinfeld, E., Paquet, V., & Feathers, D. (2010). Space Requirements for Wheeled Mobility Devices in Public Transportation: Analysis of Clear Floor Space Requirements. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2145(1), 66-71.
12. Department of Justice. (2010). 2010 ADA Standards for Accessible Desing. (2010). Recuperado de https://www.ada.gov/regs2010/2010ADAStandards/2010ADAStandards_prt.pdf
13. Diputació de Barcelona (2009). Accessibilitat al trenen cadira de rodes, Cap a un estàndard internacional del gap d'embarcament. [Descargable] Disponible en <https://llibreria.diba.cat/cat/unclick/descargaebook.php?uid=E7BFE3C2103C23292BCD11A2CCAD33F0E6CB5D55C503941009F3D4FAEA0A7E03&c=63155&m=descarga>
14. Directorio de Transporte Público Metropolitano. (2016). Manual de Paraderos – Versión 4.
15. Ferrari, L., Berlingero, M., Calabrese, F., & Reades, J. (2014). Improving the accessibility of urban transportation networks for people with disabilities. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 45, 27–40.
16. Frost, K. L., Bertocci, G., & Smalley, C. (2015). Ramp-Related Incidents Involving Wheeled Mobility Device Users During Transit Bus Boarding/Alighting. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 96(5), 928–933.
17. Hidalgo, D., Urbano, C., Olivares, C., et al (2020). Mapping Universal Access Experiences for Public Transport in Latin America. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*.
18. *International Journal of Transportation Science and Technology* (2019). Transport accessibility for wheelchair users: A qualitative analysis of inclusion and health. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S204604301730117X>
19. Ley N°20.422 que Establece Normas sobre Igualdad de Oportunidades e Inclusión Social de las Personas con Discapacidad.
20. Ministerio de la Presidencia (1986). Real Decreto 2028/1986, Por el que se dictan normas para la aplicación de determinadas Directivas de la CEE, relativas a la homologación de tipos de vehículos automóviles, remolques y semirremolques, así como de partes y piezas de dichos vehículos.
21. Ministerio de la Presidencia. (2007). Real Decreto 1544/2007 - Por el que se regulan las condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los modos de transporte para personas con discapacidad. Recuperado de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2007/11/23/1544/dof/spa/pdf>

22. Ministerio de planificación. (2011). Decreto N° 142. Establece normas sobre igualdad de oportunidades e inclusión social de personas con discapacidad, relativo al transporte público de pasajeros.
23. Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones. (1991). Decreto 122 – Requisitos dimensionales y funcionales a vehículos que presten servicios de locomoción colectiva urbana. Recuperado de <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=9612>
24. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2018). D.S. N°47, de 1992 - Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Actualizada a 22 de febrero de 2018. Modificada por D.S. N°14 - D.O.22.02.18.
25. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2018). Guía de Soluciones Accesibles para Espacios Públicos y Viviendas. Recuperado de <https://csustentable.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2018/08/GUIA-ACCESIBILIDAD.pdf>
26. MINSAL, Subsecretaría de Redes Asistenciales (2017). Informe final de evaluación. Evaluación programas gubernamentales (EPG), Programa de atención domiciliaria a personas con dependencia severa [descargable]. Disponible en https://www.dipres.gob.cl/597/articles-163132_informe_final.pdf
27. Mtt.gob.cl (2020). Certificación Características Funcionales Y Dimensionales Buses Estándar Transantiago. [descargable] Disponible en: <https://www.mtt.gob.cl/wp/content/uploads/2014/01/Nomina_Estandar_Transantiago_28-abr-2020.xls> [Acceso 6 de mayo 2020].
28. Park, J., & Chowdhury, S. (2018). Investigating the barriers in a typical journey by public transport users with disabilities. *Journal of Transport & Health*.
29. SENADIS, Departamento de Estudios (2016). II Estudio Nacional de la Discapacidad 2015.
30. SENADIS, Departamento de Estudios (2017). Discapacidad y Dependencia. Caracterización de la dependencia en las personas en situación de discapacidad a partir del II Estudio Nacional de la Discapacidad [descargable]. Disponible en <https://www.senadis.gob.cl/descarga/i/5058>
31. Unsworth, C., So, M. H., Chua, J., Gudimetla, P., & Naweed, A. (2019). A systematic review of public transport accessibility for people using mobility devices. *Disability and Rehabilitation*, 1-15.

1. Anexos

1.1. Anexo 1: Datos acceso a buses

Patente: _____ Operador: _____ Tipo bus: _____
Marca Chasis: _____ Modelo Carrocería: _____ Carrocero: _____

Posición bus: Alto Regular Inclinado Otro Altura acceso desde el suelo: _____ cm

Rampa en: Rampa en:

Suelo: _____ cm ° 15 cm: _____ cm ° _____ cm °
15 cm: _____ cm ° 30 cm: _____ cm ° _____ cm °
30 cm: _____ cm ° _____ cm °

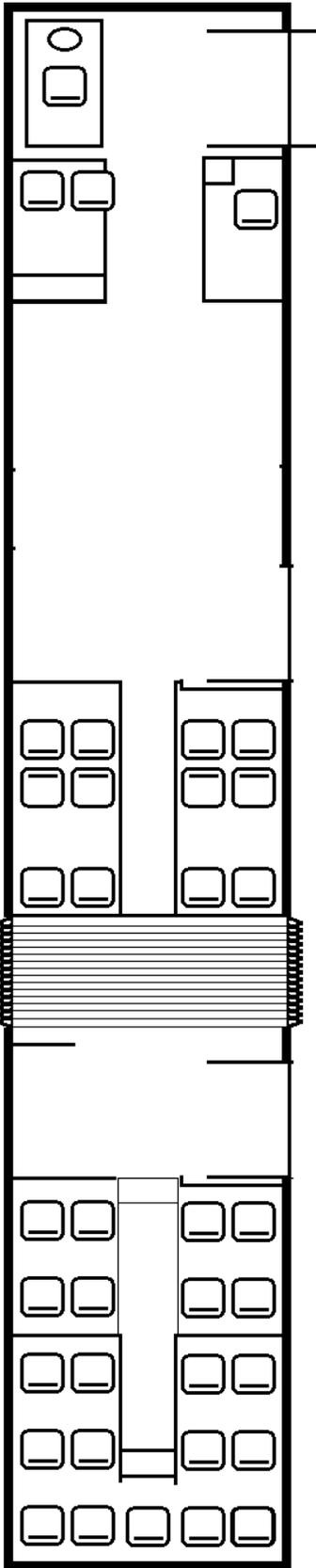
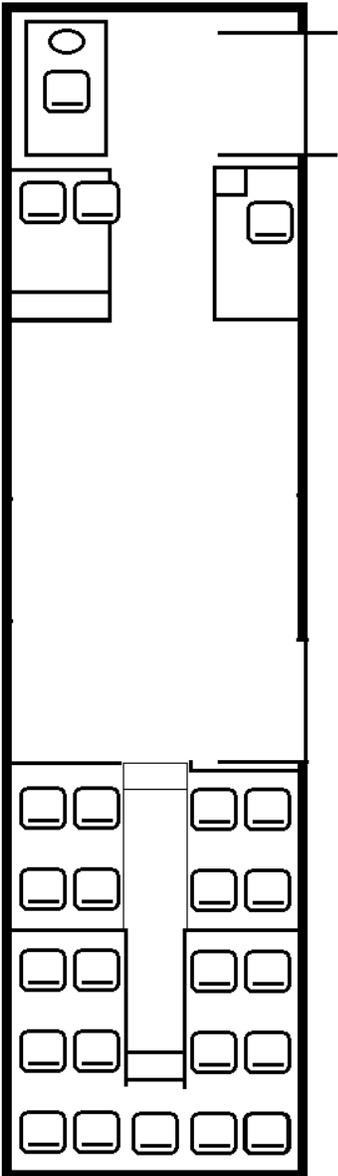
En caso de peñísco, indicar medida _____ cm

Indicar altura de bisagra o falla de la misma
Altura: _____ cm
Falla: SI NO

En caso de peñísco, indicar medida _____ cm

1.2. Anexo 2: Esquemas de buses para medidas de accesos

Patente:
Tipo bus:
Carrocería:
Chasis:
Operador:



1.3. Anexo 3: Datos distancia horizontal de parada de buses

Tabla 1.3-I: Distancia parada buses PE-151 día.

Distancia parada buses Día PE-151				
Tipo solera [cm]	Tipo bus	Servicio	Modelo bus	Distancia [cm]
30	B	E15C	Mondego	17,6
30	B	F25	Mondego	32,2
30	B	210	Gran vial	33,3
30	C	225	Mondego	23,8
30	B	210	Gran vial	5,1
30	C	224	Mondego	34,5
30	C	210V	Mondego	27,8
30	C	225	Gran vial	6,3
30	C	210	Mondego	55,2

Tabla 1.3-II: Distancia parada buses PE-151 noche.

Distancia parada buses Noche PE-151				
Tipo solera [cm]	Tipo bus	Servicio	Modelo bus	Distancia [cm]
30	B	224C	Gran vial	33,2
30	C	210	Mondego	57,1
30	B	213E	Yutong Red	35,7
30	C	225	Mondego	21,9
30	B	221E	Gran vial	35,8
30	C	225	Mondego	58,4
30	B	213E	Yutong Red	56,4
30	B	224C	Gran vial	45,2
30	B	225	Gran vial	30,3
30	B	224C	Mondego	50,6
30	C	225	Mondego	41,1
30	B	213E	Yutong Red	33,5
30	B	210V	Torino	42,6
30	B	210V	Gran vial	19,2
30	C	225	Mondego	61,2

Tabla1.3-III: Distancia parada buses PE-524 noche.

Distancia parada buses Noche PE-524				
Tipo solera [cm]	Tipo bus	Servicio	Modelo bus	Distancia [cm]
15	B	E14	Mondego II Red	24,8
15	B	E15C	Mondego	6,1
15	B	E13	Mondego	18,7
15	B	E08	Mondego	25,8
15	B	E13	Mondego	15
15	B	325	Mondego	1
15	A	323	Foz	24,5
15	B	E07	Mondego	29
15	B	325	Mondego	32,1
15	B	E15C	Mondego	6,5
15	B	E08	Mondego	2,1
15	B	E13	Mondego	25,5
15	B	E15C	Mondego	10,2
15	B	E08	Mondego II Red	25,2
15	B	E13	Mondego	50,2
15	B	E15C	Mondego	44,8
15	B	325	Mondego	22,2
15	B	E14	Mondego	19,7
15	B	E14	Mondego	40,3
15	B	E15C	Mondego	29,3
15	B	325	Mondego	-1,5
15	B	E07	Mondego	52,3

1.4. Anexo 4: Imágenes Scania Caio Mondego

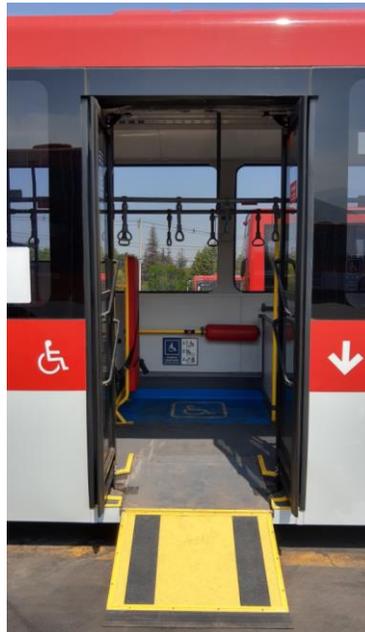


Ilustración 1.4-I: Acceso Scania Caio Mondego.



Ilustración 1.4-II: Apoyo espaldar Scania Caio Mondego.



Ilustración 1.4-III: Visión conductor Scania Caio Mondego.



Ilustración 9.4-IV: Botones operación Scania Caio Mondego.



Ilustración 1.4-V: Cámaras Scania Caio Mondego.

1.5. Anexo 5: Imágenes Mercedes Benz Marcopolo Torino V1



Ilustración 1.5-I: Acceso Mercedes Benz Marcopolo Torino V1.



Ilustración 1.5-II: Espacio interior Mercedes Benz Marcopolo Torino V1.

1.6. Anexo 6: Imágenes Mercedes Benz Marcopolo Torino V2

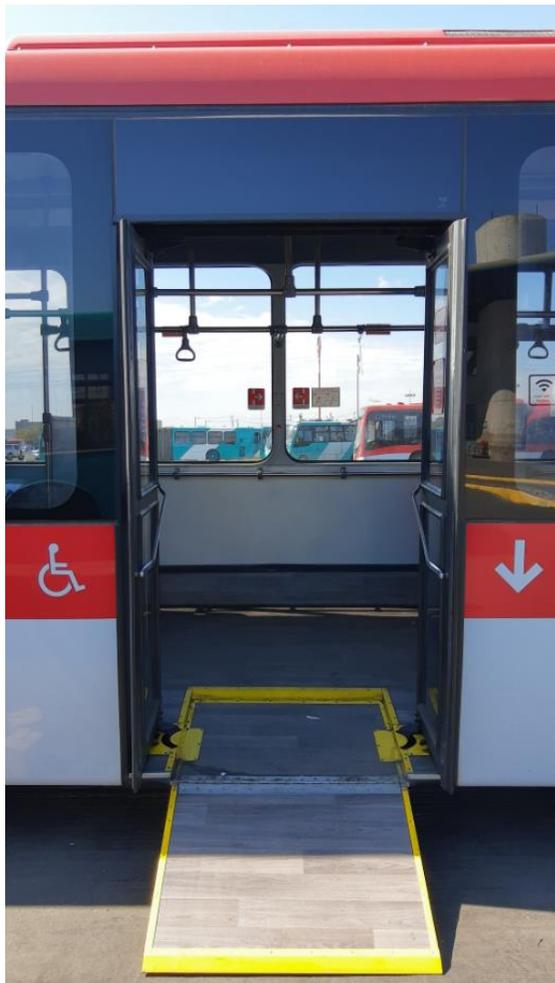


Ilustración 1.6-I: Acceso Mercedes Benz Marcopolo Torino V2.



Ilustración 1.6-II: Espacio viaje Mercedes Benz Marcopolo Torino V2.



Ilustración 1.6-III: visibilidad conductor Mercedes Benz Marcopolo Torino V2.



Ilustración 1.6-IV: Botones operación Mercedes Benz Marcopolo Torino V2.



Ilustración 1.6-V: Visión Cámaras Mercedes Benz Marcopolo Torino V2.

1.7. Anexo 7: Imágenes BYD K9FE



Ilustración 1.7-I: Acceso BYD K9FE.



Ilustración 1.7-II: Espacio Viaje BYD K9FE.



Ilustración 1.7-III: visibilidad conductor BYD K9FE.



Ilustración 1.7-IV: Visión cámara y botones operación BYD K9FE.

1.8. Anexo 8: Imágenes Volvo Marcopolo Superpolo Viale BRT

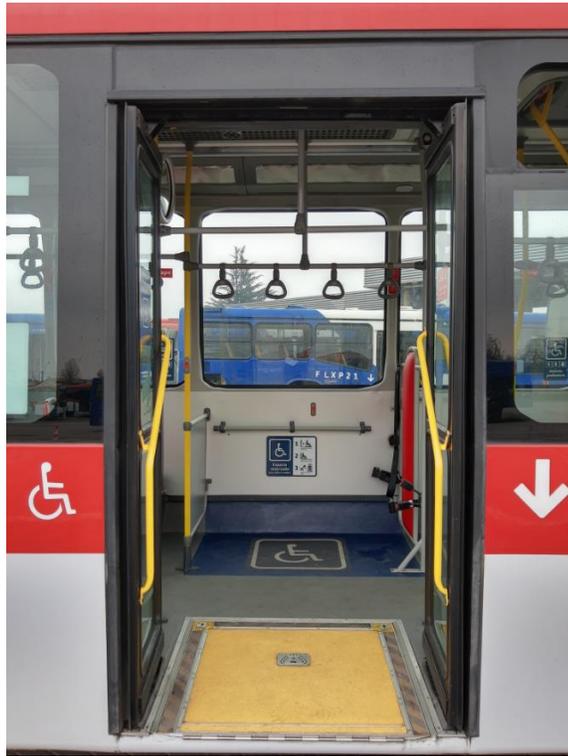


Ilustración 1.8-I: Acceso Volvo Marcopolo Superpolo Viale BRT.



Ilustración 1.8-II: Zona viaje Volvo Marcopolo Superpolo Viale BRT.



Ilustración 1.8-III: Botones operación Volvo Marcopolo Superpolo Viale BRT.



Ilustración 1.8-IV: Visión cámaras Volvo Marcopolo Superpolo Viale BRT.

1.9. Anexo 9: Imágenes Foton eBus 12SC



Ilustración 1.9-I: Acceso Foton eBus 12SC.



Ilustración 1.9-II: Zona viaje Foton eBus 12SC.



Ilustración 1.9-III: Visión cámaras Foton eBus 12SC.



Ilustración 1.9-IV: Visión cámaras exteriores Foton eBus 12SC.



Ilustración 1.9-V: Botones operación Foton eBus 12SC.

1.10. Anexo 10: Imágenes Yutong ZK6128BEVG

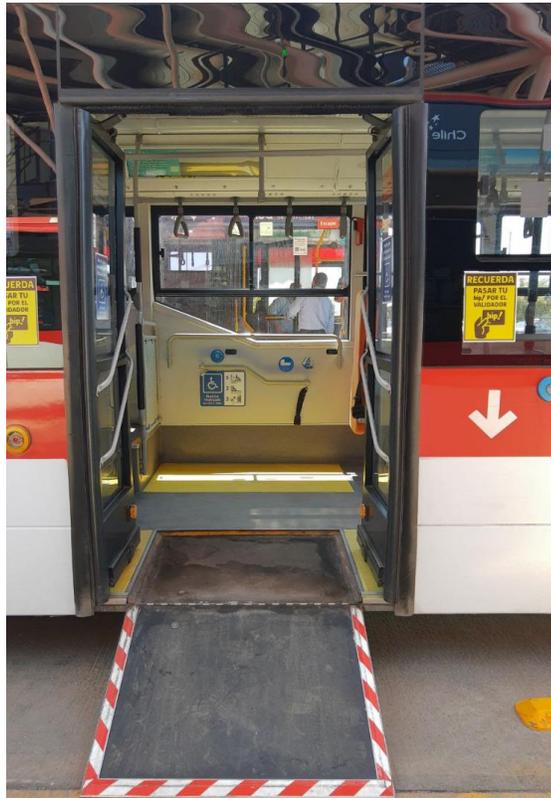


Ilustración 10-I: Acceso Yutong ZK6128BEVG.



Ilustración 10-II: Apoyo espaldar Yutong ZK6128BEVG.



Ilustración 10-III: Visión conductor Yutong ZK6128BEVG.



Ilustración 10-IV: Visión cámara Yutong ZK6128BEVG.



Ilustración 10-V: Botones operación Yutong ZK6128BEVG.

1.11. Anexo 11: Imágenes laboratorio e implementos



Ilustración 11-I: Rampa de acceso.



Ilustración 11-II: Cámaras de grabación interior.



Ilustración 11-III: Vista interior pasillo de acceso.



Ilustración 11-IV: Sistema para ajustar diferencia de altura.

1.12. Anexo 12: Imágenes capturadas durante ensayos

Se presentan imágenes de momentos característicos ocurridos durante la experiencia en laboratorio.



Ilustración 12-I: Giro interior con y sin obstáculos respectivamente silla ortopédica.

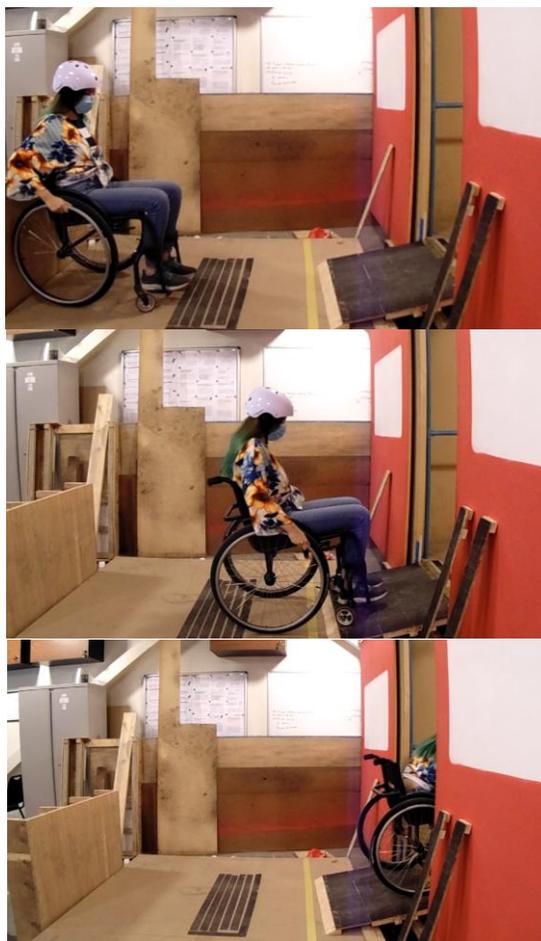


Ilustración 12-II: Secuencia de acceso rampa bisel completo silla urbana.



Ilustración 12-III: Diferencia de postura al realizar maniobra para diferencias de nivel de 3 cm, 10 cm y 18 cm silla urbana.



Ilustración 12-IV: Ruedas delanteras alzadas por causa de diferencia de nivel de 22 cm con rampa 70 cm en silla ortopédica.



Ilustración 12-V: Ruedas delanteras alzadas a causa de bisel interno del acceso, silla urbana.



Ilustración 12-VI: Secuencia acceso silla urbana para acceso restringido de ancho 74 cm y rampa de 70 cm.



Ilustración 12-VII: Inclinación para compensar bajada en rampa 70 cm y 22cm de desnivel.



Ilustración 12-VIII: Ruedas traseras levantadas por golpe del soporte para pies en silla urbana con rampa de 70 cm y diferencia de nivel de 22 cm.

1.13. Anexo Digital

Los videos realizados durante la ejecución de este ensayo se encuentran almacenados electrónicamente en el siguiente link:

- https://drive.google.com/drive/folders/1JePcO0GkS_LPA0CdgKH54K_AMjo31DV0?usp=sharing

Donde las carpetas se encuentran clasificadas por participante, y diferencia de nivel vertical estudiada.