

**CONFIGURACIÓN INTERNA DEL BUS PARA MEJORAR LA MOVILIDAD URBANA
DEL ADULTO MAYOR EN LA CIUDAD DE SÃO PAULO.**

**JAIME EDUARDO BARAJAS ROMERO
ANDREA SOFÍA MAJJUL FAJARDO
CHRISTIAN FERNANDO CUBILLOS RUEDA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2018

**CONFIGURACIÓN INTERNA DEL BUS PARA MEJORAR LA MOVILIDAD URBANA
DEL ADULTO MAYOR EN LA CIUDAD DE SÃO PAULO.**

**JAIME EDUARDO BARAJAS ROMERO
ANDREA SOFÍA MAJJUL FAJARDO
CHRISTIAN FERNANDO CUBILLOS RUEDA**

Trabajo de Grado para optar el título de Diseñador Industrial

Directora

**PhD. MARÍA FERNANDA MARADEI GARCÍA
D.I., Esp. & M.Sc. en Ergonomía**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2018

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecerles a todas las personas que de una u otra manera nos aportaron en la realización de este proyecto:

Para comenzar, gracias a nuestros padres, por su amor, apoyo incondicional y confianza constante en cada decisión que hemos tomado, a nuestras hermanas y hermanos por su amor y apoyo.

Agradecemos también a nuestras orientadoras y directoras de proyecto, las profesoras María Fernanda Maradei y Uíara Montedo, quienes junto al profesor Fausto Mascia hicieron aportes fundamentales para la realización del proyecto, sin su guía y consejos hubiera sido imposible culminarlo y realizar el intercambio académico que nos permitió alcanzar los resultados obtenidos.

Queremos expresar también nuestro más sincero agradecimiento a las personas del curso “Experiencia de vida y salud” ofrecido por la Facultad de ciencias farmacéuticas de la universidad de Sao Paulo, quienes creyeron desde un comienzo en nuestras ideas y nos facilitaron todos los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas. Un agradecimiento especial a los estudiantes de la tercera edad que participaron en la realización de este proyecto y que no sólo nos permitieron acompañarlos y conocer su experiencia como usuarios del servicio, sino que además compartieron con nosotros su amistad y cariño. *Para vocês, nosso mais sincero carinho e admiração, são sem dúvida um exemplo para todas as novas gerações. Trabalhar com vocês não só enriqueceu nossa formação como profissionais, também nossa formação pessoal. Obrigado por nos ensinar que nunca deixamos de aprender.*

A nuestros amigos de la república Afrânio 180, por compartir esta experiencia con nosotros, sin ustedes nuestro intercambio no habría sido lo mismo. Convivir con personas de diferentes partes del mundo nos enseñó que en cualquier lugar existen personas increíbles dispuestas a compartir su amistad y que de todas las culturas podemos aprender algo diferente. A ustedes nuestra más sincera amistad y cariño.

Finalmente agradecemos a la Universidad Industrial de Santander, a la Escuela de Diseño Industrial y a todo el personal docente y administrativo por guiarnos y acompañarnos en nuestra formación como diseñadores. Agradecemos también a la Universidad de São Paulo por formar parte de este proceso de crecimiento tanto profesional como personal.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	14
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	17
1.3 JUSTIFICACIÓN	18
1.1 OBJETIVO GENERAL	21
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
1.4 METODOLOGÍA	22
1.4.1 Etapa de identificación.	22
1.4.2 Etapa de análisis	22
1.4.3 Etapa de planteamiento	22
1.4.4 Etapa de desarrollo	23
1.4.5 Etapa de validación	23
2. MARCO TEÓRICO	24
2.1 ENVEJECIMIENTO Y VEJEZ	24
2.1.1 Definición del Adulto mayor	26
2.2.2 Antropometría.	27
2.2.3 Zonas de alcance del adulto mayor.	29
2.2 CAMBIOS RELACIONADOS CON LA EDAD	30
2.2.1 Cambios físicos.	30
2.2.2 Cambios sensoriales	31
2.2.2.1 Visión.	31
2.2.2.2 Audición.	33
2.2.2.3 Háptica.	34
2.2.3 Cambios cognitivos.	36
2.2.3.1 Memoria.	36

2.2.3.2 Atención.	36
2.2.3.3 Cognición espacial.	37
2.3 MOVILIDAD	37
2.3.1 Movilidad urbana.	37
2.3.2 Factores que influyen en la movilidad de las personas.	37
2.3.3 Movilidad para la tercera edad.	39
2.3.4 Movilidad en São paulo.	39
2.3.5 Movilidad en la ciudad universitaria.	40
2.3.6 Revisión de literatura de problemáticas en buses.	42
3. DIAGNOSTICO	44
3.1 INFORMACIÓN DE USUARIOS	44
3.1.1 Entrevista cerrada a usuarios del servicio.	44
3.1.2 Grupo Focal.	48
3.1.3 Conclusiones de la Información Clave de Usuarios.	50
3.2 KIT DE SIMULACIÓN DE ENVEJECIMIENTO.	51
3.3 CARACTERÍSTICAS DEL OBJETO DE ESTUDIO	54
3.3.1 Generalidades de la ruta 8022-10.	54
3.3.2 Generalidades del bus utilizado para la ruta 8022-10.	55
3.3.3 Servicio gratuito para adultos mayores.	57
3.4 OBSERVACIÓN DEL CONTEXTO	58
3.4.1 Etapa de embarque	58
3.4.2 Etapa de viaje.	59
3.4.3 Etapa de desembarque.	60
3.5 VALORACIÓN DE RIESGO POSTURAL	61
3.5.1 Valoración de riesgo postural etapa de embarque.	61

3.5.2 Valoración de riesgo postural etapa de viaje.	63
3.5.3 Valoración de riesgo postural etapa de desembarque.	65
3.5.4 Conclusiones de la valoración postural.	67
3.6 CONCLUSIONES DEL DIAGNÓSTICO	67
4. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO	70
4.1 IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES DE LOS USUARIOS	70
4.2 JERARQUIZACIÓN DE NECESIDADES	71
4.3 ESPECIFICACIONES DE LOS REQUERIMIENTOS	73
4.3.1 Consideraciones generales de los requerimientos	73
4.3.2 Requerimientos para la etapa de embarque y desembarque	74
4.3.2.1 Ingreso al bus.	74
4.3.2.2 Altura de la entrada.	74
4.3.2.3 Distancia andén y el ingreso al bus.	74
4.3.2.4 Apoyo de la puerta.	75
4.3.3 Requerimientos para la etapa de viaje	75
4.3.3.1 Piso bajo.	75
4.3.3.2 Señalización zona preferencial.	76
4.3.3.3 Apoyos verticales.	76
4.3.3.4 Apoyos horizontales.	76
4.3.3.5 Cantidad de apoyos.	77
4.3.3.6 Asideros flexibles.	77
4.3.3.7 Cantidad de asientos preferenciales.	77
4.3.3.8 Ubicación de asientos preferenciales.	78
4.3.3.9 Asientos preferenciales sin escaleras.	78
4.3.4 Definición de requerimientos.	78

5. PLANTEAMIENTO	80
5.1 ANÁLISIS DE BENCHMARKS	80
5.1.1 Análisis general de configuraciones internas.	80
5.1.2 Análisis de los Dispositivos de Ingreso.	84
5.1.3 Análisis de la máquina registradora.	86
5.1.4 Análisis de los apoyos flexible.	88
5.2 EVALUACIÓN DE BENCHMARKS	89
5.2.1 Evaluación de los dispositivos de ingreso.	90
5.2.2 Evaluación de la máquina registradora.	91
5.2.3 Evaluación de los apoyos flexibles.	91
5.3 DEFINICIÓN DE CONCEPTOS DE DISEÑO	92
5.3.1 Alternativa 1	93
5.3.2 Alternativa 2	94
5.3.3 Alternativa 3	95
5.4 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	96
5.5 ALTERNATIVA FINAL	98
6. DESARROLLO	100
6.1 MODELADO DIGITAL HUMANO EN JACK	100
6.2 SIMULACIÓN DE ENTORNOS EN EL SOFTWARE JACK	101
6.3 SIMULACIONES DE HUMANOS EN EL SOFTWARE JACK	102
6.4 HERRAMIENTA DE ANÁLISIS ERGONÓMICO OWAS	103
7. VALIDACION ERGONÓMICA	105
7.1 ANÁLISIS DE ACTIVIDAD	105
7.1.1 Simulación etapa de embarque – ingreso al bus P95 masculino	106
7.1.3 Simulación etapa de viaje – uso de asientos P95 masculino	108

7.1.4 Simulación etapa de viaje – uso de asientos P5 femenino	109
7.1.5 Simulación etapa de viaje – Registro del pasaje P95 masculino	110
7.1.6 Simulación etapa de viaje – Registro del pasaje P5 femenino	111
7.1.7 Simulación etapa de viaje – Uso de apoyos horizontales P95 masculino	112
7.1.8 Simulación etapa de viaje – Uso de apoyos horizontales P5 femenino	113
7.1.9 Simulación etapa de desembarque – salida del bus P95 masculino	114
7.1.10 Simulación etapa de desembarque – salida del bus P5 femenino	115
7.2 EVALUACIÓN DE LA SIMULACIÓN ERGONÓMICA	116
7.3 CONCLUSIONES DE LA VALIDACIÓN	119
8. CONCLUSIONES	120
8.1 HALLAZGOS	120
8.2 LIMITACIONES	122
8.3 RECOMENDACIONES	123
BIBLIOGRAFIA	125
ANEXOS	130

Lista de Tablas

Tabla 1. Conceptualización de la vejez según la cronología	26
Tabla 2. Variables antropométricas para percentiles masculino y femenino	27
Tabla 3. Tipos de bus y rutas de la ciudad universitaria	41
Tabla 4. Problemáticas para adultos mayores relacionadas al diseño de buses	42
Tabla 5. Codificación de postura y nivel de riesgo en la etapa de embarque	62
Tabla 6. Codificación de postura y nivel de riesgo en la etapa de viaje	65
Tabla 7. Codificación de postura y nivel de riesgo en la etapa de desembarque	66
Tabla 8. Lista de problemas relacionados al uso del bus urbano según método utilizado	68
Tabla 9. Identificación de las necesidades de los usuarios	70
Tabla 10. Frecuencia de importancia según necesidades de los usuarios	72
Tabla 11. Jerarquización de necesidades según nivel de importancia	73
Tabla 12. Requerimientos de diseño según necesidades del usuario	79
Tabla 13. Evaluación de los dispositivos de ingreso	90
Tabla 14. Evaluación de las Maquinas de control de ingreso.	91
Tabla 15. Evaluación de las alternativas de configuración de ingreso.	97
Tabla 16. Resultados de la aplicación del método OWAS en el software Jack	116

Lista de Figuras

Figura 1. Proyección de la población en Brasil por sexo y edad para el año 2060	19
Figura 2. Enfoque y características de la vejez	25
Figura 3. Mediciones antropométricas para la postura erguida y sedente	28
Figura 4. Zonas de alcance del adulto mayor	29
Figura 5. Cambios posturales en el adulto mayor	31
Figura 6. Cambios sensoriales en el adulto mayor	35
Figura 7. Factores que influyen en la movilidad	38
Figura 8. Distribución de viajes por modo de transporte	40
Figura 9. Unidades principales de la ciudad universitaria	41
Figura 10. Resultados de género y frecuencia de uso en la primera aproximación (N=28)	45
Figura 11. Resultados de género y frecuencia de uso en la segunda aproximación (N=51)	47
Figura 12. Resultados de preferencia de configuración de bus y ruta más utilizada (N=51)	47
Figura 13. Grupo Focal con los estudiantes del curso “Experiencia de vida y salud”.	48
Figura 14. Funciones del kit de simulación de envejecimiento	51
Figura 15. Registro de actividad con el uso del kit	52
Figura 16. Trayectoria de la ruta 8022-10	54
Figura 17. Principales áreas de la distribución interna del bus actual	55
Figura 18. Distribución de los asientos de uso común y preferencial	56
Figura 19. Dimensiones configuración interna bus actual	57
Figura 20. Secuencia de imágenes de actividad en la etapa de embarque	58
Figura 21. Secuencia de imágenes de actividad en la etapa de viaje	59
Figura 22. Secuencia de imágenes de actividad en la etapa de desembarque	60
Figura 23. Posturas exigentes etapa de embarque	62
Figura 24. Posturas exigentes etapa de viaje	64
Figura 25. Posturas exigentes etapa de desembarque	66
Figura 26. Configuración interna y problemas encontrados del bus actual	69
Figura 27. Registro de evaluación de importancia relativa de necesidades	71
Figura 28. Diagrama antropométrico para determinar altura de apoyo de la puerta	75
Figura 29. Tipos de piso bajo en buses	76
Figura 30. Diagrama antropométrico para determinar altura de apoyos horizontales	77

Figura 31. Análisis general de la configuración interna de bus Urbano	81
Figura 32. Análisis general de la configuración interna de vehículos similares.	83
Figura 33. Análisis de los dispositivos de ingreso	84
Figura 34. Análisis de las máquinas registradoras.	87
Figura 35. Análisis de los apoyos flexibles.	88
Figura 36. Alternativas propuestas	92
Figura 37. Alternativa 1	93
Figura 38. Alternativa 2	94
Figura 39. Alternativa 3	95
Figura 40. Alternativa final	98
Figura 41. Configuración interna y características del bus propuesto	99
Figura 42. Medidas antropométricas del cuerpo humano en software Jack	100
Figura 43. Percentiles P5 femenino y P95 masculino	101
Figura 44. Ejemplo de la configuración del bus actual en software Jack	102
Figura 45. Posturas del cuerpo completo y posturas de la mano software JACK	103
Figura 46. Análisis de tareas a través de OWAS	104
Figura 47. Esquema de actividades según etapa y percentil	105
Figura 48. Comparación postural del ingreso al bus entre configuración actual y propuesta para P95	106
Figura 49. Comparación postural del ingreso al bus entre configuración actual y propuesta para P5	107
Figura 50. Comparación postural de uso de asientos entre configuración actual y propuesta para P95	108
Figura 51. Comparación postural de uso de asientos entre configuración actual y propuesta para P5	109
Figura 52. Comparación postural del registro del pasaje entre configuración actual y propuesta para P95	110
Figura 53. Comparación postural del registro del pasaje entre configuración actual y propuesta para P5	111
Figura 54. Comparación postural de uso de apoyos horizontales entre configuración actual y propuesta para P95	112

Figura 55. Comparación postural de uso de apoyos horizontales entre configuración actual y propuesta para P5	113
Figura 56. Comparación postural de la salida del bus entre configuración actual y propuesta para P95	114
Figura 57. Comparación postural de la salida del bus entre configuración actual y propuesta para P5	115
Figura 58. Resultados OWAS configuración de bus actual vs propuesta para P95 masculino	118
Figura 59. Resultados OWAS configuración de bus actual vs propuesta para P5 femenino	119

Lista de Anexos

Anexo A. Entrevista formato 01	130
Anexo B. Entrevista formato 02	131
Anexo C. Encuesta de importancia relativa de necesidades – Formato 01	132
Anexo D. Encuesta de importancia relativa de necesidades – Formato 02	133
Anexo E. Alternativas propuestas de configuración de bus	134

RESUMEN

TÍTULO: CONFIGURACIÓN INTERNA DEL BUS PARA MEJORAR LA MOVILIDAD URBANA DEL ADULTO MAYOR EN LA CIUDAD DE SÃO PAULO*

AUTORES: JAIME EDUARDO BARAJAS ROMERO, ANDREA SOFIA MAJJUL FAJARDO, CHRISTIAN FERNANDO CUBILLOS RUEDA**

PALABRAS CLAVE: TRANSPORTE PÚBLICO, ENVEJECIMIENTO, MOVILIDAD, ERGONOMÍA, MODELADO DIGITAL HUMANO

DESCRIPCIÓN:

Actualmente el bus urbano es uno de los medios de transporte más utilizados en la ciudad de São Paulo, sin embargo, la configuración interna del bus puede influir de manera negativa sobre la experiencia que los usuarios tienen del servicio. En el caso de los adultos mayores, el uso de algunos elementos internos generan demandas posturales. Por esto, el objetivo de este trabajo fue desarrollar una propuesta de diseño mediante la modificación de los elementos internos del bus para mejorar el uso por parte del adulto mayor en términos de demanda postural. Se utilizó una metodología compuesta por cinco fases. En la primera, se realizó una revisión bibliográfica para reconocer las características del adulto mayor que intervienen en el uso del bus. En la segunda, se usaron diferentes métodos como entrevistas, grupos focales, kit del envejecimiento, observación de situación de uso y valoración del riesgo postural, para identificar las principales problemáticas. En la tercera, se realizó una identificación de necesidades, un análisis de benchmarks y una evaluación de alternativas para determinar una propuesta configuración de bus. En la cuarta, se implementó la propuesta en el software de modelado digital Jack. Por último, se realizó una validación postural con el uso de la herramienta OWAS. Como resultado, se obtuvo que los principales problemas posturales se evidencian durante el ingreso y salida del vehículo, el uso de asientos preferenciales con escaleras, la altura de los apoyos y el uso de la máquina registradora. Además, se encontraron otros problemas relacionados con la configuración y distribución de los elementos en el espacio que dificultan el uso del servicio. De la validación postural se concluye que para la configuración del bus propuesta, se mejora la postura para el percentil femenino en un 66,667% y para el masculino en un 60% respecto a la configuración actual.

*Trabajo de grado

**Facultad de ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Directora: PhD. María Fernanda Maradei garcía d.i., esp. & m.sc. en ergonomía

ABSTRACT

TITLE: INTERNAL BUS CONFIGURATION TO IMPROVE THE URBAN MOBILITY OF THE OLDER ADULT IN THE CITY OF SÃO PAULO*

AUTHORS: JAIME EDUARDO BARAJAS ROMERO, ANDREA SOFIA MAJJUL FAJARDO, CHRISTIAN FERNANDO CUBILLOS RUEDA**

KEYWORDS: PUBLIC TRANSPORT, AGING, MOBILITY, ERGONOMICS, HUMAN DIGITAL MODELING

DESCRIPTION:

Nowadays the urban bus is one of the most used means of transport in the city of São Paulo; however, the internal configuration of the bus can negatively influence the experience that users have of the service. In the case of the older adult, the use of some internal elements generates postural demands. Therefore, the objective of this work was to develop a design proposal by modifying the internal elements of the bus to improve the use for the older adult in terms of postural demand. A methodology composed of five phases was used. In the first one, a literature review was carried out to recognize the characteristics of the elderly person involved in the use of the bus. In the second, different methods were used such as interviews, focus groups, aging kit, (use situation observation) observation of the use situation and assessment of postural risk, to identify the main problems. In the third, an identification of needs was made, a benchmark analysis and an evaluation of alternatives to determine a bus configuration proposal. In the fourth, the proposal was implemented in the digital modeling software Jack. Finally, a postural validation was carried out with the use of the OWAS tool. As a result, it was obtained that the main postural problems are evidenced during the entry and exit of the vehicle, the use of preferential seats with stairs, the height of the supports and the use of the register. In addition, other problems were found related to the configuration and distribution of the elements in the space that handicapped the bus use service. From the postural validation it is concluded that for the proposal bus configuration, the posture for the female percentile is improved by 66.667% and for the male by 60% regard to the current configuration.

*Trabajo de grado

**Facultad de ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Directora: PhD. María Fernanda Maradei garcía d.i., esp. & m.sc. en ergonomía

INTRODUCCIÓN

La movilidad se refiere tanto al acto de desplazarse de un lugar a otro usando algún modo de transporte, como al significado social y cultural de ese desplazamiento. La movilidad es una de las experiencias cotidianas que más inciden en la calidad de vida urbana, pues replantea la manera en que los individuos y los grupos se relacionan entre sí y participan en las actividades sociales (Dávila, 2012).

La movilidad urbana requiere en la mayoría de los casos de un medio de transporte motorizado, en donde los sistemas de transporte público juegan un rol fundamental en la movilidad de las personas. (Mauttone, 2005). Actualmente existen distintos tipos de transporte público, entre ellos el sistema de buses, el cual a pesar de producir una de la mayor parte del transporte y encontrarse presente en la mayoría de ciudades de América Latina, (CAF, 2011) es precario y está caracterizado por servicios irregulares, poco confiables e incómodos.

No obstante, la experiencia de movilidad tiene implicaciones en la vida de las personas que no son homogéneas y a partir del análisis de las experiencias de viaje, se puede detectar que existen movilidades diferenciadas, es decir, que las experiencias de viaje son muy distintas dependiendo de quien las vive (Dávila, 2012). En este sentido, los servicios de transporte público deben desempeñar un papel importante y proporcionar servicios de alta calidad para todos los usuarios, en donde la preocupación por la equidad social abre espacio al análisis del impacto de diferentes opciones de transporte en los grupos sociales más vulnerables (Dávila, 2012). Éste es el caso de los adultos mayores, en donde la conexión entre movilidad y la calidad de vida está derivada del hecho que el envejecimiento es a menudo asociado con el decrecimiento de las capacidades físicas, el cual está estrechamente enlazado con el nivel de movilidad (Kim, 2003).

En el caso del bus urbano, existen características del servicio y factores externos que condicionan el comportamiento del adulto mayor durante las etapas del viaje, hecho que afecta la experiencia de uso, y desde la perspectiva del adulto mayor tienen implicaciones en su salud y bienestar. Uno de los problemas más críticos a la hora de evaluar el servicio por parte de los adultos mayores hace referencia al diseño interno del bus (accesos, asientos, escaleras, uso de apoyos, pasillo y timbre) y como la configuración de los elementos internos puede representar barreras que dificultan la situación de uso, además de limitar su voluntad a participar en el servicio. (Aceves-González,

Cook, & May, 2015). Por esta razón, el propósito de este trabajo es proponer una configuración de los elementos internos del bus con la intención de contribuir a un medio de transporte más adecuado, el cual, es clave para garantizar la independencia del adulto mayor.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad el sistema de transporte público urbano no garantiza accesibilidad, cobertura ni calidad en el servicio (Martínez, 2012) y a pesar de los beneficios potenciales que este pueda presentar, hay barreras relacionadas con el uso para todos los pasajeros, en especial para el adulto mayor (Broome, McKenna, Fleming & Worrall, 2009).

Existen diferentes problemáticas que durante las etapas del viaje afectan la experiencia de uso, de los factores relacionados con el diseño del bus se evidencia una problemática relacionada con la inadecuada configuración de los elementos internos del bus, su ubicación y distribución en el espacio. Estos elementos generan demandas posturales para los adultos mayores asociadas a su uso y se ven representadas en acciones compensatorias para controlar su postura o estabilidad, que tienen como consecuencia una experiencia negativa para el adulto mayor en términos de facilidad de uso, seguridad y comodidad (Aceves-González, Cook, & May, 2015). Esta problemática puede presentarse independientemente a la tipología de bus, dado que todos los vehículos tienen elementos comunes que configuran una distribución interna de espacios y asientos (Ministerio de transporte y telecomunicaciones Chile, 2016).

El diseño del bus, puede reducir la seguridad de los pasajeros y en el caso del adulto mayor provocar caídas que pueden tener como consecuencia lesiones en las extremidades, la columna vertebral y en la cabeza (Halpern, 2005), que junto con la percepción de inseguridad generada por el temor a caer y la falta de comodidad, limita la voluntad de los adultos mayores a participar en el servicio del bus (Aceves-González, Cook, & May, 2015).

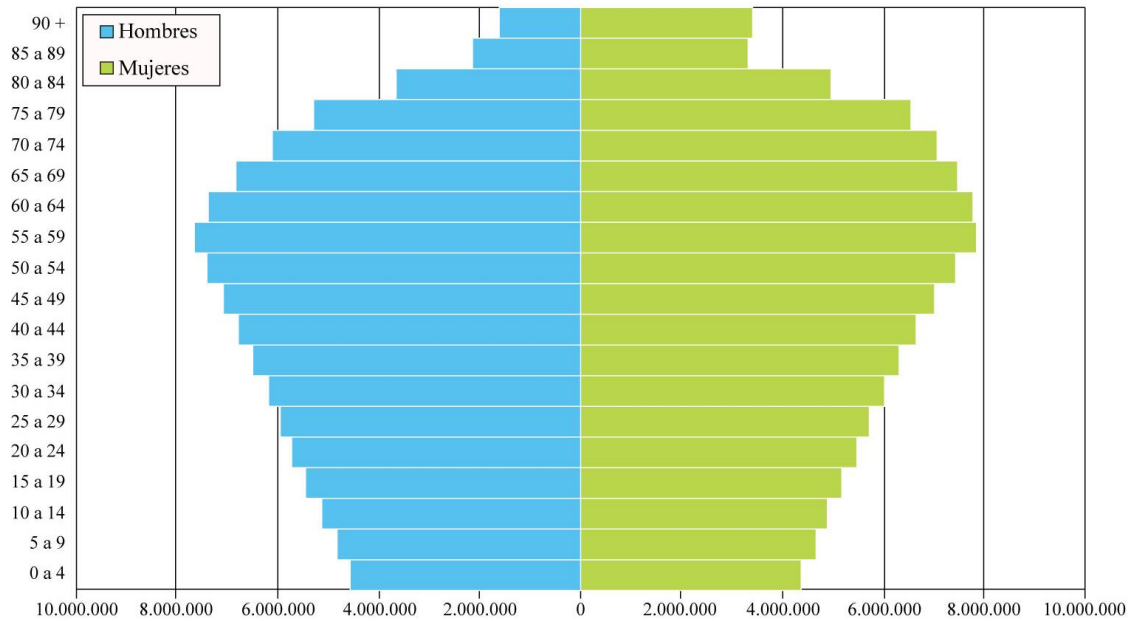
Generar desde el diseño industrial una configuración de los elementos internos del bus que reduzca las demandas posturales del adulto mayor y faciliten su uso, puede contribuir a solucionar problemas de movilidad dentro del transporte público, y permitirá a las personas satisfacer sus necesidades y deseos de desplazamiento de forma autónoma y en igualdad de condiciones (Martínez, 2012).

1.3 JUSTIFICACIÓN

América Latina ha experimentado un fuerte crecimiento poblacional en las últimas décadas, asociado a un proceso de urbanización intenso y descontrolado. Entre 1995 y 2009, la población total de la región aumenta de 472 millones a 575 millones de habitantes, (CEPAL, 2008). Esto evidencia que países de América latina enfrentan el desafío de atender la movilidad urbana de millones de habitantes debido al incremento poblacional que continua en constante crecimiento.

Acompañado de un crecimiento poblacional, está el hecho de que la población en todo el mundo está envejeciendo, y que cambios en la demografía traerán consigo cambios importantes en la demanda de productos y servicios. (Fisk, Rogers, Charness, Czaja y Sharit, 2009). En los países occidentales se espera que el tamaño de su población actual se duplique para el año 2025, en donde una de cada tres personas en estos países tendrá más de 65 años de edad (Rosenbloom, 2001). En Brasil específicamente, según informes de proyección de la población del Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística (IBGE), el actual porcentaje (año 2017) de personas sobre los 60 años de edad respecto al total de la población está representado por un 12,5% y para el año 2060 se estima que este porcentaje incremente al 33%; estos cambios se ven representados en la pirámide demográfica que evidencia un crecimiento de la población adulta mayor (ver figura 1) tanto en hombres como en mujeres.

Figura 1. Proyección de la población en Brasil por sexo y edad para el año 2060



El envejecimiento de la población se está acelerando en todo el mundo, por consiguiente, existe la creciente necesidad de políticas y estrategias de transporte centrándose en la movilidad de los ancianos (Choo, Sohn and Park, 2016). Específicamente en la Universidad de São Paulo actualmente son 9000 alumnos de la tercera edad los que al año participan en un programa llamado educación abierta para la tercera edad (Jornal da usp, 2017), que consiste en integrar al adulto mayor en la vida académica y participar en actividades de la universidad, sin embargo, aún no existen propuestas enfocadas a integrar su participación en el transporte público, por lo que este proyecto busca ampliar la inclusión del adulto mayor.

La comprensión de la relación entre la movilidad y la calidad de vida de las personas mayores es importante (Choo, Sohn and Park, 2016) por esto, es necesario identificar las características de movilidad de los adultos mayores con el fin de desarrollar un sistema de transporte eficaz en una sociedad que envejece (Kim y Ulfarsson, 2004). El transporte colectivo en la ciudad de Sao Paulo, se encarga de satisfacer la movilidad del 33% de viajes diarios, de los cuales, el bus urbano atiende el 75% de esta demanda, mientras que el tren y metro ocupan el 25% restante (CAF, 2011).

Sin embargo, el transporte público puede ser usado con poca frecuencia por el adulto mayor, debido a problemas relacionados con el diseño del bus tales como la configuración de los elementos internos, su ubicación y distribución en el espacio, lo que puede generar preocupación

por la seguridad personal, falta de comodidad y dificultad en el uso. Opciones de modo de transporte tales como caminar o andar en bicicleta tienden a cesar en algún momento. Todas estas tendencias implican que los ancianos pueden perder su independencia y quedar socialmente excluidos. Por otro lado, el crecimiento de la población de edad avanzada puede verse como una oportunidad en el sentido de que el creciente número de personas de edad avanzada puede constituir un creciente segmento de mercado, si las empresas de transporte público pudieran cubrir sus necesidades de transporte (Arentze et al., 2008). El mantenimiento y mejora de la movilidad de los adultos mayores son factores importantes en la promoción de un estilo de vida activo en una sociedad envejecida. (Chen, 2010). Lo que hace necesario que los medios de transporte se adapten según las necesidades y demandas de la población anciana para que puedan ser usados con seguridad y conservando su autonomía.

Aspectos problemáticos relacionados a el diseño de los buses, tiene impactos sobre la percepción de seguridad y problemas de uso para los adultos mayores. (Aceves-González, Cook and May, 2015). El diseño es fundamental en las características físicas de entornos tales como iluminación, pisos, escaleras, asientos y la presencia de señales ambientales. Además, diseñadores de sistemas de transporte también deben tener en cuenta los problemas perceptivos y cognitivos, la influencia de estresores y el potencial de fatiga y desorientación en estos entornos. (Fisk, Rogers, Charness, Czaja y Sharit, 2009). En la práctica del diseño industrial, existen diferentes herramientas que simulan ambientes y evalúan tareas, que permiten mejorar la seguridad, eficiencia y comodidad de un entorno de trabajo, entre estas, los softwares de modelado digital humano (DHM).

El uso de softwares de modelado digital humano (DHM) se han utilizado como una herramienta de diseño eficaz para visualizar la interacción de un humano y una estación de trabajo, estos softwares contribuyen en la eficiencia del proceso de diseño de producto. (Jung, Kwon and You, 2009). La metodología de diseño ergonómico que utiliza software de DHM hace que el proceso de evaluación de diseño, diagnóstico y revisión sea más rápido y económico. (Chaffin and Nelson, 2001).

La revisión bibliográfica evidencia que existe un salto demográfico que experimentaran países de todo el mundo, con el aumento cada vez mayor de una sociedad envejecida, es por esto que productos y servicios deben adaptarse a solucionar problemas que experimentan los adultos

mayores. La configuración de los elementos internos del bus podría afectar en gran medida la relación entre el adulto y su movilidad con el uso del transporte público así como las demandas posturales que intervienen durante la situación de uso, lo que podría poner en riesgo su independencia y seguridad. Este proyecto con el uso de herramientas de modelado digital humano (DHM) busca dar soluciones al diseño del bus con el objetivo de promover beneficios en la movilidad del adulto mayor, por lo tanto se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿En qué medida modificar los elementos internos del bus puede contribuir a mejorar la postura para facilitar el uso por parte del adulto mayor?

1.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una propuesta de diseño mediante la modificación de elementos internos del bus que mejore el uso por parte del adulto mayor en términos de demanda postural.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las características físicas, cognitivas y sensoriales del adulto mayor que intervienen en el uso de elementos internos del bus
- Identificar y analizar los principales problemas y elementos internos del bus que dificultan la situación de uso en las etapas de embarque-viaje-desembarque por parte de los adultos mayores.
- Proponer un diseño de los elementos internos seleccionados de acuerdo a las necesidades del adulto mayor y requerimientos de diseño.
- Desarrollar la propuesta de diseño en un software de “DHM - Modelado Humano Digital” con el fin de obtener modelos representativos del entorno y elementos internos del bus.
- Validar la situación de uso de las propuestas a través de las herramientas de análisis ergonómico en términos de demanda postural.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Etapa de identificación.

- a. Revisión bibliográfica, revisión de los conceptos relacionados con los cambios que ocurren en el proceso del envejecimiento.
- b. características de movilidad del adulto mayor en el transporte público y los problemas que intervienen en la situación de uso

1.4.2 Etapa de análisis

- a. Encuestas y entrevistas: desarrollo y aplicación de encuestas y entrevistas a adultos mayores usuarios del bus.
- b. Identificación de problemas mediante el uso de kit para la simulación de los efectos del envejecimiento
- c. Observación: estudio observacional de los usuarios durante el uso del bus, obtención de evidencia mediante la realización de un registro fotográfico y audiovisual.
- d. Diagnóstico: identificación y análisis de los principales problemas y elementos que dificultan la situación de uso del bus para los adultos mayores.
- e. Establecer Requerimientos: determinar atributos, capacidades, características y cualidades necesarias para la creación de las propuestas de diseño.

1.4.3 Etapa de planteamiento

- a. Análisis de lo existente: se realiza una valoración de los diferentes elementos internos de bus actuales que intervienen en las etapas embarque-viaje-desembarque.
- b. Generación de conceptos: por medio de herramientas básicas de dibujo y modelado digital se generan y presentan las alternativas de los diferentes aspectos y características del producto
- c. Selección de concepto: evaluación de los atributos de las alternativas asignando valores y determinando el nivel de cumplimiento sobre cada ítem con el fin de escoger las más viables

1.4.4 Etapa de desarrollo

- a. Creación de maniquí: se realiza la caracterización del modelado humano, modificando las dimensiones, género y medidas siguiendo los requerimientos de movilidad del adulto mayor.
- b. Modelado de alternativas: desarrollo y adecuación de las propuesta según los requerimientos de diseño en el software Jack
- c. Creación de animaciones y simulaciones: disponer los escenarios donde se llevará a cabo la simulación así como el posicionamiento del maniquí junto con todos los elementos internos que van a interactuar en la actividad de uso.
- d. Herramientas de análisis ergonómico: seleccionar herramientas de evaluación del desempeño humano en el software Jack

1.4.5 Etapa de validación

- a. Análisis de tareas: ejecutar la simulación, evaluar la interacción de los humanos virtuales con los elementos internos. Obtención de resultados y gráficas del análisis de tareas
- b. Evaluación de alternativa: realizar una comparación de los resultados de la simulación entre la alternativa propuesta y el caso de estudio.
- c. Correcciones: implementar las correcciones y cambios considerados pertinentes respecto a los resultados obtenidos de las pruebas

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ENVEJECIMIENTO Y VEJEZ

El ser humano desde que inicia su concepción y se desarrolla a lo largo de toda su vida inicia un proceso inevitable de cambios a nivel biológico, psicológico y social que resultan en la diferencias entre generaciones. Este fenómeno natural del ser humano y de todas las especies que ocurre a lo largo de todo el ciclo de vida es conocido como envejecimiento y hace referencia a las transformaciones físicas, metabólicas, mentales y funcionales que se producen a lo largo del tiempo (Hernandez, 2013)

El concepto de envejecimiento no es una delimitación fija y depende de múltiples variables que hacen necesario abordarlo desde múltiples enfoques (Figura 2) que permitan comprender las diferentes transformaciones que van delineando la vejez (Zetina, 1999), la cual se refiere por lo general, a la última etapa de la vida de un ser humano en donde se acentúan los signos y efectos del envejecimiento (Hidalgo, 2001). Por otro lado la vejez es considerada un construcción social en donde cada sociedad atribuye un significado diferente, de la cual se designaran estatus, roles, mandatos y se definirán además los posibles problemas de las personas mayores y se elaboraran las respuestas y soluciones a los mismos (Hidalgo, 2001).

En este sentido es necesario reconocer el envejecimiento y la vejez como un fenómeno fisiológico y psicosocial natural y no desde una perspectiva de lo patológico y de la enfermedad, pues la vejez, como cualquier otro período vital, se caracteriza por determinar su propio grado de funcionalidad y aunque origina una reducción en la capacidad para realizar algunas actividades de la vida diaria secundarias al deterioro que sobre todos los aparatos y sistemas orgánicos provoca el transcurso del tiempo, no imposibilitan el desarrollo de una vida normal en sociedad (Fernández, 2009).

Figura 2. Enfoque y características de la vejez



2.1.1 Definición del Adulto mayor. El envejecimiento a pesar de ser un fenómeno universal e irreversible no ocurre de la misma manera para todos los individuos y no todos lo experimentan con la misma intensidad ni con el mismo ritmo (Villanueva, 2000) por esto clasificar a las personas que pertenecen a la etapa de la vejez en términos biológicos, psicológicos o de dimensiones sociales supone una gran dificultad.

Sin embargo la edad cronológica permite delimitar el grupo de individuos que atraviesan la vejez y hacen parte del grupo denominado adultos mayores pues aun cuando el paso del tiempo puede tener un impacto muy diferente en cada uno de ellos, todas las personas nacidas en la misma fecha comparten una idéntica edad cronológica o ‘vejez’ y forman una misma cohorte o unidad de análisis social (Fernández, 2009). También se vincula a los adultos mayores con el calificativo de personas de la tercera edad (Lavalle, 2014) en donde cada sociedad establece una edad para delimitarlo que por lo general comienza en los 60 años. Dentro de esta categoría algunos autores se refieren a diferentes grupos de adultos mayores según la cronología (tabla 1)

Tabla 1. Conceptualización de la vejez según la cronología

Autor	Grupo de edad	Concepto
Fisk 2009	60–75 años Mayores de 75 años	Adulto mayor joven “younger-old” Adulto mayor anciano “older-old”
Nowak 2006	60-70 años 75-80 años 90-final de la vida	Edad temprana Edad madura Venerable vejez
OMS 2002	60-74 años 75-90 años 90 – final de la vida	Edad avanzada Viejos Grandes Longevos
Hernandez 2013	65 – 74 años 75-84 años 85– final de la vida	Viejo joven Viejo Viejo de edad avanzada

2.2.2 Antropometría. Durante el proceso del envejecimiento, se evidencian cambios en la antropometría (medidas y proporciones del cuerpo) así como en características físicas de este grupo etario. Una de las características que cambia significativamente con la edad es la estatura, según Nowak (2006), esta característica comienza a decrecer después de los 25-35 años de edad, se asume que la altura del cuerpo decrece de 1 a 2 centímetros por cada década gradualmente y después de los 90 años de edad, el proceso de acortamiento se vuelve más rápido.

La altura del cuerpo disminuye debido a cambios en el sistema muscular y óseo-esquelético, principalmente como resultado del aplanamiento de los discos intervertebrales, estos cambios se presentan para personas mayores de 65 años. (Nowak, 2006). Además de la disminución en la estatura con el aumento de edad, se disminuye también la longitud y altura de partes específicas del cuerpo, razón por la cual los adultos mayores usualmente tienen extremidades inferiores cortas y corto rango de movimiento.

Es un hecho que las medidas antropométricas constituyen datos esenciales para la concepción ergonómica de productos, por medio de ella es c (2009), el cual, describe resultados cuantitativos del perfil antropométrico de población brasilera de la tercera edad, este estudio contó con la participación de 190 voluntarios, siendo el 26,3% hombres y el 73,7% mujeres (ver tabla2).

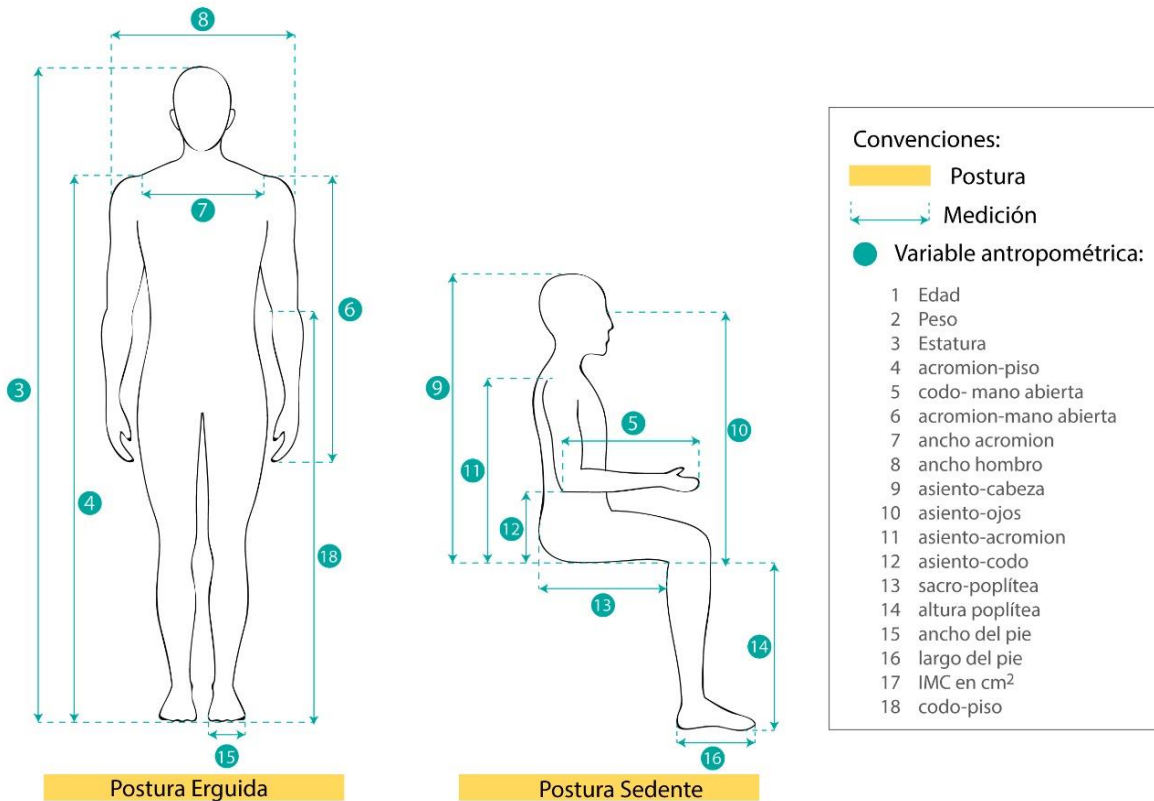
Tabla 2. Variables antropométricas para percentiles masculino y femenino

Variable N°	Variable Antropométrica	Percentiles muestra masculina						Percentiles muestra femenina					
		P5	P25	P50	P75	P95	P99	P5	P25	P50	P75	P95	P99
1	edad (años)	52,9	60	65,5	72,5	80,8	86	54	60	66	71	78	84,2
2	peso (kg)	60,4	67,25	76,25	82	95	98	49,5	58	62	69,1	83	98
3	estatura (cm)	159	161	166	169	179	185,5	144	151	154	158	162,5	167,4
4	acromion-piso (cm)	130,4	135	139	142,8	152	157,5	119	126	129	133	137	139,6
5	codo- mano abierta (cm)	42	45	47	48	49,5	52,5	39	41	43	44	46	46,6
6	acromion-mano abierta (cm)	68,4	72	74	76	79,5	83	62	66	68	70	73	74,8
7	ancho acromion (cm)	27	28	30	31	33,5	35	23	26	27	28	30	31
8	ancho hombro (cm)	40,4	44	45,5	47,7	51	52,5	37	40	41,2	45	48	51,6
9	asiento-cabeza (cm)	79,4	82	84	88	92,1	96	73	78	80	83	85	86
10	asiento-ojos (cm)	69	72	74	77	81,5	85	64	68	70	72	75	75,6
11	asiento-acromion (cm)	53,4	55,2	57,5	61	64,5	65	50	52,8	55	56,3	58	60
12	asiento-codo (cm)	17,4	19	21	24	26,5	27	16	19	20	22	24,5	25,8
13	sacro-poplíteo (cm)	44,4	48	49	50	53	54	42	45	46	48	51	52,6
14	altura poplíteo (cm)	40,2	43	44	45,8	49,5	51,7	36	38,8	41	42	45	46,6
15	ancho del pie (cm)	8	9	9	9,5	10	10,7	8	8	8,5	9	9,5	10
16	largo del pie (cm)	22,3	24	24,5	25,5	26,3	27	21	21,5	22,5	23	24	25
17	IMC (cm ²)	20	24	27	29	32	34	21	24	26	29	35,8	44,8
18	codo-piso (cm)	96	100	102	105,7	110,5	113,5	88	91	95	97	100	102

Fuente: Adaptado de Franco y Silva (2009). Antropometría estática de individuos de la tercera edad

Las principales variables antropométricas que fueron tomadas en cuenta para la propuesta de la configuración interna del bus son: la estatura, la distancia acromion-mano abierta, el ancho de los hombros, la altura asiento- cabeza, la altura asiento-acromion, la altura asiento-ojos, la altura poplítea, la distancia sacro-poplítea, el ancho y largo del pie. En la figura 3 se ejemplifica la correspondencia entre la variable antropométrica y su medición en el cuerpo.

Figura 3. Mediciones antropométricas para la postura erguida y sedente

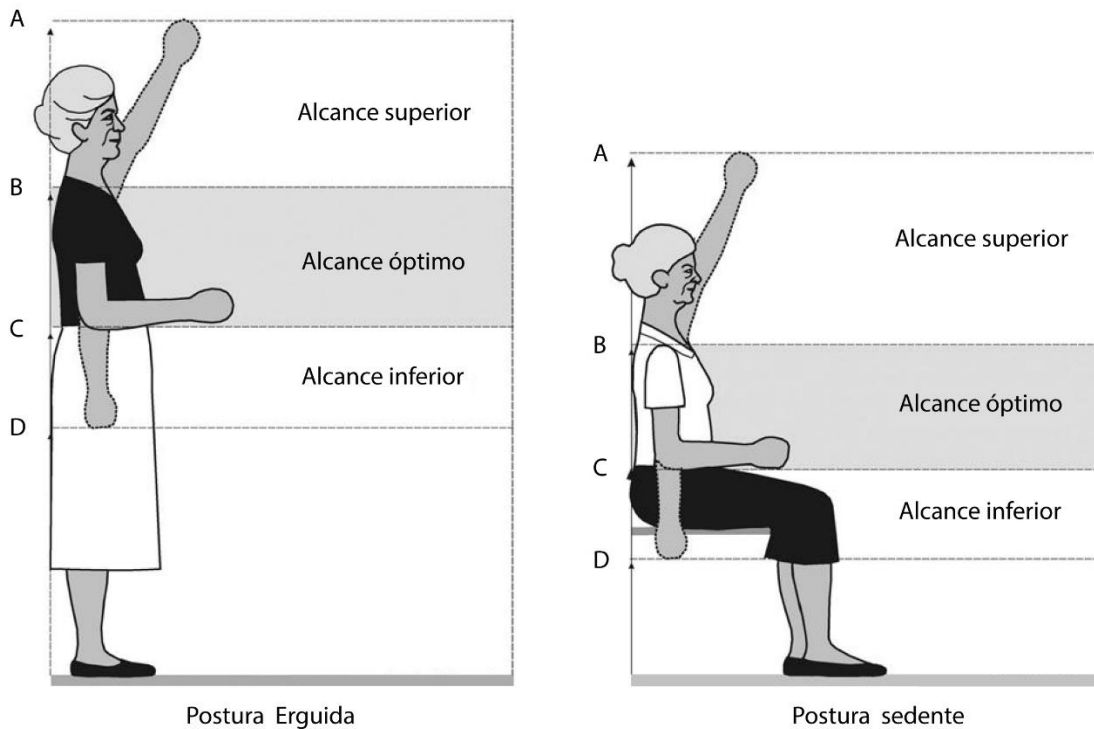


Fuente: Adaptado de Software JACK

Estas medidas también estuvieron presentes para la construcción de los modelos virtuales en el software JACK, los cuales necesitan datos antropométricos de la población investigada. Cabe resaltar, que además de considerar las medidas antropométricas, es necesario considerar el alcance, el cual se reduce como resultado de la disminución de la longitud de las extremidades.

2.2.3 Zonas de alcance del adulto mayor. De acuerdo con Nowak (2006), los productos y lugares deben ser diseñados de conformidad con los principios de ergonomía de los adultos mayores; es así que el alcance es importante para el diseño de estructuras espaciales, muebles interiores, entre otros. Teniendo en cuenta las medidas antropométricas y aspectos biomecánicos, se sugieren tres zonas de alcance: alcance superior, alcance óptimo y alcance inferior (ver figura 4). Las zonas son establecidas para las posturas erguida y sedente.

Figura 4. Zonas de alcance del adulto mayor



Fuente: Adaptado Nowak (2006). Antropometría para las necesidades de los ancianos.

El alcance óptimo corresponde al espacio entre la altura del acromion (B) y la altura del hombro (C), en esta zona se recomienda ubicar interruptores, mangos/asideros, así como otros elementos operados manualmente, es menos frecuente utilizar estos elementos en alcance inferior, y por debajo de este nivel se expone al adulto mayor a una sobrecarga en la columna vertebral y en la articulación de la rodilla como resultado de doblarse. No deberían ser colocados más allá de la zona superior elementos de uso frecuente. Las alturas de los niveles A, B, C y D, dependen del percentil a utilizar.

El tipo de alcance depende de la tarea a realizar, es más fácil para un adulto mayor utilizar un producto que se encuentre en el alcance óptimo, las zonas superior e inferior se recomienda para elementos de uso no frecuente. Teniendo en cuenta que durante la situación de uso del servicio del bus intervienen diferentes posturas adoptadas por el usuario, se consideran los tres tipos de alcance para el uso de los elementos internos del bus, principalmente para el uso de apoyos, timbre y sillas.

2.2 CAMBIOS RELACIONADOS CON LA EDAD

Envejecer constituye un proceso en el que participan factores biológicos, psicológicos y sociales. El envejecimiento biológico es tanto de órganos, como de funciones y se producen a varios niveles, incluyendo el estructural y funcional. (Villanueva, 2000). El envejecimiento se ha definido como el proceso de disminución progresiva de la funcionalidad asociada a la vida. Envejecer supone una progresiva adaptación a una serie de disminuciones Físicas, Psíquicas y Sociales. Biológicamente existe un desgaste progresivo anatómico y fisiológico que a nivel práctico se traduce en una pérdida de funcionalidad (Dorca, 1989).

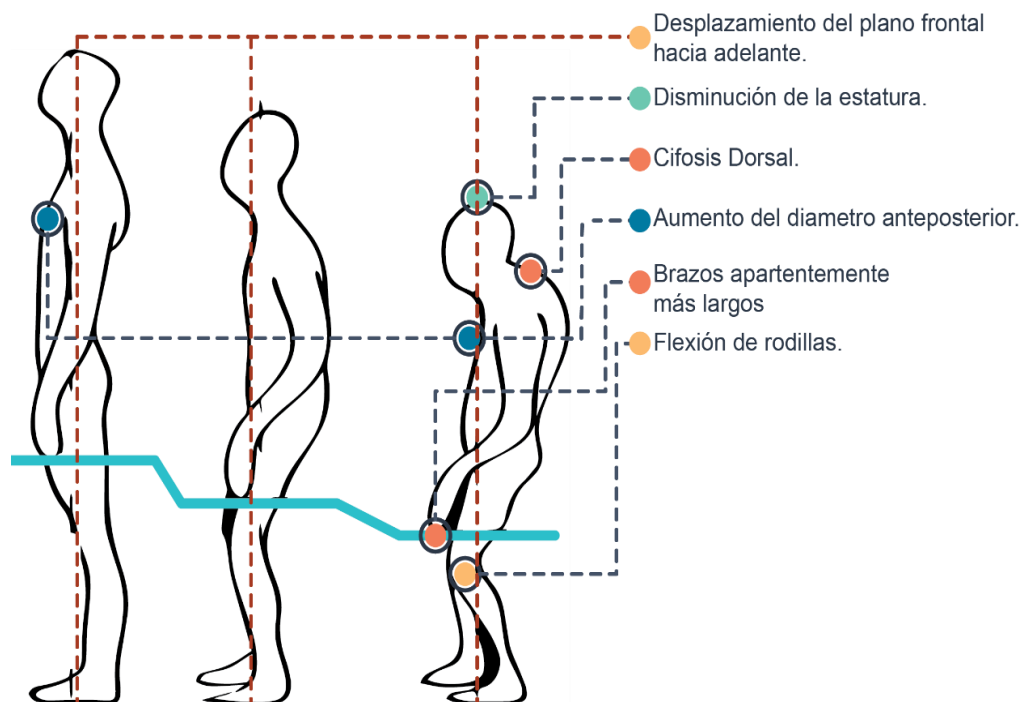
2.2.1 Cambios físicos. El envejecimiento implica múltiples cambios morfológicos y fisiológicos en todos los tejidos, y su conocimiento permite comprender las diferencias fisiológicas y patológicas entre los adultos mayores y el resto de la población adulta (Salech, Jara, Michea, 2012).

La columna, por ejemplo, disminuye su longitud como consecuencia de la pérdida de espesor de los discos intervertebrales y la osteoporosis de las vértebras, que se ve reflejado en la disminución de la estatura y cambios posturales productos de la cifosis dorsal (Figura 5), la cual frecuentemente tiene como consecuencia que el anciano, para mantener el equilibrio, realice una flexión de cadera y de rodillas. (Dorca, 1989).

Así mismo, con la edad surge un fenómeno conocido como sarcopenia, caracterizado por el deterioro del músculo reflejado en la disminución de su masa y la infiltración de grasa y tejido conectivo que resultan en una menor capacidad del músculo para generar fuerza (Salech, Jara, Michea, 2012). que junto con la degeneración de los cartílagos articulares, se traducen en la aparición temprana de fatigas durante una actividad, la pérdida del equilibrio, la dificultad para realizar actividades básicas como caminar o subir escaleras, la imprecisión en los movimientos finos, temblor involuntario y la restricción de las amplitudes articulares (Lavalle, 2014).

Estos cambios en la fisiología del adulto mayor contribuyen a que exista una alteración en la marcha, de la cual es posible identificar la falta de coordinación de los movimientos, la inestabilidad por las alteraciones del equilibrio, la disminución de la longitud del paso y el desplazamiento del centro de gravedad por las deformidades de la columna vertebral (Dorca, 1989).

Figura 5. Cambios posturales en el adulto mayor



Fuente: Adaptado de Dorca, 1989

2.2.2 Cambios sensoriales

2.2.2.1 Visión. Con el envejecimiento ocurren importantes cambios físicos en el ojo que conllevan a la disminución de las habilidades visuales, las cuales son esenciales para el desenvolvimiento de las actividades cotidianas y necesarias para mantener la independencia del individuo (Ishihara y Hanges, 2006). Se identificaron las principales habilidades visuales que debido al envejecimiento, muestran una disminución y que pueden comprometer la experiencia del usuario durante el uso del bus.

- **Acomodación:** El proceso de cambiar la forma del cristalino para conseguir enfocar una imagen es conocido como acomodación (Howarth, 2006), y su deterioro conocido como presbyopia, está asociado con el envejecimiento (Corso, 1981). Estudios sugieren que para la edad de 65, el cristalino ha perdido la mayoría de la habilidad de acomodación (Hofstetter, 1965) por lo que los adultos mayores tienen un problema particular en enfocar objetos, especialmente objetos muy cercanos (Kroemer, 2006).
- **Motilidad ocular:** La motilidad ocular, la capacidad de mover el globo ocular mediante acciones musculares, generalmente se deteriora con el aumento de la edad. Esto reduce la capacidad de realizar movimientos rápidos, girar los ojos a ángulos extremos y enfocar objetos cercanos. (Kroemer, 2006) por esto los adultos mayores tienen una mayor dificultad para reconocer detalladamente objetos en movimiento. (Glenn, 2009).
- **Agudeza visual:** La agudeza visual hace referencia a la habilidad para percibir detalles espaciales a cierta distancia. (Glenn, 2009). Según (Olzak y Thomas, 1986) una buena agudeza visual es útil para identificar la ruta perteneciente a un bus que se aproxima y necesaria para identificar la parada en la cual bajar. (Glenn, 2009). En un adulto mayor de 70 años se ha evidenciado una reducción de la habilidad visual en casi un 60% (Eby, Molnar, y Kartje, 2008). Algunas de las medidas que pueden ayudar a mejorar la agudeza van desde mejorar la iluminación, como también el contraste entre el objeto y el fondo (Corso, 1981)
- **Sensibilidad al contraste:** Con el paso de los años la sensibilidad al contraste disminuye, lo cual afecta el reconocimiento de objetos y rostros, así como la frecuencia con la que la gente se adapta a la luz tenue (baja luminosidad). (Scialfa, y Kline, 1997). Un objeto poco visible puede ser un gran problema para un adulto mayor, en especial en un escenario donde pueda llegar a afectar su seguridad (Howarth, 2006). Particularmente la visibilidad es uno de los factores relacionados a caídas en adultos mayores. Mejorar las condiciones del objeto en el contexto, puede reducir las sensaciones de inestabilidad, ayudar en el reconocimiento de objetos y así, la seguridad del adulto mayor. (Ishihara y Hanges, 2006).

- **Campo visual:** El campo visual se refiere a la extensión de espacio visual posible cuando el ojo se mantiene fijo en una posición (Sekuler y Blake, 1985) el cual disminuye considerablemente con la edad. El campo visual útil en un adulto mayor puede reducirse hasta un tercio en comparación a un adulto joven. (Ishihara y Hanges, 2006) lo cual afecta la habilidad para procesar estímulos en los extremos y la concentración disminuye considerablemente (Glenn, 2009).
- **Percepción del color:** La habilidad para percibir, y de diferenciar los colores, también llamado discriminación del color, es una habilidad que se ve alterada por dos razones principales; la primera, está asociada con la disminución de conos, bastones y el pigmento retinal y la segunda tiene que ver con la pérdida de claridad del cristalino, ambos cambios relacionados con el proceso del envejecimiento (Kroemer, 2006).
Con la edad el cristalino se torna más amarillo, ocasionando una visión “amarillenta”. (Kroemer, 2006) Esto repercute en la forma como el color es percibido y afecta el desempeño en tareas de discriminación del color. Se identificaron combinaciones de colores con un mayor porcentaje de error de discriminación, específicamente; amarillo/ blanco, Azul/verde, Azul oscuro/ negro //y purpura/ rojo oscuro (Ishihara y Hanges, 2006).

2.2.2.2 Audición. Con el envejecimiento, la detección de sonidos se va deteriorando. Esto debido a daños en los órganos auditivos internos, específicamente en la cóclea (Pak y McLaughlin, 2010). Se estima que el 70 % de los individuos de más de 50 años de edad tienen algún tipo de pérdida auditiva, aunque estos cambios difieren entre cada individuo (Kroemer, 2006). Entre las causantes se encuentra la exposición a fuertes sonidos o a prolongados ruidos.

Las habilidades auditivas disminuyen drásticamente en el transcurso de los años, por esto para los adultos mayores frecuencias extremas del sonido son inaudibles (Fisk, Rogers, Charness, Czaja y Sharit, 2009). Este deterioro de las habilidades auditivas pueden afectar la capacidad para interactuar con el entorno, con otras personas y afectar la seguridad (Fisk, Rogers, Charness, Czaja y Sharit, 2009).

- **Percepción del Tono:** La percepción de un sonido difiere de la sensación de este. Es el caso del “ruido” (fuerza del sonido), un mismo sonido puede llegar a ser muy alto o ruidoso para un

grupo de personas, sin embargo, para otras, bajo o soportable (Pak y McLaughlin, 2010). En general los adultos mayores tienen una mayor dificultad para escuchar sonidos extremos, tanto tonos muy altos como extremadamente bajos (Pak y McLaughlin, 2010).

- **Localización del sonido:** La habilidad para analizar las diferencias en el volumen percibido por cada oreja se degrada con la edad, en este sentido localizar sonidos se vuelve mucho más difícil. (Pak y McLaughlin, 2010).
- **Comprensión del sonido:** Con la edad la habilidad para comprender los sonidos se va deteriorando debido a cambios en la forma del oído interno. Este deterioro conocido como regresión fonética, se da especialmente para sonidos de altas frecuencias (Pak y McLaughlin, 2010), los cuales están relacionadas con ciertos sonidos del lenguaje, e implican una reducción del entendimiento particularmente de consonantes que tienen componentes en estas frecuencias (Kroemer, 2006). En este sentido, la disminución de la habilidad tiene implicaciones conversacionales, es decir, un adulto mayor tiene más dificultad a la hora de entender una conversación en comparación a un adulto joven. Además, este problema se agrava debido a la dificultad para inhibir sonidos de fondo, o sea que para ellos es difícil mantener una conversación en un ambiente ruidoso, o lleno de sonidos distractores. Lo cual según algunos autores (Pak y McLaughlin, 2010) puede sobrecargar los recursos de atención y contribuir a una comprensión pobre.

2.2.2.3 Háptica. El sistema háptico es un canal que comprende la entrada de estímulos mediante receptores localizados en la piel, las articulaciones y los músculos (Fisk, Rogers, Charness, Czaja y Sharit, 2009). Se encarga de procesar las señales relacionadas al tacto, temperatura, vibración, y dolor (Kroemer, 2006). Del mismo modo recolecta información continua de la localización espacial y del movimiento del cuerpo también llamado propiocepción y kinestesia. (Kinzel y Jacko, 2009).

Con la edad, ocurren diferentes alteraciones en este sistema. Principalmente la sensibilidad kinestésica se deteriora, dificultando la integración de estímulos asociados al movimiento, como resultado los adultos mayores son menos capaces de controlar la posición, el movimiento y de

mantener el equilibrio lo cual ocasiona inestabilidad postural, trae consecuencias en la movilidad y problemas de seguridad como caídas. (Fisk, Rogers, Charness, Czaja y Sharit, 2009).

De una forma general, los cambios en el sistema háptico se caracterizan por una menor sensibilidad hacia las señales. (Fisk, Rogers, Charness, Czaja y Sharit, 2009). Sin embargo, algunos autores (Kroemer, 2006) concuerdan en que el deterioro no ocurre uniformemente, esto debido a la forma como los receptores están repartidos. Lugares con una gran cantidad de receptores (dedos, rostro, labios) son más sensibles a estímulos, particularmente a señales vibratorias y muestran un deterioro menor comparado con los de baja concentración, usualmente extremidades inferiores.

A continuación se presenta un resumen de los cambios sensoriales para el adulto mayor (ver figura 6)

Figura 6. Cambios sensoriales en el adulto mayor



2.2.3 Cambios cognitivos. La cognición se refiere a todos los procesos por los cuales el cerebro toma la entrada sensorial y transforma, reduce, elabora, almacena, recupera y utiliza esa información (Fisk, Rogers, Charness, Czaja y Sharit, 2009). De manera general la evidencia sugiere que la velocidad cognitiva puede disminuir en un 20% a los 40 años y 40% -60% a la edad de 80 años. (Liu y Lederer, 2009).

2.2.3.1 Memoria. La memoria es el proceso mental por el cual se almacena conocimiento y experiencias. (Glenn, 2009). Según algunos autores existen diferentes tipos de memoria, los cuales en proceso de envejecimiento muestran un decrecimiento no lineal, es decir algunos tipos de memoria se ven afectados más que otros (Fisk, Rogers, Charness, Czaja y Sharit, 2009).

La memoria de trabajo la cual es usada para llevar actividades cognitivas continuas y presenta una degradación con la edad. Diferentes estudios han demostrado que adultos mayores tienen un peor desempeño en tareas que involucran la memoria de trabajo en comparación con adultos más jóvenes. Los estudios sugieren que la degradación de la memoria de trabajo implica una reducción en la habilidad para organizar información, lo cual afecta comprensión del habla y del lenguaje, el razonamiento y la resolución de problemas. (Glenn, 2009).

La memoria de procedimiento, es una memoria a largo plazo que también presenta importantes cambios con la edad. Está relacionada con el conocimiento de cómo realizar acciones, la evidencia muestra que aunque los procedimientos ya aprendidos no representan una dificultad para el adulto mayor, los nuevos sí. Es por esto, que para los adultos mayores aprender nuevas tareas de complejidad es un trabajo arduo y más lento en comparación con los adultos jóvenes (Fisk, Rogers, Charness, Czaja y Sharit, 2009).

2.2.3.2 Atención. La atención se refiere al proceso de concentración de un recurso cognitivo limitado para facilitar la percepción o la actividad mental (Glenn, 2009). La atención es una respuesta a señales destacadas y determina los eventos a los que nos volvemos conscientes. Con la edad, se hace más difícil lidiar con situaciones que demandan mantener la atención en múltiples fuentes o que necesiten de cambiar la atención entre fuentes, esto debido al deterioro de la atención, consecuentemente los adultos mayores son más lentos y más propensos al error en situaciones de multitarea.

2.2.3.3 Cognición espacial. La cognición espacial se refiere a la capacidad y el conocimiento para pensar en la disposición de objetos en el espacio, incluida la posición de sí mismo con relación al entorno (Glenn, 2009). Con el proceso de envejecimiento la cognición espacial se deteriora, las implicaciones de dicho fenómeno se relacionan directamente con problemas de movilidad, ya que altera la forma que se localiza mentalmente e impide su correcta percepción en relación al ambiente y los elementos del mismo, es por esto que encontrar direcciones, seguir indicaciones y hacer mapas mentales se vuelve una tarea de mayor dificultad. (Fisk, Rogers, Charness, Czaja y Sharit, 2009).

2.3 MOVILIDAD

2.3.1 Movilidad urbana. El término de movilidad urbana se refiere a los distintos desplazamientos que se generan dentro de la ciudad a través de las redes de conexión locales, lo cual exige el uso de los distintos tipos de transporte (Jans, 2009). En este sentido, la movilidad ocupa un papel central en la sociedad, permite la comunicación, la actividad económica e integra los espacios y las actividades; del mismo modo, es una necesidad de todas las personas para poder acceder a los bienes y servicios básicos como salud y educación (ITDP, 2013; Montezuma 2007).

Tanto en las más pequeñas ciudades como en las grandes metrópolis del mundo la movilidad urbana constituye un gran reto, según Montezuma (2007), cada vez más la sociedad contemporánea está descubriendo y afrontando problemas más complejos con respecto a la movilidad. Estos problemas están relacionados principalmente con la mala calidad del transporte público, el alto nivel de congestión, contaminación y accidentalidad, lo cual se traduce en inversiones muy altas, tanto en tiempo como en dinero, en la pérdida de muchas vidas o en discapacidad para una parte significativa de la población.

La movilidad en las ciudades debe ser un servicio público asequible y accesible para todos, por lo que el criterio de equidad es central y debe ser guía para las decisiones de cobertura, inversión y estructura tarifaria. (ITDP, 2013).

2.3.2 Factores que influyen en la movilidad de las personas. Existen diferentes factores que determinan la movilidad de las personas, estos factores tienen principal importancia en la comprensión de la manera como en los ciudadanos se desplazan. A partir de un análisis de datos de transporte de ciudades de países en desarrollo (CAF, 2010) se observó que los principales

factores que intervienen en la movilidad de las personas son: el ingreso, la edad, el género, el modo de transporte, la cultura y la discapacidad física, en la figura 7 estos factores son presentados a modo de resumen

Figura 7. Factores que influyen en la movilidad



Nota: Adaptado de CAF (2010). Análisis de la movilidad urbana Espacio, medio ambiente y equidad. (pp 31-38). Bogotá, Colombia

Estos factores tienen gran impacto en las condiciones de movilidad de las personas. Dentro del factor edad, cabe resaltar al segmento conformado por los adultos mayores, que a pesar de tener una movilidad reducida, se suma el hecho de verse enfrentado a situaciones problemáticas con los modos de transporte, principalmente relacionado con dificultades para desarrollar los papeles de usuario de transporte público y de peatón (CAF,2010).

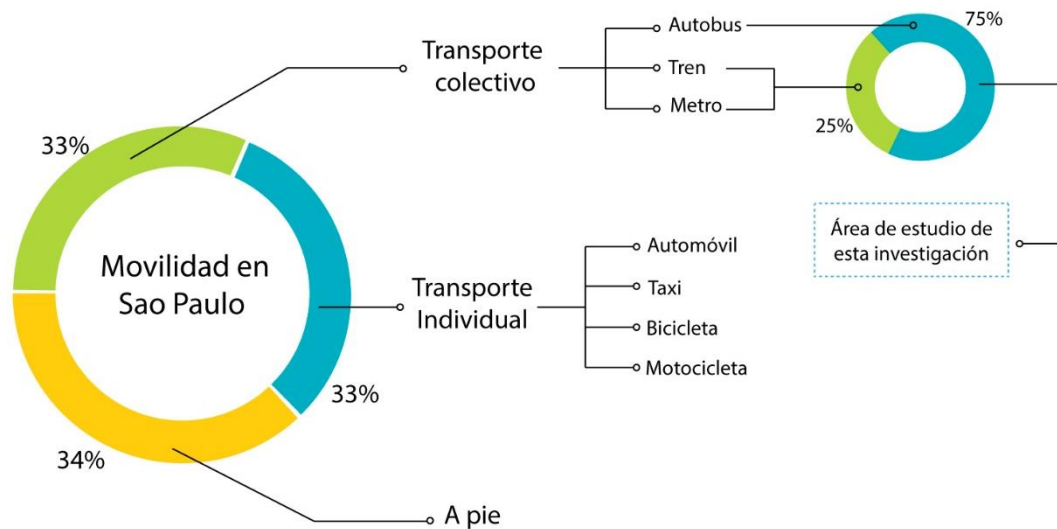
2.3.3 Movilidad para la tercera edad. El tema de la tercera edad en el transporte está relacionado con las dificultades para desarrollar los papeles de usuario de transporte público y de peatón. En el primer caso, los problemas son similares a los experimentados por las mujeres adultas, principalmente en lo que se refiere a las dificultades físicas de abordar un vehículo, debido a la falta de escalones adecuados y la densidad de pasajeros. En el segundo caso, las personas mayores sufren graves problemas al caminar, debido tanto a limitaciones físicas personales como a su falta de adaptación en las vías y aceras. Un problema muy serio es el tiempo de los semáforos para los cruces de las calles que son, en general, muy cortos para garantizar un desplazamiento seguro y cómodo. (CAF, 2010). El CAF condujo un análisis sobre los problemas de movilidad de acuerdo al rol que juegan las condiciones sociales, donde se evidenció que para los adultos mayores (más de 60 años), que realizan el rol de peatones, ciclista y usuarios del transporte público existen problemas graves de accesibilidad al espacio, seguridad del tráfico y calidad del transporte. La edad impone límites físicos y mentales, como en el caso de niños y personas mayores, situación que demanda regulaciones acerca del uso de las vías y de los vehículos (CAF, 2010)

2.3.4 Movilidad en São paulo. Según datos registrados por CAF (2011), la ciudad de São paulo está conformada por 11 millones de habitantes, que se desplazan a través de tres tipos principales de modos de transporte: transporte colectivo (autobús, tren y metro), transporte individual (automóvil, taxi, motocicleta y bicicleta) y transporte a pie.

Con relación a la distribución de viajes de la población según los modos de transporte, la figura 8, muestra que los viajes el transporte colectivo corresponden a un 33% de los viajes diarios, el transporte individual se encarga del 34%, y el 33% restante es ocupado por viajes a pie (CAF, 2011). De los viajes motorizados, el 50% se realiza en transporte público.

En lo que respecta al transporte colectivo, los autobuses se encargan de la mayoría de los viajes con un 75%, mientras que el tren y metro realizan el 25%. Existen 22.000 vehículos de transporte colectivo, de los cuales una porción mayoritaria (93%) son autobuses y microbuses. Los carros de tren y metros ocupan el 7% del total.

Figura 8. Distribución de viajes por modo de transporte



Fuente: Adaptado de CAF (2011). Desarrollo urbano y movilidad en América Latina.

El transporte colectivo (público) correspondiente al autobús de la ciudad de São Paulo, está regido por la Secretaría Municipal de Transporte (SMT), la cual es responsable por responsables por la reglamentación de los requisitos de los vehículos, las rutas, las frecuencias y las tarifas. Los sistemas de tren y metro son regidos por una autoridad metropolitana.

2.3.5 Movilidad en la ciudad universitaria. La universidad de São Paulo (USP), es la universidad pública más grande de Brasil, su campus principal, es conocido como la Ciudad Universitaria Armando de Salles Oliveira correspondiente al caso de estudio del presente trabajo. Este campus, está ubicado en barrio Butantã, en la zona oeste de Ciudad de São Paulo dentro del estado con el mismo nombre.

En la ciudad universitaria está ubicada la estructura administrativa central, además cuenta con propia alcaldía, varias facultades, zonas bancarias, conjuntos residenciales (CRUSP), el centro de prácticas deportivas (CEPEUSP), hospital universitario (HU/USP) institutos avanzados de investigación, museos (ver figura 9), entre otras unidades que distribuyen alrededor de un área de 3.700.000 m² (PUSPC,2017).



Figura 9. Unidades principales de la ciudad universitaria



Fuente: Tomado de PUSPC (2017). <http://www.puspc.usp.br/2017/04/03/mapas/>

Dentro de la ciudad circula solo un tipo de transporte colectivo correspondiente al autobús o bus urbano. Se identificaron los tipos de bus que circulan por el campus universitario así como las rutas correspondientes que realizan (ver tabla 3). Existen tres tipos de bus:

Tabla 3. Tipos de bus y rutas de la ciudad universitaria

Tipo de bus	Imagen referencia	Ruta	Origen - Destino
Bus padron piso no bajo		7181-10	Terminal Princesa Isabel – Cidade Universitária
		7725-10	Terminal Lapa – Rio Pequeno
Bus padron piso bajo		8012-10	Metrô Butantã – Cidade Universitária
		8022-10	Metrô Butantã – Cidade Universitária
		702U-10	Terminal Parque dom Pedro II – Butantã USP
		177H-10	Metrô Santana – Butantã USP
		809U-10	Metrô Barra Funda – Cidade Universitária
		7411-10	Praça da Sé – Cidade Universitária
Bus Articulado		701U-1	Metrô Santana – Butantã USP

2.3.6 Revisión de literatura de problemáticas en buses. Varias problemáticas evidenciadas durante el uso del bus han sido ampliamente identificadas por diversos autores. Se realizó una revisión de literatura con el objetivo de investigar cuales de esas problemáticas estaban relacionadas con el diseño interno del bus, donde se obtuvieron 11 autores que describen los problemas principales que tienen los adultos mayores en relación con el uso del bus. Con base en la información recopilada se realizó una tabla a modo de síntesis que presenta la problemática identificada y el estudio correspondiente (Ver tabla 4).

Tabla 4. Problemáticas para adultos mayores relacionadas al diseño de buses

<div style="background-color: yellow; width: 100%; height: 100%; position: relative;"> Estudio Problemática identificada </div>	Aceves (2015)	CAF (2010)	Barnes (2015)	Fildes et al. (2012)	Kirk et al. (2003)	Broome (2009)	Carlsson (2004)	Björnstig et al. (2005)	Palacio et al. (2009)	Souders (2015)	Burkhardt (2003)
Dificultad embarque		●	●	●		●	●	●		●	●
Dificultad desembarque		●	●	●		●	●	●		●	●
Altura entre el suelo y la entrada/salida	●					●	●	●		●	●
Escalones con formas irregulares	●						●				
Apoyos mal ubicados	●					●					
Apoyos solo a un lado							●			●	
Apoyos horizontales muy altos								●	●	●	
Inexistencia de apoyos	●					●	●	●	●	●	
Pasillo angosto entre asientos	●						●			●	
Número limitado de asientos preferenciales	●				●		●				●
Suelo resbaladizo					●			●			
Escalones dentro del bus altos					●		●				
Pendientes pronunciadas					●						
Escalones de diferentes alturas					●						
Distancia entre la acera y la entrada del bus					●	●	●			●	
Asientos demasiados bajos							●				
Inexistencia de apoyos en los asientos							●				
Espacio estrecho al asiento delantero							●			●	
Botón del timbre mal ubicado						●	●				
Inexistencia de ascensor o rampa							●			●	
Dificultad para entrar y salir del asiento						●					
Dificultad para moverse en el bus						●					
Bus no es de piso bajo							●			●	●

De la tabla se puede observar que existen problemáticas comunes identificadas por los autores y que los principales problemas están relacionados con: la dificultad para embarcar y desembarcar, la altura entre el suelo y la entrada o salida, la inexistencia de apoyos, el número limitado de asientos preferenciales y si el bus no es de tipo piso bajo. Por esta razón se tendrán en cuenta para etapas futuras. Sin embargo, con el propósito de determinar cuáles problemas están presentes en el caso de estudio del presente trabajo, en el capítulo de diagnóstico (pág. 41) se realiza una investigación más profunda para determinar específicamente los problemas que experimentan los adultos mayores en el contexto de la ciudad universitaria.

Además de las problemáticas identificadas, se encontraron recomendaciones que autores han sugerido sobre áreas potenciales de mejora para el acceso de vehículos y seguridad que se relacionan con los tres principales factores humanos, seguridad, eficiencia y comodidad (Souders, 2015). Estas recomendaciones son mencionadas a continuación:

- Asegurarse de que el pasillo sea lo suficientemente ancho para ser atravesado de manera eficiente y cómodamente por pasajeros obesos o con ayudas para caminar (bastón)
- Asegurarse de que el primer paso (comprendido entre la altura del suelo y el piso del vehículo), sea lo suficientemente bajo para que un adulto mayor con discapacidad de movilidad pueda usarlo de manera segura
- Limitar el número de pasos involucrados en el embarque y desembarque
- Tener un elevador o rampa para silla de ruedas.
- Brindar asistencia a los pasajeros para que lleguen del vehículo a su destino
- Reducción de la probabilidad de caída al agregar pasamanos donde sea necesario

3. DIAGNOSTICO

3.1 INFORMACIÓN DE USUARIOS

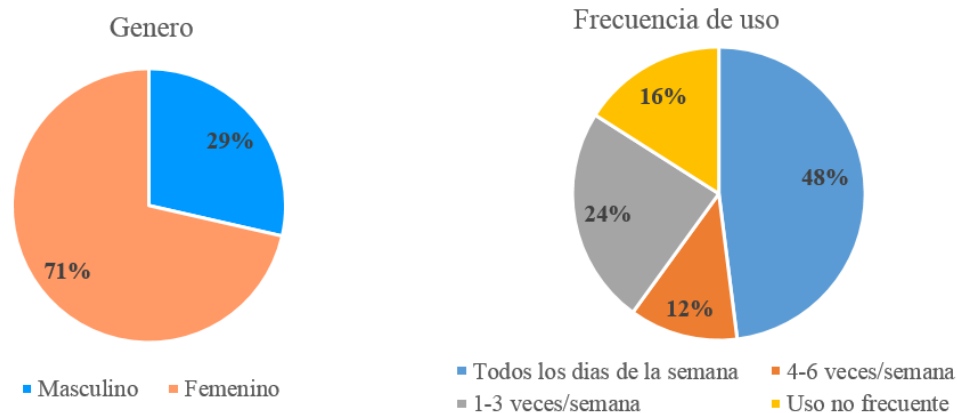
Este apartado tiene la intención de reconocer a partir de la aproximación directa al usuario su opinión con relación al uso del bus urbano e identificar a partir de su experiencia las diferentes problemáticas que evidencia utilizando el transporte y el impacto que la configuración interna del bus tiene en su experiencia del servicio, además de identificar y analizar los principales elementos internos del bus que dificultan la situación de uso en las diferentes etapas.

3.1.1 Entrevista cerrada a usuarios del servicio. En primer lugar se realizó una aproximación individual con la que se pretendía realizar una primera caracterización del usuario, analizar de manera general la situación de uso del bus urbano por parte del adulto mayor y reconocer un panorama general de su experiencia. Con este propósito se realizó una entrevista (Anexo A) a 28 adultos mayores que fueron ubicados en zonas frecuentadas por este tipo de usuarios en la Universidad de Sao Paulo USP. Además se realizaron preguntas abiertas con relación a la experiencia como usuarios del servicio en las etapas de embarque, viaje y desembarque.

Durante la toma de datos se identificó un rango de edad de uso del servicio de 60 a 86 años y se evidenció que existe una mayor participación en el servicio del género femenino (Ver Figura 10). En este sentido, al abordar a los adultos mayores para la realización de las encuestas, gran parte de los usuarios masculinos respondían no ser usuarios de bus pues siguen prefiriendo el transporte particular. Es así que se confirmó que como lo evidencia la literatura, las mujeres tienen una mayor tendencia a reducir o parar de manejar puesto que a diferencia de los hombres admiten y reconocen los cambios en su habilidad para manejar como producto del envejecimiento (Dambrosio, 2008).

Respecto al análisis general del uso se evidenció que más de la mitad de los encuestados usan el bus urbano como medio de transporte principal y hacen uso del servicio por lo menos cuatro veces a la semana (Ver Figura 10). Por otro lado fue posible identificar uno de los principales motivos por los cuales los adultos mayores entrevistados hacen uso del servicio, entre estos por trabajo, motivos sociales como visitas a familiares y por motivos de salud cuando necesitaban realizar visitas al hospital o realizar actividad física en el centro deportivo de la Universidad.

Figura 10. Resultados de género y frecuencia de uso en la primera aproximación (N=28)



Con relación al panorama general de la experiencia de uso de los adultos mayores, los usuarios manifestaron algunas inconformidades sobre los elementos de la configuración interna del bus durante las etapas de embarque, viaje y desembarque.

En la etapa de embarque se identificaron problemáticas relacionadas con la altura del bus respecto al suelo, el uso de escaleras al momento de ingresar al vehículo y la falta de apoyos para subir. Además algunos usuarios manifestaron tener limitaciones o enfermedades en las articulaciones, como artrosis, que les implica realizar un mayor esfuerzo en esta etapa de la situación de uso.

Por otro lado, con relación a la etapa de viaje, algunos usuarios manifestaron que la cantidad de asientos preferenciales es insuficiente pues en repetidas ocasiones estos están ocupados por otro tipo de usuarios preferenciales, como mujeres embarazadas o niños en brazos, además algunos consideran que los asientos más distantes de la puerta, tras la registradora y con escaleras son de difícil acceso.

Así mismo, manifestaron que existe cierta dificultad para desplazarse dentro del bus ocasionada por el uso de escaleras, por la falta de apoyos y el uso de la registradora. En ese sentido manifestaban que no hay suficientes apoyos verticales para desplazarse con seguridad pues para algunos usuarios los apoyos horizontales estaban fuera de su alcance.

Finalmente, con relación a la etapa de desembarque los usuarios manifestaron tener la misma dificultad ocasionada por la diferencia de altura entre el bus y el suelo y la falta de apoyos al momento de salir del vehículo.

Es necesario mencionar que en esta primera aproximación se identificaron otras problemáticas que no están relacionadas con los elementos configuraciones del bus, entre estas la gran cantidad de pasajeros dentro del bus que dificulta el desplazamiento al interior del mismo y la conducta que asumen el conductor y los pasajeros frente a los usuarios de la tercera edad, quienes manifestaban que en ocasiones se sienten irrespetados por pasajeros comunes que tomaban los asientos preferenciales y no los cedían cuando era necesario.

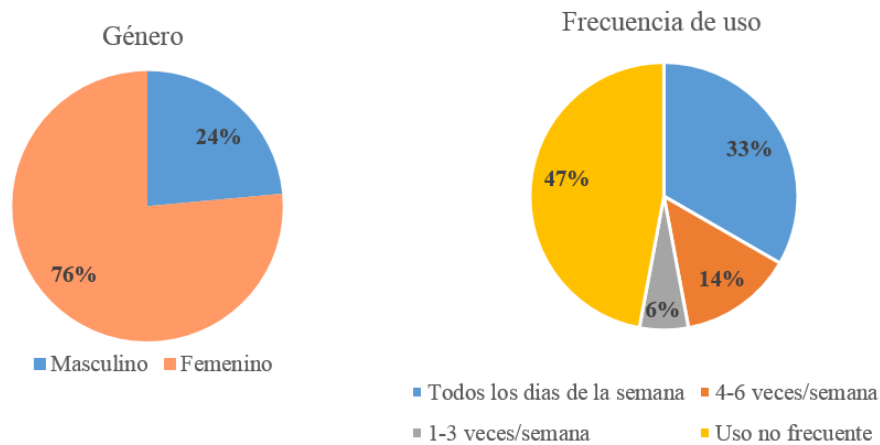
Así mismo, al analizar las respuestas de los usuarios con relación a las dificultades que experimentan durante la situación de uso a causa de los elementos internos del bus, se reconoció que existen diferentes dificultades de uso según cada configuración de bus, las cuales varían según las rutas utilizadas, algunos con escaleras en los accesos, otros de piso bajo y otros articulados. Es así que apareció la necesidad de realizar una segunda aproximación en donde se esclareció cuál es la ruta más utilizada por los adultos mayores para llegar a la Universidad de Sao Paulo, con la intención de reducir el objeto de estudio del proyecto a una sola configuración de bus.

En la segunda aproximación, teniendo en cuenta las diferentes rutas existentes que tienen como destino la ciudad universitaria se realizó una entrevista (Anexo B) a 51 usuarios de entre 60 y 79 años. En la primera toma de datos se entrevistaron 30 usuarios que fueron ubicados en la USP y en la segunda toma de datos se entrevistaron 21 usuarios estudiantes del programa educación abierta a la tercera edad, integrantes del curso “Experiencia de vida y salud” ofrecido por la Facultad de ciencias farmacéuticas de la universidad de Sao Paulo FARMUSP.

En esta aproximación se preguntó a los usuarios la frecuencia con la que utilizan el bus, cuáles rutas usan para llegar a la Universidad de Sao Paulo y cuál de las configuraciones existentes (Padrón de piso bajo, padrón estándar y articulado) prefieren al momento de hacer uso del servicio. Además, al igual que en la primera aproximación se realizó una caracterización general del usuario.

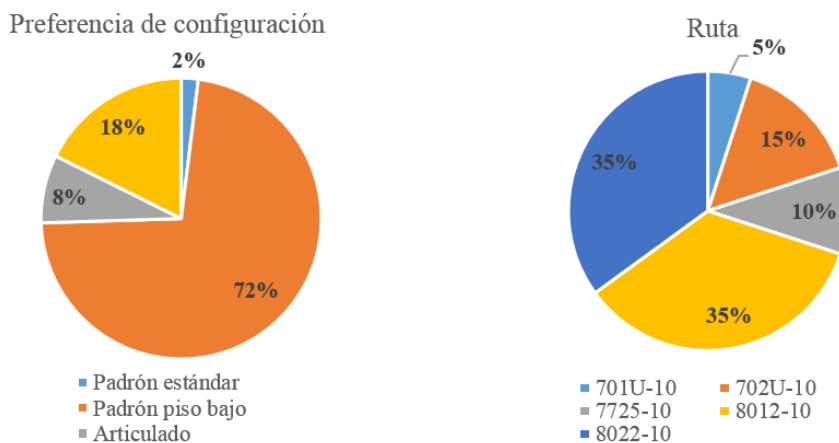
Con relación a la caracterización general, se confirmó que existe una mayor participación del género femenino que del masculino y en cuanto a la frecuencia de uso, aunque el porcentaje de usuarios que hacen uso del servicio por lo menos cuatro veces a la semana no superó la media del grupo como en la aproximación inicial, se obtuvo un porcentaje representativo que confirmó que el bus urbano es uno de los medios de transporte que más usan los ancianos para llegar a las instalaciones de la universidad. (Ver Figura 11)

Figura 11. Resultados de género y frecuencia de uso en la segunda aproximación (N=51)



Respecto al análisis con relación a la preferencia de configuración de bus, gran parte los entrevistados respondían tener preferencia por usar el bus padrón de piso bajo, dada la facilidad que suponía acceder al mismo. Con relación a la ruta más utilizada, se identificó que en ambos grupos encuestados las dos rutas más frecuentadas son las 8012-10 y la 8022-10 (Ver Figura 12) las cuales se caracterizan por utilizar bus de tipo “Padrón de piso bajo”.

Figura 12. Resultados de preferencia de configuración de bus y ruta más utilizada (N=51)



3.1.2 Grupo Focal. Para la aproximación grupal, con los estudiantes del curso “Experiencia de vida y salud” de FARMUSP identificados como usuarios de la ruta 8012-10 y 8022-10 (Figura 13) se discutieron aspectos relacionados a la situación de uso del bus urbano y su perspectiva como usuarios de las rutas identificadas como objeto de estudio, las cuales les permiten llegar a las instalaciones en las que se ofrece el curso.

Figura 13. Grupo Focal con los estudiantes del curso “Experiencia de vida y salud”.



Durante el desarrollo del grupo focal se presentó el proyecto de investigación, se dieron a conocer los objetivos y se contextualizó a los participantes sobre la discusión. Por otro lado se explicó, al igual que en la aproximación individual, que la situación de uso está dividida en las etapas de embarque, viaje y desembarque y con ayuda de fotografías del interior del vehículo se contextualizó a los usuarios sobre los elementos que intervenían en cada situación. Para cada etapa se preguntó cómo ha sido su experiencia, que dificultades han experimentado y el motivo por el cual representa dificultad.

En cuanto a la etapa de embarque, los participantes coincidieron en afirmar que el espacio entre el acceso del bus y el andén representa una dificultad al momento de ingresar al vehículo, así uno de ellos manifestó que *“Hay veces que queda mucho espacio entre el andén y el bus y es muy difícil subirse sin sufrir un accidente”*. Así mismo manifestaron que la altura a la cual están ubicados

los apoyos en las puertas representa una dificultad para quienes no contaban con la altura suficiente para alcanzarlos.

Con relación a la etapa de viaje, los usuarios manifestaron que los apoyos representan una dificultad al momento de desplazarse dentro del bus pues consideran que el número de apoyos es insuficiente y que los apoyos horizontales están ubicados a una altura que no es accesible a todos los usuarios, situación que es evidente para muchos de ellos aun cuando no representa una dificultad para sí mismos tal como lo manifestó una participante *“Yo soy alta y no me es difícil alcanzar los apoyos, pero creo que sería mejor si los apoyos estuvieran más bajos para las personas que midan uno sesenta o uno y cincuenta y no logran alcanzarlos.”* Así mismo se identificó que ningún participante mencionó los apoyos flexibles, razón por la cual se realizó una pregunta específica en relación al uso de estos elementos, a lo cual coincidieron en responder que preferían no usarlo pues no brindaban suficiente estabilidad.

Por otro lado, los participantes mencionaron que los asientos preferenciales tienen un impacto negativo en su experiencia de uso por diferentes motivos entre los cuales mencionaron la presencia de escaleras para ingresar a ellos y la ubicación de algunos sobre las ruedas del bus *“Hay buses que tienen asientos ubicados en la rueda y es muy difícil sentarse en ellos y en las ocasiones en donde no hay más disponibles nos vemos obligados a subir una escalera para sentarnos y es muy difícil de usar”*. Del mismo modo consideran los asientos plegables son de difícil uso. Se evidenció también una inconformidad con el número de asientos preferenciales, pues consideran que no hay suficientes, problemática que se ve agravada por la falta de educación de usuarios comunes que los ocupan y no los ceden.

Así mismo se evidenció que existe una preferencia en los usuarios a utilizar los asientos que están ubicados cercanos a los accesos por la facilidad que supone sentarse en ellos en situaciones en las que el bus está muy lleno y porque consideran que atravesar la registradora representa una dificultad, pues como lo expresó un participante *“No hay suficiente espacio para pasar la registradora, hay personas que tienen bastón y no logran pasar, para mí es muy difícil por eso cuando no hay sillas adelante del bus prefiero quedarme de pie”*.

Finalmente, al evaluar la etapa de desembarque se identificó que bajarse del bus es difícil para algunos usuarios, por problemáticas relacionadas al estado de los andenes *“Bajarse es muy difícil*

porque hay andenes que están dañados y tienen huecos. Creo que debería haber una plataforma en que la gente se baje y no haya riesgos por culpa del estado del andén”. Además, al igual que al momento de embarcan consideran que existe una gran distancia entre el andén y el bus, lo representa una dificultad.

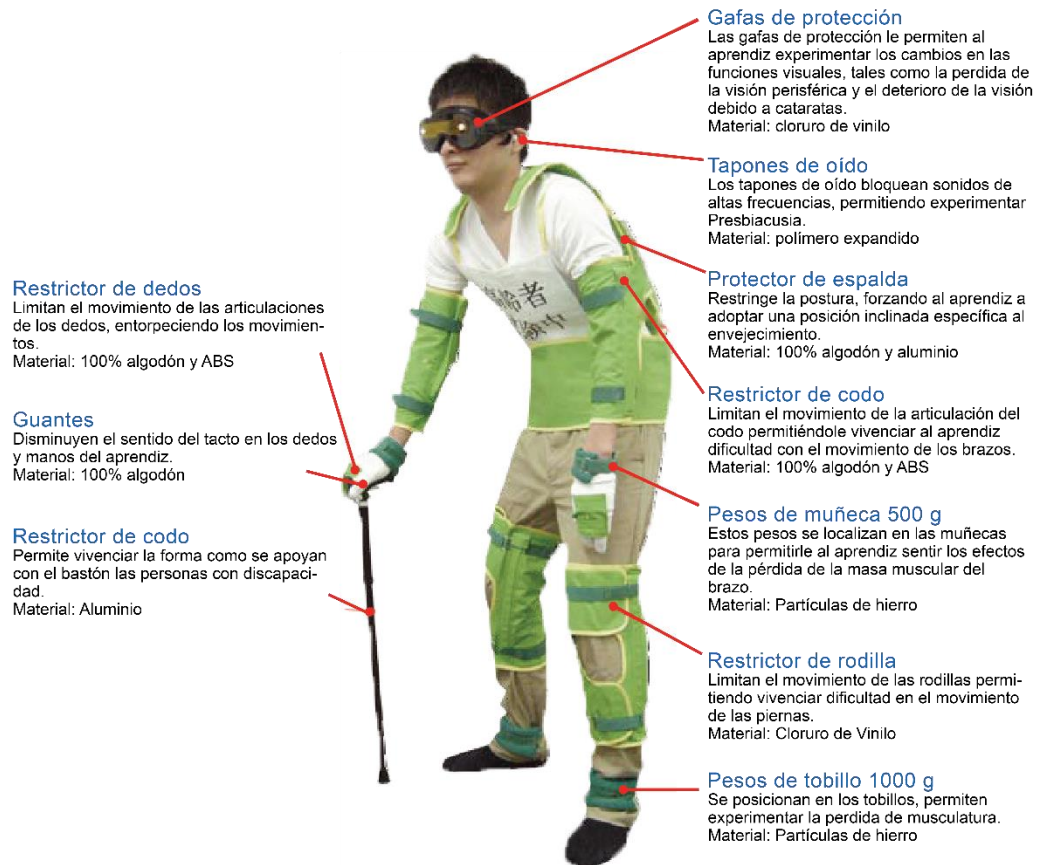
3.1.3 Conclusiones de la Información Clave de Usuarios. Al realizar la caracterización general del usuario fue posible reconocer que las mujeres de la tercera edad son las usuarias principales del bus urbano, siendo este su principal medio de transporte. Además fue posible seleccionar el padrón tipo piso bajo usado en la ruta 8012-10 y 8022-10 como objeto de estudio de la investigación.

Por otro lado fue posible identificar las principales problemáticas que evidencian los adultos mayores durante el uso del bus urbano y concluir que algunas no están relacionadas directamente con el diseño formal del elemento, sino con la cantidad de elementos y su distribución en el espacio.

3.2 KIT DE SIMULACIÓN DE ENVEJECIMIENTO.

El kit de simulación de los efectos del envejecimiento, es un kit que permite simular los efectos del avance de la edad a nivel músculo-esquelético, visual y auditivo (Medicalsimulator, 2017). Se trata de un conjunto de elementos que se adecuan al cuerpo como se muestra en la figura 14

Figura 14. Funciones del kit de simulación de envejecimiento



Este kit permite simular la vida cotidiana de un anciano, dentro de las funciones principales se encuentra simular de manera cualitativa las siguientes dificultades:

- Campo visual reducido y dificultad para reconocer letras y colores
- Dificultades de audición
- Dificultades para flexionar las articulaciones
- Dificultad para bajar y subir escaleras
- Dificultad para sentarse y mantenerse de pie

Como parte de este proyecto de grado se hizo uso de un kit de simulación de envejecimiento como material de apoyo para identificar y experimentar las dificultades que tiene un adulto mayor al usar el servicio de bus (ver figura 15). A través de un trabajo de campo hecho dentro de la ciudad universitaria, se realizó observación y análisis de la situación de uso. La práctica se realizó con 4 participantes, los cuales fueron explicados sobre el procedimiento y su participación fue voluntaria. El trabajo de campo consistió en tres etapas principales:

1. desplazamiento hasta el paradero de bus e identificación de la ruta (8022)
2. Embarcar al bus, realizar el recorrido y desembarcar en el paradero del frente
3. desplazarse de regreso al punto inicial

Figura 15. Registro de actividad con el uso del kit



Basado en la experiencia del trabajo de identificaron situaciones problemáticas como:

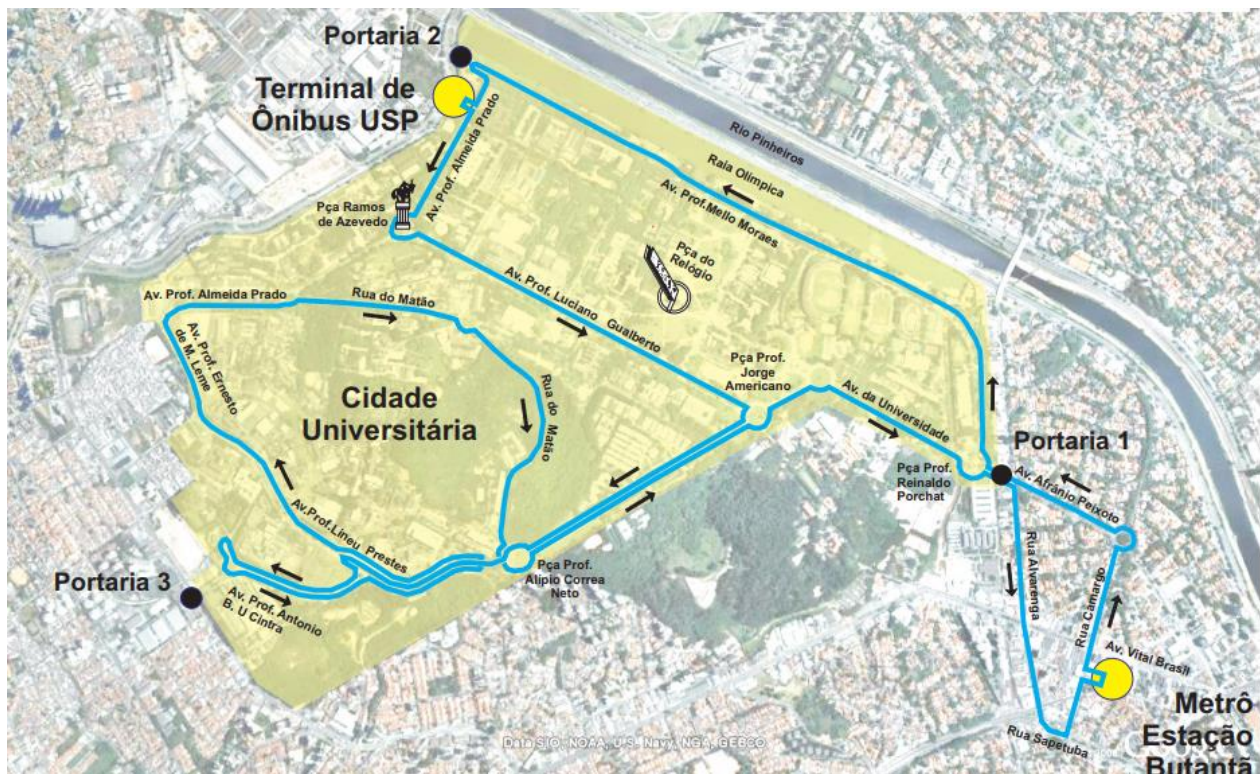
- Dificultad para subir y bajar en el embarque y desembarque
- Dificultad de usar asientos preferenciales cuando presentan escaleras, porque se debe realizar un esfuerzo adicional a la hora de sentarse
- Existe una gran distancia desde el embarque hasta la ubicación del primer asiento preferencial.
- Existe dificultad durante el viaje a causa de la ausencia de apoyos verticales y a la distancia existente entre ellos.
- Dificultad para reconocer las formas de los asientos porque no existe un contraste de color entre los asientos (azul oscuro) y el pasillo (gris oscuro).
- El desplazamiento se ve dificultado por el propio movimiento del bus

A partir de la situación problema identificadas, se recomienda tener presente para las propuestas configuración interna del bus: distancia entre embarque y asientos preferenciales, organización de los asientos preferenciales, uso de escaleras, contraste de colores, y desplazamientos del usuario al interior del vehículo.

3.3 CARACTERÍSTICAS DEL OBJETO DE ESTUDIO

3.3.1 Generalidades de la ruta 8022-10. La ruta de transporte 8022-10 realiza un trayecto entre la estación de metro Butantã y la ciudad universitaria, a continuación se presenta un mapa de la universidad (ver figura 16) donde se visualiza la trayectoria realizada por la ruta. Esta ruta es operada por la empresa Viação Gato Preto – Consórcio Sudoeste, los buses utilizados operan en intervalos de cerca de 15 minutos y sin condiciones de tráfico, logran hacer el recorrido entre el metro Butantã - ciudad universitaria - metro Butantã en 50 minutos. (bixosletras, 2013)

Figura 16. Trayectoria de la ruta 8022-10

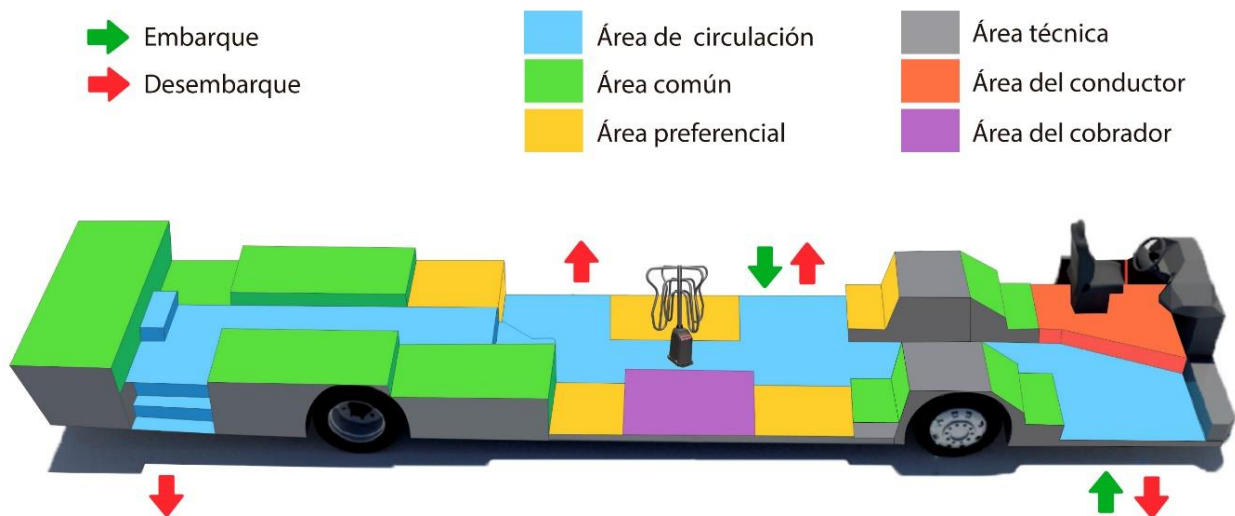


Fuente: <https://www.ime.usp.br/images/arquivos/imagens/itinerarios.pdf>

3.3.2 Generalidades del bus utilizado para la ruta 8022-10. La ruta 8022-10 utiliza un bus padrón de piso bajo, que opera con un sistema de suspensión neumática. En la figura que se muestra a continuación (ver figura 17), se puede visualizar las principales áreas que configuran la distribución interna de espacios y zonas. Se identificaron 6 áreas principales teniendo en cuenta la experiencia del viaje de un pasajero desde que embarca hasta que desembarca del vehículo. Las principales áreas son:

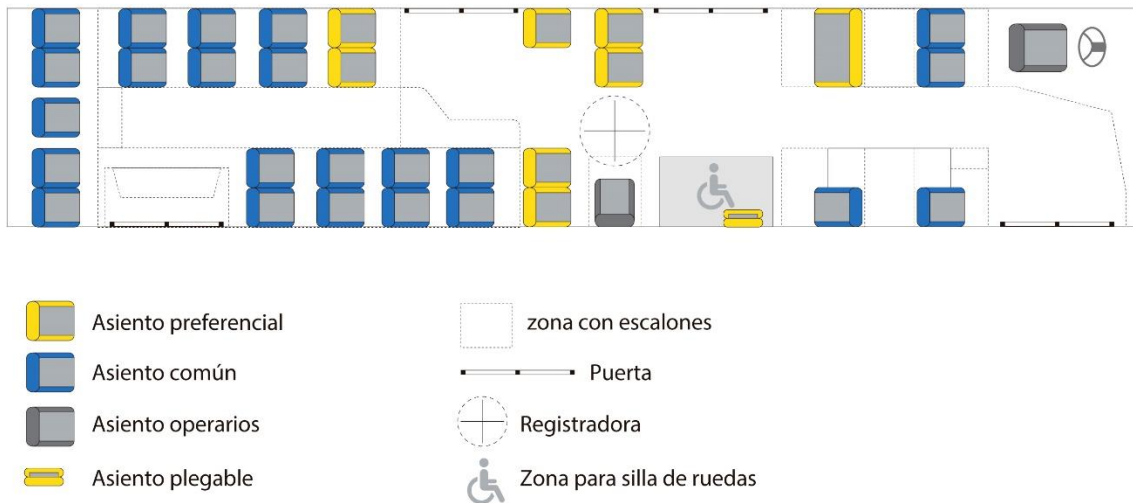
- **Área de circulación:** comprende las zonas cercanas a los accesos y al pasillo.
- **Área común:** corresponde a la ubicación de los asientos de uso común.
- **Área preferencial:** corresponde a la ubicación de asientos de uso preferencial que incluye a usuarios portadores de discapacidades, mujeres embarazadas, ancianos por encima de 60 años, obesos, personas con bebés en los brazos. Esta área también incluye una zona para personas en silla de ruedas.
- **Área técnica:** ubicación del chasis y caja de ruedas del vehículo.
- **Área del conductor:** zona del conductor y elementos de la cabina.
- **Área del cobrador:** ubicado en la zona central del bus, el cobrador cumple las funciones registrar el pasaje de los usuarios, estar pendiente del desembarque de pasajeros y brindar asistencia sobre información de las rutas y lugares.

Figura 17. Principales áreas de la distribución interna del bus actual



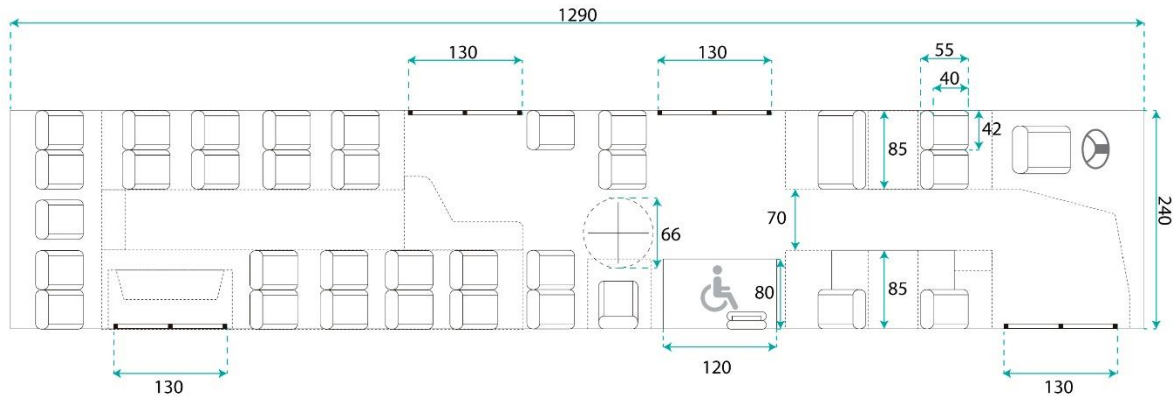
A continuación se presenta dos figuras que permiten observar la distribución de los elementos internos del bus. La primera (ver figura 18) muestra una vista superior del vehículo con la distribución de los asientos de uso común y preferencial, para este tipo de bus se cuenta con 23 asientos de uso común y 10 asientos de uso preferencial, donde se identificó que 4 asientos preferenciales presentan escalones para su uso y que uno de los asientos es de tipo plegable. Así mismo, se identificó que la mitad de asientos preferenciales se localizan antes de la registradora y la otra mitad después de la misma. Por otro lado, se identificó que existen 4 puertas que están destinadas de la siguiente forma: las dos delanteras cumplen la función de permitir el embarque de pasajeros y las dos traseras permiten el desembarque, sin embargo, para los adultos mayores y personas con discapacidad, se les permite el desembarque por la puerta delantera, este hecho se explica en el aparte “Servicio gratuito para adultos mayores” del presente capítulo.

Figura 18. Distribución de los asientos de uso común y preferencial



La segunda figura muestra las medidas generales internas del bus (ver figura 19) donde se puede observar que el pasillo tiene una dimensión de 70 cm, el ancho de los asientos individuales es de 42cm y profundidad de 40 cm. Otras medidas que fueron tomadas en cuenta fueron la altura entre la carretera y el ingreso que corresponde a 40 cm para todas las puertas, altura de los escalones al interior del bus de 25 cm la altura de los apoyos horizontales que corresponde entre 197-200 cm.

Figura 19. Dimensiones configuración interna bus actual



3.3.3 Servicio gratuito para adultos mayores. El servicio de bus urbano y metro puede ser usado de forma gratuita a través de un carnet denominado carnet adulto mayor, éste es un beneficio para los adultos de 60 años o más que residen en la región metropolitana de São Paulo, el carnet, permite que las personas mayores atraviesen la registradora con exención tarifaria en el transporte colectivo urbano. Los adultos mayores que no deseen el carnet también pueden tener exención tarifaria presentado un documento de identidad. (SPTrans, 2017) con la condición de desembarcar por la puerta delantera del bus. En resumen, el transporte colectivo para los adultos mayores es un servicio gratuito, y solo quienes posean carnet de adulto mayor podrán atravesar la registradora.

3.4 OBSERVACIÓN DEL CONTEXTO

Este apartado comprende la observación de los adultos mayores como usuarios del transporte público. El propósito de las observaciones fue investigar la relación entre el comportamiento de los adultos mayores con las características del servicio del bus. Las observaciones tuvieron como objetivos:

- Entender cómo se comportan los pasajeros adultos mayores cuando hacen uso del bus
- Analizar etapas involucradas en la situación de uso
- Observar posturas adoptadas en las etapas

Los datos fueron recolectados durante 3 semanas, las rutas observadas fueron la 8012-10 y 8022-10 las cuales fueron identificadas como las rutas más utilizadas según las entrevistas y se realizó en el horario comprendido de 9 am y 5 pm por lo que en algunos horarios existe presencia de gran flujo de pasajeros. La obtención de evidencia se realizó mediante un registro fotográfico y audiovisual. Como resultado de las observaciones se analizaron 3 etapas principales: etapa de embarque, viaje y desembarque.

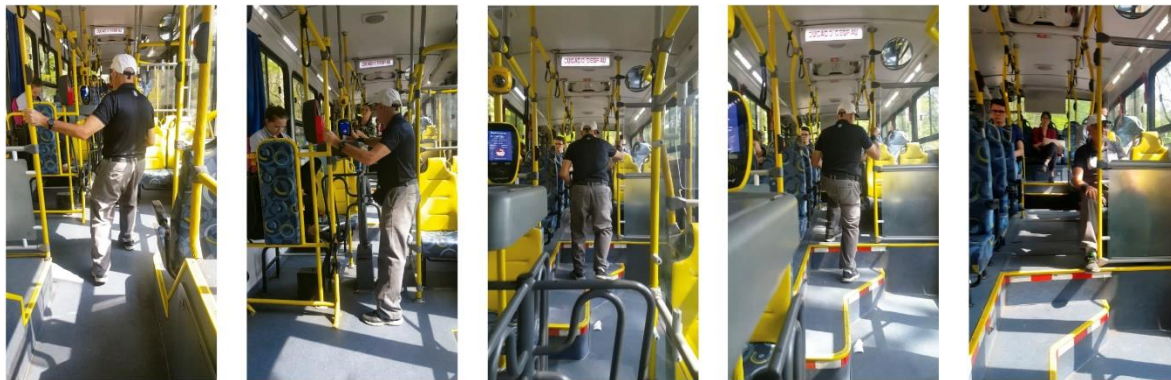
3.4.1 Etapa de embarque. Esta etapa consiste en el ingreso al bus, está comprendida desde el momento en que el usuario espera el bus y consecuentemente se desplaza hasta ingresar al vehículo como se observa en la figura 20. El usuario interactúa con elementos externos como la parada del bus, el estado de del andén y con elementos internos del bus como los apoyos de la puerta y el piso del vehículo.

Figura 20. Secuencia de imágenes de actividad en la etapa de embarque



3.4.2 Etapa de viaje. Esta etapa corresponde a la experiencia de viaje dentro del vehículo, está comprendida desde el momento en el que ya se ha embarcado al bus hasta el momento previo al desembarque, es por lo tanto la etapa con mayor duración de toda la situación de uso (ver figura 21).

Figura 21. Secuencia de imágenes de actividad en la etapa de viaje



Durante esta etapa se identificaron 3 actividades involucradas tales como:

El desplazamiento del usuario a través del pasillo del bus donde hace uso de apoyos verticales y horizontales, registro del pasaje y el modo de viaje que puede ser sentado haciendo uso de asientos preferenciales o de pie para condiciones de congestión de pasajeros.

Para el registro del pasaje, se identificaron 3 situaciones de uso principales:

Situación #1. Registrar el pasaje y no atravesar la registradora: en esta situación de uso el usuario una vez dentro del vehículo, se dirige a registrar el pasaje con el carnet de adulto mayor, posterior a esto se ubica en la zona delantera del bus sin atravesar la registradora y finalmente desembarca por la puerta delantera del vehículo

Situación #2. Registrar el pasaje y atravesar la registradora: en esta situación de uso, el usuario ingresa al vehículo, luego registra el pasaje con el carnet de adulto mayor, atraviesa la registradora, después se ubica en la parte trasera del vehículo y desembarca por la puerta trasera

Situación #3. No registrar el pasaje y no atravesar la registradora: en este caso el usuario ingresa y se ubica en la parte delantera del vehículo, posteriormente presenta su documento de identidad al conductor y desembarca por la parte delantera del vehículo. Esta es la única situación de uso en la que el usuario no interactúa con la registradora.

3.4.3 Etapa de desembarque. Esta etapa consiste en la salida del vehículo. Está comprendida desde el momento que el usuario solicita la parada con el uso del timbre y luego se dirige hacia la puerta para desembarcar. Existen dos formas de desembarcar: por la puerta trasera para los usuarios que atraviesan la registradora y por la puerta delantera para quienes no la atraviesan. La secuencia de la actividad correspondiente al desembarque por la puerta trasera se muestra en la figura 22.

Figura 22. Secuencia de imágenes de actividad en la etapa de desembarque



Con relación a las posturas adoptadas durante las etapas de embarque y desembarque, se observaron posturas exigentes en piernas, espalda y brazos. Para la etapa de viaje, se evidenció mayor exigencia para espalda y brazos, estos aspectos se abordarán con más profundidad en el apartado valoración de riesgo postural del presente capítulo

Durante el uso del bus por parte del adulto mayor se observan 3 situaciones de uso, resaltando que se evidencia mayor riesgo postural cuando se realiza el desembarque con presencia de escalones. Además, de todas las observaciones realizadas se encontró que para ninguna de las situaciones de uso, se utilizan las puertas del costado izquierdo del vehículo, así mismo, para ninguna de las paradas de la trayectoria de ruta 8022 estas puertas son utilizadas, es así que la cantidad de puertas y su distribución se tomó en cuenta para las etapas de generación y selección de alternativas.

Por otro lado se evidenció que la ruta 8022 presenta gran demanda de pasajeros, lo que trae como consecuencia congestión tanto en las paradas de buses como en el interior de los vehículos, este hecho también tiene impacto en la circulación y desplazamiento de los usuarios. Así mismo, existen problemas relacionados con la educación de otros usuarios, al no respetar los asientos

destinados para uso preferencial y problemas relacionados con el comportamiento del conductor al estacionar el vehículo distante al andén, hecho que agrava la situación de uso durante el servicio.

3.5 VALORACIÓN DE RIESGO POSTURAL

A partir de la observación del contexto, se realiza un análisis de las posturas para determinar cuáles de ellas son las más críticas, lo cual representa un factor de riesgo para el adulto mayor. Este apartado tuvo como objetivos:

- Analizar las causas de las posturas más exigentes adoptadas en las etapas
- Identificar los riesgos posturales que pueden presentar los pasajeros y que requieren intervención.

Para identificar los riesgos posturales, existen métodos de evaluación ergonómica que permiten valorar las posturas adoptadas durante una actividad. Con el fin de valorar todas las posturas adoptadas durante el desarrollo de una actividad de manera conjunta, se hace uso del método Ovako Working Analysis System, conocido como OWAS. Este método permite a clasificar las posturas observadas en 252 posibles combinaciones según la posición de espalda, brazos, piernas y carga manipulada, donde, a cada postura identificada se le otorga un código de postura a partir del cual se asocia una categoría de riesgo. (Ergonautas, 2017).

A continuación se describe los problemas identificados en las etapas de embarque, viaje y desembarque, analizando las posturas críticas y los factores de riesgo asociados a la postura adoptada.

3.5.1 Valoración de riesgo postural etapa de embarque. Durante esta etapa se observó que el usuario presenta exigencia postural para piernas, brazos y espalda (ver figura 23), esta postura es generada debido a la altura existente entre el andén y el piso del bus, se identificó que algunas ocasiones el conductor estaciona el vehículo distante al andén, hecho que ocasiona que el usuario tenga que hacer un mayor esfuerzo para ingresar ya que esta altura se incrementa. Por otro lado, se observó que los usuarios especialmente de baja estatura, tenían dificultades para usar el apoyo de la puerta.

Figura 23. Posturas exigentes etapa de embarque



De las observaciones realizadas para la etapa de embarque, se identificó que la postura con más exigencia para el usuario es adoptada en el momento justo del ingreso al bus. Como lo muestra la tabla 5, se codificó la postura más crítica (figura 23, imagen b y c) para la cual corresponde un nivel de riesgo 4, esto quiere decir que según el método OWAS, la postura tiene efectos sumamente dañinos sobre el sistema musculo-esquelético y que se requieren acciones correctivas inmediatamente.

Tabla 5. Codificación de postura y nivel de riesgo en la etapa de embarque

Actividad	Parte del cuerpo	Código	Descripción postura	Riesgo
Ingreso al bus	Espalda	3	Espalda con giro	4
	Brazos	3	Los dos brazos elevados	
	Piernas	5	De pie con las dos piernas flexionadas y el peso desequilibrado	
	Carga	1	Se considera que el trabajador no soporta carga ($0 < 10$ kg)	

Con base en la valoración anterior, se pudo determinar el nivel de riesgo de la postura y teniendo en cuenta el análisis realizado, se identificó que las principales causas por las cuales el usuario adopta esta postura son:

- Dificultad para ingresar al bus debido a la altura del piso del vehículo
- Distancia horizontal entre el andén y el piso del vehículo
- Altura y posición del apoyo de la puerta

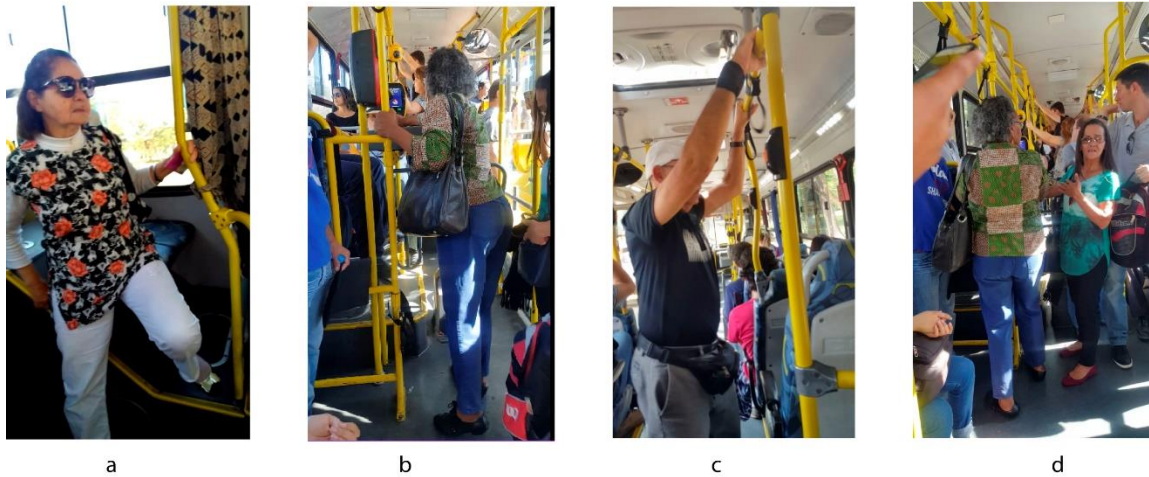
3.5.2 Valoración de riesgo postural etapa de viaje. Los problemas posturales identificados en esta etapa están relacionados con el uso de asientos con escaleras, el dispositivo lector del pasaje y apoyos horizontales (ver figura 24).

Se observó que los usuarios tienen preferencia por usar los asientos más próximos a los accesos por su cercanía al embarque y desembarque. En el caso de los usuarios masculinos que atraviesan la registradora, los asientos más próximos al desembarque están ubicados en la zona más alta del bus, y en el caso de las usuarias femeninas, que no atraviesan la registradora, prefieren usar los asientos comunes ubicados al frente, los cuales tienen escalones. En este sentido, subir los escalones que les permiten hacer uso de estos asientos, demanda una postura exigente, asociada a la flexión de las piernas, inclinación o giro de la espalda y al sostenerse de los apoyos, toda esta situación sumada al hecho de que cuando el usuario hace uso de este asiento el bus se encuentra en movimiento. La altura de los escalones corresponde a 25 cm, la cual supera lo recomendado por la literatura.

Se evidenció que la altura de apoyos horizontales no es alcanzada por todos los usuarios, razón por la cual prefieren usar apoyos verticales. Sin embargo, para los usuarios que logran alcanzar los apoyos horizontales, esta postura se hace crítica al mantenerla durante un largo periodo de tiempo. No se evidenció el uso de apoyos flexibles, lo cual coincide con los resultados del grupo focal en donde los usuarios no acostumbraban a usar este tipo de apoyo.

Por otro lado, se observó que la máquina de pago electrónico del pasaje se encuentra delante de la registradora, lo que provoca que el usuario deba inclinar la espalda para realizar el pago electrónico, sumado a que para desplazarse a través de la registradora se observan posturas incómodas. En los casos donde hubo congestión de pasajeros, se identificó como problema circular por los pasillos del vehículo.

Figura 24. Posturas exigentes etapa de viaje



De las observaciones realizadas para la etapa de viaje, se identificaron las posturas con más exigencia para el usuario (ver tabla 6). Para el uso de asiento con escalera y el registro del pasaje, se codificó la postura (figura 24, imagen a y b) la cual corresponde a un nivel de riesgo encontrado fue 2, esto quiere decir que la postura adoptada tiene la posibilidad de causar daño al sistema musculo-esquelético y se requieren acciones correctivas a un futuro cercano. Por otro lado para el uso de apoyos horizontales (figura c) el nivel de riesgo encontrado fue 3, lo que significa que la postura tiene efectos dañinos sobre el sistema musculo-esquelético y que se requieren acciones correctivas lo antes posible.

Tabla 6. Codificación de postura y nivel de riesgo en la etapa de viaje

Actividad	Parte del cuerpo	Código	Descripción postura	Riesgo
Ingreso al bus	Espalda	4	Espalda doblada con giro	2
	Brazos	1	Los dos brazos bajos	
	Piernas	3	De pie con una pierna recta y la otra flexionada	
	Carga	1	Se considera que el trabajador no soporta carga (0<10 kg)	
Registro del pasaje	Espalda	2	Espalda doblada	2
	Brazos	1	Un brazo bajo y el otro elevado	
	Piernas	3	De pie con una pierna recta y la otra flexionada	
	Carga	1	Se considera que el trabajador no soporta carga (0<10 kg)	
Uso de apoyos horizontales	Espalda	2	Espalda doblada	3
	Brazos	3	Los dos brazos elevados	
	Piernas	3	De pie con una pierna recta y la otra flexionada	
	Carga	1	Se considera que el trabajador no soporta carga (0<10 kg)	

Con base en la valoración anterior, se pudo determinar el nivel de riesgo de las posturas encontradas y teniendo en cuenta el análisis realizado, se identificó que las principales causas por las cuales el usuario adopta estas posturas son:

- Usar asientos con escalones y altura de las escaleras
- Ubicación de la máquina de pago electrónico y dificultad para usar la registradora
- Altura de apoyos horizontales
- Ancho del pasillo

3.5.3 Valoración de riesgo postural etapa de desembarque. Con relación a los problemas en esta etapa, se observó que la postura más exigente es cuando se realiza el desembarque por la puerta trasera (ver figura 25, imagen c), esta postura incluye inclinación o giro de la espalda, cabeza flexionada hacia adelante y piernas flexionadas. La causa de esta postura es debido a la altura y cantidad de escalones, pues, su uso representa un riesgo para el adulto mayor, ya que el usuario podría estar expuesto a una caída, este hecho, también genera demoras para desembarcar

del vehículo además que demanda suficiente atención para el adulto mayor. De la misma forma como se observó en el embarque, se identificó como factor problemático la distancia en la que se estaciona el vehículo respecto al andén, debido a que el usuario debe descender una altura de 40 cm, que corresponde a la altura entre el piso del bus y la carretera, lo que provoca posturas exigentes para las piernas. Para el desembarque por la puerta delantera se evidenció menos exigencia postural, pues no existen escaleras para el desembarque.

Figura 25. Posturas exigentes etapa de desembarque



De las observaciones realizadas para la etapa de desembarque, se identificó que la postura con más exigencia para el usuario es adoptada al realizar el desembarque por la puerta trasera. Se codificó la postura más crítica en la tabla 7, para la cual corresponde un nivel de riesgo 4 (ver figura 25, imagen c), esto quiere decir que según el método OWAS, la postura tiene efectos sumamente dañinos sobre el sistema musculo-esquelético y que se requieren acciones correctivas inmediatamente.

Tabla 7. Codificación de postura y nivel de riesgo en la etapa de desembarque

Actividad	Parte del cuerpo	Código	Descripción postura	Riesgo
Salida del bus	Espalda	4	Espalda doblada con giro	4
	Brazos	2	Un brazo bajo y el otro elevado	
	Piernas	5	De pie con las dos piernas flexionadas y el peso desequilibrado	
	Carga	1	Se considera que el trabajador no soporta carga (0<10 kg)	

Con base en la valoración anterior, se pudo determinar el nivel de riesgo de la postura y teniendo en cuenta el análisis realizado, se identificó que las principales causas por las cuales el usuario adopta esta postura son:

- Altura de los escalones
- Distancia horizontal entre el andén y el piso del vehículo
- Altura entre el andén/carretera y el piso del vehículo

3.5.4 Conclusiones de la valoración postural. Con la realización de la valoración postural se pudo identificar que existen problemas posturales producto de los elementos involucrados durante las etapas de embarque, viaje y desembarque. Además, se pudo cuantificar cuáles de esas posturas adoptadas durante la observación son consideradas con mayor nivel de riesgo, encontrándose nivel de riesgo 4 para posturas del embarque y el desembarque, así mismo se encontró nivel de riesgo 2, 3 y 4 para posturas durante la etapa de viaje.

El análisis de las causas de las posturas permitió identificar las principales razones por las cuales los usuarios realizan una postura exigente, destacándose principalmente:

- Dificultad para ingresar al bus debido a la altura del piso del vehículo
- Distancia horizontal entre el andén y el piso del vehículo
- Altura y posición del apoyo de la puerta
- Usar asientos con escalones
- Ubicación de la máquina de pago electrónico y dificultad para usar la registradora
- Altura de apoyos horizontales
- Ancho del pasillo
- Altura y cantidad de escalones

3.6 CONCLUSIONES DEL DIAGNÓSTICO

Un objetivo de este trabajo fue identificar y analizar los problemas y los elementos internos del bus que dificultan la situación de uso en las etapas de embarque – viaje – desembarque por parte de los adultos mayores. Con base en la información obtenida y descrita en las secciones anteriores de este trabajo: entrevista cerrada a los usuarios del servicio (pág.41), grupo focal (pág.45), kit de envejecimiento (pág.48) y observación que comprende los resultados de la información del

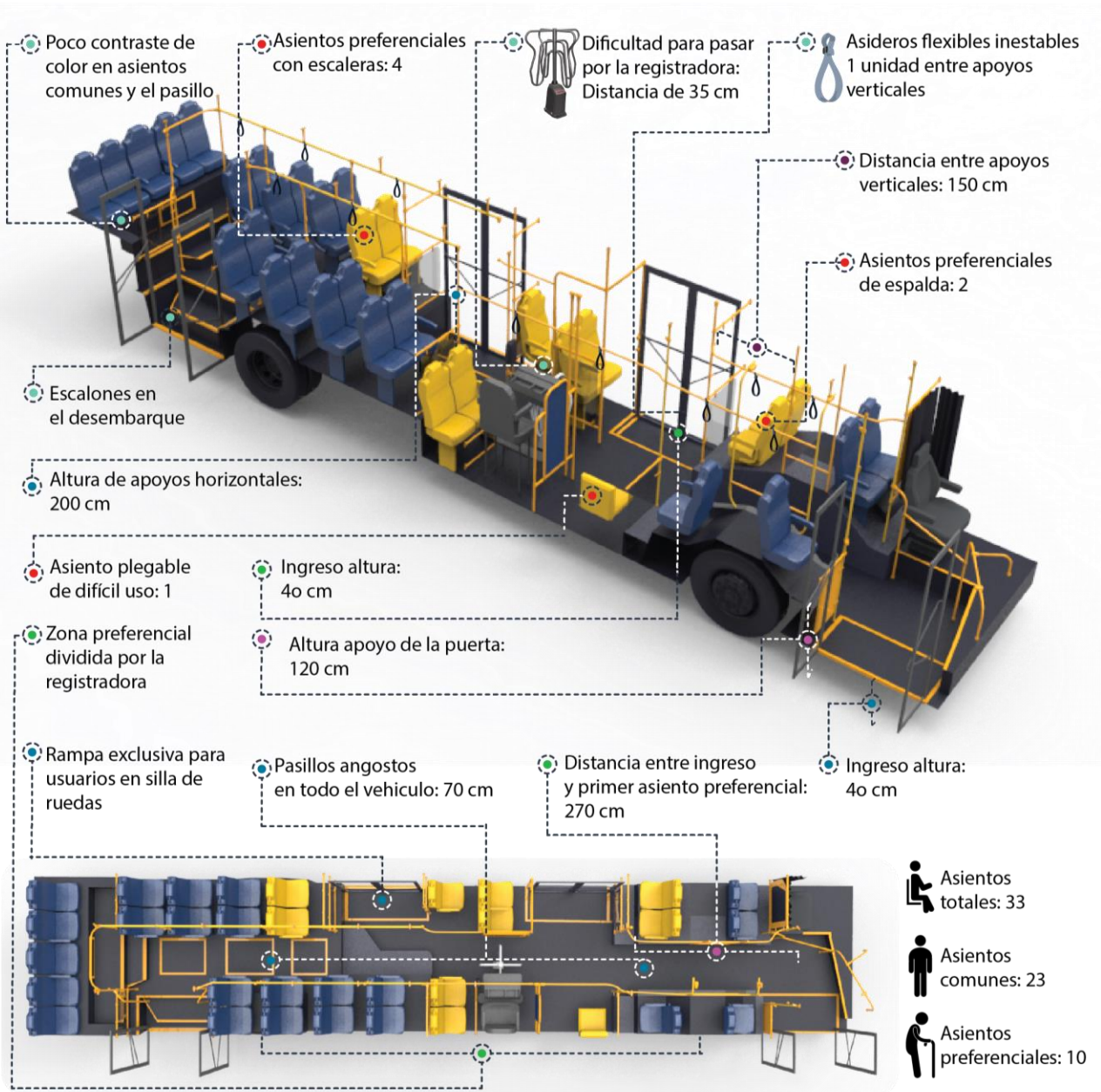
contexto (pág.55) y valoración de riesgo postural (pág.58), se determinó una lista con los problemas encontrados en relación al uso del bus (ver tabla 8) y una ilustración que los representa gráficamente (ver figura 26)

Tabla 8. Lista de problemas relacionados al uso del bus urbano según método utilizado

Etapa	Problema	Descripción postura			
		Entrevista	Grupo focal	Kit env.	Observación
Embarque	Acceso con escalones	●			
	Altura suelo – piso del bus	●	●	●	●
	Distancia entre el andén y el bus				●
	Altura apoyo de la puerta		●		●
Viaje	Asientos distantes de las puertas	●		●	
	Usar asientos con escaleras	●	●	●	●
	Asientos preferenciales insuficientes	●	●		
	Ubicación de los asientos		●		
	Asiento plegable difícil uso		●		
	Ausencia de apoyos verticales	●	●	●	
	Distancia entre apoyos verticales			●	
	Altura de apoyos horizontales	●	●		●
	Asideros flexibles inestables		●		
	Usar escalones dentro del bus		●		
	Altura de escalones				●
	Dificultad para usar registradora	●	●		
	Espacio de pasillos y registradora				●
	Ubicación de máquina de pago				●
Contraste de color asientos - pasillo			●		
Desembarque	Altura de escalones				●
	Altura piso bus – suelo	●	●	●	●
	Distancia entre el andén y el bus		●		●

En la etapa de embarque y desembarque, los principales problemas están relacionados al uso de al uso de apoyos en la puerta y a la distancia y altura del piso de bus respecto al suelo. Para la etapa de viaje los problemas están relacionados con el uso de asientos, apoyos, escalones, pasillo, registradora y máquina de pago electrónico. Estos hechos problemáticos dificultan la situación de uso y teniendo en cuenta la valoración de riesgo postural, se pudo identificar que tienen impacto sobre la postura adoptada por los adultos mayores, por esta razón se consideraron para determinar necesidades y requerimientos de diseño en las próximas etapas.

Figura 26. Configuración interna y problemas encontrados del bus actual



4. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

A partir de la información recolectada de los usuarios, del contexto de la situación de uso y de la valoración de riesgo postural, se establecen las necesidades del usuario. Para esto, se adaptó la metodología de Ulrich y Eppinger (2013) con el objetivo de que la propuesta a desarrollar se enfoque en las necesidades específicas del usuario, de las necesidades explícitas así como de las latentes y de que la información de estas necesidades proporcione la base para definir las especificaciones de los requerimientos

4.1 IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES DE LOS USUARIOS

El proceso de definir las necesidades consiste en interpretar las problemáticas encontradas en el capítulo de diagnóstico y definir la necesidad del usuario que existe detrás de la problemática en cuestión. Para cada etapa del uso del bus se definen las necesidades identificadas y se presenta en la tabla 9. Esta lista de necesidades se debe tener en cuenta para las próximas etapas de diseño.

Tabla 9. Identificación de las necesidades de los usuarios

Etapa	N.	Necesidad
Embarque	1.	Fácil ingreso al bus
	2.	La altura del ingreso no genera posturas demandantes
	3.	Distancia corta entre el andén y el ingreso
	4.	Apoyo de la puerta de fácil alcance
Viaje	5.	El interior del bus no contiene escaleras u obstáculos para posibilitar el libre embarque y desembarque de los pasajeros
	6.	La zona preferencial está debidamente señalizado para diferenciarlo de la zona común
	7.	El número de apoyos permite un desplazamiento seguro en todas las zonas del bus
	8.	Poca distancia entre Apoyos verticales
	9.	La altura de apoyos horizontales permite el alcance por parte del usuario
	10.	Los apoyos flexibles le brinda estabilidad al usuario
	11.	La altura de los escalones dentro del bus es adecuada
	12.	Asientos preferenciales sin escaleras
	13.	Los asientos preferenciales están ubicados adecuadamente
	14.	El número de asientos preferenciales es suficiente
	15.	Los asientos preferenciales no son plegables
	16.	El ancho del pasillo permite el desplazamiento de manera eficiente y cómoda de los usuarios
	17.	Los colores de los elementos del bus facilitan su visualización.
	18.	La ubicación de la máquina de pago está al alcance de los usuarios
	19.	la registradora es fácil de usar
	20.	El espacio para atravesar la registradora permite un desplazamiento cómodo
Desembarque	21.	La altura del desembarque al suelo no genera posturas demandantes
	22.	Distancia corta entre el andén y el desembarque

4.2 JERARQUIZACIÓN DE NECESIDADES

Es indispensable diferenciar el grado de importancia de cada necesidad para que sirva de base en la toma de decisiones. Esta etapa consiste en jerarquizar las necesidades encontradas para establecer la importancia relativa entre cada necesidad. Con el objetivo de determinar la importancia entre cada una de las necesidades halladas, se realizó una valoración numérica de importancia de necesidades, donde se tuvo en cuenta la opinión de los usuarios. Un grupo de 15 usuarios fueron encuestados para realizar esta valoración (ver figura 27), repartido en dos subgrupos cada uno de 7 personas. Los usuarios debían valorar cada una de las necesidades usando un formato de encuesta con la siguiente escala de jerarquía:

- 1. Importancia baja:** La necesidad no es muy importante.
- 2. Importancia media:** Sería bueno tener esa necesidad.
- 3. Importancia alta:** La necesidad es altamente deseable.
- 4. Importancia crítica:** La necesidad es obligatoria.

Figura 27. Registro de evaluación de importancia relativa de necesidades

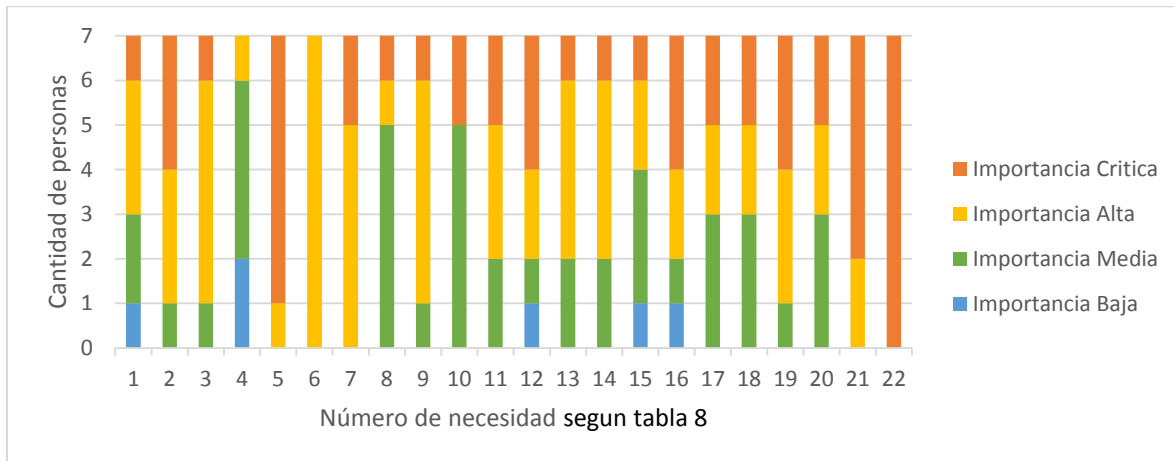


Dos formatos de encuesta fueron utilizados para esta actividad, para cada subgrupo se utilizó un formato de encuesta (ver anexo C y D) con una respectiva lista de necesidades. El primer formato

contenía la mitad de las necesidades mencionadas anteriormente, el segundo incluía la segunda mitad correspondiente.




La tabla 10 muestra los resultados de la aplicación de la encuesta, donde se caracteriza según su frecuencia, se registró el número de respuesta que cada usuario asignaba por cada necesidad. De los resultados cabe destacar que aunque existen calificaciones de importancia baja para algunas necesidades, estas no representan un valor mayoritario respecto a las otras calificaciones de otros usuarios dieron a la necesidad en cuestión, razón por la cual, dentro de la categoría de importancia baja no se posicionó ninguna necesidad. Por otro lado, las necesidades de importancia crítica, son las necesidades que merecen más atención para las etapas de generación y selección de alternativas.

Tabla 10. Frecuencia de importancia según necesidades de los usuarios



Las necesidades fueron agrupadas en la tabla 11, de acuerdo al nivel de importancia. Nótese que la mayoría de necesidades fueron agrupadas en la categoría de importancia alta (3) e importancia crítica (4).

Tabla 11. Jerarquización de necesidades según nivel de importancia

Nivel de importancia	Necesidad
 <p>Media (2)</p>	<p>Apoyo de la puerta de fácil alcance Poca distancia entre Apoyos verticales Los apoyos flexibles le brindan estabilidad al usuario. Los asientos preferenciales no son plegables Los colores de los elementos del bus facilitan su visualización. La ubicación de la máquina de pago está al alcance de los usuarios El espacio para atravesar la registradora permite un desplazamiento cómodo</p>
 <p>Alta (3)</p>	<p>Fácil ingreso al bus Distancia corta entre el andén y el ingreso la zona preferencial está debidamente señalizada para diferenciarlo de la zona común La distribución de los apoyos permite un desplazamiento seguro en todas las zonas del bus La altura de apoyos horizontales permite el alcance por parte del usuario La altura de los escalones dentro del bus es adecuada Los asientos preferenciales están ubicados adecuadamente El número de asientos preferenciales es suficiente la registradora es fácil de usar</p>
 <p>Crítica (4)</p>	<p>La altura del ingreso no genera posturas demandantes El interior del bus no contiene escaleras u obstáculos para posibilitar el libre embarque y desembarque de los pasajeros Asientos preferenciales sin escaleras El ancho del pasillo permite el desplazamiento de manera eficiente y cómoda de los usuarios La altura del desembarque al suelo no genera posturas demandantes Distancia corta entre el andén y el desembarque</p>

4.3 ESPECIFICACIONES DE LOS REQUERIMIENTOS

Con base en las necesidades identificadas del usuario, se plantean los requerimientos, con el fin de explicar las especificaciones que estarán presentes en el diseño de los elementos de configuración interna del bus.

4.3.1 Consideraciones generales de los requerimientos. Las especificaciones que se mencionan sobre los requerimientos, parten del principio de accesibilidad y para personas con movilidad reducida definidos por la norma brasilera ABNT (2009) como:

- **Accesibilidad:** condición para utilización con seguridad y autonomía, total o asistida, de los servicios de transporte colectivo, por parte de personas con discapacidad o con movilidad reducida.

- **Persona con movilidad reducida:** es aquella que, no encajando en el concepto de persona con discapacidad, tenga por cualquier motivo, dificultad de moverse permanente o temporariamente, generando reducción efectiva de movilidad, coordinación motora y percepción. Aplican ancianos, mujeres en embarazo, obesos y personas con bebe en brazos.

4.3.2 Requerimientos para la etapa de embarque y desembarque

4.3.2.1 Ingreso al bus. Al embarcar en el bus, el usuario debe realizar un primer paso potencialmente alto y continuar ascendiendo escalones adicionales bajo una presión de tiempo, esto representa un potencial riesgo para el adulto mayor, ya que son menos estables y no responden tan bien como las personas jóvenes a la perturbación postural (Aceves-González, Cook, & May, 2015). Por esto como directriz de diseño, se debe considerar un ingreso sin escalones en las propuestas a desarrollar.

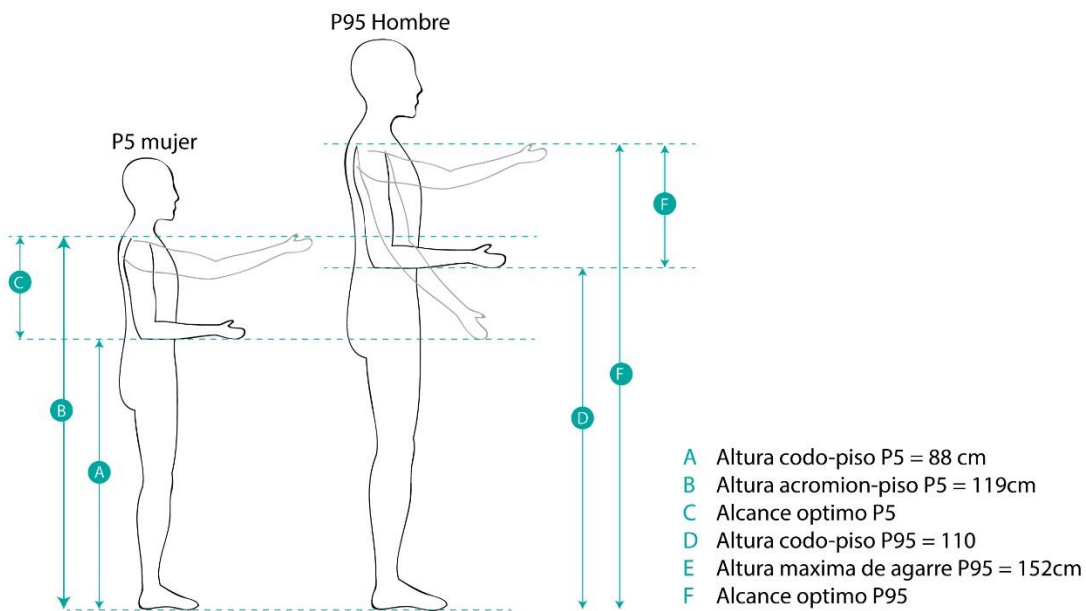
4.3.2.2 Altura de la entrada. La altura del primer paso (escalón) del bus actual es de 40 cm, una gran altura al ingresar al bus genera posturas demandantes en piernas, brazos y espalda. Para Acevez (2015), la altura al ingresar al bus, es considerada un hecho problemático relacionado al diseño del bus que impacta en la experiencia de pasajeros ancianos. En este caso, la altura de escalón recomendada es de 15-20 cm (Petzäll, 1993) citado por (Aceves-González, Cook, & May, 2015). Por otro lado, Brooks et al. Encontró que casi el 90% de los adultos mayores en su muestra, podrían realizar un primer paso con altura de 20 cm sin el uso de apoyos (Brooks et al.1974) citado por (Souders, 2015). El número de escalones al embarcar y desembarcar debe mantenerse al mínimo y la altura de los escalones no debe exceder el rango de 17,8 -20,3 cm (Souders, 2015). Con el fin disminuir el riesgo postural, se establece que la altura entre la calzada y el piso del bus esté entre un rango máximo de 20cm.

4.3.2.3 Distancia andén y el ingreso al bus. Disminuyendo la distancia entre la parada de bus y el ingreso al bus, así como bajar la altura del primer paso, debería ayudar a aquellos que tienen problemas de movilidad para entrar al bus segura y eficientemente (Souders, 2015). Por esto, para el ingreso al bus, se admite una distancia máxima entre la acera y la entrada de 30 cm. Además, según la norma ABNT (2009) para que un ingreso sea viable, se debe adecuar el lugar de embarque/desembarque, el bus o ambos por medio de un dispositivo por ejemplo: rampa de accionamiento motorizada o manual, plataforma elevadora, sistema de movimiento vertical de la

suspensión del bus, plataforma de embarque y desembarque o a través de la combinación de dispositivos.

4.3.2.4 Apoyo de la puerta. Los apoyos de la puerta deben ser fácilmente visible y con alcance (Souders, 2015), elementos como mangos se recomiendan para esto se determina un rango de alcance óptimo de acuerdo con los percentiles antropométricos de los adultos mayores (ver figura 28), dentro de los siguientes parámetros: mínima altura del apoyo: 88 cm (altura piso-codo percentil P5 femenino), máxima altura apoyo: 152 cm (altura piso-acromion percentil P95 masculino)

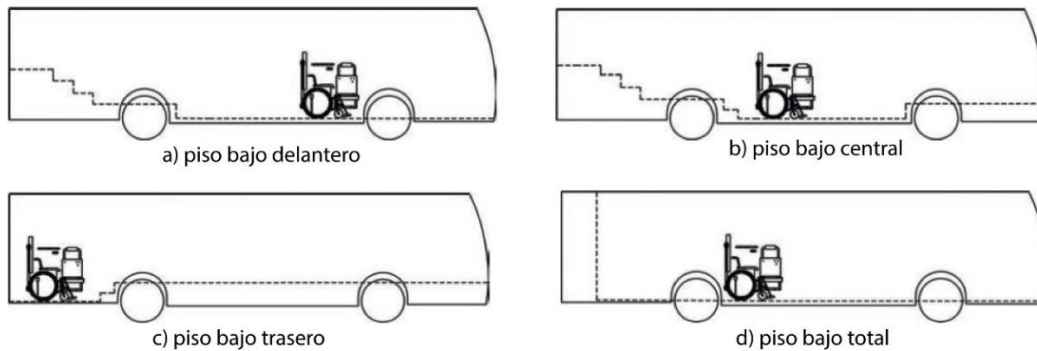
Figura 28. Diagrama antropométrico para determinar altura de apoyo de la puerta



4.3.3 Requerimientos para la etapa de viaje

4.3.3.1 Piso bajo. Para mejorar la movilidad de adultos mayores y personas con problemas de movilidad, se deben considerar buses de piso tipo bajo, el cual según la norma ABNT (2009), se caracteriza por tener el piso del compartimiento interno rebajado en cualquiera de sus secciones: delantera, central, trasera o total, (ver figura 29). El piso está por debajo del plano formado entre las líneas del centro de las ruedas.

Figura 29. Tipos de piso bajo en buses



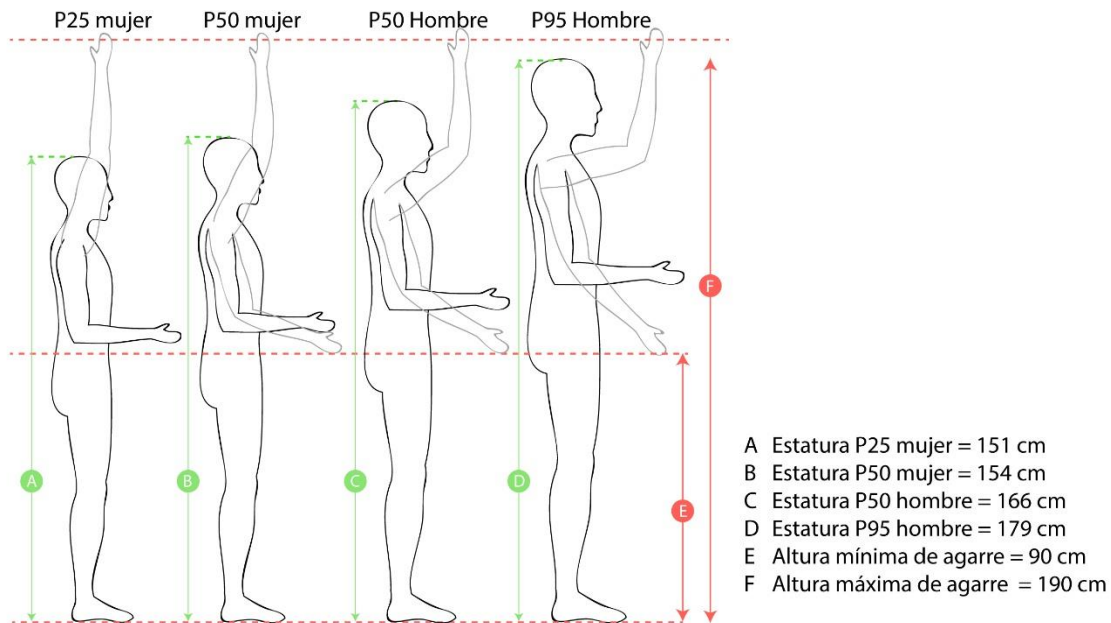
Nota: tomado de ABNT, 2009. *Accessibility in vehicles of urban characteristics for public transport of passengers*

4.3.3.2 Señalización zona preferencial. La zona preferencial debe estar señalizada con el fin de mejorar la visibilidad y diferenciarla de la zona común. Además de producir un efecto visual que sirva de estímulo en los usuarios para que no obstaculicen esta zona ni hagan uso de los asientos preferenciales quienes no poseen discapacidades ni movilidad reducida. Para esto se debe utilizar un contraste de color en los asientos preferenciales y en el piso demarcar las zonas preferenciales.

4.3.3.3 Apoyos verticales. Los apoyos verticales están fijos alternadamente en cada silla de los pasajeros con distanciamiento no superior a 200cm (SPTrans, 2015), lo cual fue considerado como aspecto problemático para los usuarios. Por esto, los apoyos verticales deberán instalarse cada 150cm como máximo, distribuidos en el eje longitudinal del bus, además, la ubicación de los apoyos verticales deberá estar alineada y crear un ritmo visual ordenado.

4.3.3.4 Apoyos horizontales. Los apoyos horizontales del bus actual, se encuentran a una altura máxima entre 197-200 cm, hecho que dificulta el uso para percentiles P5-P50. Para extender el alcance de estos apoyos se propone que la altura de apoyos sea diseñada entre mínimo 90 cm y máximo 190 cm por encima del nivel del piso del bus, de acuerdo con percentiles antropométricos de los adultos mayores (ver figura 30). Para el percentiles femeninos inferiores a P25 se recomienda el uso de asideros flexibles.

Figura 30. Diagrama antropométrico para determinar altura de apoyos horizontales



4.3.3.5 Cantidad de apoyos. La inexistencia de apoyos en específicas zonas del bus o la mala ubicación de estos puede generar una experiencia de viaje negativa para los usuarios. Según la norma ABNT (2009), debe existir una cantidad de apoyos suficiente entre la entrada y salida del bus, adecuadamente posicionados para permitir un desplazamiento seguro de usuarios, en especial de las personas con movilidad reducida y baja estatura. Los apoyos verticales u horizontales deben estar instalados de manera que no presenten ningún riesgo de lesión para los pasajeros en todas las zonas del bus.

4.3.3.6 Asideros flexibles. Si bien un asidero flexible permite el alcance para usuarios con baja estatura, pueden convertirse en elementos que representan inseguridad para los usuarios, debido a que pueden generar inestabilidad durante su uso. Los asideros flexibles deben estar fijos al soporte que los sostiene, deben ser pendulares y oscilar en un solo sentido transversal a la dirección del tránsito, de modo que no permitan desplazamientos horizontales (DPTM, 2015). Éstos deben proporcionar una empuñadora a 160-170cm desde el nivel del piso.

4.3.3.7 Cantidad de asientos preferenciales. Según la norma ABNT (2009), el bus debe contener como mínimo 10% de los asientos disponibles para uso de las personas con deficiencia o movilidad reducida. Por otro lado según el manual técnico de patrones técnicos en vehículos (2015), para el bus tipo padrón, la cantidad mínima de asientos reservados para pasajeros preferenciales es de 8.

A pesar de que el bus actual presente 10 asientos de uso preferencial, se encontró que la mitad de ellos eran de difícil acceso, pues se encuentran después de la catraca o poseen escalones. Razón por la cual se incluirá en la propuesta un aumento en la cantidad de asientos preferenciales de fácil acceso.

4.3.3.8 Ubicación de asientos preferenciales. La distribución de los asientos preferenciales se encuentran lejos del acceso y no responde a las preferencias en términos de ubicación dentro bus por parte de los ancianos. Por esto se plantea reubicar los asientos preferenciales cerca de los accesos para disminuir la distancia existente entre la entrada y el primer asiento preferencial y para llegar al asiento preferencial más rápido.

4.3.3.9 Asientos preferenciales sin escaleras. De los 10 asientos preferenciales actuales, 4 de ellos presentan escaleras, las escaleras fueron identificadas como elementos que dificultan la situación de uso. Por esto se propone reducir los asientos preferenciales con escaleras respecto a la configuración actual.

4.3.4 Definición de requerimientos. A partir de las necesidades de los usuarios identificadas, se establecen los requerimientos de diseño que estarán presentes en las propuestas a desarrollar (ver tabla 12). Cada requerimiento se clasificó según el tipo de requerimiento: requerimiento funcional (RF), requerimiento humano (RH) y requerimiento formal-estético (RFE). La tabla, muestra los requerimientos asignados para cada necesidad, donde se muestra el número de la necesidad (N.), la necesidad del usuario identificada, la importancia de esa necesidad (Imp.), y el tipo de requerimiento (Tipo)

Tabla 12. Requerimientos de diseño según necesidades del usuario

N.	Necesidad	Imp.	Requerimiento	Tipo
1.	Fácil ingreso	3	Accesos sin escalones. El bus tiene plataforma, rampa o dispositivo que facilite el acceso de personas con movilidad reducida.	RF
2.	La altura del ingreso no genera posturas demandantes	4	altura entre la calzada y el embarque de máximo 20cm	RH
3.	Distancia corta entre el andén y el ingreso	3	Distancia máxima de 30 cm	RH
4.	Apoyo de la puerta de fácil alcance	2	Altura de apoyo mínima 88 cm y máxima 152 cm	RH
5.	El interior del bus no contiene escaleras u obstáculos para posibilitar el libre embarque y desembarque de los pasajeros	4	El piso del interior del bus es de tipo piso bajo parcial (delantero, central, trasero) o total	RF
6.	la zona preferencial está debidamente señalizada para diferenciarlo de la zona común	3	Identificación visual con un color diferente para las sillas de zonas preferenciales, alto contraste Demarcar piso de zonas preferenciales	RFE
7.	La distribución de los apoyos permite un desplazamiento seguro en todas las zonas del bus	3	Existencia de apoyos en todas las zonas del bus	RF
8.	Poca distancia entre Apoyos verticales	2	Apoyos verticales instalados cada 150cm máximo Crear un ritmo visual ordenado	RH RFE
9.	La altura de apoyos horizontales permite el alcance por parte del usuario	3	Altura máxima de agarre 190 cm y altura mínima 90 cm para apoyos horizontales	RH
10.	Los apoyos flexibles le brindan estabilidad al usuario.	2	Los apoyos flexibles son pendulares y oscilan en sentido transversal. Ubicados a una altura entre 160-170 cm	RF RH
11.	La altura de los escalones dentro del bus es adecuada	3	Altura de escalones mínimo 15 cm y máximo 20 cm	RH
12.	Asientos preferenciales sin escaleras	4	Reducir la cantidad de asientos con escaleras.	RF
13.	Los asientos preferenciales están ubicados adecuadamente	3	Redistribución de asientos preferenciales cerca a puertas de entrada y salida. Asientos de fácil acceso sin obstáculos	RF RF
14.	El número de asientos preferenciales es suficiente	3	la cantidad de asientos preferenciales debe ser entre 30-40 % del total	RF
15.	Los asientos preferenciales no son plegables	2	Ningún asiento preferencial es de tipo plegable	RF
16.	El ancho del pasillo permite el desplazamiento de manera eficiente y cómoda de los usuarios	4	Aumentar el ancho del pasillo	RF
17.	Los colores de los elementos del bus facilitan su visualización.	2	Contraste de color ente elementos internos Pasillos-sillas - apoyos	RFE
18.	La ubicación de la máquina de pago está al alcance de los usuarios	2	Ubicación de máquina de pago de 0-50 cm del usuario	RH
19.	la registradora es fácil de usar	3	La registradora permite un uso que no exige dificultad ni demandas posturales para el usuario	RF
20.	El espacio para atravesar la registradora permite un desplazamiento cómodo	2	Aumentar el ancho para atravesar la registradora	RH
21.	La altura del desembarque al suelo no genera posturas demandantes	4	La altura del desembarque al suelo no genera posturas demandantes	RH
22.	Distancia corta entre el andén y el desembarque	4	Distancia máxima de 30 cm	RH

5. PLANTEAMIENTO

Para plantear las alternativas, se tuvieron en cuenta las problemáticas identificadas en los capítulos anteriores para realizar un análisis competitivo en términos de ventajas y desventajas de diferentes configuraciones de vehículos de bus urbano y de transporte público colectivo similares y como las diferentes configuraciones abordan problemáticas relacionadas con la situación de uso, con la intención desarrollar las alternativas de diseño y la selección de las que mejor cumplan con los requerimientos.

5.1 ANÁLISIS DE BENCHMARKS

Se realizó un análisis del panorama general de las diferentes configuraciones en donde se tuvo en cuenta la organización y características de los elementos en el espacio y se realizó una búsqueda puntual para los diferentes elementos que representan una dificultad en la situación de uso de los adultos mayores con la intención de reconocer en estos diseños las ventajas que representan para ser tomadas como puntos de partida para generar las alternativas.

5.1.1 Análisis general de configuraciones internas. Este apartado comprende un análisis de la organización de los elementos internos, la posición y forma de los mismos en el interior de los buses urbanos (Figura31) y de vehículos similares (Figura32) con la intención de evaluar las diferentes distribuciones que han sido propuestas y la posibilidad que representan para mejorar la situación de uso.

En este sentido fue posible identificar que de la modificación de ciertos elementos en el interior del vehículo como sillas y apoyos dependen los espacios destinados para el desplazamiento de los pasajeros, la cantidad de elementos que se distribuyen en el espacio y por tanto la situación de uso en cada uno de los vehículos. Así mismo se evidenció que el chasis del vehículo tiene un papel condicionante en la distribución de los elementos en el espacio y según la regularidad del mismo dependerá el número y posición de ciertos elementos.

Figura 31. Análisis general de la configuración interna de bus Urbano

CONFIGURACIÓN INTERIOR BUS URBANO



Fuente: <http://www.focustransport.org/2015/09/more-from-coach-bus-live.html>

“ ACBus”. Umeá Institute of Design, Ceren Bagatar

- Disposición de asientos de 3 formas; convencional, en carril (sillas dispuestas una al lado de la otra), y con concepto “forward-facing
- Asideros Verticales curvos y planos. Apoya brazos con asidero vertical
- Asientos plegables
- Zona para pasajeros con movilidad reducida y pasillos amplios que facilitan la circulación dentro del vehículo
- No hay diferenciación cromática entre los asientos comunes y los preferenciales. Suelo sin escalones



SBS Transit's Scania K230UB, Singapore.

- Asideros flexibles a lo largo de todos los asideros horizontales
- Asientos preferenciales ubicados en carril
- Asideros horizontales ubicados en alturas medianas
- Zona preferencial ubicada al frente del vehículo sin escalones y zona común en la zona posterior
- Pasillos amplios en la zona preferencial



Fuente: <http://www.sgbuses.com/index.php?/category/sbst>



Fuente: <https://www.mercedes-benz.com/en/mercedes-benz/design/future-bus-revolutionary-design/>

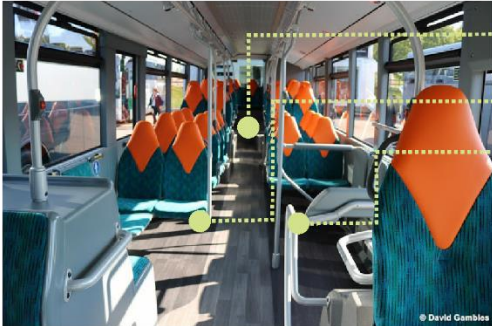
Mercedes-Benz Future Bus

- Asideros ubicados únicamente en las zonas próximas a las puertas
- Asideros verticales ubicados en la mitad de los pasillos
- La zona en donde están ubicadas las llantas del vehículo no tienen asientos, únicamente asideros horizontales
- Asientos amplios con diseño poco convencional
- No hay diferenciación cromática entre los asientos comunes y los preferenciales. Suelo sin escalones



Continúa en la página siguiente

CONFIGURACIÓN INTERIOR BUS URBANO



Diseño de bus accesible. Umeå Institute of Design

- Bus de suelo bajo total. Única zona con escalones en la parte posterior, sobre la cual se ubican unos asientos
- Asientos suspendidos. Asientos preferenciales y comunes con colores contrastante pero sin diferenciación entre ellos.
- Asideros suspendidos en los pasillos.
- Única puerta de embarque y desembarque amplia ubicada en la zona frontal del bus



Fuente: <http://www2.dh.umu.se/degree2009/index.php/students/view/ceren-bagatar#>

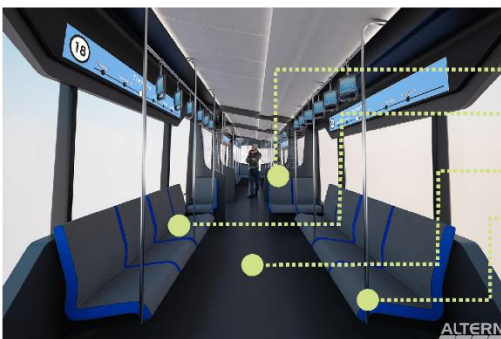
China, Zhuhai bus Publico.

- No hay asientos ubicados en la zona mas próxima al conductor y al acceso
- Asientos en escalones ubicados en carril. posiblemente ubicados sobre las llantas del vehiculo
- Unica fila de asientos distanciados unos de otros
- Asientos con apoyos en la parte superior
- Pasillos amplios para facilitar la circulación en el bus. Esta dimensión se debe a la ubicación de los asientos

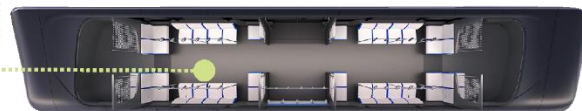


Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zhuhai-inside_chinese_public_bus.jpg

CZERWONE MAKI BUS. Yako Design Mikolaj Nicer, Blazej Bacalski, Jakub Maciejczyk & Grzegorz Szczupal



- Sillas ubicadas sobre los accesos del vehiculo
- Aproximadamente el 50% de los asientos estan ubicados en carril
- No hay diferenciación cromática entre los asientos comunes y los preferenciales. Suelo sin escalones
- Únicamente hay asideros verticales, sin la presencia de asideros horizontales
- Pasillos amplios en la zona central del vehiculo. Suelo sin escalones



Fuente: <http://www.yankodesign.com/2017/10/09/this-could-be-the-end-of-personal-vehicles/>

Figura 32. Análisis general de la configuración interna de vehículos similares.

CONFIGURACIÓN INTERIOR VEHÍCULOS DE TRANSPORTE PUBLICO



MALAGA TRAM

- Asideros verticales en forma de “Y” ubicados en el centro de los pasillos
- Asideros suspendidos ubicados junto a los accesos
- Disposición de asientos en tres formas
- Asideros ubicados al costado de los asientos
- Asientos en carril suspendidos.

Fuente: <http://www.caf.net/en/productos-servicios/proyectos/proyecto-detalle.php?p=72>



Interior de bus por Catalina Agudin.

Disposición de asientos de dos formas: Ubicados en carril pero de frente a las ventanas del vehiculo y de frente

Asideros verticales suspendidos curvos en la parte superior

Asientos frontales en la zona posterior del bus, ubicados sobre una escalera

Diferentes alternativas para viajar dentro del bus, una de ellas un intermedio entre viajar sentado y de pie




Fuente: <http://www.agudincatalina.com.ar/cms/>





M8 city mini bus, Maform design studio


- Totalidad de las sillas dispuestas en carril. Asientos plegables
- Diseño alternativo de los asideros verticales para proporcionar mas apoyos
- Pasillos amplios para los pasajeros que viajan de pie. Pasillos sin escaleras
- Asideros verticales curvos que salen del suelo y llegan a alturas medias
- Única puerta de embarque y desembarque ubicada en la mitad del minibus

Fuente: <https://www.behance.net/gallery/4481351/M8-city-mini-bus>



5.1.2 Análisis de los Dispositivos de Ingreso. Teniendo en cuenta que una de las actividades más demandantes a nivel postural es durante el ingreso, se evaluaron diferentes alternativas en el mercado que proponen soluciones para eliminar la necesidad de subir escalones para ingresar en el vehículo (Figura 33).

Figura 33. Análisis de los dispositivos de ingreso

DISPOSITIVOS DE INGRESO	
RAMPA DE ACCIONAMIENTO HIDRÁULICO	
	<p>DESCRIPCIÓN Rampa de plegado doble de accionamiento hidráulico</p> <p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Dimensiones: 830x 2380 mm Capacidad de carga: 400 kg Peso Propio: 75 kg Alimentación: 12 V</p>
	<p>VENTAJAS No depende de la hidráulica del vehículo Su dimensión evita generar grandes pendientes al entrar en contacto con la calzada o la acera.</p>
ELEVADOR ELECTROHIDRÁULICO	
	<p>DESCRIPCIÓN Elevador electrohidráulico escamoteable de tipo retráctil, ubicado en el interior del compartimento de los escalones del vehículo.</p> <p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Dimensiones plataforma de carga: 1038 x 1230mm Capacidad de carga: 350 kg Peso Propio: 210 kg Alimentación: 12/24 V</p>
	<p>VENTAJAS La altura de la calzada o el andén no altera su ubicación</p>

Continúa en la página siguiente

DISPOSITIVOS DE INGRESO

RAMPA DE ACCIONAMIENTO MANUAL



DESCRIPCIÓN

Rampa interna encajada en el suelo del vehículo con basculamiento manual.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Dimensiones: 920 x 826 mm
Capacidad de carga: 300 kg
Peso Propio: 25 kg

VENTAJAS

Fácil instalación.
No depende de ningún mecanismo externo para su funcionamiento
No consume energía.

DESVENTAJAS

El sistema dificulta su manipulación pues requiere de motricidad fina, destreza y fuerza
Es necesaria la intervención del chofer para accionar la rampa
Dependiendo de la altura de la acera o la calzada puede generar un gran ángulo de pendiente.

RAMPA DE ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO



DESCRIPCIÓN

Rampa con funcionamiento eléctrico instalada en el interior o debajo de la plataforma del vehículo.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Dimensiones: 1200x 1460 mm
Capacidad de carga: 300 kg
Peso Propio: 75 kg
Tiempo de salida/retracción: 6 segundos
Alimentación: 12/24 V

VENTAJAS

Tiempo de accionamiento rápido
No necesita de la intervención de un tercero para ser accionada.
Al ubicarse bajo el vehículo optimiza del espacio.

DESVENTAJAS

Consumo de energía
Dependiendo de la altura de la acera o la calzada puede generar un gran ángulo de pendiente.

Del análisis fue posible concluir que todos utilizan principios similares para eliminar la necesidad de subir escalones, la diferencia radica en el mecanismo que utilizan para lograrlo, algunos de ellos a través de mecanismos hidráulicos y otros eléctricos y es en este mecanismo del que depende la facilidad y tiempo de accionamiento y la dimensión del dispositivo. Además, a excepción del mecanismo manual todos tienen un gasto energético similar.

5.1.3 Análisis de la máquina registradora. Como se identificó en el diagnóstico, las máquinas registradoras también representan un inconveniente en la situación de uso para los adultos mayores, por esto se realizó un análisis de los sistemas existentes para controlar el ingreso de pasajeros en los vehículos de transporte público. (Figura 34).

Figura 34. Análisis de las máquinas registradoras.

MAQUINA REGISTRADORA	
MAQUINAS REGISTRADORA DE 4 BARRAS	
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>Estas maquinas de cuatro barras pueden tener diversas formas pero mantienen el mismo principio de girar respecto a un eje vertical</p>
<p>Fuente: http://www.wolpac.com.br/pt/list-product/transport http://www.tuugo.com.co/Companies/registratora-de-buses-tecniedgar/123000363444</p>	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> Resistencia a violaciones y fraudes. Mecanismo convencional. 	<ul style="list-style-type: none"> Eje de rotación en el centro que limita el espacio disponible para que atrevieses el pasajero. Dificultad para generar la rotación del mecanismo pues el usuario debe mover la estructura de 4 barras. Gran dimensión del mecanismo.
MAQUINAS REGISTRADORA DE 3 BARRAS	
	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>Estas maquinas de tres barras gira en un eje que tiene normalmente 45° con respecto al eje vertical.</p>
<p>Fuente: http://www.wolpac.com.br/pt/list-product/transport https://www.nelponto.com.br/sistema-zig-lock-catraca-tcp-rwtech.html</p>	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> Estructura ligera Requiere menos fuerza para girar la estructura El eje se encuentra a un costado de la maquina lo que permite mayor espacio disponible para que el usuario atraviese. 	<ul style="list-style-type: none"> Mecanismo complejo. Menos resistencia a violaciones y fraudes.


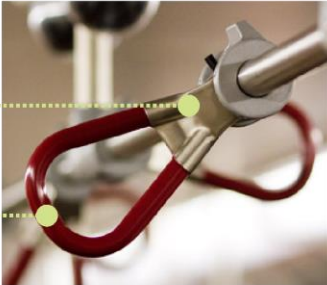

Así, se concluyó que en términos generales existen dos tipos de mecanismos que son utilizados en vehículos, uno de 3 y otro de 4 barras que aunque pueden tener diferentes formas, mantienen el principio de accionarse cuando se le aplica una fuerza a las barras que están restringidas (Chancy y Mejía, 2010).

5.1.4 Análisis de los apoyos flexible. En el diagnóstico se identificó que los apoyos flexibles no son usados por la mayoría de los adultos mayores por la falta de estabilidad que este ofrece al momento de desplazarse por el interior del bus, razón por la cual este elemento no fue identificado como generador de problemas posturales.

Sin embargo, se realizó un análisis de las alternativas que ofrece el mercado que dan solución a los problemas de estabilidad y que pueden ser tomadas en cuenta para mejorar la situación de uso del adulto mayor (ver figura 35).

Figura 35. Análisis de los apoyos flexibles.

CONFIGURACIÓN APOYOS FLEXIBLES

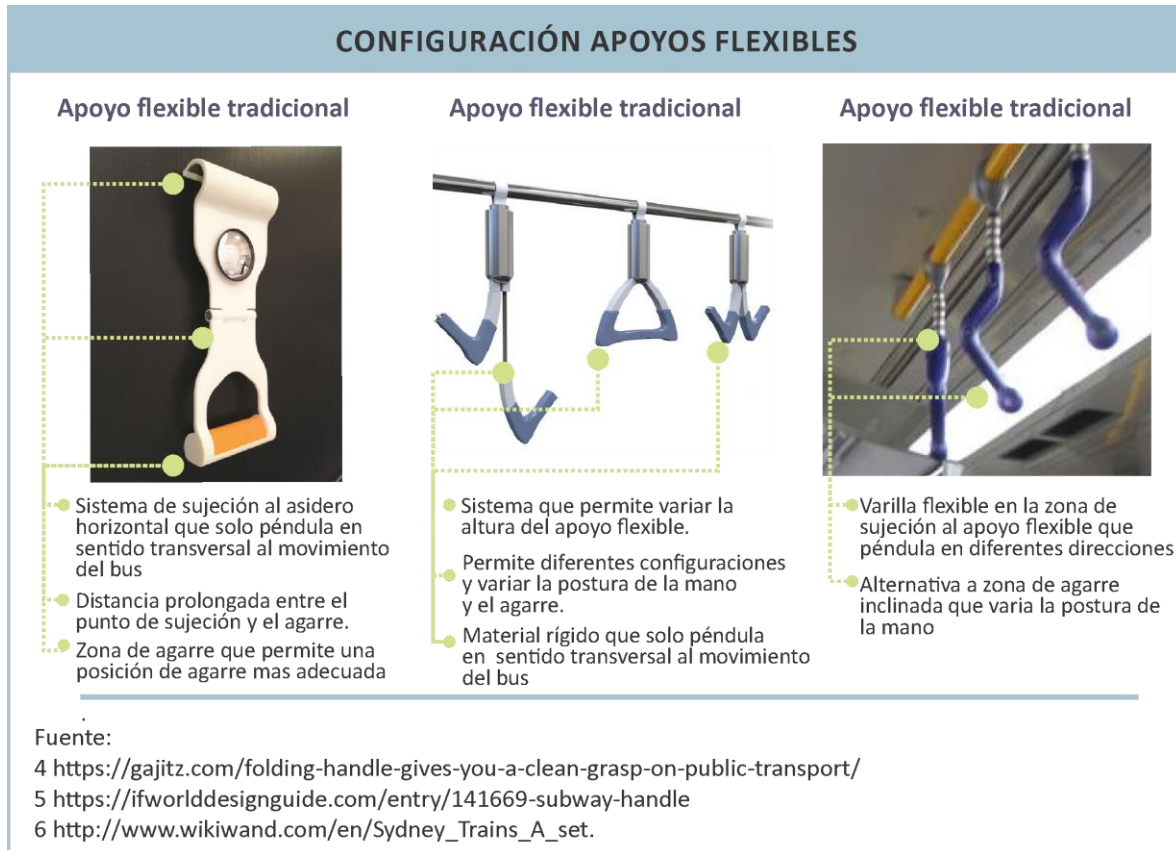
Apoyo flexible tradicional	Apoyo flexible Metro Toronto Rockets	Apoyo flexible 60 grados
		
<ul style="list-style-type: none"> ● Material flexible que en el punto de sujeción al asidero horizontal péndula en cualquier dirección sin brindar una postura estable. ● Zona de agarre flexible que no se adecua a la forma de la mano y que debido al material, gira según el movimiento del bus 	<ul style="list-style-type: none"> ● Material rígido fijo en el punto de sujeción al asidero horizontal. Permite movimiento pendular solo en sentido transversal al movimiento del bus ● Zona de agarre rígida que no se adecua a la forma de la mano. 	<ul style="list-style-type: none"> ● El asa de soporte propuesta proporciona un soporte estable ya que se mantiene tensado por dos cables en direcciones opuestas. No pendula en ninguna dirección ● Zona de agarre amplia que permite una posición de agarre mas adecuada

Fuente:

1. https://www.alibaba.com/product-detail/Fireproof-New-Design-Advertising-Oem-Plastic_60705422224.html
2. http://www.blogto.com/city/2011/05/a_ride_on_the_new_ttc_rocket_subway_train/
3. <https://designtoimprovelife.dk/60-degrees-subway-overhead-support-handle/>

Continúa en la página siguiente

Continuación figura 35



Del análisis fue posible concluir que existen diferentes alternativas de diseño que pueden solucionar los problemas de estabilidad y que pueden ser integrados en las alternativas propuestas más adelante.

5.2 EVALUACIÓN DE BENCHMARKS

Para la selección de alternativas que dan solución a las problemáticas identificadas, se realizó una evaluación en donde se le asignó un puntaje en peso porcentual a cada criterio de evaluación, siendo su sumatoria el 100%. Para evaluar cada criterio se realizó una calificación apreciativa con puntajes de 1 a 5, siendo 5 la máxima puntuación, de acuerdo al nivel de cumplimiento de la alternativa por cada criterio.

Este valor fue multiplicado por el peso porcentual asignado anteriormente y luego dividido en 100, con la intención de obtener un resultado que mostrara el nivel de cumplimiento de cada criterio

por alternativa, para que al realizar la sumatoria de los mismos para identificar en qué medida que alternativa cumple con mayor nivel la totalidad de los criterios evaluados.

5.2.1 Evaluación de los dispositivos de ingreso. Para evaluar los dispositivos de ingreso se compararon, además de las características técnicas identificadas en el análisis de benchmarks, las características relacionadas con la facilidad de uso en términos de seguridad y facilidad de operación, características analizadas al evaluar las ventajas y desventajas de cada dispositivo. (Tabla 13)

Al evaluar la seguridad se analizó en qué medida accionar la rampa de acceso al vehículo interviene con la situación de uso del bus en general. En este sentido se evaluó la ubicación de la rampa en el vehículo y si su accionamiento modificaba los espacios internos del mismo, además si su uso interfiere con la posición que tienen los pasajeros que ya ingresaron.

Con relación a la facilidad de uso, se evaluó la facilidad para accionar y manipular la rampa y la medida en la que intervienen terceros para accionarla.

Tabla 13. Evaluación de los dispositivos de ingreso

Criterio de selección	Imp.	Peso %	Dispositivos de ingreso							
			Rampa de accionamiento hidráulico		Elevador Electrohidráulico		Rampa de accionamiento Manual		Rampa de accionamiento Eléctrico	
			C	CP	C	CP	C	CP	C	CP
Tiempo de operación	5	25%	2	0,5	2	0,5	1	0,25	3	0,75
Capacidad de carga	3	15%	5	0,75	4	0,6	3	0,45	3	0,45
Alimentación	1	10%	3	0,3	2	0,2	5	0,5	3	0,3
Seguridad	4	20%	2	0,4	4	0,8	3	0,6	4	0,8
Facilidad operación	5	30%	3	0,9	3	0,6	1	0,3	4	1,2
Total puntos			2,85		2,7		2,1		3,5	

Calificación apreciativa (C), calificación ponderada (CP)

Se concluye que el sistema utilizado será la rampa de accionamiento eléctrico, la cual se tendrá encuentran durante las alternativas y será detallada con mayor profundidad en el diseño de detalle.

5.2.2 Evaluación de la máquina registradora. Los criterios para evaluar y seleccionar el sistema para controlar el ingreso de pasajeros fueron seleccionados del análisis competitivo en términos de ventajas y desventajas y están dirigidos a solucionar la dificultad principal que se evidenció en este elemento (tabla 14).

En este sentido se evaluó la facilidad de uso con relación al espacio disponible para que el usuario atraviese la registradora, la facilidad para accionar el mecanismo, así como la ubicación de la estructura en el espacio disponible en el bus y finalmente la resistencia de cada sistema frente a fraudes y violaciones.

Tabla 14. Evaluación de las Maquinas de control de ingreso.

Criterio de selección	Imp.	Peso %	Máquina registradora			
			Máquina de 4 Barras		Máquina de 3 barras	
			C	CP	C	CP
Facilidad de uso	5	45%	3	1,35	4	1,8
Resistencia a violaciones y fraudes	3	25%	5	1,25	4	1
Estructura	4	30%	2	0,6	4	1,2
Total puntos			3,2		4	

Calificación apreciativa (C), calificación ponderada (CP)

Se concluye que el sistema utilizado será el de 3 barras, el cual se encuentran durante las alternativas y será detallado con mayor profundidad en el diseño de detalle.

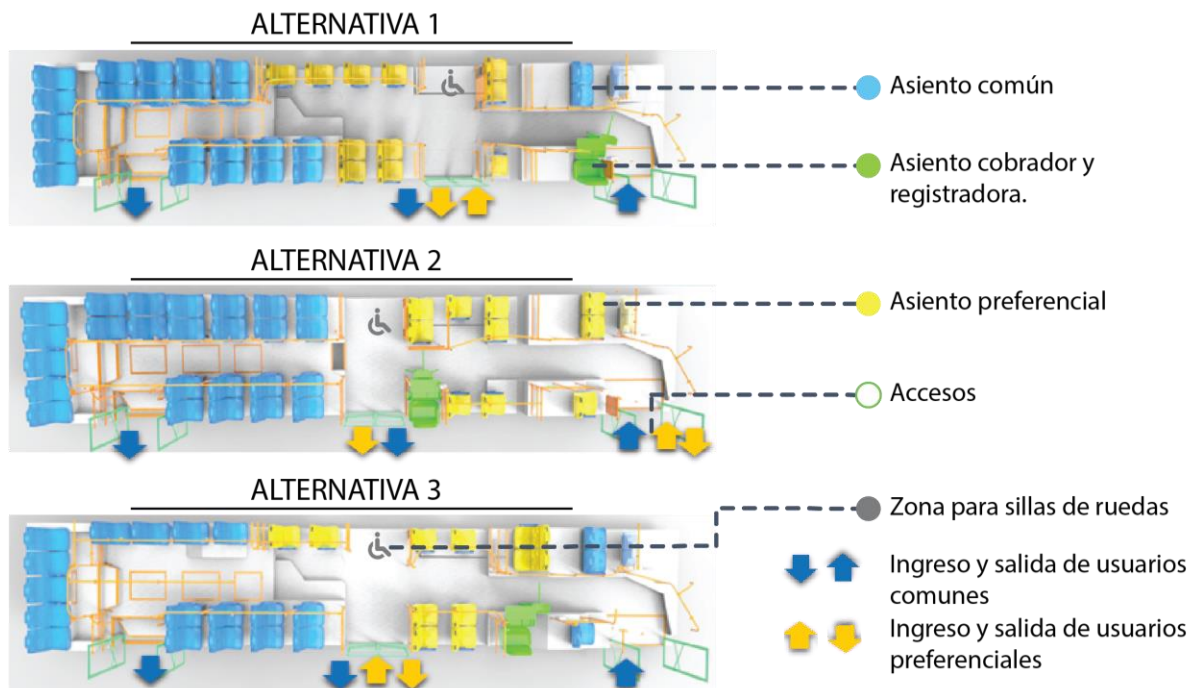
5.2.3 Evaluación de los apoyos flexibles. Con relación a los apoyos flexibles, como se identificó en el análisis de benchmarks existen diferentes alternativas que solucionan el problema de estabilidad y que pueden ser utilizadas en el concepto final. Sin embargo se concluyó que para diseñar un apoyo flexible apropiado es necesario tener en cuenta otras variables adicionales a la postura, razón por la cual, para el desarrollo del concepto final se tuvieron en cuenta las características generalizadas que fueron identificadas como ventajas en el análisis de benchmarks como el sistema de sujeción al asidero que solo péndula en dirección transversal al movimiento del bus y una zona de agarre que se adecue a la forma de la mano y al gesto de prensión. La propuesta será detallada con mayor profundidad en el diseño de detalle.

5.3 DEFINICIÓN DE CONCEPTOS DE DISEÑO

Con las alternativas seleccionadas en la evaluación de benchmarks y el análisis de diferentes configuraciones, utilizando herramientas de dibujo digital se realizaron diferentes alternativas de configuración interna del bus (Anexo E) de las cuales, después de hacer un análisis general se preseleccionaron tres para ser modeladas digitalmente (figura 36).

Para la realización de los conceptos se tuvieron en cuenta los dispositivos previamente seleccionados para ingreso y control de pasajeros y se tomó como punto de partida los requerimientos de diseño y las necesidades de usuario para desarrollar las diferentes propuestas de configuración interna del bus.

Figura 36. Alternativas propuestas



Es necesario especificar, que las alternativas propuestas se adecuan al contexto previamente descrito en donde ya existen parámetros especificados en el mercado con relación al chasis del vehículo destinado para transporte público y la forma de pago. Por esta razón se tuvieron en cuenta los diferentes tipos de chasis para buses de tipo piso bajo existentes en la ciudad de Sao Paulo.

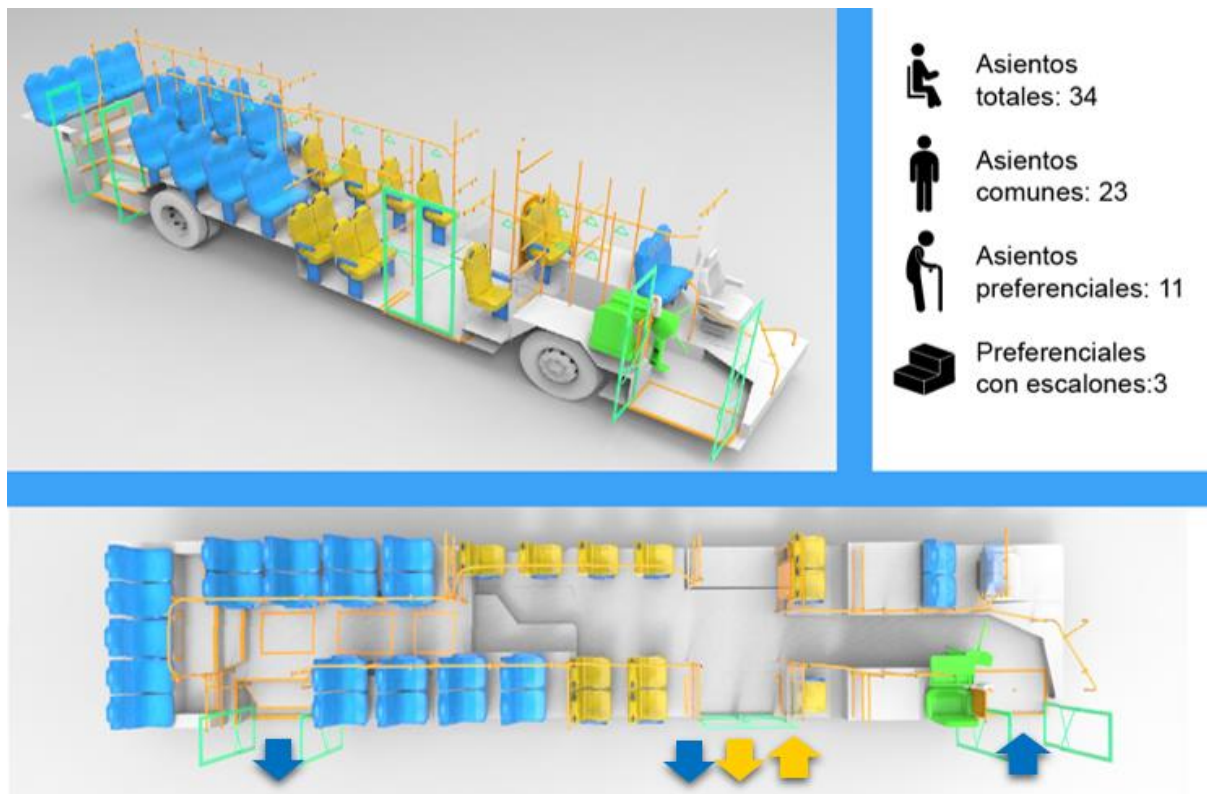
Estas propuestas se caracterizan por tener la zona preferencial ubicada en la zona de piso bajo, la cual concentra todos los elementos necesarios en el mismo espacio para que las etapas de embarque, viaje y desembarque se lleven a cabo con mayor seguridad y libertad de desplazamiento.

Así mismo teniendo en cuenta las características de la ruta 8012-10 y 8022-10 se concluyó que una disposición con tres accesos ubicados en la parte derecha del autobús, distribuidos en la parte delantera, central y posterior responden a la distribución de las paradas dentro de la ciudad universitaria, además de facilitar la situación de uso y mejorar la distribución de los elementos en el espacio.

Por otro lado, es necesario resaltar, que como los adultos mayores según la norma de SPTrans no necesitan realizar pago del pasaje, se propone una configuración donde este tipo de usuario no debe hacer uso de la registradora de control de ingreso.

5.3.1 Alternativa 1

Figura 37. Alternativa 1



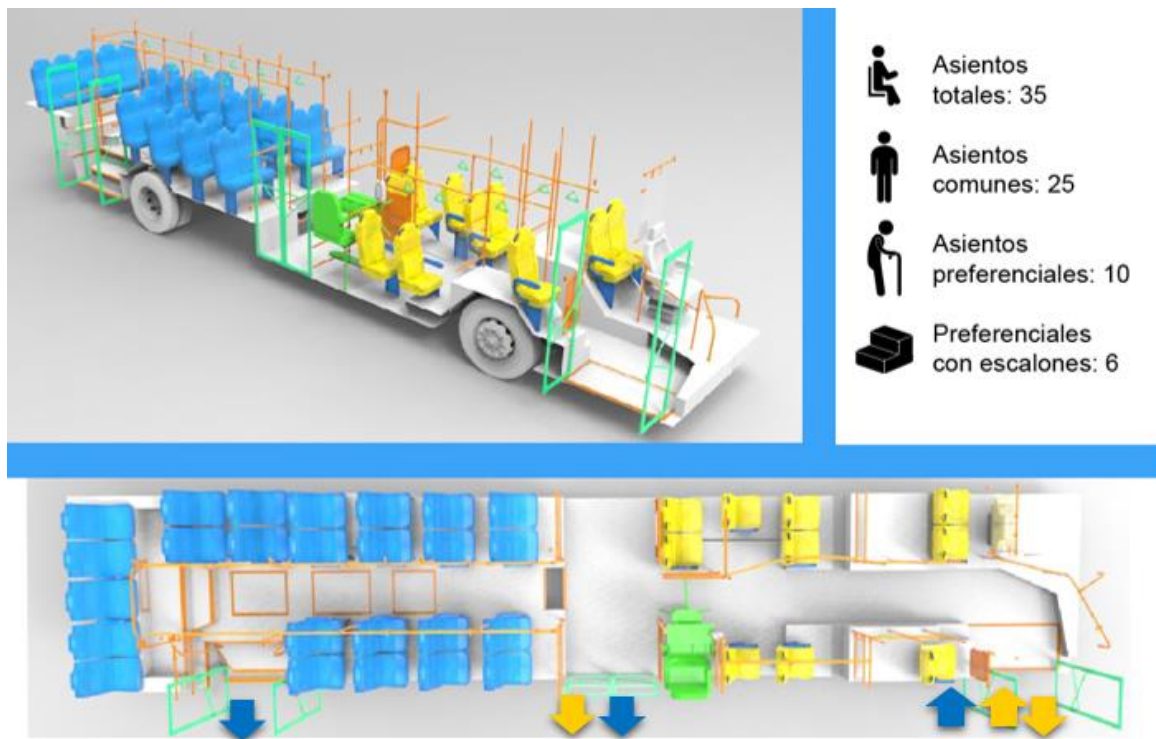
Como se observa en la figura 37, en esta primera alternativa se propone una zona preferencial ubicada en la parte central del bus en la que se encuentran localizados todos los asientos

preferenciales, los cuales, están próximos a la puerta central para facilitar el acceso a ellos y están ubicados de frente en dirección al movimiento del bus, con el fin de disminuir la incomodidad generada por la orientación de los mismos. Además están distribuidos en hileras de uno y dos asientos para generar pasillos más amplios que faciliten la circulación y el desplazamiento, particularmente en situaciones de gran congestión de pasajeros.

Las zonas restantes corresponden a los asientos comunes y la zona del cobrador. Los asientos comunes están localizados en la parte trasera y elevada y solo dos en la parte delantera con la intención de otorgar mayor espacio en la zona del el área preferencial. Los accesos delanteros están determinados para la entrada de pasajeros comunes, y el acceso central esta designado exclusivamente para la entrada y salida de adultos mayores y personas con movilidad reducida de la zona preferencial. En esta alternativa los adultos mayores no hacen uso del acceso delantero por la ubicación de la registradora de control de ingreso.

5.3.2 Alternativa 2

Figura 38. Alternativa 2



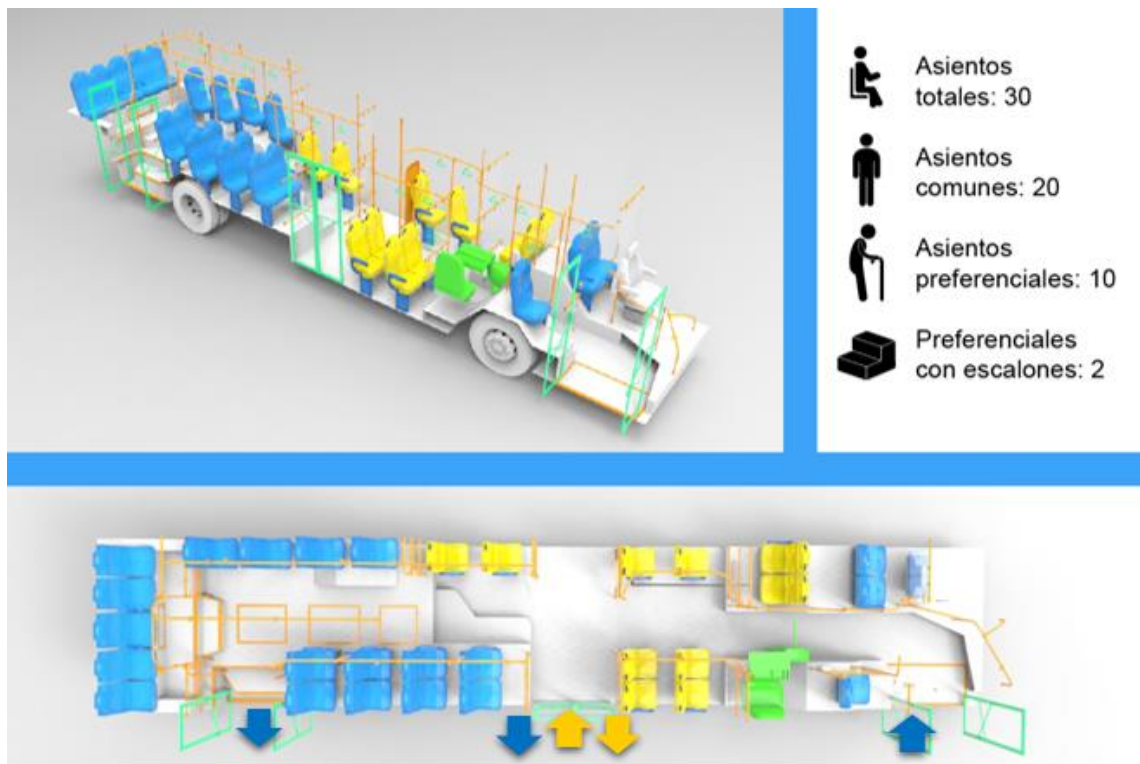
En la segunda alternativa (Figura 38) la zona preferencial está ubicada en la parte delantera del vehículo próxima al acceso, esto reduce el trayecto hasta los asientos preferenciales y permite que los adultos mayores puedan dirigirse más fácilmente a ellos.

Por otra parte la localización de la registradora al final de la zona preferencial le permite al adulto mayor hacer uso del acceso delantero y central, utilizando el pase para ancianos en caso de usar la central.

La zona delantera está dividida de la posterior por la puerta de salida central y la zona para usuarios de silla de ruedas. Por último, la zona posterior está compuesta por una puerta de salida y veinticinco asientos comunes. Esta disposición pretende separar completamente la zona destinada para usuarios comunes y preferenciales para facilitar el desplazamiento de los usuarios mayores en situaciones de cogestión.

5.3.3 Alternativa 3

Figura 39. Alternativa 3



La alternativa 3 (Figura 39) se caracteriza por tener la zona preferencial situada en el centro del vehículo con dos asientos preferenciales ubicados en dirección opuesta al movimiento del mismo.

Los asientos preferenciales están ubicados cerca a el acceso central, el cual esta designado exclusivamente para la entrada de adultos mayores y personas con movilidad reducida. El ordenamiento de los asientos preferenciales busca maximizar el espacio cercano al acceso y facilitar el desplazamiento.

En la zona para pasajeros comunes se ampliaron los pasillos disminuyendo el número de asientos del lado izquierdo en solo una hilera para un total de diecisiete en la parte trasera. Esta medida responde a que el recorrido tiene una duración corta, de aproximadamente 50 minutos para realizar el recorrido circular y situaciones de cogestión, con el objetivo de que los usuarios comunes que viajen de pie se ubiquen en la zona trasera del vehículo.

5.4 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Para evaluar las alternativas se utilizó la misma metodología que en la evaluación de los benchmarks teniendo en cuenta como criterios los requerimientos previamente descritos (ver tabla 15).

Tabla 15. Evaluación de las alternativas de configuración de ingreso.

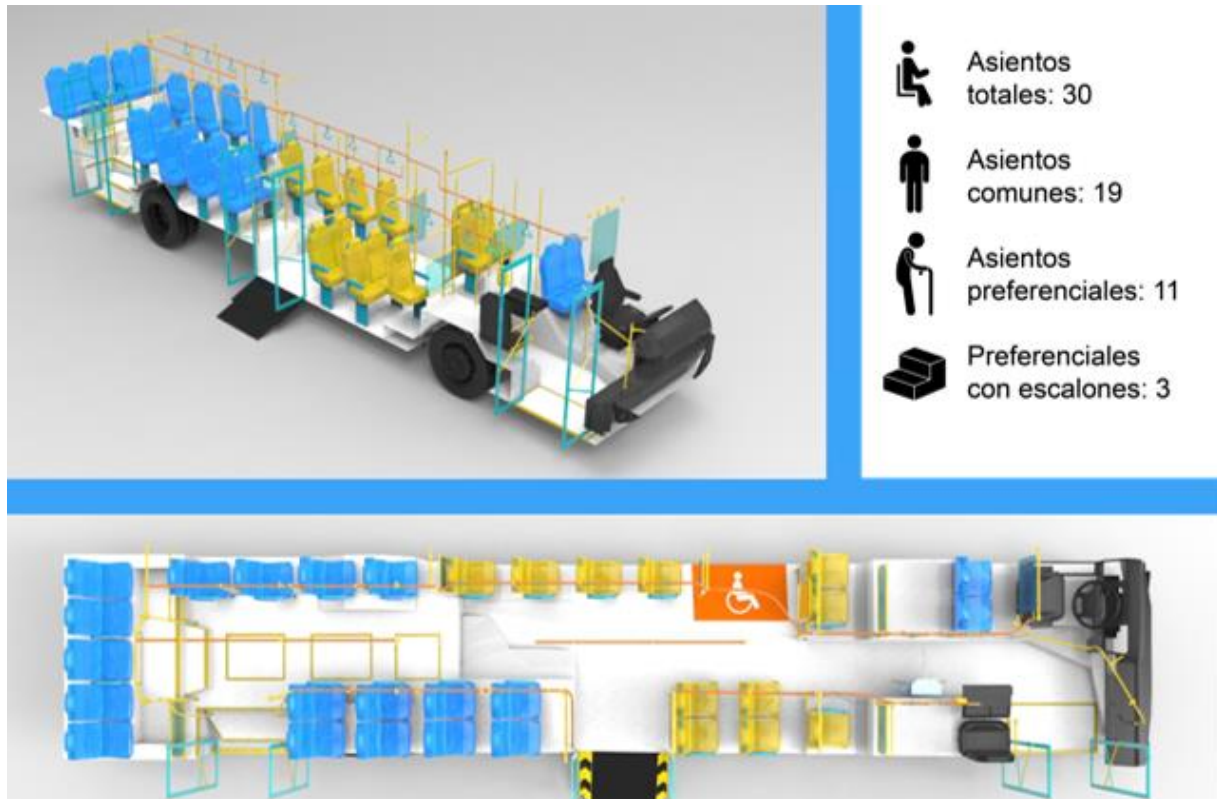
Criterio de selección	Imp.	Peso %	Alternativa					
			Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
			C	CP	C	CP	C	CP
El bus tiene plataforma, rampa o dispositivo que facilite el acceso de personas con movilidad reducida.	3	7%	5	0,35	5	0,35	5	0,35
El piso del interior del bus es de tipo piso bajo parcial o total	4	15%	5	0,75	4	0,6	5	0,75
Existencia de apoyos en todas las zonas del bus	3	7%	5	0,35	5	0,35	5	0,35
Los apoyos flexibles son pendulares y oscilan en sentido transversal	2	2%	5	0,1	5	0,1	5	0,1
Reducir la cantidad de asientos con escaleras.	4	15%	3	0,45	1	0,15	4	0,6
Redistribución de asientos preferenciales cerca a puertas de entrada y salida.	3	10%	4	0,4	5	0,5	4	0,4
Asientos de fácil acceso sin obstáculos	3	10%	4	0,4	2	0,2	3	0,3
la cantidad de asientos preferenciales debe ser entre 30-40 % del total	3	10%	5	0,5	4	0,4	3	0,3
Ningún asiento preferencial es de tipo plegable	2	2%	5	0,1	5	0,1	5	0,1
Aumentar el ancho del pasillo	4	15%	4	0,6	3	0,45	5	0,75
La registradora permite un uso que no exige dificultad ni demandas posturales para el usuario	3	7%	5	0,35	5	0,35	5	0,35
Total puntos			4,35		3,55		4,35	
Lugar			1		2		1	

Calificación apreciativa (C), calificación ponderada (CP)

Del resultado final fue posible concluir que dos de las alternativas tienen el mismo nivel de cumplimiento de los criterios de evaluación, sin embargo se identificó que existen fortalezas en todas las alternativas relacionadas a la situación de uso que pueden ser aprovechadas para realizar una propuesta final que integre todas las soluciones.

5.5 ALTERNATIVA FINAL

Figura 40. Alternativa final



En la alternativa final (figura 40) la zona preferencial se caracteriza por estar ubicada en la parte central del vehículo pues se concluyó que además de ser el área más próxima al acceso central designado para el ingreso de los pasajeros preferenciales, también es la zona de piso bajo más regular del chasis del bus.

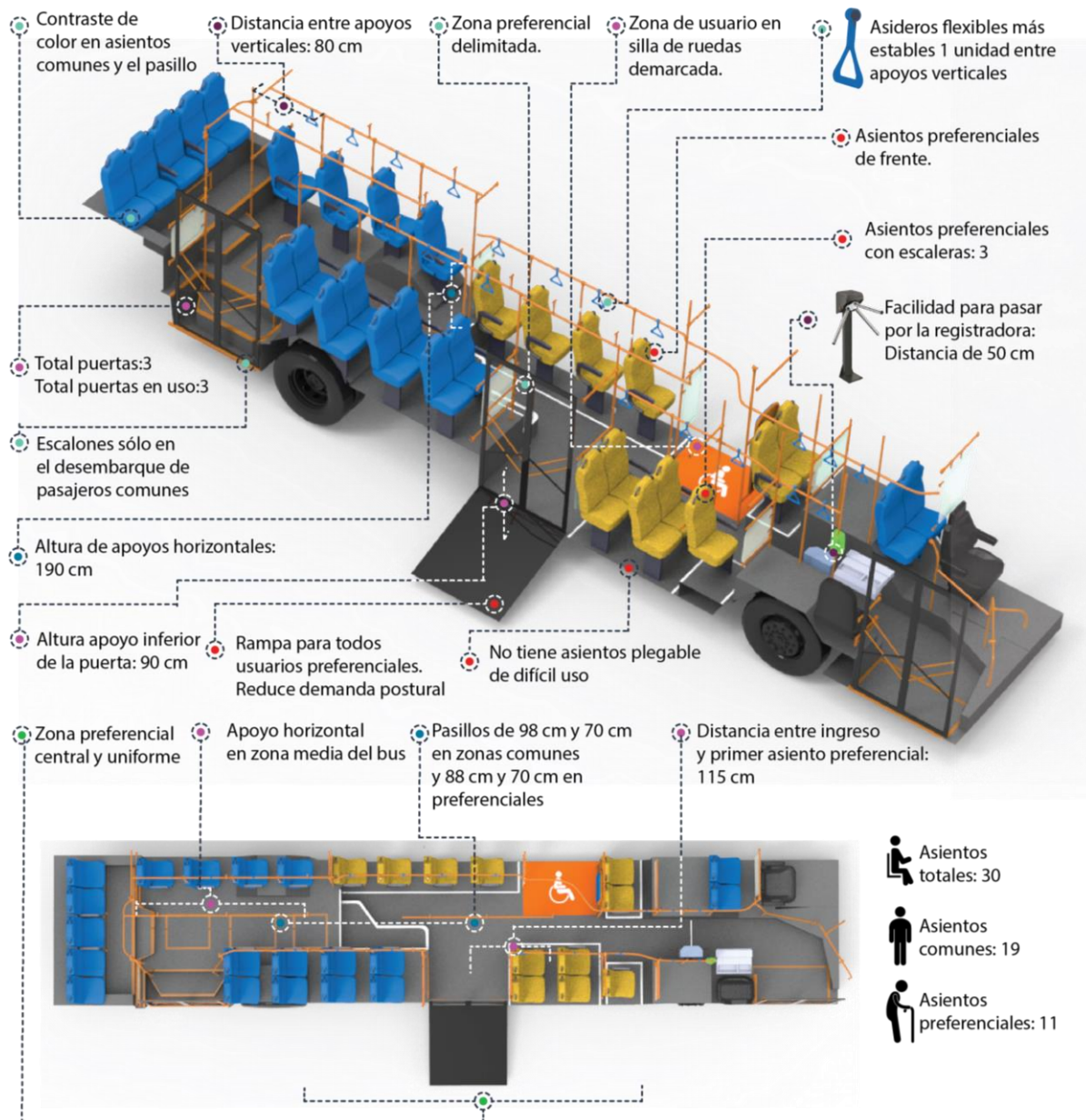
Además la disposición en hilera de algunos de los asientos preferenciales es la distribución que responde en mayor medida al requerimiento de generar pasillos más amplios en zonas específicas del bus. Así mismo aunque este tipo de configuración, en comparación con la alternativa 3 que sólo tiene dos asientos preferenciales sin escaleras, el tercer asiento de la presente propuesta responde a un asiento preferencial de más que proponía la alternativa 1.

Por otro lado, en este tipo de configuración, las puertas están ubicadas proporcionalmente a lo largo de todo el vehículo y en este sentido, teniendo en cuenta que la zona preferencial está ubicada en el centro del bus, se reduce la distancia entre los accesos y los asientos preferenciales.

En relación a la zona para pasajeros comunes se concluyó que este tipo de configuración aumenta el espacio disponible para pasajeros en pie en la zona posterior del bus, evitando así la acumulación de este tipo de pasajeros en la zona preferencial que en situaciones de congestión dificultan la movilidad del adulto mayor dentro del vehículo.

La figura 41 representa gráficamente las características de la alternativa final

Figura 41. Configuración interna y características del bus propuesto

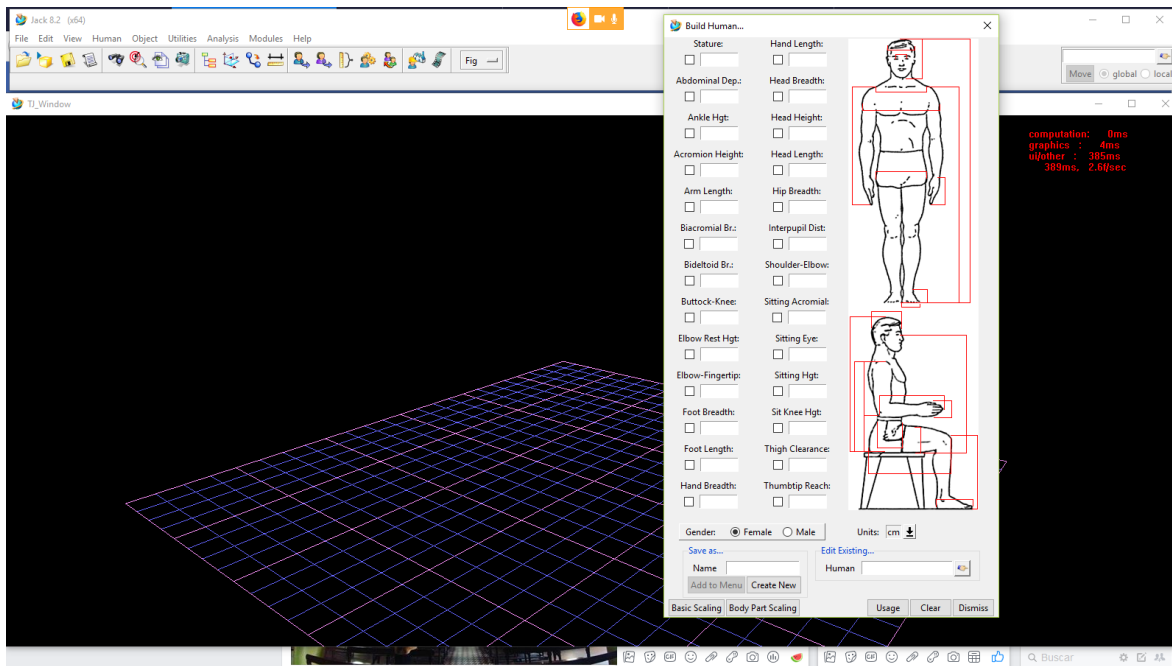


6. DESARROLLO

6.1 MODELADO DIGITAL HUMANO EN JACK

Para la creación del modelo digital humano o maniquí, el software JACK permite la creación de un modelado masculino o femenino, el peso y la altura según el tipo de percentil (1, 5, 50, 95 y 99). Sin embargo, como los adultos mayores presentan unas medidas particulares, se realizó una creación personalizada en donde el software permite modificar las dimensiones antropométricas (ver figura 42), a partir de las medidas antropométricas de adultos mayores de la población brasilera (Franco y Silva, 2009), se tomaron como referencia principalmente, la estatura, ancho acromion, largo del pie, acromion- mano abierta y altura poplíteica, las demás medidas fueron completadas automáticamente por la base de datos del software con el fin de construir un modelado humano proporcional.

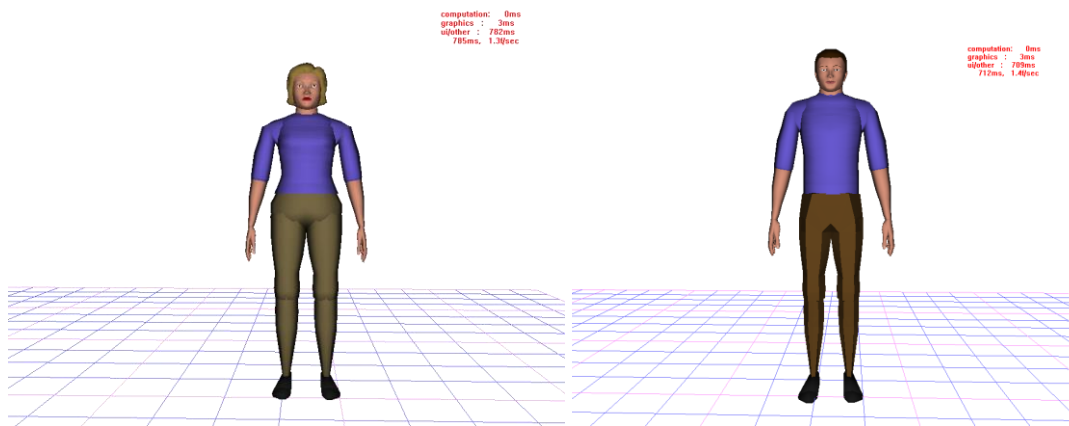
Figura 42. Medidas antropométricas del cuerpo humano en software Jack



Se determinaron dos tipos de percentiles principales: P5 femenino y P95 masculino con el fin de abarcar los extremos de la población (ver figura 43). Se utilizó el P5 femenino debido a que durante la observación del contexto, se identificó que la población femenina de baja estatura presentaba más dificultad para acciones como embarcar el vehículo, usar asientos con escaleras y para alcanzar los apoyos horizontales, así mismo el P95 masculino se tuvo en cuenta para asegurar que

la persona más alta pueda ingresar de manera cómoda al bus y para que su estura no interfiera con el uso de los apoyos horizontales al momento de desplazarse debajo de estos para conseguir usar un asiento preferencial . De esta forma, si se solucionan los problemas más críticos que sufren los extremos de la población adulta mayor, se contribuye a ampliar el rango de inclusión con relación al uso de bus urbano.

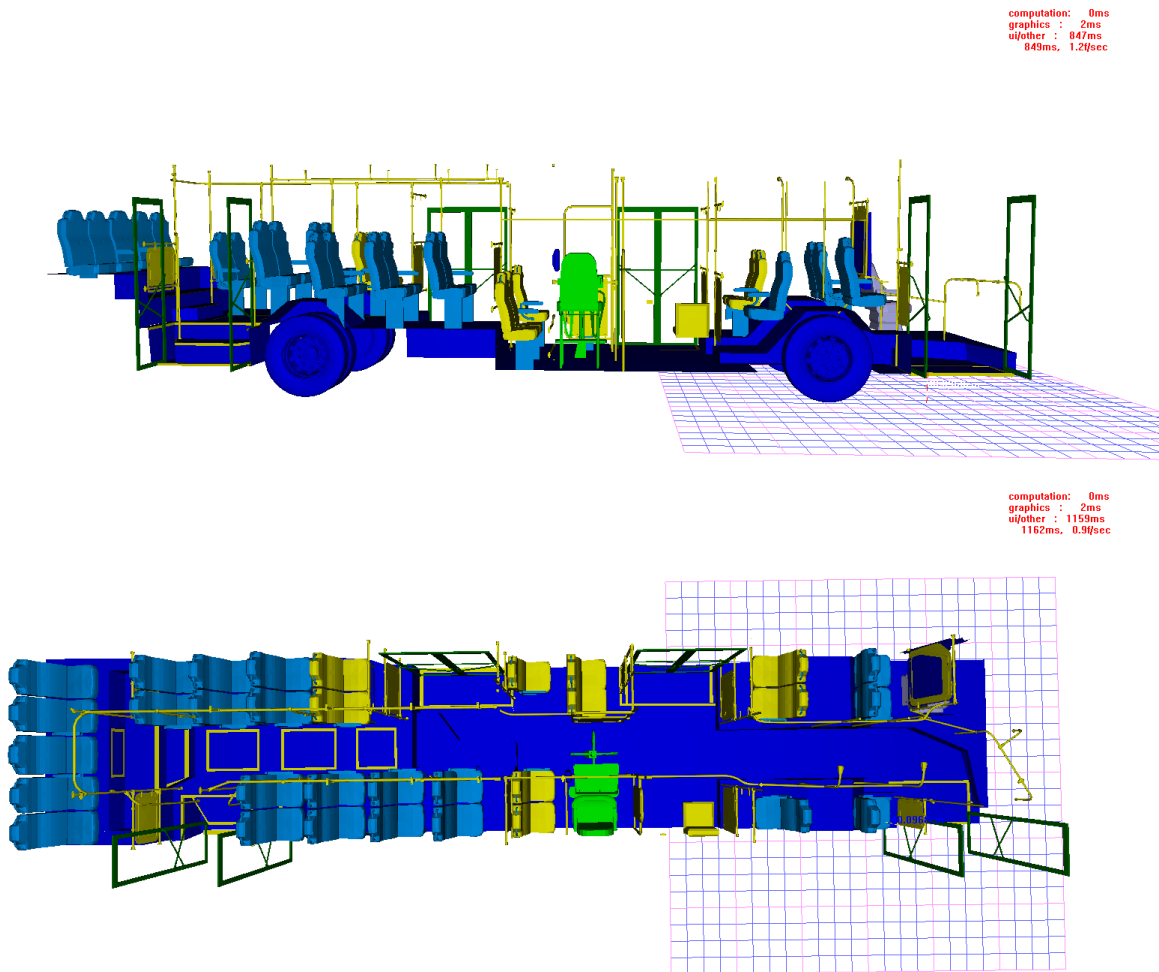
Figura 43. Percentiles P5 femenino y P95 masculino



6.2 SIMULACIÓN DE ENTORNOS EN EL SOFTWARE JACK

Se adecuaron dos modelados en el software Jack, el primero corresponde a la configuración interna del bus actual y el segundo a la configuración interna del bus propuesta, estos modelados fueron realizados en el programa rinconeros con el fin de mantener la proporción y exactitud puesto que el software JACK cuenta con herramientas limitadas de creación y edición de objetos, posteriormente los modelados fueron importados al software JACK (ver figura 44). Una vez importados, solo se permiten las acciones de escalar, rotar y trasladar, además, se encontró que el software JACK no cuenta con un sistema de coordenadas que permita una precisa ubicación espacial, sin embargo, cuenta con una herramienta “regla” que permitió ubicar el bus sobre el plano de trabajo a una altura de 40cm tal y como se registró en la toma de medidas de la configuración del bus actual.

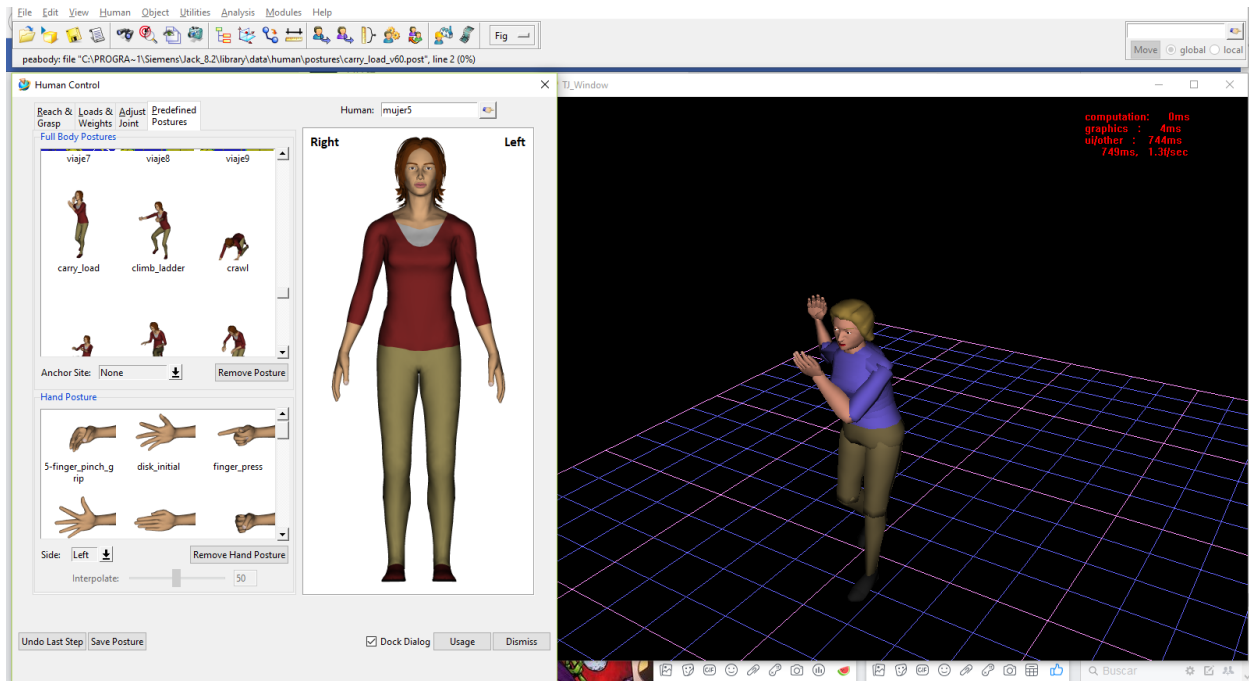
Figura 44. Ejemplo de la configuración del bus actual en software Jack



6.3 SIMULACIONES DE HUMANOS EN EL SOFTWARE JACK

El software Jack no cuenta específicamente con una base de datos de adultos mayores ni restringe los rangos de movilidad que presentan estos usuarios durante el desarrollo de una actividad, por esta razón durante el proceso de creación de las simulaciones se siguió el comportamiento registrado durante las tomas de video y de la observación de la situación de uso. A partir de las posturas identificadas se define una secuencia de posturas, JACK cuenta con una biblioteca de posturas predefinidas (figura 45), las cuales se modificaron para conseguir las posturas adoptadas por los adultos mayores durante la observación del contexto, esto permitió optimizar tiempos en la creación de simulaciones.

Figura 45. Posturas del cuerpo completo y posturas de la mano software JACK



Para definir la secuencia de posturas se definió una postura inicial y otra final, se definieron también otras posturas intermedias con el objetivo de construir una transición que permita una simulación más fluida y acercarse más a la observación de uso real. Se identificó que el software JACK no reconoce los elementos internos como elementos que restrinjan el movimiento, es decir, el modelado digital puede traspasar los objetos y superficies, sin embargo, para corregir este error, se tuvo especial cuidado en las posturas construidas y en la interacción del modelado humano con el entorno del vehículo.

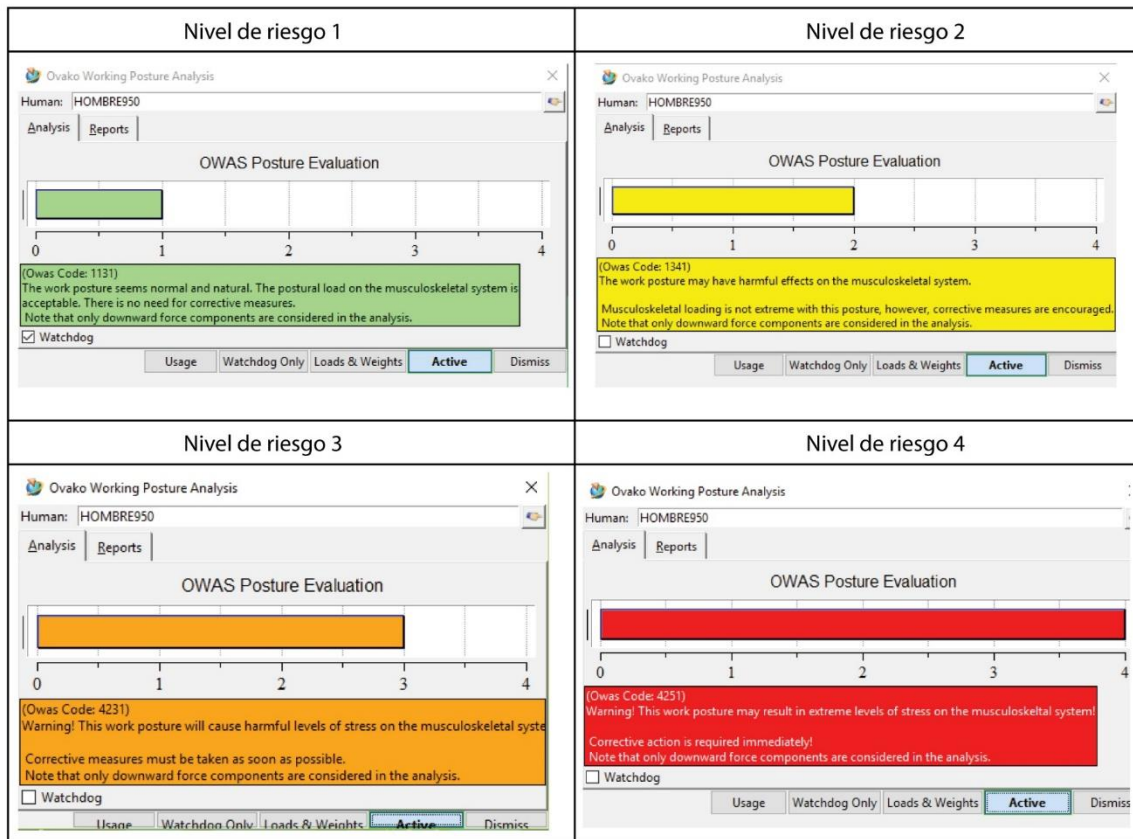
6.4 HERRAMIENTA DE ANÁLISIS ERGONÓMICO OWAS

El software JACK cuenta con herramientas que permiten cuantificar la demanda de tareas específicas y proporciona retroalimentación sobre umbrales ergonómicos aceptables para el uso durante el diseño de productos y procesos. Para el desarrollo de las simulaciones, se utilizó la herramienta OWAS, esta herramienta indica la valoración del riesgo postural durante todo el tiempo que dura la simulación.

El software JACK identifica los cuatro niveles de riesgo postural de OWAS (ver figura 46). Para indicar los resultados de la valoración postural genera una gráfica que muestra el código de postura, la categoría del riesgo, el efecto de la postura sobre el sistema musculo esquelético y la acción requerida. Las cuatro categorías del riesgo se describen a continuación:

- Riesgo 1 (color verde): Postura normal y natural sin efectos dañinos en el sistema músculo esquelético. No requiere acción
- Riesgo 2 (color amarillo): Postura con posibilidad de causar daño al sistema músculo-esquelético. Se requieren acciones correctivas en un futuro cercano.
- Riesgo 3 (color naranja): Postura con efectos dañinos sobre el sistema músculo-esquelético. Se requieren acciones correctivas lo antes posible.
- Riesgo 4 (color rojo): esta postura tiene efectos sumamente dañinos sobre el sistema músculo-esquelético. Se requiere tomar acciones correctivas inmediatamente

Figura 46. Análisis de tareas a través de OWAS



La evaluación postural de OWAS será utilizada para validar la configuración de bus actual y la configuración de propuesta en el siguiente capítulo.

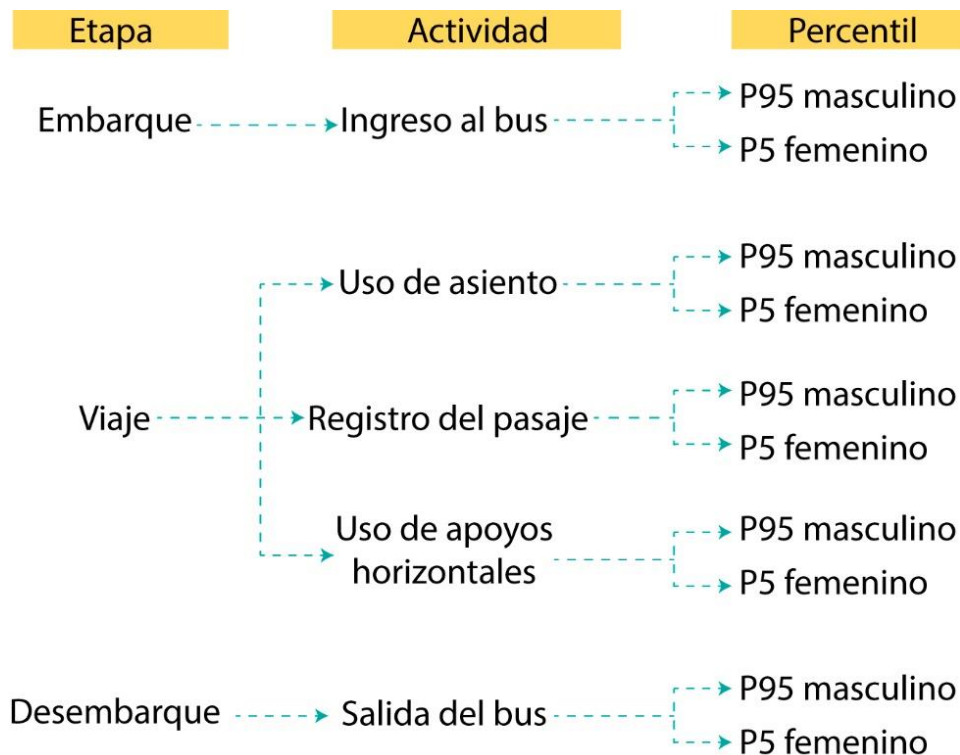
7. VALIDACION ERGONOMICA

El objetivo de esta etapa fue validar la situación de uso de la propuesta a través de las de análisis ergonómico en términos de demanda postural. A continuación se muestra una comparación entre la configuración del bus actual vs la configuración de bus propuesta utilizando el software Jack y el método OWAS para realizar la valoración postural.

7.1 ANÁLISIS DE ACTIVIDAD

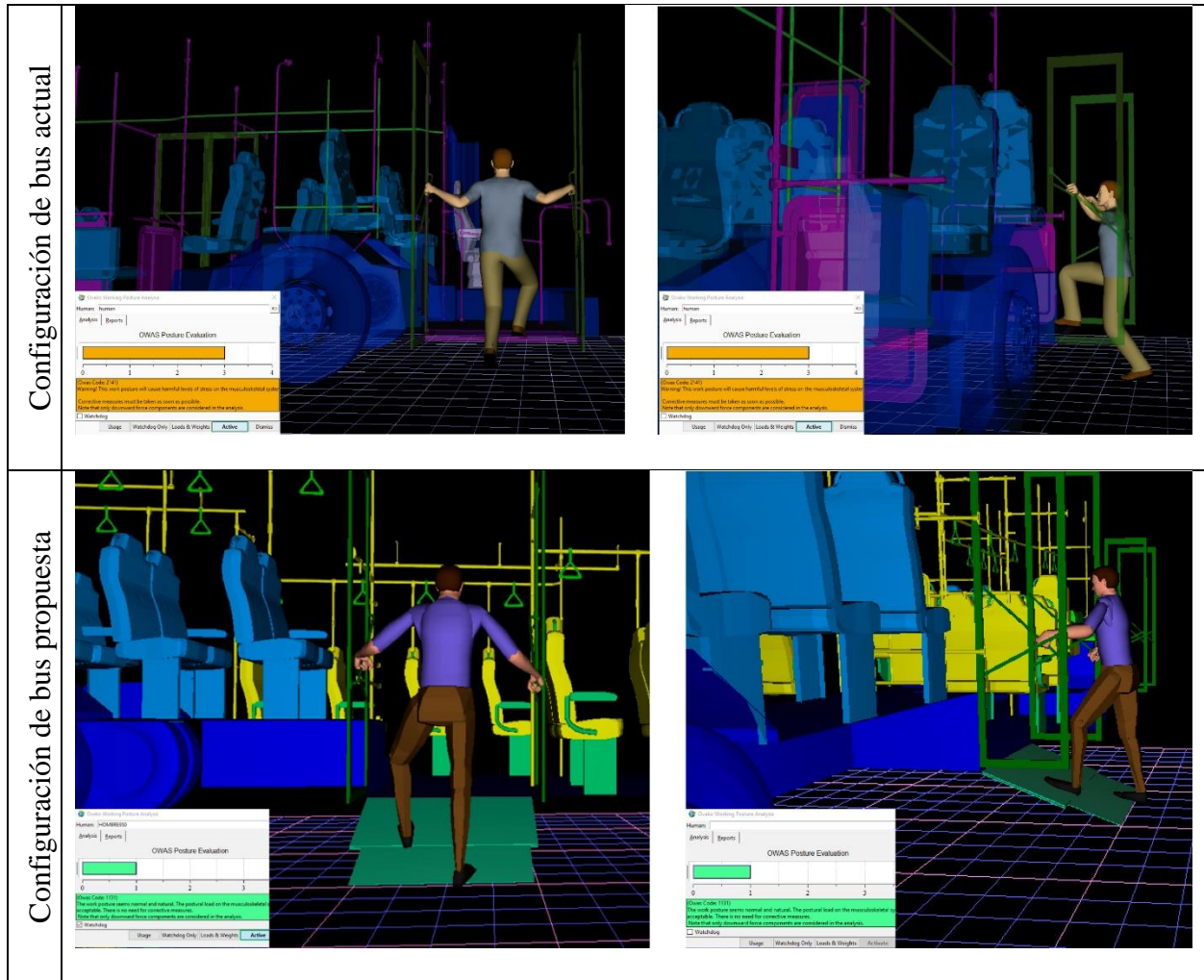
El análisis de actividad consiste en evaluar la actividad del modelado humano a través de simulaciones en las etapas de embarque, viaje y desembarque. Para la simulación de cada etapa se tomó en cuenta el tipo de actividad y el tipo de percentil, el esquema utilizado para este apartado se muestra en la figura 47. Los modelos humanos generados a partir del software Jack corresponden al percentil P95 masculino y P5 femenino construidos a partir de medidas antropométricas de población brasilera de adultos mayores. Se analizaron 5 actividades para cada percentil.

Figura 47. Esquema de actividades según etapa y percentil



7.1.1 Simulación etapa de embarque – ingreso al bus P95 masculino

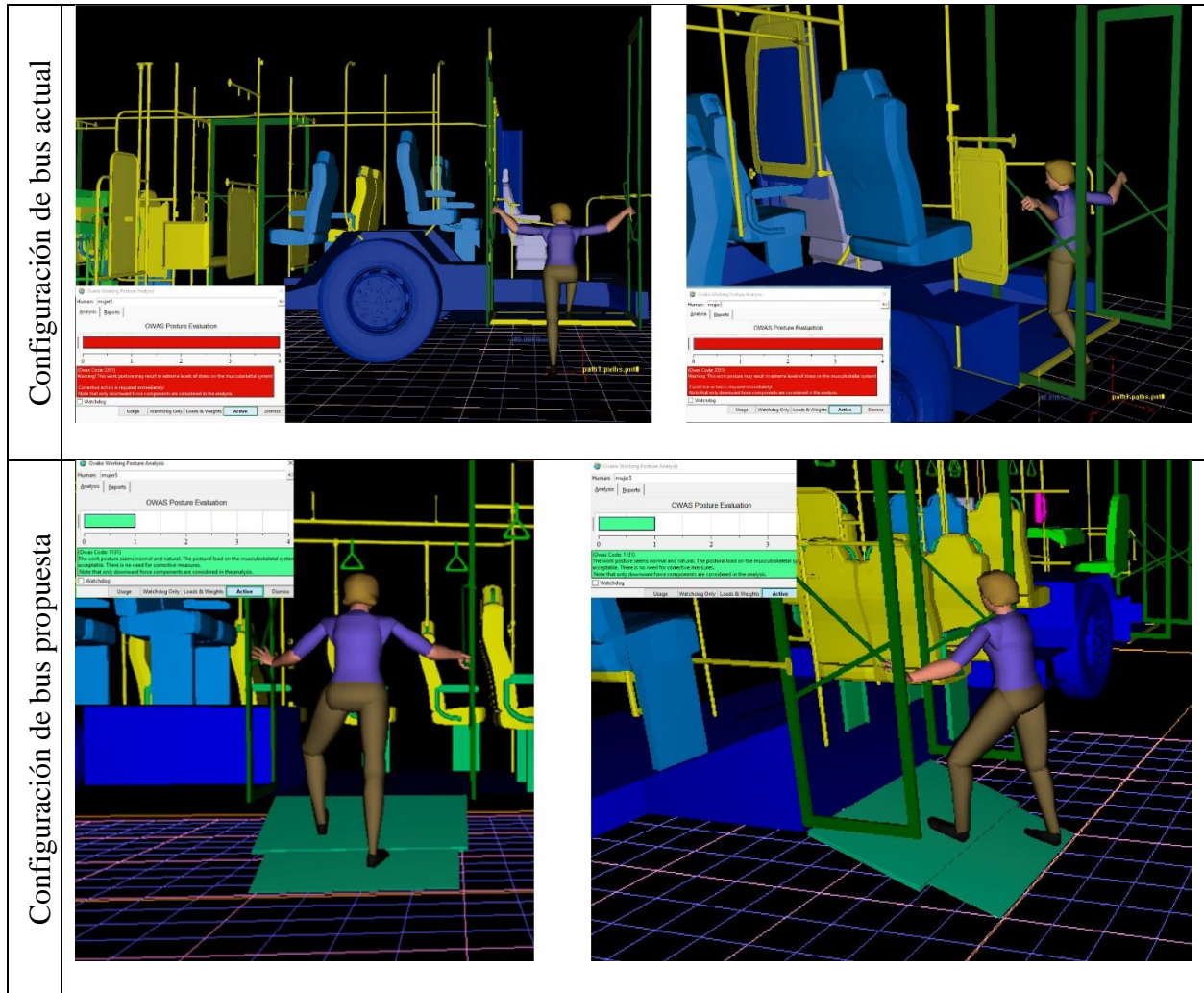
Figura 48. Comparación postural del ingreso al bus entre configuración actual y propuesta para P95



Para la actividad de ingresar al bus del P95 masculino, se observa un cambio de riesgo postural de nivel 3 a nivel 1 en la escala de OWAS, con la configuración de bus propuesta, esto quiere decir, que la postura se considera normal y sin efectos dañinos en el sistema musculo-esquelético. Además, se mejora la postura para espalda y piernas en relación con la configuración de bus actual. Este hecho evidencia que el uso de la rampa para ingresar al bus tiene resultados favorables en la postura

7.1.2 Simulación etapa de embarque – ingreso al bus P5 femenino

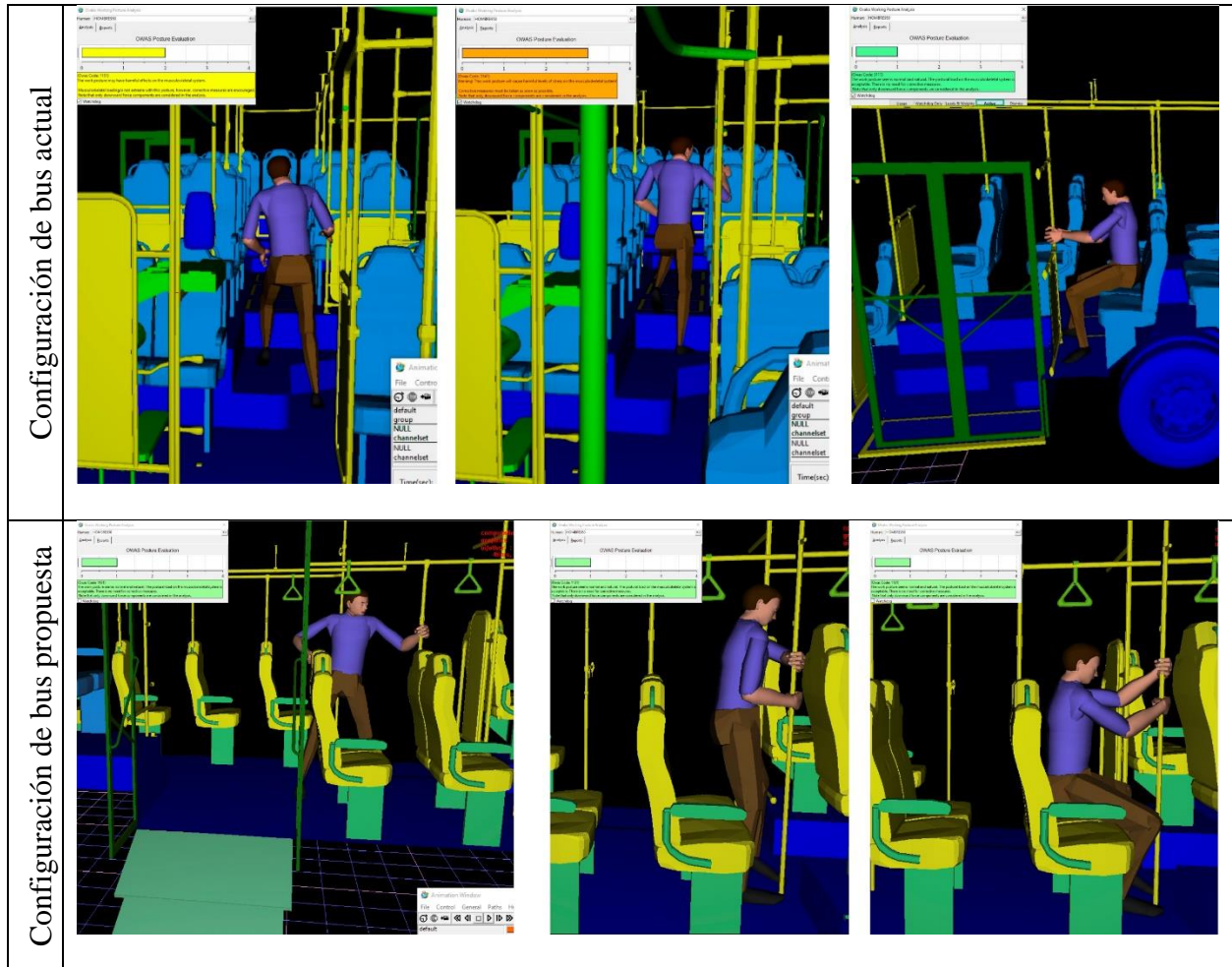
Figura 49. Comparación postural del ingreso al bus entre configuración actual y propuesta para P5



Con relación a la actividad de ingresar al bus del P5 femenino se observa un cambio de riesgo 4 a riesgo 1 en la escala de OWAS, lo que representa que se consiguió una postura normal y sin efectos dañinos para el sistema musculoesquelético. La codificación postural encontrada para la configuración de bus actual fue 2351, mientras que, para la configuración propuesta la codificación observada es 1131, esto quiere decir que se mejoró la postura para espalda, brazos y piernas producto de usar una rampa para el embarcar al bus. Sin embargo, la postura para piernas sigue siendo de riesgo de riesgo por el hecho de tener una pierna recta y otra flexionada al momento de ingresar.

7.1.3 Simulación etapa de viaje – uso de asientos P95 masculino

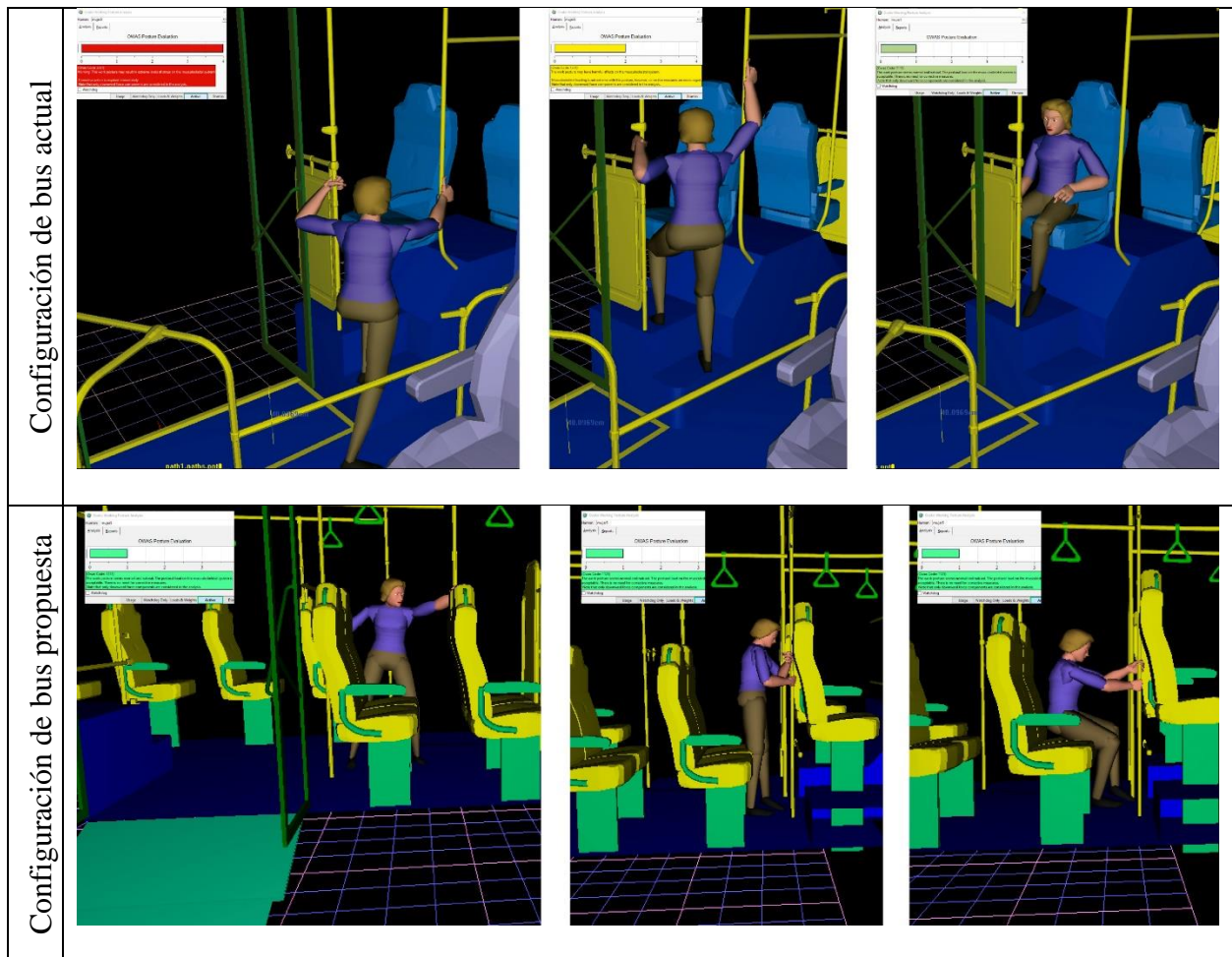
Figura 50. Comparación postural de uso de asientos entre configuración actual y propuesta para P95



Respecto al uso de asientos del P95 masculino se encontró una mejora postural del nivel 3 a 1 en la escala de OWAS, se observan reducción de riesgo postural principalmente para brazos y piernas, esto se debe a que usar asientos con escalones en la configuración actual resulta más demandante posturalmente.

7.1.4 Simulación etapa de viaje – uso de asientos P5 femenino

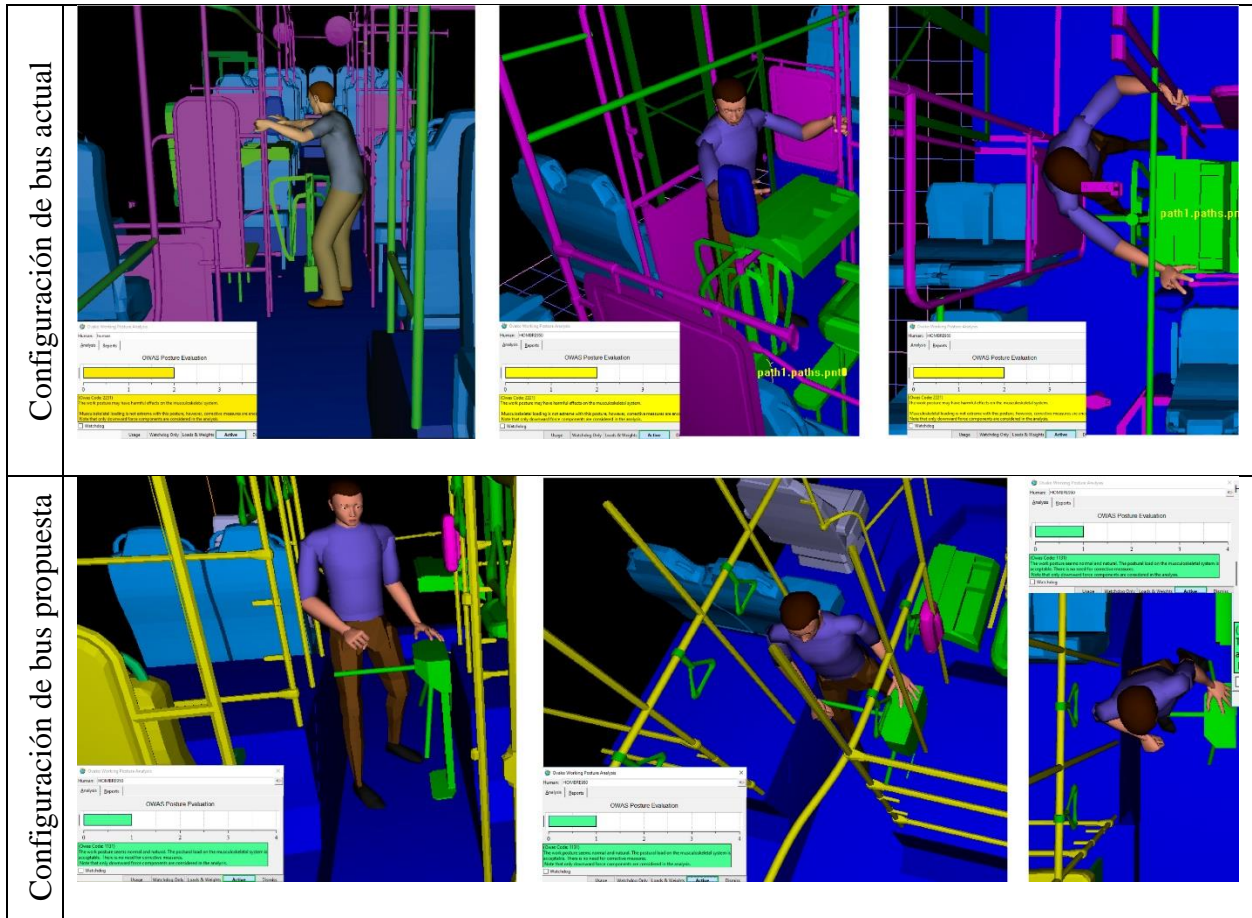
Figura 51. Comparación postural de uso de asientos entre configuración actual y propuesta para P5



Para la actividad de usar asiento del P5 femenino se obtuvo un cambio postural de nivel de riesgo 4 a nivel 1, se evidenció según la codificación postural que la postura adoptada mejora para brazos y piernas, esto se debe a que el hecho de usar un asiento sin escalones resulta menos demandante.

7.1.5 Simulación etapa de viaje – Registro del pasaje P95 masculino

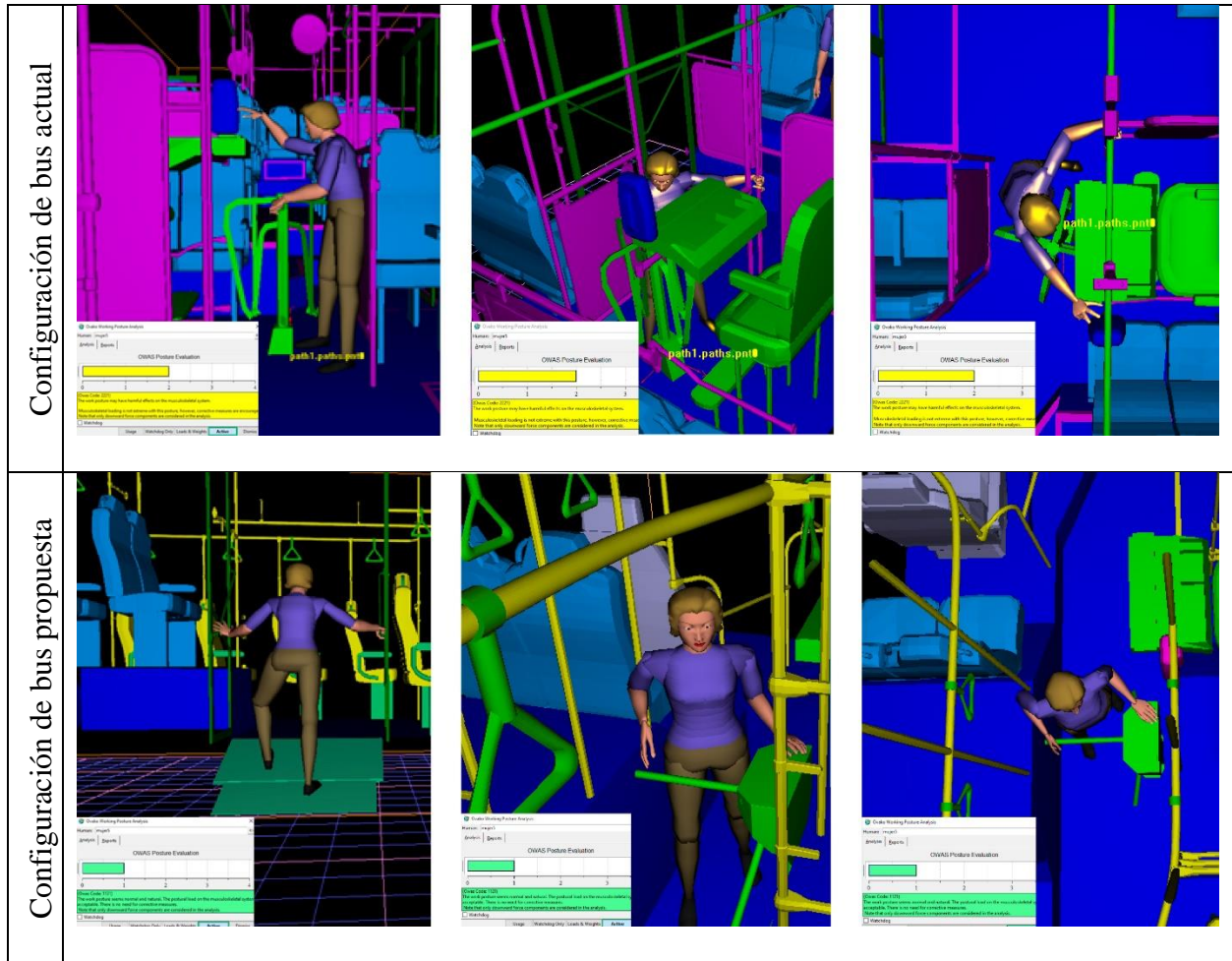
Figura 52. Comparación postural del registro del pasaje entre configuración actual y propuesta para P95



Para el registro del pasaje del P95 masculino, se evidenció un cambio de 2 a 1 en la categoría de riesgo, esta valoración trae como consecuencia una mejor postura para espalda y brazos, representado menor exigencia en relación con el uso de la registradora

7.1.6 Simulación etapa de viaje – Registro del pasaje P5 femenino

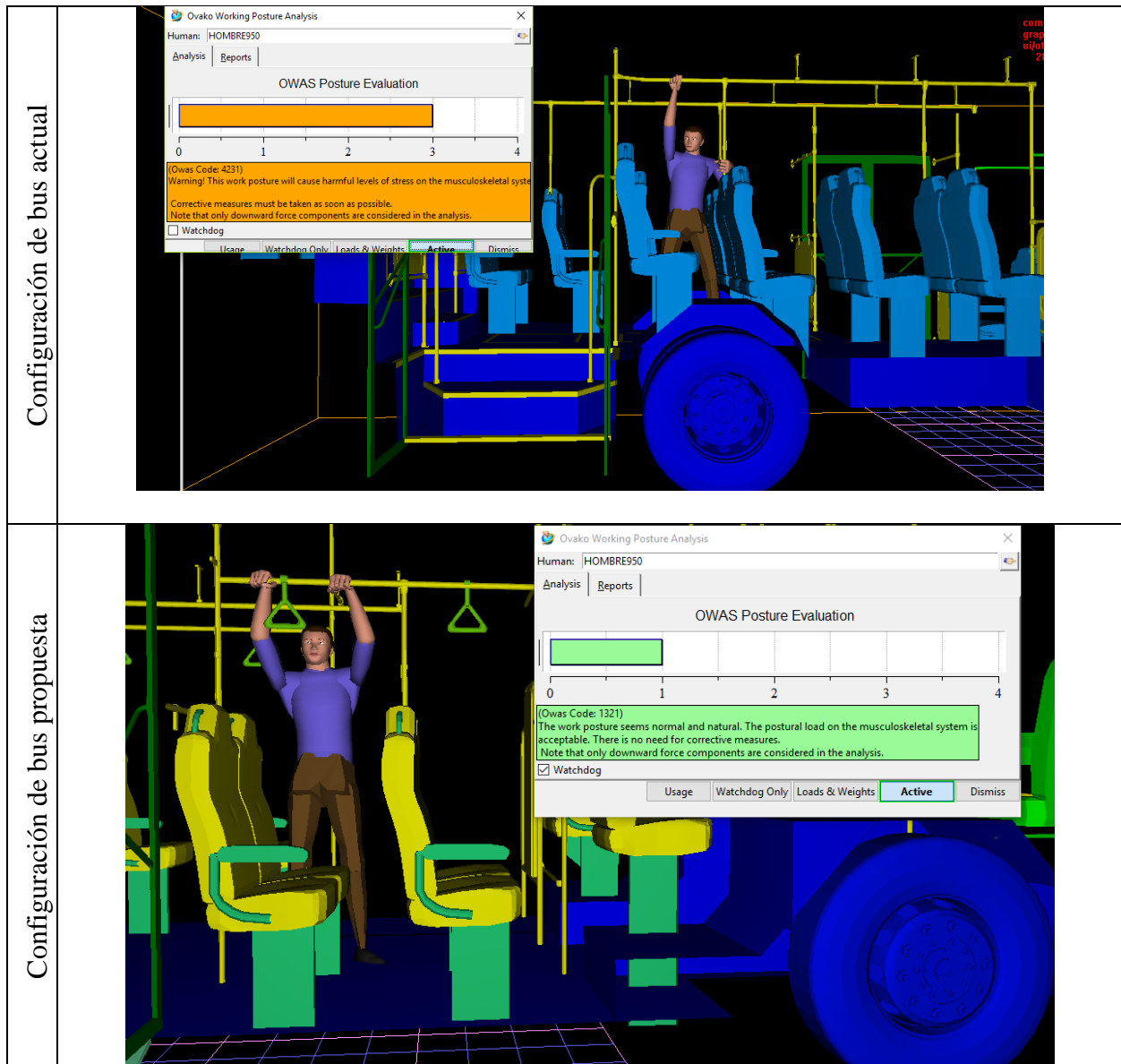
Figura 53. Comparación postural del registro del pasaje entre configuración actual y propuesta para P5



Para la actividad de registrar el pasaje del P5 femenino se registró un cambio postural de nivel de riesgo de 2 a 1, se observa mejora de la postura para espalda y brazos, puesto que la registradora en la configuración actual permite un uso que no genera inclinación en la espalda y la máquina de pago electrónico se encuentra más cercana al usuario

7.1.7 Simulación etapa de viaje – Uso de apoyos horizontales P95 masculino

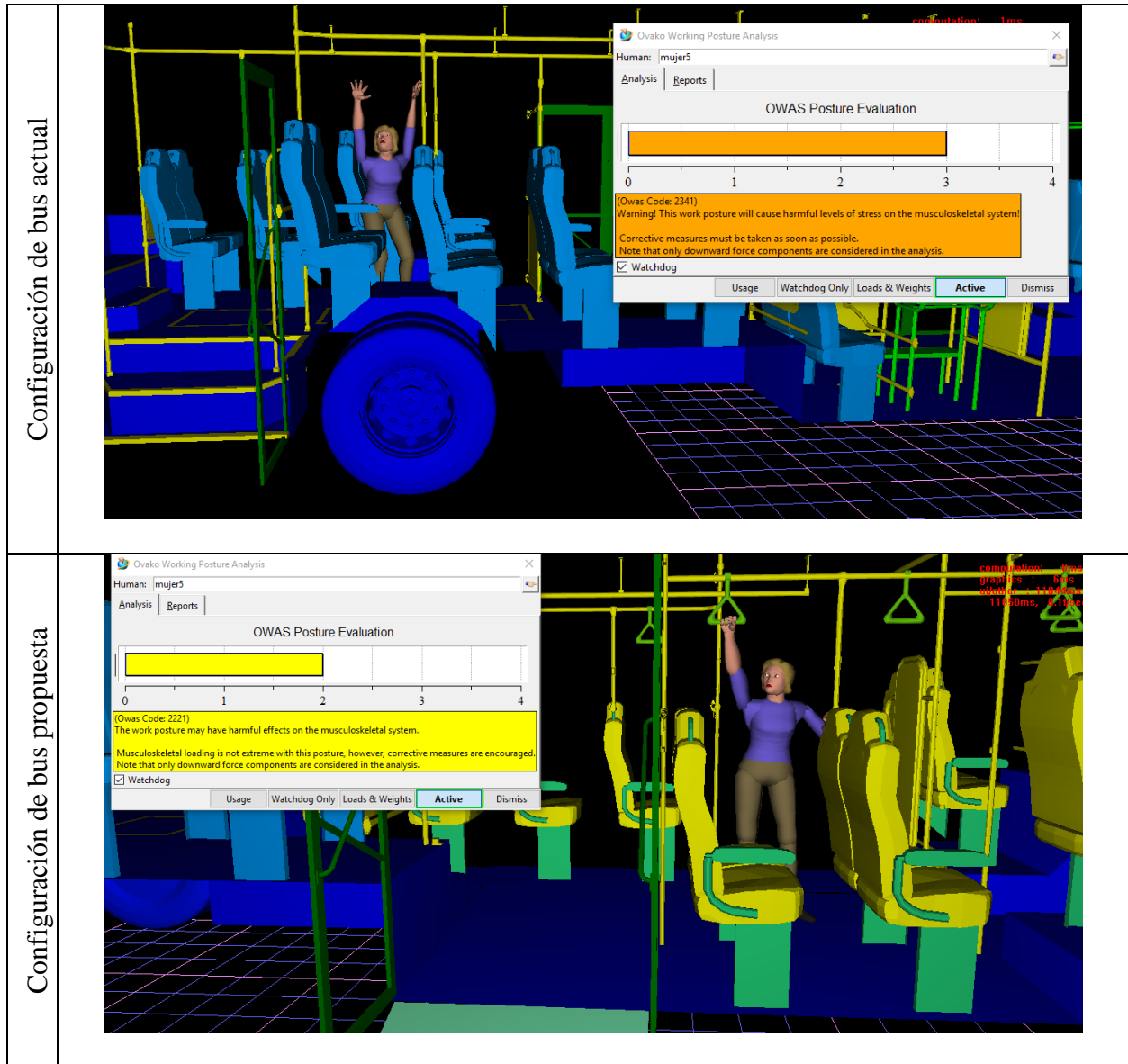
Figura 54. Comparación postural de uso de apoyos horizontales entre configuración actual y propuesta para P95



En relación con el uso de apoyos horizontales del P95 masculino, se observa un cambio de riesgo postural de nivel 3 a nivel 1, esto quiere decir que la reducción en la altura de estos apoyos, conlleva a adoptar una postura más neutral. Se observó que el uso de apoyos horizontales se considera de riesgo postural alto cuando se mantiene los dos brazos por encima del hombro durante un periodo de larga duración, pues esta posición es la que obtiene la valoración más crítica para brazos según la escala de OWAS, además, esta postura se agrava si en la situación de uso la espalda se encuentra inclinada o si existe flexión en las piernas

7.1.8 Simulación etapa de viaje – Uso de apoyos horizontales P5 femenino

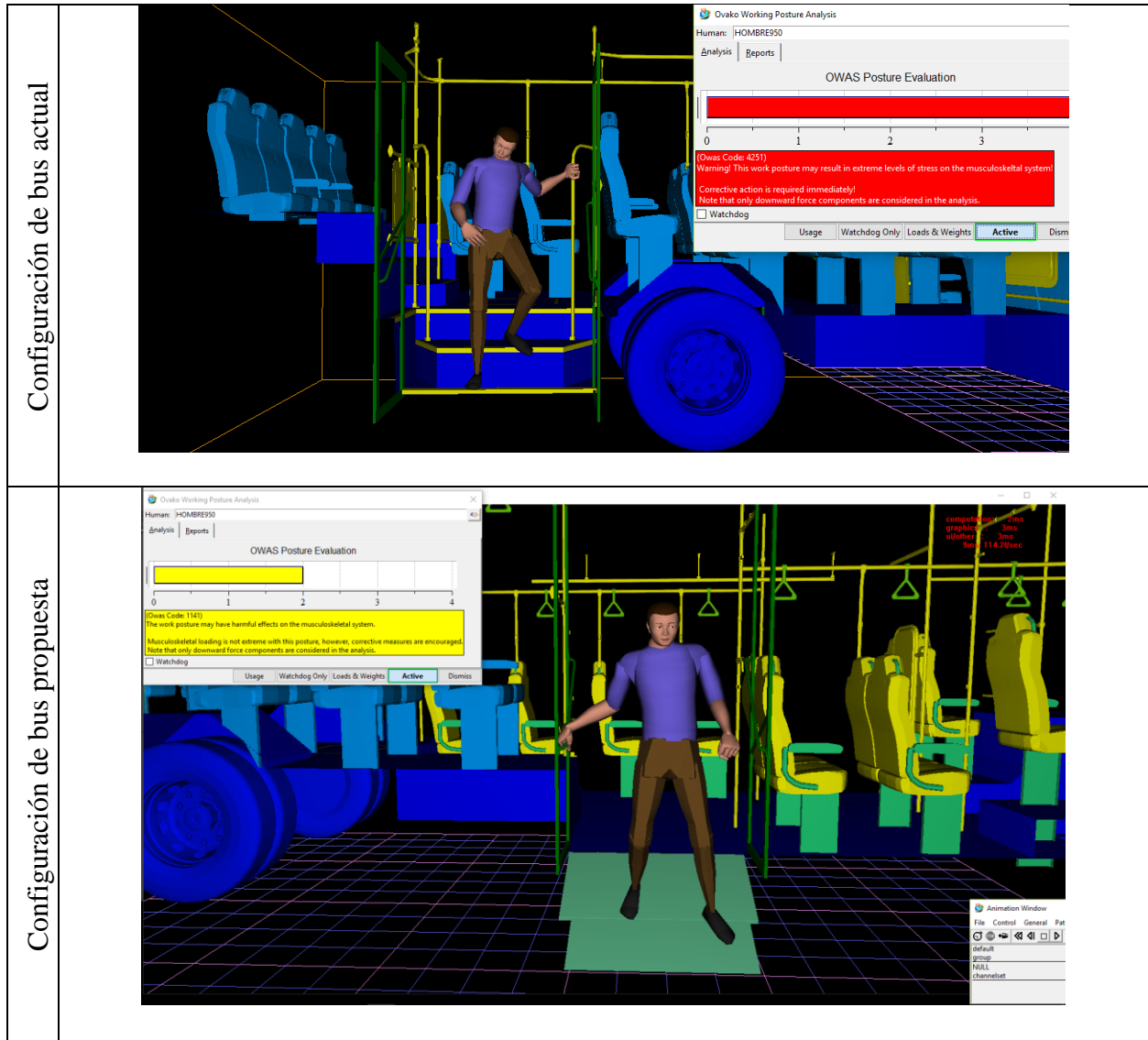
Figura 55. Comparación postural de uso de apoyos horizontales entre configuración actual y propuesta para P5



En relación con el uso de apoyos horizontales del P95 femenino, se obtuvo un cambio postural de nivel 3 a nivel 2, esto quiere decir que aunque se mejoró la postura general con el uso de asideros flexibles, la acción de levantar el brazo para asegurarse, sigue siendo exigente posturalmente para el percentil P5 femenino.

7.1.9 Simulación etapa de desembarque – salida del bus P95 masculino

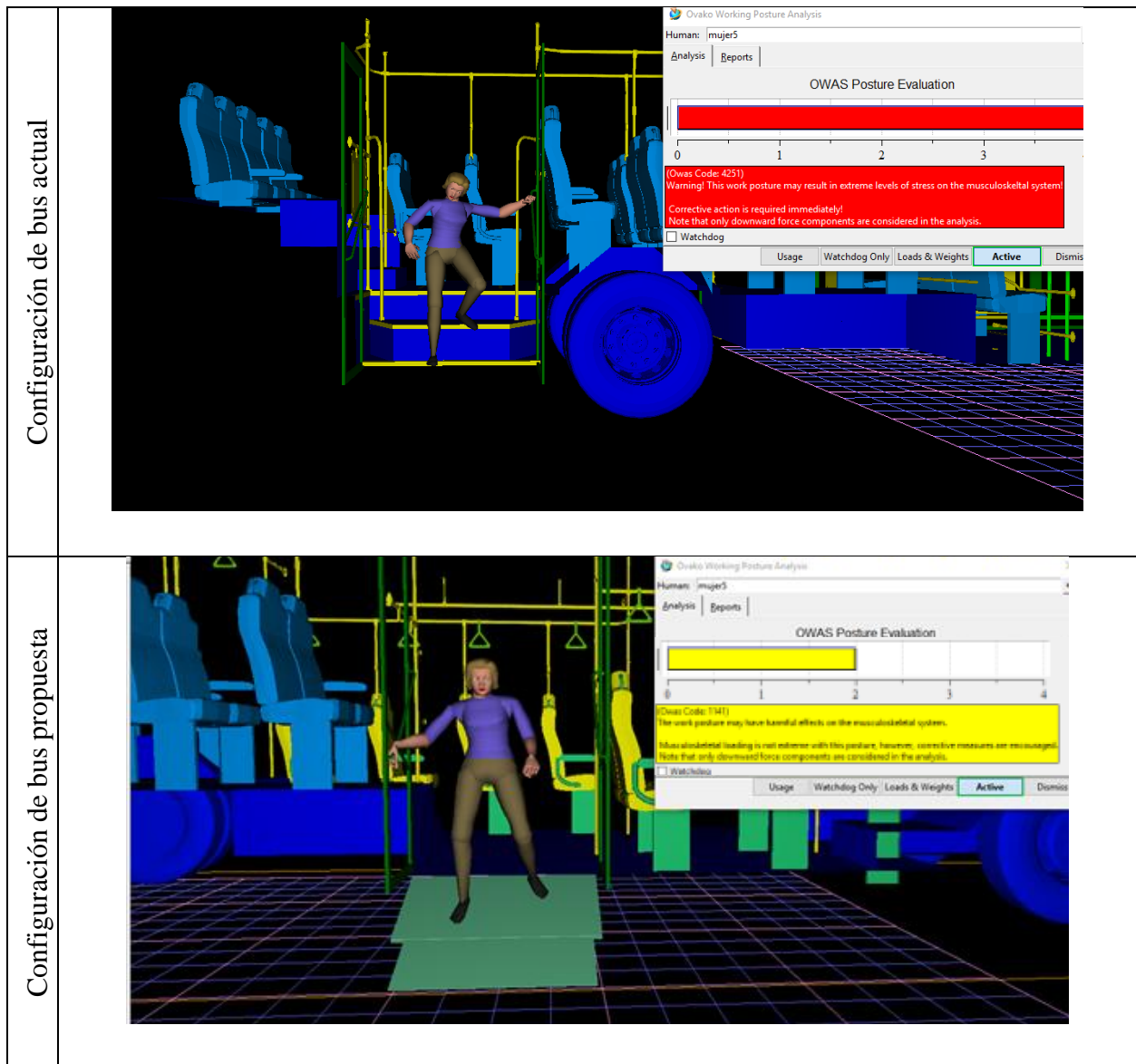
Figura 56. Comparación postural de la salida del bus entre configuración actual y propuesta para P95



para la actividad de salir del bus del P95 masculino, se consiguió un cambio postural de nivel 4 a nivel 2 en la escala de OWAS, esto quiere decir que esta postura para la configuración de bus actual tenía efectos sumamente dañinos sobre el sistema musculo-esquelético y para la configuración propuesta, tiene la posibilidad de causar daños. Sin embargo, se considera un resultado positivo que mejoró en gran medida la postura general adoptada, pues la codificación de esta postura en la configuración actual fue 4251 y para la propuesta fue 1141, lo que representa mejora postural para espalda, brazos y piernas, la calificación de 4 para piernas se debe al hecho de estar de pie con ambas piernas flexionadas

7.1.10 Simulación etapa de desembarque – salida del bus P5 femenino

Figura 57. Comparación postural de la salida del bus entre configuración actual y propuesta para P5



En la actividad de salida del bus del P5 femenino, la postura encontrada pasa de un nivel 4 a un nivel 2 en la escala de OWAS, se observaron mejoras para espaldas, brazos y piernas, aunque así como se encontró en el embarque, la postura para piernas representa un nivel de riesgo debido a la flexión de ambas piernas.

7.2 EVALUACIÓN DE LA SIMULACIÓN ERGONÓMICA

A partir de las simulaciones ergonómicas realizadas anteriormente, se realiza una evaluación con el objetivo de comparar los resultados entre la simulación de la configuración de bus actual y la configuración de bus propuesta para los percentiles P95 masculino y P5 femenino. En la tabla 16 se muestran los resultados obtenidos del riesgo postural con el uso de la metodología de OWAS en el software JACK. Se evidenció una mejora postural para la configuración de bus propuesta, en donde las posturas evaluadas de cada actividad disminuyen de riesgo respecto a la configuración de bus actual.

Tabla 16. Resultados de la aplicación del método OWAS en el software Jack

Etapa	Actividad	Percentil	Configuración de bus actual					Configuración de bus propuesta				
			Codificación de postura OWAS				Riesgo	Codificación de postura OWAS				Riesgo
			Espalda	Brazos	Piernas	Carga		Espalda	Brazos	Piernas	Carga	
Embarque	Ingreso al bus	P95 M	2	1	4	1	3	1	1	3	1	1
		P5 F	2	3	5	1	4	1	1	3	1	1
Viaje	Uso de asiento	P95 M	3	1	4	1	3	1	1	3	1	1
		P5 F	2	3	5	1	4	1	1	3	1	1
	Registro del pasaje	P95 M	2	2	3	1	2	1	1	3	1	1
		P5 F	2	2	2	1	2	1	1	3	1	1
Uso de apoyos horizontales	P95 M	4	2	3	1	3	1	3	2	1	1	
	P5 F	2	3	5	1	3	2	2	2	1	2	
Desembarque	Salida del bus	P95 M	4	2	5	1	4	1	1	2	1	2
		P5 F	4	2	5	1	4	1	1	2	1	2
Sumatoria riesgo postural		P95 M					15					6
		P5 F					17					7

Con base en los resultados obtenidos de la sumatoria de riesgo postural se realizó una interpolación lineal, con el fin de determinar el porcentaje de mejora entre los dos tipos de configuraciones para cada percentil, utilizando la ecuación:

$$y = mx + b$$

Considerando a x como el valor de la sumatoria de los puntos de riesgo postural en las 5 actividades y a y como el valor porcentual de riesgo correspondiente. Para un total de 5 puntos, que representa la sumatoria de obtener una categoría de riesgo 1 en la escala de OWAS para cada actividad, corresponde un valor porcentual del 0% de riesgo y para un total de 20 puntos, que representa obtener una categoría de riesgo 4 en la escala de OWAS para cada actividad, corresponde un valor porcentual del 100% de riesgo. De manera que:

$$x_1 = 5; y_1 = 0; x_2 = 20; y_2 = 100$$

Para despejar el valor de m y b :

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{100 - 0}{20 - 5} = 6,667$$

$$0 = (6,667)(5) + b$$

$$b = -33,335$$

Así, para el percentil P95 masculino:

- Configuración actual

$$y = (6,667)(15) + (-33,335) = 66,667$$

- Configuración propuesta

$$y = (6,667)(6) + (-33,335) = 6,667$$

Se obtuvo como resultado un porcentaje de riesgo postural de un 66,667% con la configuración de bus actual y un 6,667% con la configuración propuesta, Esto quiere decir que en términos generales, la demanda postural se mejoró en un 60% para la configuración de bus propuesta.

Para el percentil P5 femenino:

- Configuración actual

$$y = (6,667)(17) + (-33,335) = 80$$

- Configuración propuesta

$$y = (6,667)(7) + (-33,335) = 13,333$$

Se obtuvo como resultado un porcentaje de riesgo postural de un 80% con la configuración de bus actual y un 13,333% con la configuración propuesta, esto significa que en términos generales, la demanda postural se mejoró en un 66,667% para la configuración propuesta.

A partir de la tabla 16, en donde se muestran los resultados de la aplicación del método OWAS en el software Jack, se generó una gráfica comparativa a modo de resumen que muestra los resultados de OWAS para el percentil P95 masculino y P5 femenino con los dos tipos de configuraciones de buses (ver figura 58 y 59). Se evidenció un resultado positivo en cada actividad de la configuración propuesta para ambos percentiles, puesto que, con la configuración actual se obtenían categorías de riesgo 3 y 4 principalmente, lo que representaba efectos sumamente dañinos para el sistema músculo-esquelético y con la configuración propuesta la categoría de riesgo obtenida es en su mayoría 1, lo que representa una postura normal que no genera efectos dañinos en el sistema músculo-esquelético. Aunque se evidenciaron mejoras posturales para los dos percentiles, en el caso del percentil P5 femenino las mejoras fueron mayores

Figura 58. Resultados OWAS configuración de bus actual vs propuesta para P95 masculino

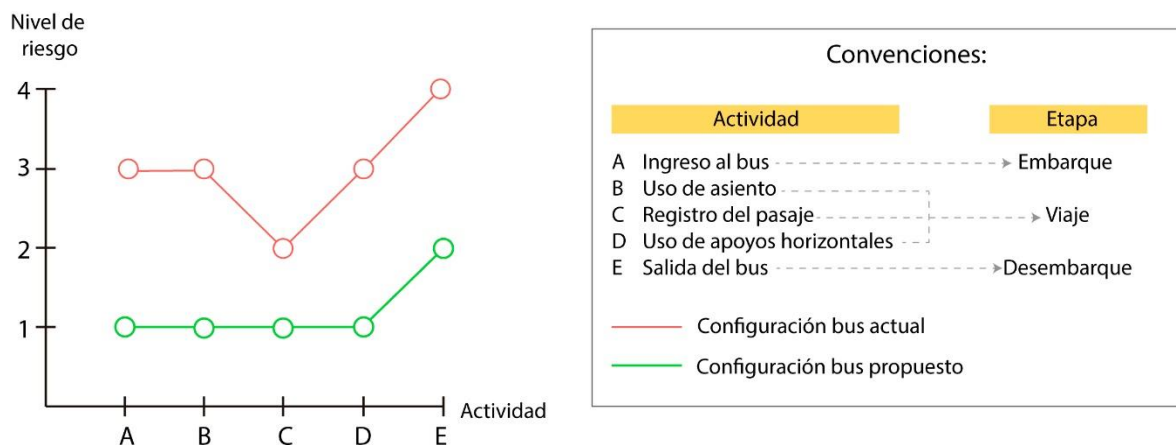
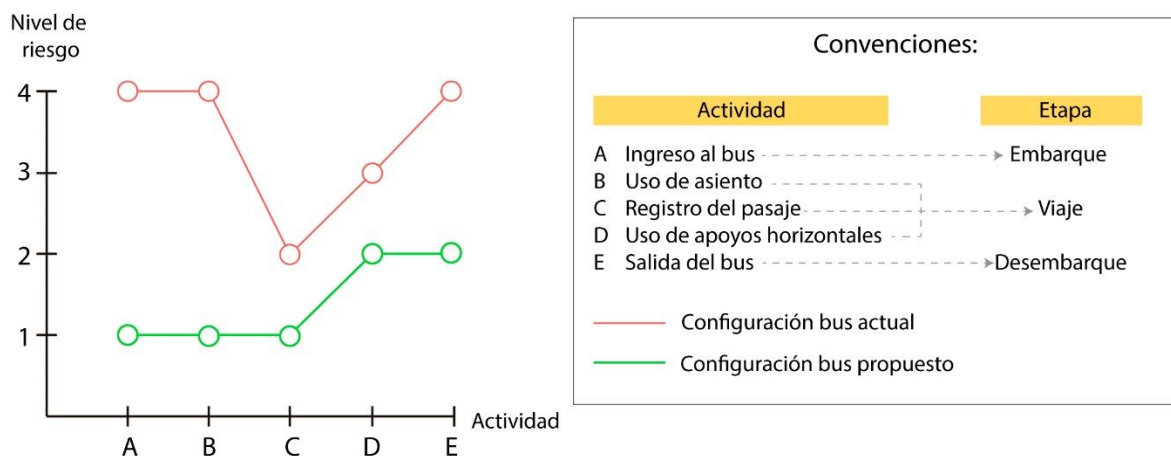


Figura 59. Resultados OWAS configuración de bus actual vs propuesta para P5 femenino



7.3 CONCLUSIONES DE LA VALIDACIÓN

En términos generales se evidenció mejora postural para todas las actividades con la configuración de bus propuesta tanto para el percentil P95 masculino como para el P5 femenino. Se concluyó que la configuración de bus propuesta reduce la demanda postural en un 60% respecto a la configuración actual para el percentil P95 masculino y en un 66,66% para el percentil P5 femenino.

Aunque existen las mismas problemáticas posturales para ambos percentiles en las actividades, se encontró que para el P5 femenino las actividades de ingresar al bus, alcanzar un apoyo horizontal y salir del bus, representan mayor riesgo postural que para el P95 masculino. Esto se debe a que el percentil P5 femenino representa el extremo de la población en relación a la estatura, lo que tiene implicaciones durante la interacción con entornos de gran altura.

Las acciones de ingresar y salir del bus, en ambas configuraciones de buses, tienen una valoración de riesgo alto para las piernas, por el hecho de tener una pierna recta y la otra flexionada, o por el hecho de tener ambas piernas flexionadas. Sin embargo, para la configuración propuesta el riesgo postural es menor puesto que se mejora la postura global del cuerpo.

8. CONCLUSIONES

8.1 HALLAZGOS

El presente proyecto de grado tiene la finalidad de responder la pregunta de investigación: ¿En qué medida modificar los elementos internos del bus puede contribuir a mejorar la postura para facilitar el uso por parte del adulto mayor?, y sus resultados responden al cumplimiento de los objetivos específicos y la metodología implementada en su desarrollo.

En primer lugar se realizó una revisión bibliografía con la intención de reconocer las características físicas, cognitivas y sensoriales del adulto mayor que intervienen en el uso de los elementos internos del bus. De esta revisión fue posible identificar que, a pesar que los efectos del envejecimiento no se dan en la misma intensidad en todos los adultos mayores y que es un fenómeno que se da de manera particular para cada individuo, si existen diferentes características propias de este proceso, como el deterioro de los órganos y tejidos responsables de las capacidades motoras, sensoriales y cognitivas que se presentan de manera generalizada y que son esenciales para diseñar productos para los adultos mayores , además, en el caso de los vehículos de transporte urbano deben ser tenidos en cuenta para proyectar soluciones integrales que respondan a las necesidades de este tipo de usuarios.

En la siguiente etapa del proyecto se realizó una aproximación a los usuarios y a la situación de uso con la intención de identificar y analizar cuáles son los principales problemas y elementos internos del bus que dificultan la situación de uso para los adultos mayores, además de definir el objeto de estudio de la presente investigación. Así fue posible determinar que en la línea 8022-10 y 8012-10 las mujeres son el principal usuario de este medio de transporte y que en términos de demanda postural las problemáticas más críticas relacionadas con la configuración interna del bus se evidencian durante el ingreso y salida del vehículo, el uso de asientos preferenciales con escaleras, la altura de los apoyos y el uso de la máquina registradora.

Así mismo, se identificó que existen problemáticas que están relacionadas con la distribución y cantidad de elementos en el espacio y no con las características formal estéticas de los mismos y que si bien no tienen una incidencia directa con la postura del usuario, si dificultan la situación de uso del adulto mayor por sus limitaciones para realizar actividades básicas como caminar, subir escaleras o mantenerse de pie durante un tiempo prolongado.

Con relación a la generación de conceptos, basados en la herramienta de evaluación de alternativas propuesta por Ulrich y Eppinger (2013) y de acuerdo a las necesidades del adulto mayor y requerimientos de diseño, se concluyó que existen diferentes productos en el mercado que dan solución a problemas específicos evidenciados en la situación de uso tales como la dificultad para ingresar en el vehículo o hacer el registro del pasaje. Por otro lado, con relación a la distribución de los elementos en el espacio, se identificó que a pesar que existan diversas posibilidades para ubicar los elementos en el espacio, no todas responden a las necesidades del adulto mayor, sino por el contrario dificultan el uso del vehículo. En este sentido, después de realizar un análisis de las diferentes alternativas propuestas respecto a la distribución de asientos en el chasis del bus seleccionado, se concluyó que con la alternativa final se cumple en mayor medida con los requerimientos de diseño que responden a las necesidades del adulto mayor que con la configuración actual del bus

Posteriormente la alternativa seleccionada fue modelada en el software Rhinoceros y se implementó en el software de modelado digital humano Jack, con el fin de obtener un entorno representativo de la situación de uso. Adicionalmente, con el uso del software Jack, se pudo crear y simular el comportamiento de un modelado humano correspondiente al adulto mayor utilizando el percentil P5 femenino y P95 masculino, estas simulaciones se realizaron teniendo en cuenta el comportamiento postural registrado durante las tomas de video en la observación del contexto. Después de analizar las herramientas de análisis ergonómico ofrecidas por el software, se escogió la herramienta OWAS, puesto que permitía evaluar la postura de forma global y determinar el riesgo postural de forma simultanea mientras se realizaban las simulaciones.

Con la intención de validar la configuración del bus actual y la configuración de bus propuesta con el objetivo de responder a la pregunta de investigación, se realizó la valoración de riesgo postural para las actividades de ingresar al bus, usar asientos, registrar el pasaje, usar apoyos horizontales y salir del bus con la ayuda de la herramienta de análisis ergonómico OWAS, en donde se concluyó que modificar los elementos internos del bus en la configuración propuesta mejora la postura para el percentil P5 femenino en un 66,667% y para el percentil P95 masculino en un 60% respecto a la configuración actual. Es así que al mejorar la configuración de los elementos internos del bus, se mejora la postura adoptada por el usuario.

8.2 LIMITACIONES

En el desarrollo del presente trabajo de grado surgieron diferentes limitantes, una de ellas relacionadas con la disponibilidad de los usuarios y los lugares para realizar las entrevistas y observaciones, puesto que cada aproximación al usuario demandó un tiempo prudente para aclarar dudas y para desarrollar correctamente cada actividad lo que prolongó el tiempo estipulado para realizar el análisis de la situación de uso en el caso de estudio.

Por otro lado, debido al contexto previamente descrito que establecía parámetros especificados con relación al chasis del vehículo, el desarrollo de las propuestas de diseño se vieron limitadas a responder a estas características en la disposición de los elementos en el espacio.

Respecto al software Jack utilizado para la simulación ergonómica, una limitante fue el tiempo estimado para la capacitación, pues este no cuenta con opciones como deshacer y rehacer que permitan agilizar y corregir errores en las simulaciones, además de tener poco integración con softwares CAD y compatibilidad de archivos, que limitaban el modelado de las propuestas a un número reducido de programas de modelado 3D.

Por último, el software Jack no cuenta con una base de datos de adultos mayores ni el modelado humano tiene en cuenta las restricciones en los rangos de movilidad de estos usuarios, sin embargo, a pesar de esta limitante, usando las medidas antropométricas de la población de adultos mayores de Brasil y las grabaciones de video de la observación del contexto, fue posible simular el comportamiento postural del adulto mayor y obtener resultados favorables al momento de analizar la postura en las diferentes etapas de la situación de uso.

8.3 RECOMENDACIONES

Durante el desarrollo de la investigación, se identificaron elementos en el mercado que dan solución a las problemáticas específicas evidenciadas en el ingreso y salida del vehículo, en el registro de pasajes y el uso de apoyos flexibles, las cuales en el caso de estudio del presente trabajo fueron adaptadas a la propuesta final para mejorar la situación de uso del adulto mayor, sin embargo una investigación enfocada únicamente en el diseño de estos elementos según las características y necesidades de los usuarios de la tercera edad, puede abarcar de manera más integral las problemáticas relacionadas a estos elementos y dar soluciones cada vez más ideales.

Así mismo, en la revisión de literatura se identificaron problemáticas relacionadas con señalética del vehículo, la iluminación y otros aspectos vinculados con las características físicas, sensoriales y cognitivas del adulto mayor, que aunque no fueron encontrados como problemáticas del caso de estudio de la presente investigación, pueden estar presentes en otros contextos y pueden ser abordadas en investigaciones futuras. Además, estudiar otros vehículos con diferentes funcionamientos, como es el caso del bus eléctrico, y analizar las potencialidades que estos diseños brindan para solucionar los problemas de movilidad, pueden ser el punto de partida para que en futuras planeaciones se tengan en cuenta este tipo de funcionamientos que brindan mayor facilidad para proponer una configuración interna que respondan a las necesidades y requerimientos de los usuarios de la tercera edad y no se vea limitada por el tipo de chasis que tenga el vehículo.

Finalmente, fue posible concluir que el vehículo utilizado para el transporte colectivo no es un elemento aislado en la movilidad urbana y existen otras problemáticas que agravan la situación del adulto mayor que no están relacionadas con el diseño del bus sino con el comportamiento de los demás usuarios del servicio, los conductores, el estado de las carreteras, las paradas y otras problemáticas que pueden ser objetos de estudio de futuras investigaciones con la intención de contribuir a solucionar de manera integral las problemáticas que evidencian este tipo de usuarios durante el servicio y contribuir a un medio de transporte más adecuado que garantice la independencia del adulto mayor.

Debido a que el software de modelado digital humano Jack no cuenta con base de datos de adultos mayores, y considerando que para el presente trabajo, así como para muchos otros los adultos mayores son el foco de investigaciones y hacen parte del proceso de descubrir necesidades latentes

en un producto o servicio, se recomienda que este tipo de usuario sea incluido en los software de simulación humana digital con el propósito de generar una biblioteca más completa de diferentes sectores etarios de la población.

De igual forma, para el desarrollo de herramientas de análisis ergonómico como OWAS, se recomienda incluir escalas de valoración postural dependiendo del sector etario y sexo, para que los resultados ofrezcan una evaluación más precisa que responda a las limitaciones físicas y carga postural que puedan tener cada tipo de usuario específico, puesto que, para el caso del adulto mayor, algunas posturas se hacen más demandantes con el envejecimiento y las consecuencias que estas tienen sobre el sistema musculoesquelético pueden ser mayores.

BIBLIOGRAFIA

ABNT (2009). Norma brasileira ABNT NBR 14022. Accessibility in vehicles of urban characteristics for public transport of passengers.

ACEVES-GONZÁLEZ, C., COOK, S. and MAY, A. (2015). Bus use in a developing world city: Implications for the health and well-being of older passengers. *Journal of Transport & Health*, 2(2), pp.308-316.

ARENTZE, T., TIMMERMANS, H., JORRITSMA, P., OLDE KALTER, M. y SCHOEMAKERS, A. (2008). More gray hair—but for whom? Scenario-based simulations of elderly activity travel patterns in 2020. *Transportation*, 35(5), pp.613-627.

BARNES, J., MORRIS, A., WELSH, R., SUMMERSKILL, S., MARSHALL, R., KENDRICK, D., y BELI, J. (2016). Injuries to older users of buses in the UK. *Public Transport*, 8(1), 25-38.

BIXOSLETRAS (2013). Orientando-se nos primeiros dias de USP: O QUE É BUSP. Recuperado mayo 2017 de <https://bixosletras.wordpress.com/2013/02/12/orientando-se-nos-primeiros-dias-de-usp-o-que-e-busp/>

BJÖRNSTIG, U., BYLUND, P., ALBERTSSON, P., FALKMER, T., BJÖRNSTIG, J., y PETZÄLL, J. (2005). Injury events among bus and coach occupants: Non-crash injuries as important as crash injuries. *IATSS research*, 29(1), 79-87.

BROOME, K., MCKENNA, K., FLEMING, J., y WORRALL, L. (2009). Bus use and older people: A literature review applying the Person–Environment–Occupation model in macro practice. *Scandinavian Journal Of Occupational Therapy*, 16(1), 3-12. <http://dx.doi.org/10.1080/11038120802326222>

BURKHARDT, J. (2003). Better transportation services for older persons. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1843), 105-112.

CAF (2010). *Análisis de la movilidad urbana Espacio, medio ambiente y equidad*. (pp. 31-38). Bogotá, Colombia. ISBN: 978-980-6810-60-0

CAF (2011). *Desarrollo urbano y movilidad en América Latina*. ISBN: 978-980-6810-55-6

- CARLSSON, G. (2004). Travelling by urban public transport: exploration of usability problems in a travel chain perspective. *Scandinavian Journal of Occupational Therapy*, 11(2), 78-89.
- CEPAL (2008). Anuario estadístico de América Latina y el Caribe, Chile.
- CHAFFIN, D., y NELSON, C. (2001). Digital human modeling for vehicle and workplace design. 1st ed. Warrendale, Pa: Society of Automotive Engineers.
- CHANCY, S., y MEJÍA, A. (2010). Diseño de una máquina registradora de tres barras. (Tesis de pregrado). Universidad EAFIT. Medellín, Colombia
- CHEN, W. (2010). Exploring Travel Characteristics and Factors Affecting the Degree of Willingness of Seniors in Taiwan to Use an Alternative Service Bus. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2182, pp.71-78.
- CHOO, S., SOHN, D. y PARK, M. (2016). Mobility characteristics of the elderly: A case for Seoul Metropolitan Area. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 20(3), pp.1023-1031.
- CORSO, J.F. (1981). *Aging Sensory Systems and Perception*. New York, NY: Praeger
- DÁVILA, J., y BRAND, P. (2012). *Movilidad urbana & pobreza* (1st ed.). Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- DORCA, A., CÉSPEDES, T., PRATS, B., y DORCA, M. (1989). Relación equilibrio-biomecánica en la tercera edad. *El Peu-Revista de Podología*, 1989, num. 39, p. 140-144.
- EBY, D. W., MOLNAR, L. J., y KARTJE, P. S. (2008). *Maintaining Safe Mobility in an Aging Society*. (2008). CRC Press. Retrieved from <https://books.google.com.br/books?id=7FI9foRkgcAC>
- ERGONAUTAS (2017). Ovako Working Analysis System. El método OWAS. Recuperado de <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/owas/owas-ayuda.php>
- FRANCO, A. N., y DA SILVA, J. C. P. (2009). Antropometria Estática de Indivíduos da Terceira Idade. *ASPECTOS TECNOLÓGICOS*, 55.
- FILDES, B., MORRIS, A., y BARNES, J. (2012). Analysis of injuries to young and old Victorian public transport users: 2006-2010.

FISK, A., ROGERS, W., CHARNESS, N., CZAJA, S. y SHARIT, J. (2009). *Designing for older adults*. 2nd ed. Boca Raton, Fla: CRC Press. Atlanta, Georgia

FERNÁNDEZ, J. (2009). *Determinantes de la calidad de vida percibida por los ancianos de una residencia de tercera edad en dos contextos socioculturales diferentes, España y Cuba*. (Tesis doctoral). Universidad de Valencia. Valencia, España

GLENN, J. (2009) 'Age-Related Declines in Abilities', in, pp. 11–24.

HALPERN, P. (2005). Non-collision injuries in public buses: a national survey of a neglected problem. *Emergency Medicine Journal*, 22(2), 108-110.
<http://dx.doi.org/10.1136/emj.2003.013128>

HERNANDEZ, K. (2013). *Tercera edad, familia y comunidad unidos por el bienestar de los adultos mayores*. (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia

HOFSTETTER, H.W (1965). A longitudinal study of amplitude changes in presbyopia. *American Journal of Optometry and Archives of the American Academy of Optometry*, 42 (1965), pp. 3-8

HOWARTH, P. (2006) 'Role of Vision in Falls', in, pp. 69–88.

IBGE (2017). Diretoria de Pesquisas. Coordenação de População e Indicadores Sociais. Gerência de Estudos e Análises da Dinâmica Demográfica. *Projeção da população do Brasil por sexo e idade para o período 2000-2060*. Tomado el 30 de Abril 2017 de http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2013/default.shtm

ISHIHARA, K., y HANGES, G. E. C. (2006). Age-Related Vision and Daily Activities of Elderly Adults.

JANS, M. (2009). Movilidad urbana: en camino a sistemas de transporte colectivo integrados. *AUS (Valdivia)*, (6), 6-11.

JORNAL DA USP. (2017). Programa da USP para idosos divulga calendário 2017. Recuperado 10 mayo de <http://jornal.usp.br/atualidades/programa-da-usp-para-idosos-divulga-calendario-para-2017/>

- JUNG, K., KWON, O. y YOU, H. (2009). Development of a digital human model generation method for ergonomic design in virtual environment. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(5), pp.744-748.
- KINZEL, E., y JACKO, J. A. (2009). Sensory Impairments. In C. Stephanidis (Ed.), *The Universal Access Handbook* (ilustrada, p. 1034). CRC Press.
- KIM, S. (2003). Analysis of Elderly Mobility by Structural Equation Modeling. *Transportation Research Record: Journal Of The Transportation Research Board*, 1854, 81-89. <http://dx.doi.org/10.3141/1854-09>
- KIM, S., y G. F. Ulfarsson. (2004). Travel Mode Choice of the Elderly: Effects of Personal, Household, Neighborhood, and Trip Characteristics. In *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 1894, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2004, pp. 117–126.
- KIRK, A., GRANT, R., y BIRD, R. (2003). Passenger casualties in non-collision incidents on buses and coaches in Great Britain.
- KROEMER, K. H. E. (2006). Design for Aging (pp. 127–161).
- LIU, L., y LEDERER, R. (2009). Aging and Ergonomics. *Ergonomics For Rehabilitation Professionals*. <http://dx.doi.org/10.1201/9780849382697.ch4>
- Medicalsimulator (2017). Kit de Simulación de Envejecimiento. Recuperado de <http://www.medical-simulator.com/base.asp?idProducto=3584&idFamilia=526>
- Ministerio de transporte y telecomunicaciones (2016) Manual de normas de diseño interior para buses del sistema de transporte de Santiago, (p. 8) Santiago, Chile
- MARTÍNEZ, D. (2012). *Estrategias para promover la accesibilidad, cobertura y calidad en el sistema de transporte público urbano para la población con discapacidad física: Caso Bogotá* (Magister en Ingeniería de Transporte). Universidad Nacional de Colombia.
- MAUTTONE, A. (2005). *Optimización de Recorridos y Frecuencias en Sistemas de Transporte Público Urbano Colectivo*. Universidad de La República.
- MONTEZUMA, R. (2007). Alternativas en la movilidad urbana. *Revista Perspectiva*, (15), 67-69.

NOWAK, E. (2006). Anthropometry for the Needs of the Elderly. *International Encyclopedia Of Ergonomics And Human Factors, Second Edition - 3 Volume Set*. <http://dx.doi.org/10.1201/9780849375477.ch60>

OLZAK L.A, y THOMAS J.P.(1986) Seeing spatial patterns. In: Boff K, Kaufman L, Thomas J, editors. *Handbook of Perception and Human Performance Vol. 1, Sensory Processes and Perception*. New York: John Wiley & Sons; 1986.

PAK, R., y MCLAUGHLIN, A. (2010). *Designing Displays for Older Adults*. CRC Press.

PALACIO, A., TAMBURRO, G., O'NEILI, D., y SIMMS, C. K. (2009). Non-collision injuries in urban buses—Strategies for prevention. *Accident Analysis & Prevention*, 41(1), 1-9.

PUSPC (2017). Mapas. *Prefeitura Campus da Capital*. Recuperado el 20 de mayo 2017 de <http://www.puspc.usp.br/2017/04/03/mapas/>

ROSENBLOOM, S., 2001. Sustainability and automobility among the elderly: an international assessment. *Transportation*. 28, 375–408.

SALECH, M. F., JARA, L. R., y MICHEA, A. L. (2012). Cambios fisiológicos asociados al envejecimiento. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 23(1), 19-29.

SCIALFA, C. T., KLINE, D. W., LYMAN, B. J., y KOSNIK, W. (1997). Age differences in judgements of automobile velocity and distance. In W. Rogers (Ed.), *Designing for an aging population: Ten years of human factors/ergonomics research*. Santa Monica, CA: HFES

SEKULER, R., y BLAKE, R. (1985). *Perception*. Alfred A. Knopf Incorporated. (pp. 499)

SOUDERS, D. J., GEPNER, B., CHARNNESS, N., y WEKEZER, J. (2015). Older adults as cutaway bus passengers: user-centered literature review. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2516), 27-34.

SPTRANS (2015). *Manual dos padrões técnicos de veículos*. Prefeitura de São Paulo Transportes.

ULRICH, K., y Eppinger, S. (2013). *Diseño y desarrollo de productos*. México, Mc Graw Hill Education

ZETINA, M. G. (1999). Conceptualización del proceso de envejecimiento. *Papeles de población*, 5(19).

ANEXOS

Anexo A. Entrevista formato 01

Buenos días, somos Christian Cubillos, Jaime Barajas y Andrea Sofía Majjul y somos estudiantes de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander. Nos encontramos desarrollando nuestro proyecto de grado titulado **Configuración interna del bus para mejorar la movilidad urbana del adulto mayor en la ciudad de são paulo**. Muchas gracias por ser parte del proceso con su participación.

DATOS GENERALES	
Genero:	
Edad:	

1. Con que frecuencia usa el bus? Marque con una x

Frecuencia	Marque
Todos los días de la semana	
4-6 veces/semana	
1-3 veces/semana	
Uso no frecuente	

2. ¿Por qué motivos hace uso del bus?

3. ¿Qué dificultades experimenta a usar el bus?

Embarque	
Viaje	
Desembarque	

Anexo B. Entrevista formato 02

Buenos días, somos Christian Cubillos, Jaime Barajas y Andrea Sofía Majjul y somos estudiantes de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander. Nos encontramos desarrollando nuestro proyecto de grado titulado **CONFIGURACIÓN INTERNA DEL BUS PARA MEJORAR LA MOVILIDAD URBANA DEL ADULTO MAYOR EN LA CIUDAD DE SÃO PAULO**. Muchas gracias por ser parte del proceso con su participación.

DATOS GENERALES	
Nombre:	
Genero:	
Edad:	

1. Con que frecuencia usa el bus? Marque con una x

Frecuencia	Marque
Todos los días de la semana	
4-6 veces/semana	
1-3 veces/semana	
Uso no frecuente	

2. ¿Cuál ruta que utiliza para llegar a la Universidad? (Marque con una x)

Ruta	Origen-destino	Marque
177H-10	Metrô Santana – Butantã USP	
701U-10	Metrô Santana – Butantã USP	
702U-10	Term. Pq. D. Pedro II – Butantã USP	
7181-10	Term. Princ. Isabel – Cidade Universitária	
7411-10	Pça. da Sé – Cidade Universitária	
7725-10	Term. Lapa – Rio Pequeno	
8012-10	Metrô Butantã – Cidade Universitária	
8022-10	Metrô Butantã – Cidade Universitária	
809U-10	Metrô Barra Funda – Cidade Universitária	
8012-10	Metrô Butantã – Cidade Universitária	
8022-10	Metrô Butantã – Cidade Universitária	

3. ¿Qué tipo de bus prefiere usar? (Marque con una x)

Tipo de bus	Marque
Padrón de piso bajo	
Padrón estándar	
Articulado	

Anexo C. Encuesta de importancia relativa de necesidades – Formato 01

ENCUESTA DE IMPORTANCIA RELATIVA DE NECESIDADES

Formato 01

Datos del usuario

Nombre _____ Edad _____ Genero F M Fecha 09 de noviembre, 2017

Para cada una de las siguientes funciones del desarmador inalámbrico, por favor indique en una escala de 1 a 5 qué tan importante es esa función para usted. Por favor use la siguiente escala:

- ① Importancia baja: La necesidad no es muy importante
- ② Importancia media: Sería bueno tener esa necesidad
- ③ Importancia alta: La necesidad es altamente deseable
- ④ Importancia crítica: La necesidad es obligatoria

ETAPA	NECESIDAD	NIVEL DE IMPORTANCIA			
		①	②	③	④
Embarque	Acceso sin escalones				
	La altura del ingreso no genera posturas demandantes				
	Distancia corta entre el andén y el ingreso				
	Apoyo de la puerta de fácil alcance				
Viaje	El interior del bus no contiene escaleras u obstáculos				
	La zona preferencial está debidamente señalado para diferenciarlo de la zona común				
	El número de apoyos permite un desplazamiento seguro en todas las zonas del bus				
	Poca distancia entre Apoyos verticales				
	La altura de apoyos horizontales permite el alcance por parte del usuario				
	Los apoyos flexibles le brinda estabilidad al usuario				
	La altura de los escalones dentro del bus es adecuada				

Anexo D. Encuesta de importancia relativa de necesidades – Formato 02

ENCUESTA DE IMPORTANCIA RELATIVA DE NECESIDADES

Formato 02

Datos del usuario

Nombre _____ Edad _____ Genero F M Fecha 09 de noviembre, 2017

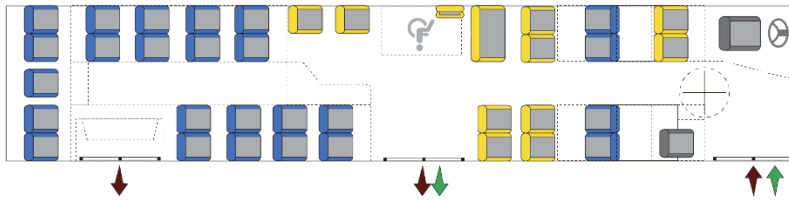
Para cada una de las siguientes funciones del desarmador inalámbrico, por favor indique en una escala de 1 a 5 qué tan importante es esa función para usted. Por favor use la siguiente escala:

- ① Importancia baja: La necesidad no es muy importante
- ② Importancia media: Sería bueno tener esa necesidad
- ③ Importancia alta: La necesidad es altamente deseable
- ④ Importancia crítica: La necesidad es obligatoria

ETAPA	NECESIDAD	NIVEL DE IMPORTANCIA			
		①	②	③	④
Viaje	Asientos preferenciales sin escaleras				
	Los asientos preferenciales están ubicados adecuadamente				
	El número de asientos preferenciales es suficiente				
	Los asientos preferenciales no son plegables				
Desembarque	El ancho del pasillo permite el desplazamiento de manera eficiente				
	Los colores de los elementos del bus facilitan su visualización.				
	La ubicación de la máquina de pago está al alcance de los usuarios				
	La registradora es fácil de usar				
	El espacio para atravesar la registradora permite un desplazamiento cómodo				
	La altura del desembarque al suelo no genera posturas demandantes				
	Distancia corta entre el andén y el desembarque				

Anexo E. Alternativas propuestas de configuración de bus

Propuesta 1



Total asientos: 38
 Asiento común: 25
 Asiento Preferencial: 13
 (1 Plegable)
 7 sin escaleras
 6 con escaleras

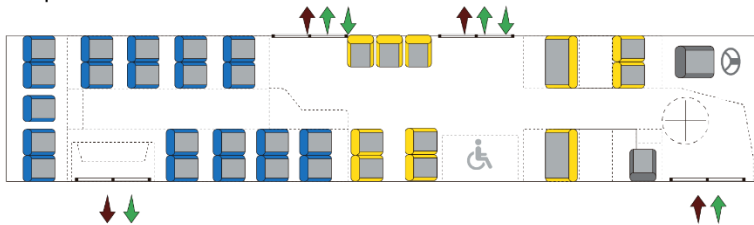
Ventajas:

1. Ingreso y Salida sin escalones
2. Asientos preferenciales en direccion al movimiento del bus
3. Al ubicar el ingreso en la zona frontal del bus, este solo se pondra en mov. cuando el ultimo pasajero haya ingresado en este sentido, es mas seguro el desplaz. hasta las sillas desde el ingreso.

Desventajas:

1. Se limita la funcion del cobrador por la posicion de la silla
2. El tiempo de espera para iniciar nuevamente el recorrido es mas prolongado
3. Zona preferencial distribuida
4. Uno de los asientos preferenciales puede verse obstaculzado por la escalera trapezoidal (Si esta no se modifica)

Propuesta 2



Total asientos: 34
 Asiento común: 21
 Asiento Preferencial: 13
 (3 Laterales)
 7 sin escaleras
 6 con escaleras

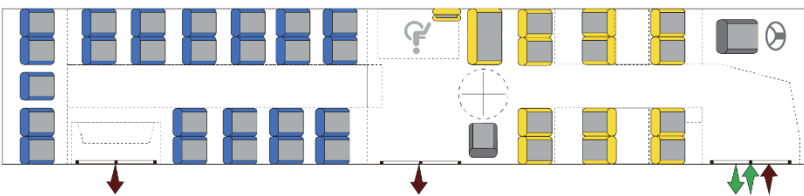
Ventajas:

1. Pasillos anchos en la zona preferencial

Desventajas:

1. Asientos preferenciales laterales
2. Asientos preferenciales de espalda al mov del bus

Propuesta 3



Total asientos: 40
 Asiento común: 25
 Asiento Preferencial: 15
 (1 Plegable)
 12 con escaleras
 3 sin escaleras

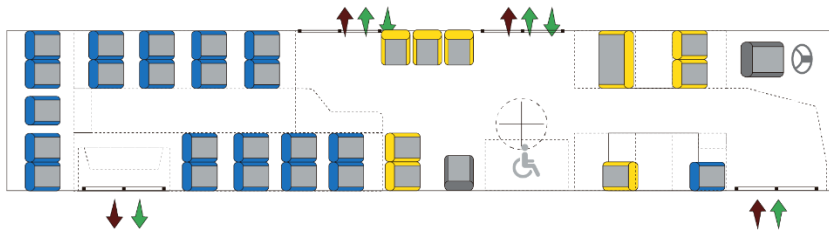
Ventajas:

1. Ingreso y Salida sin escalones
2. Zona preferencial unificada
3. Mayor cantidad de asientos preferenciales

Desventajas:

1. Asientos preferenciales ubicados de costas
2. Gran cantidad de asientos preferenciales con escaleras.

Propuesta 4



Total asientos: 32
Asiento común: 22
Asiento Preferencial: 11
6 sin escaleras
5 con escaleras

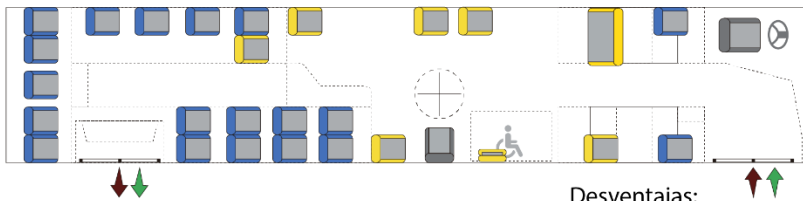
Ventajas:

1. Asientos preferenciales cerca al ingreso del bus.

Desventajas:

1. Asientos preferenciales lejos de la salida del bus
2. Aumento de cantidad de asientos preferencial con escaleras
3. Problemas de subir y bajar escaleras para utilizar la puerta trasera del bus

Propuesta 5



Total asientos: 22
Asiento común: 14
Asiento Preferencial: 8
(2 Plegables)
5 sin escaleras
3 con escaleras

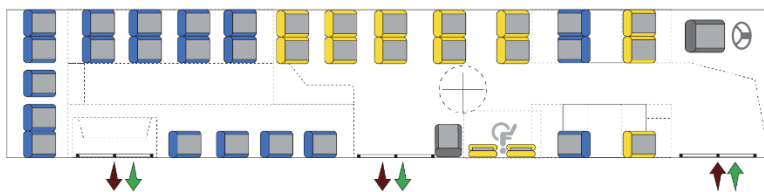
Ventajas:

1. Ingreso y Salida sin escalones
2. Mejor circulación

Desventajas:

1. Menor cantidad de sillas
2. Menor disponibilidad de asientos para adultos mayores

Propuesta 6



Total asientos: 34
Asiento común: 20
Asiento Preferencial: 14 (2 Plegables)
12 sin escaleras
2 con escaleras

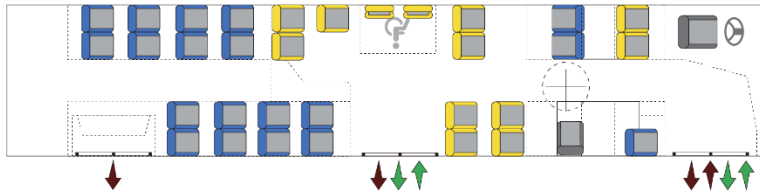
Ventajas:

1. Asientos preferenciales cercanos a las puertas
2. Mayor numero de asientos preferenciales
3. Puertas en funcion a las paradas de la USP

Desventajas:

1. Registradora dificulta la circulación
2. Asientos preferenciales de difícil acceso
3. Pasillos angostos en zona preferencial

Propuesta 7



Total asientos: 37
 Asiento común: 24
 Asiento Preferencial: 13
 (2 Plegables)
 11 sin escaleras
 2 con escaleras

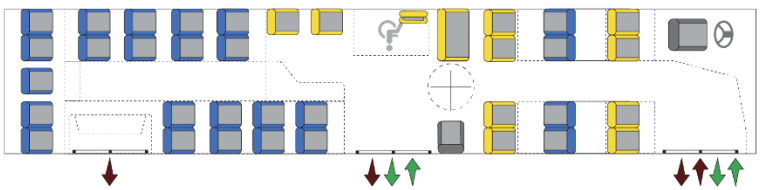
Ventajas:

1. Zona central libre de obstáculos
2. Mayor cantidad de asientos

Desventajas:

1. Asientos con difícil acceso

Propuesta 8



Total asientos: 38
 Asiento común: 27
 Asiento Preferencial: 11
 (1 Plegable)
 3 sin escaleras
 8 con escaleras

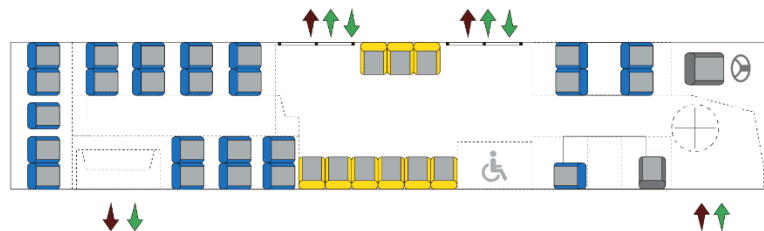
Ventajas:

1. Ingreso y Salida sin escalones
2. Asientos preferenciales en dirección al movimiento del bus
3. Función del cobrador restablecida

Desventajas:

1. Asientos preferenciales después de la catraca
2. Zona preferencial distribuida
3. Salida e ingreso por una misma puerta
4. Uno de los asientos preferenciales puede verse obstaculizado por la escalera trapezoidal (Si esta no se modifica)

Propuesta 9



Total asientos: 33
 Asiento común: 24
 Asiento Preferencial: 9
 9 sin escaleras
 0 con escaleras

Ventajas:

1. Asientos preferenciales sin escalones
2. Pasillos amplios en zona preferencial

Desventajas:

1. Asientos preferenciales laterales