



Universidad
Carlos III de Madrid
www.uc3m.es

TRABAJO FIN DE GRADO

**Estudio del Efecto de la Ergonomía, la
Accesibilidad y el Envejecimiento en la
Capacidad de Realizar Actividades Básicas de
la Vida Diaria de Personas Mayores de 65 Años**

Autor/a: Ada Iglesias Pasamontes

Grado en Ingeniería Mecánica

Directora: Dra. Dra. c. Vanesa Zorrilla Muñoz

Fecha: 19 de Septiembre de 2017

Índice

1.	Agradecimientos	7
2.	Resumen.....	8
3.	Introducción	9
4.	Objetivos e hipótesis	13
5.	Metodología	14
5.1	Método RULA.....	15
5.1.1	Grupo A.....	15
5.1.2	Grupo B.....	18
5.1.3	Puntuación Final.....	20
5.2	Método REBA.....	22
5.2.1	Grupo A.....	22
5.2.2	Grupo B.....	24
5.2.3	Puntuación Final.....	25
5.3	Jack: Siemens PLM Software.....	27
5.4	3D SSPP (3D Static Strength Prediction Program)	27
6.	Resultados	29
6.1	Resultados de las Encuestas del INE y del CIS.....	29
6.2	Resultados de los Métodos RULA y REBA.....	36
6.3	Resultados del Programa Jack de Siemens	40
6.4	Resultados del Programa 3D SSPP	42
7.	Ayudas Técnicas y Últimos Avances de la Tecnología.....	45
7.1	Ayudas para subir y bajar escaleras.....	45
7.1.1	Rampas.....	45
7.1.2	Ascensores.....	45
7.1.3	Plataformas salvaescaleras.....	47
7.1.4	Sillas salvaescaleras	48
7.1.5	Orugas de escalera	48
7.1.6	Sillas de ruedas inteligentes	49
7.1.6.1	Scewo.....	49
7.1.6.2	iBot.....	50
7.2	Ayudas para ducharse, bañarse y entrar y salir de la bañera	51
7.2.1	Asideros	51
7.2.2	Tablas y asientos para bañera o ducha	51
7.2.3	Bañeras con puerta	52

7.2.4	Líneas futuras.....	53
7.3	Ayudas para caminar.....	54
7.3.1	Bastones	54
7.3.2	Muletas.....	54
7.3.3	Andadores.....	55
7.3.4	Sillas de ruedas.....	55
7.3.5	Líneas futuras.....	56
7.3.5.1	Exoesqueletos.....	56
7.3.5.2	Exotrajés	58
7.3.5.2	Bastones inteligentes para personas con deficiencia visual.....	59
8.	Conclusiones.....	61
9.	Presupuesto.....	63
10.	Referencias.....	65

Índice de Figuras

Figura 1. Evolución de la esperanza de vida al nacer	10
Figura 2. Antigüedad de viviendas de mayores.....	12
Figura 3. Posición del brazo en RULA	15
Figura 4. Posición del antebrazo en RULA	16
Figura 5. Modificación de la puntuación del antebrazo en RULA	16
Figura 6. Posición de la muñeca en RULA.....	17
Figura 7. Giro de la muñeca en RULA	17
Figura 8. Posición del cuello en RULA.....	19
Figura 9. Posición del tronco en RULA	19
Figura 10. Posición del tronco en REBA	22
Figura 11. Posición del cuello en REBA.....	23
Figura 12. Posición del brazo en REBA	24
Figura 13. Posición del antebrazo en REBA	24
Figura 14. Posición de la muñeca en REBA.....	25
Figura 15. Hombre subiendo escaleras en el programa Jack.....	27
Figura 16. Pantalla de inicio del programa 3D SSPP	28
Figura 17. Estado de salud	29
Figura 18. Limitación para las actividades de la vida cotidiana	30
Figura 19. Dificultades al utilizar la bañera.....	31
Figura 20. Dificultades al utilizar la ducha	32
Figura 21. Dificultad al bañarse o ducharse	33
Figura 22. Dificultad al caminar.....	34
Figura 23. Dificultad al subir o bajar escaleras.....	35
Figura 24. Necesidad de ayuda al salir a la calle	36
Figura 25. Funcionamiento de un ascensor neumático	46
Figura 26. Ascensor neumático.....	47
Figura 27. Plataforma salvaescaleras	47
Figura 28. Orugas salvaescaleras.....	48
Figura 29. Silla de ruedas Scewo.....	50
Figura 30. Silla de ruedas iBot	51
Figura 31. Asiento de bañera eléctrico.....	52
Figura 32. Bañera con puerta	53
Figura 33. Sistema robótico de baño	54
Figura 34. Andador tipo rollator.....	55

Figura 35. Exoesqueleto ReWalk.....	57
Figura 36. Exoesqueleto Ekso	58
Figura 37. Exotraje.....	59
Figura 38. Prototipo de bastón inteligente.....	60
Figura 39. Diagrama de Gantt del trabajo	63

Índice de Tablas

Tabla 1. Enfermedades que sufren los mayores	11
Tabla 2. Puntuación del Grupo A del método RULA	18
Tabla 3. Puntuación del Grupo B del método RULA	20
Tabla 4. Puntuación final del método RULA	21
Tabla 5. Niveles de actuación del método RULA	21
Tabla 6. Puntuación del Grupo A del método REBA	23
Tabla 7. Puntuación del Grupo B del método REBA	25
Tabla 8. Puntuación C del método REBA	26
Tabla 9. Niveles de actuación del método REBA	26
Tabla 10. Actividades analizadas con los métodos RULA y REBA	37
Tabla 11. Puntuaciones RULA y REBA	38
Tabla 12. Puntuaciones RULA y REBA de las variaciones	39
Tabla 13. Resultados del programa Jack	40
Tabla 14. Resultados del programa Jack de las variaciones	42
Tabla 15. Actividades analizadas con el programa 3D SSPP	42
Tabla 16. Resultados del programa 3D SSPP	43
Tabla 17. Presupuesto total del trabajo	64

1. Agradecimientos

Me gustaría aprovechar estas líneas para agradecer a todos aquellos que han hecho posible la existencia de este trabajo de fin de grado y que me han apoyado durante la realización del mismo.

Agradecer a la profesora Vanesa Zorrilla Muñoz, que ha sido la tutora de este trabajo, por toda la paciencia y apoyo que me ha demostrado estos últimos meses, y sin cuya guía este trabajo no se hubiera podido completar.

A mis padres y a mi hermano por el constante apoyo e interés que han mostrado durante toda mi experiencia en la Universidad Carlos III de Madrid, y sin los que no podría haber llegado tan lejos.

A Ángela por su gran confianza en mí y por prestarse continuamente a echarme una mano a pesar de no ser una estudiante de ciencias y ser una estudiante de publicidad.

A todos mis amigos y compañeros de la universidad que han hecho de todos estos años unos años muy amenos.

Y por último, a todos los profesores que me han dado clase, que no sólo me han enseñado la teoría y la práctica necesaria, sino también a trabajar de la mejor manera.

2. Resumen

El envejecimiento de la población en todo el mundo es un problema preocupante ya que según Naciones Unidas (N.N.U.U.) el porcentaje de personas mayores de 65 años va a aumentar considerablemente en los próximos años. Pero además de las dudas de cómo va a afectar esto a nuestro sistema económico, también hay que pensar en qué calidad de vida se le va a poder ofrecer a estas personas que ya no tienen las capacidades físicas que tenían en su juventud.

El objetivo de este trabajo es conocer los problemas que tienen los mayores con su entorno y la accesibilidad, analizar dichos problemas, y proponer soluciones, y para ello la metodología se va a dividir principalmente en dos bloques, el de las encuestas y el del análisis ergonómico.

Para el bloque de las encuestas se han recogido las respuestas de cinco encuestas diferentes realizadas por el CIS y por el INE entre el 2006 y el 2014.

Para el bloque del análisis ergonómico se ha decidido analizar las actividades más problemáticas según dichas encuestas con los métodos RULA, REBA, y los software Jack de Siemens y 3D SSPP de la Universidad de Michigan.

Como se verá a continuación, los resultados del análisis de las encuestas del CIS y del INE confirman las hipótesis presentadas en el trabajo: todas las respuestas siguen un patrón y al aumentar la edad las respuestas empeoran, tanto en actividades que requieren de más agilidad como actividades más sencillas. Igualmente, las actividades que requieren de más agilidad como utilizar una bañera o utilizar las escaleras son las actividades que más dificultades crean a los mayores de 65 años, y además, en todos los casos los resultados de las mujeres mayores de 65 años son peores que los de los hombres.

Por otra parte, los resultados del análisis ergonómico concuerdan con los resultados de las encuestas excepto en alguna actividad, lo que es debido a que los métodos de análisis ergonómico sólo tienen en cuenta las posturas y las cargas pero no el movimiento en sí.

En cuanto a las posibles ayudas técnicas, actualmente ya hay varias soluciones a los mayores problemas con los que se encuentran los mayores de 65 años y se está intentando avanzar en el mundo de la robótica para poder prestarles toda la ayuda posible, pero también tiene que haber un cambio en la concienciación de la sociedad, ya que varias de las soluciones existentes acaban incluso empeorando la accesibilidad debido a un mal criterio de construcción.

3. Introducción

La accesibilidad del entorno es un tema de actualidad cada vez más importante debido al aumento del envejecimiento de la población mundial. Según Naciones Unidas (N.N.U.U.), nuestro país va a ser uno de los países más envejecidos en los próximos años llegando a tener a un 41.4% de la población por encima de los 60 años, y al 14% de la población por encima de los 80 años en el año 2050 [1].

Además, la esperanza de vida cada vez es mayor, y aunque la salud se pueda mantener durante más tiempo esto significa que una gran parte de la población es mayor y enferma y que ha perdido capacidades para mantenerse activa [2]. Y por supuesto también hay que tener en cuenta al grupo de personas que no tienen por qué ser mayores que tienen diferentes grados de discapacidad y que necesitan un entorno apropiado para poder llevar una rutina como todos los demás.

La pérdida de ciertas capacidades como la movilidad, la vista o el oído es algo difícil de aceptar muchas veces por las personas afectadas, y si además la estructura y el diseño de las ciudades, edificios u objetos les crean dificultades, esto puede implicar ciertos peligros y riesgos físicos y psicológicos. Por eso, tener en cuenta los problemas con los que pueden encontrarse estos dos grupos de población a la hora de diseñar lugares u objetos, puede suponer que dichas personas no se sientan discriminadas y logren llevar una vida sin obstáculos.

En cuanto al análisis que se va a desarrollar en las próximas páginas, éste se va a centrar sobre todo en el conjunto de la población mayor, que como se ha mencionado antes cada vez es más numerosa, lo que es resultado de la disminución de la natalidad más el aumento de la esperanza de vida al nacer, que según el Instituto Nacional de Estadística (INE), en el 2015 era de 85,4 años para las mujeres y 79,9 años para los hombres [3]:

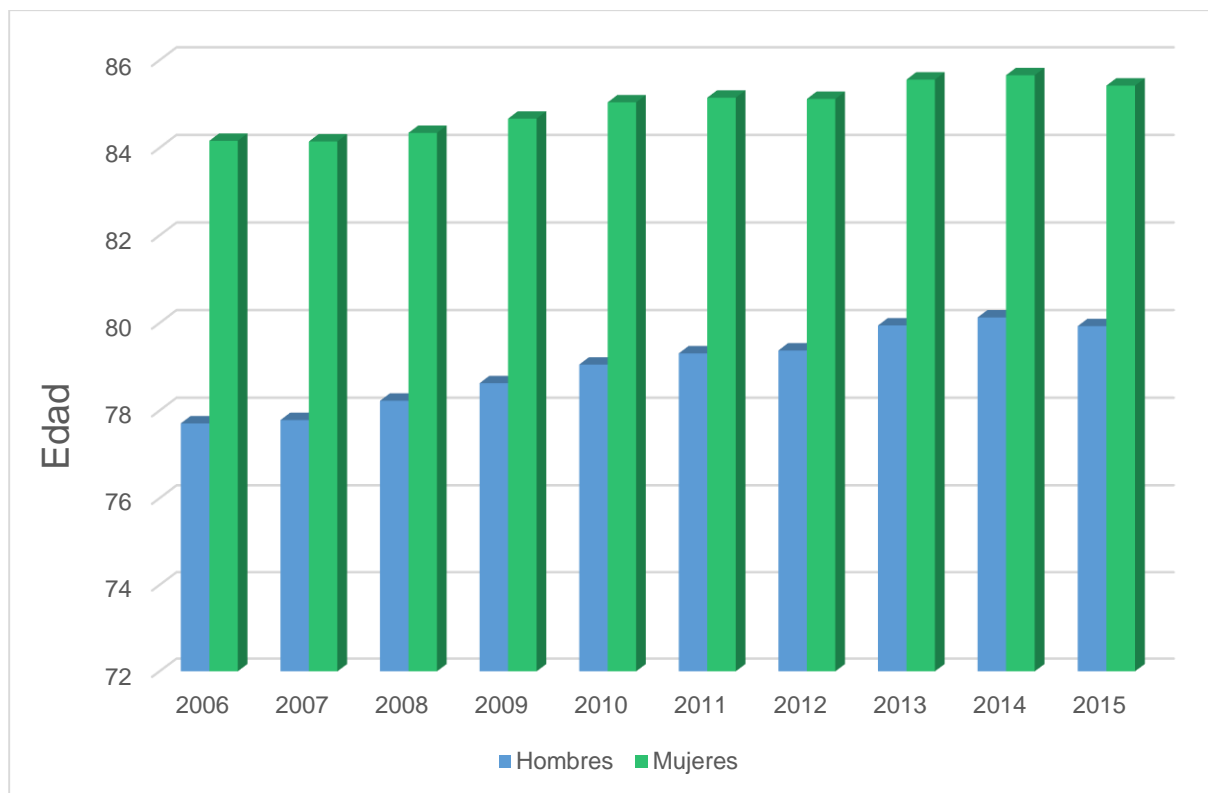


Figura 1. Evolución de la esperanza de vida al nacer [3]

Como se observa en la figura 1, en casi una década la esperanza de vida para los hombres ha aumentado unos dos años y para las mujeres ha aumentado un año. Y no sólo se puede ver que cada vez se vive más, también se aprecia que las mujeres viven durante más tiempo que los hombres, lo que explica en parte que la mayoría de personas dependientes sean mujeres. Al ir cumpliendo años se van perdiendo capacidades y las mujeres siguen cumpliendo años por más tiempo [4].

Y el grupo de personas dependientes no es el único grupo feminizado, el de los/as cuidadores/as de mayores también lo es. Según la pérdida de capacidades que sufra una persona necesitará más o menos ayuda en las tareas diarias y en la mayoría de los casos la ayuda la aportan la pareja o las hijas. Los hijos también ayudan aunque en un porcentaje bastante menor [5].

Otra opción es utilizar ayuda profesional, aunque la mayoría de las personas dependientes prefieren que sean sus familiares los que les ayuden [4]. Sin embargo, las familias pueden beneficiarse de diferentes tipos de ayudas del Estado, como ayudas económicas o una plaza en una residencia o centro de día, gracias a la Ley de Promoción de la Autonomía Personal y Atención a las Personas en Situación de Dependencia, más conocida como Ley de Dependencia, que se aprobó en el 2006 [6].

Estas ayudas del Estado se basan en una previa clasificación de tres grados de dependencia para otorgar las ayudas, pero el camino que tiene que recorrer cada persona al final de su vida puede ser muy diferente. Puede ser que se pierdan capacidades por el deterioro de la movilidad física debido a la edad pero también puede que suceda debido a diferentes enfermedades. Según la Encuesta Europea de Salud en España de 2014 (ver tabla 1), las

más comunes a los 85 años son: artrosis, tensión alta, dolor de espalda, incontinencia urinaria, colesterol, cataratas, diabetes y osteoporosis.

	De 85 y más años	De 65 a 74 años
	%	%
Artrosis (excluyendo artritis)	59,56	43,51
Tensión alta	52,70	45,44
Dolor de espalda crónico (lumbar)	34,72	30,21
Incontinencia urinaria o problemas de control de la orina	32,13	7,58
Dolor de espalda crónico (cervical)	29,96	25,87
Colesterol alto	26,84	35,90
Cataratas	26,79	14,92
Varices en las piernas	25,18	19,95
Diabetes	18,31	17,79
Osteoporosis	17,94	10,72
Otras enfermedades del corazón	17,53	7,12
Estreñimiento crónico	17,34	6,87
Depresión	14,85	12,52
Otros problemas mentales	13,45	1,67
Bronquitis crónica, enfisema, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)	12,19	6,81
Problemas crónicos de piel	10,34	5,51
Hemorroides	9,28	8,12
Problemas de riñón	8,89	4,01
Ansiedad crónica	8,19	10,38
Alergia crónica, como rinitis, conjuntivitis o dermatitis alérgica, alergia alimentaria o de otro tipo (asma alérgica excluida)	6,92	11,24
Migraña o dolor de cabeza frecuente	6,59	8,70
Problemas de tiroides	5,80	7,09
Úlcera de estómago o duodeno	5,55	4,38
Asma (incluida asma alérgica)	5,12	5,11
Ictus (embolia, infarto cerebral, hemorragia cerebral)	5,05	1,36
Angina de pecho, enfermedad coronaria	4,67	1,99
Lesiones o defectos permanentes causados por un accidente	4,67	4,72
Infarto de miocardio	3,79	1,34

Tabla 1. Enfermedades que sufren los mayores [7]

En cuanto a la accesibilidad, para los mayores es muy importante sobre todo en edificios de viviendas, ya que al no tener generalmente la responsabilidad de un trabajo y al no tener tanta agilidad para moverse, suelen pasar bastante tiempo en sus casas o paseando pero sin llegar a desplazarse muy lejos de éstas [2, 8].

Uno de los principales problemas de esta población está relacionado con la accesibilidad en las entradas de los edificios donde habitan. Muchos no tienen ascensor y hay que subir por las escaleras para entrar a las casas, o sí tienen pero hay que subir algún escalón para llegar al ascensor [4, 9]. Muchas veces, esto se soluciona poniendo una rampa a uno de los lados pero también hay que tener en cuenta el desnivel de la rampa y el material del que está hecha para que no sea fácil resbalar. Lo ideal sería poder instalar un ascensor en la planta baja pero muchas veces la estructura del edificio no lo permite, ya que los edificios antiguos fueron diseñados con la idea de ahorrar espacio sin pensar en que esto podría suponer un problema en el futuro, y como se ve en diversos estudios, y en la figura 2 sacada de uno de ellos, la gran mayoría de los edificios en los que viven las personas mayores fueron construidos antes de los años 90, y casi uno de cada dos fue construido antes de los 70 [9]:

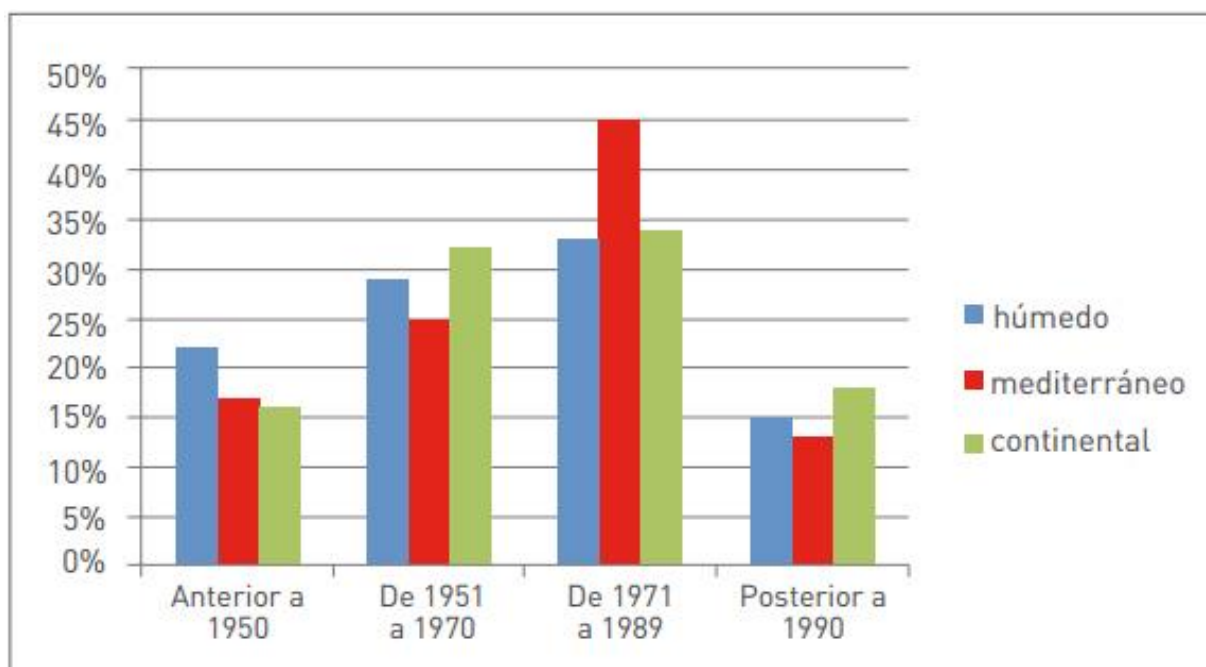


Figura 2. Antigüedad de viviendas de mayores [9]

4. Objetivos e hipótesis

El principal objetivo de este trabajo consiste en estudiar los problemas que tienen los mayores de 65 años relacionados con la edad y también con la accesibilidad de los edificios, ya que los mayores tienden a pasar más tiempo en sus casas debido a que tienen menos responsabilidades y que puede que ya hayan perdido capacidades. Para ello, se han desarrollado una serie de objetivos:

- Averiguar cuáles son los mayores problemas a los que se enfrentan los mayores de 65 años preguntándoles a ellos mismos a través de varias encuestas realizadas en los últimos años.
- Averiguar cuáles son los mayores problemas a los que se enfrentan los mayores de 65 años a través de un análisis ergonómico tanto manual como por simulador.
- Comparar los resultados de diferentes grupos de edad para comprender las diferencias que hay entre ellos.
- Comparar los resultados de los hombres y de las mujeres para comprender las diferencias que hay entre ambos grupos de la sociedad.
- Buscar soluciones a los problemas más destacados y estudiar las líneas futuras en la tecnología con respecto a estos problemas.

En cuanto a las hipótesis, una de las hipótesis que se barajan es que se pierden capacidades con la edad, y también que las mujeres envejecen peor que los hombres.

Y en cuanto a los problemas a los que se enfrentan los mayores de 65 años, se formula la hipótesis de que los mayores tienen más problemas al realizar actividades que requieren de más agilidad.

5. Metodología

Como se ha dicho antes, uno de los objetivos de este trabajo es conocer y analizar los problemas con los que se encuentran cada día las personas mayores de 65 años. Para poder conocer cuáles son los principales problemas con los que se encuentran las personas mayores, lo mejor es preguntarles a ellos directamente, por eso se han utilizado varias encuestas para recoger estos datos. En concreto, estas encuestas son: la encuesta de Condiciones de Vida de las Personas Mayores (Estudio 2647) realizada por el CIS en 2006, la Encuesta de Discapacidad, Autonomía Personal y Situaciones de Dependencia realizada por el INE en 2008, la Encuesta de Integración Social y Salud realizada por el INE en 2012, la Encuesta Europea de Salud en España (EESA) realizada por el INE en 2014 y la Encuesta Nacional de Salud (ENSE) realizada por el INE entre el 2011 y el 2012.

Una vez recogidos los resultados de las 5 encuestas se han comparado las respuestas a las mismas preguntas o preguntas similares para conocer cuáles son las actividades que generan más problemas a los mayores y cómo han evolucionado desde el 2006. Además, en las preguntas de más interés se ha decidido hacer un gráfico con las respuestas de la encuesta más actual.

También, en algunos casos las encuestas dividen las respuestas por sexo por lo que se han podido comparar las capacidades que tienen los hombres mayores de 65 años con las que tienen las mujeres mayores de 65 años.

En cuanto al análisis ergonómico de las actividades estudiadas en las encuestas, se ha decidido utilizar los métodos RULA (Rapid Upper Limb Assessment), REBA (Rapid Entire Body Assessment), el software de modelado Jack creado por Siemens y el software 3D Static Strength Prediction Program (3D SSPP) creado por la Universidad de Michigan.

Los métodos RULA y REBA nacieron para estudiar la ergonomía de los puestos de trabajo y sus efectos en el riesgo de padecer trastornos musculoesqueléticos debido a la repetición de malas posturas o de cargas [10]. Aunque las rutinas de los mayores no ocurran en un puesto de trabajo, las cargas posturales también son importantes ya que los mayores llevan toda la vida haciendo las mismas actividades de la vida cotidiana y tienen que seguir haciéndolas.

El software de modelado Jack utiliza varios métodos de análisis de ergonomía, entre ellos el método RULA. En cambio, el software 3D SSPP calcula el porcentaje de la población que puede realizar una actividad en concreto.

Finalmente, se ha decidido enumerar las alternativas actuales que hay para solucionar los mayores problemas con los que se encuentran las personas mayores de 65 años y se han estudiado varias conferencias y estudios para conocer cuáles son los posibles avances que se verán en el futuro gracias a la mejora de la tecnología.

5.1 Método RULA

El método RULA fue creado en 1993 por McAtamney y Corlett como una herramienta para analizar las diferentes posturas que se adoptaban en los puestos de trabajo y sus efectos en las extremidades superiores de los trabajadores [11].

Este método consiste en medir los ángulos de los brazos, antebrazos, muñecas, cuello, tronco y piernas con respecto a unas referencias determinadas en una posición concreta. Dependiendo de los ángulos medidos, cada parte del cuerpo tendrá una puntuación y con esas puntuaciones se podrá sacar la puntuación final a través de unas tablas. Con este método sólo se pueden analizar los lados derecho e izquierdo del cuerpo por separado por lo que siempre se elegirá el lado que esté más cargado. Si no se sabe qué lado se tiene que analizar, el análisis se hará en los dos.

Para poder obtener las puntuaciones de cada parte del cuerpo, primero hay que analizar los brazos, antebrazos, muñecas, tronco, cuello y piernas por separado. Los brazos, antebrazos y muñecas forman el grupo A y el cuello, tronco y piernas forman el grupo B.

5.1.1 Grupo A

Para conseguir la puntuación del grupo A, lo primero que hay que hacer es medir el ángulo que hay entre el eje del brazo y el eje del tronco para sacar la puntuación del brazo:

1. Si el ángulo es de hasta 20° de flexión o extensión, la puntuación será 1.
2. Si el ángulo es de extensión y mayor de 20° , o de flexión entre 20° y 45° , la puntuación será 2.
3. La puntuación será 3 si hay un ángulo de flexión de entre 45° y 90° .
4. Y la puntuación será 4 si hay un grado de flexión mayor de 90° .

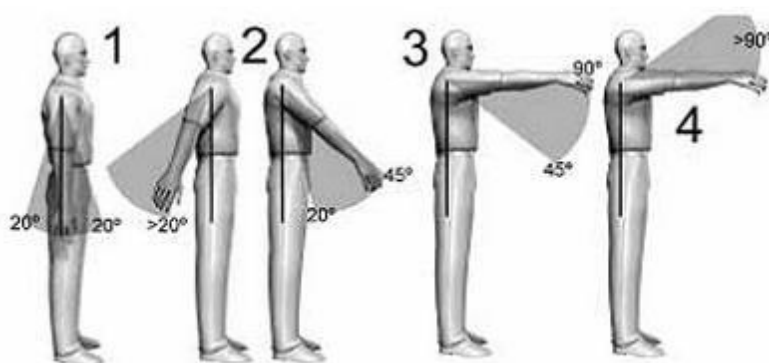


Figura 3. Posición del brazo en RULA [12]

Además, si el hombro está elevado o el brazo está rotado se sumará un punto a la puntuación del brazo, y si el brazo está abducido se sumará otro punto. Si existe algún punto de apoyo del brazo se restará un punto a la puntuación total.

En segundo lugar, hay que medir el ángulo del antebrazo que es el que forman el eje del antebrazo y el eje del brazo. Según lo que mida este ángulo se asignarán las siguientes puntuaciones:

1. Si hay un ángulo de flexión de entre 60° y 100° la puntuación será 1.
2. Si el grado de flexión es mayor de 100° o menor de 60° la puntuación será 2.

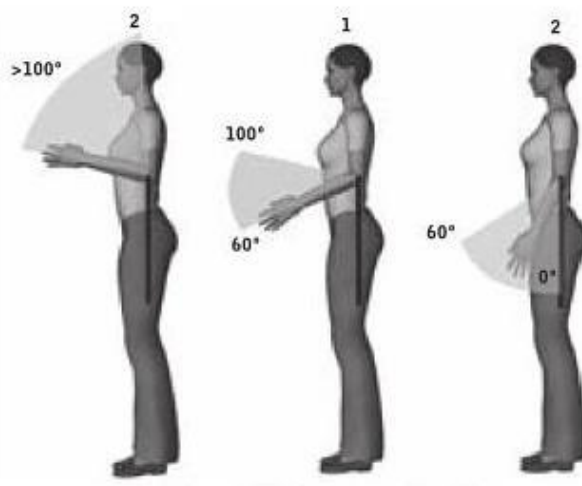


Figura 4. Posición del antebrazo en RULA [12]

En este caso, la puntuación se aumentará en uno si el antebrazo se encuentra a un lado del cuerpo o si cruza la línea media del cuerpo.

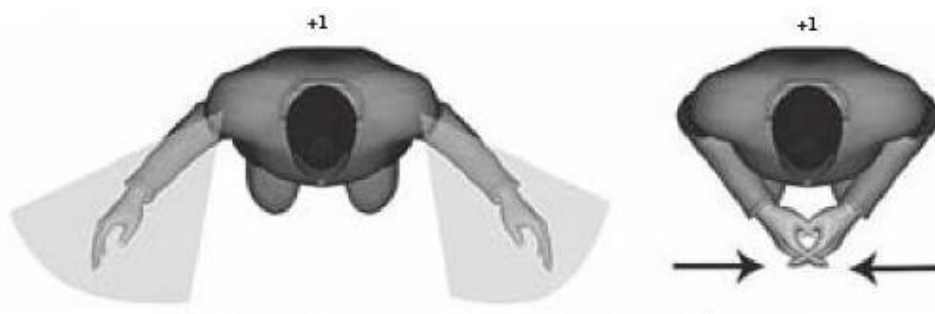


Figura 5. Modificación de la puntuación del antebrazo en RULA [12]

Para conocer la puntuación de la muñeca se ha de medir el grado de flexión o extensión en el que se encuentra:

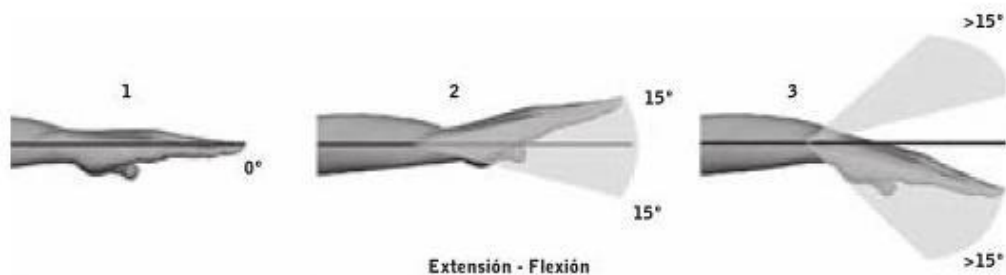


Figura 6. Posición de la muñeca en RULA [12]

1. Como se ve en la figura 6, si la muñeca se encuentra en una posición neutra la puntuación será 1.
2. Si existe un grado de flexión o extensión de hasta 15° la puntuación será 2.
3. Y la puntuación será 3 si el ángulo es mayor de 15° tanto en flexión como en extensión.

Además, si hay desviación radial o cubital la puntuación de la muñeca aumentará en un punto.

Y finalmente, hay que calcular la puntuación del giro de la muñeca que va aparte de la puntuación de la muñeca:

1. Si hay pronación o supinación media o no hay ni pronación ni supinación la puntuación será 1.
2. Si hay pronación o supinación extrema la puntuación será 2

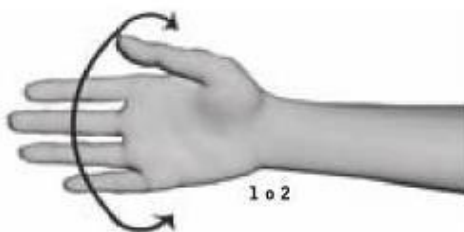


Figura 7. Giro de la muñeca en RULA [12]

Para obtener la puntuación total del Grupo A, se utiliza la tabla 2:

		Muñeca							
		1		2		3		4	
		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca		Giro de Muñeca	
Brazo	Antebrazo	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Tabla 2. Puntuación del Grupo A del método RULA [12]

5.1.2 Grupo B

Para calcular la puntuación del grupo B lo primero que hay que hacer es medir el ángulo del cuello, que es el formado por el eje de la cabeza y el eje del tronco:

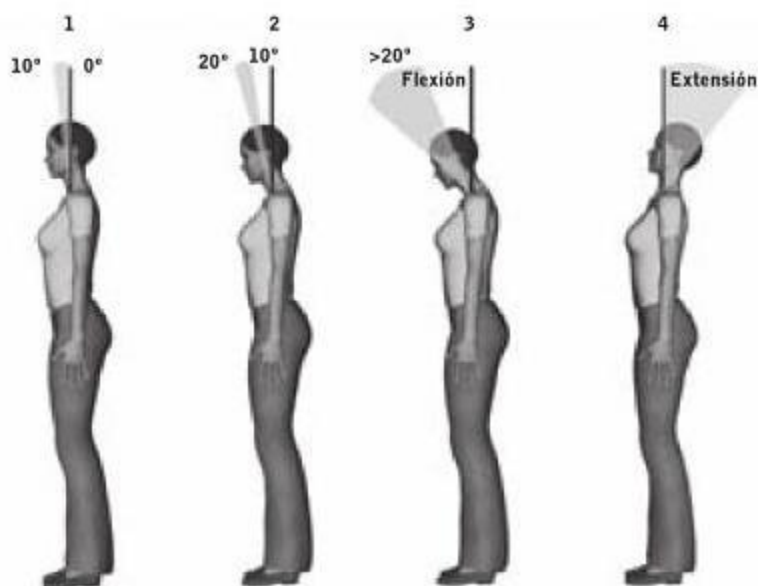


Figura 8. Posición del cuello en RULA [12]

1. Como se puede ver en la figura 8, si hay un ángulo de flexión de hasta 10° la puntuación será 1.
2. Si el ángulo de flexión está entre los 10° y los 20° la puntuación será 2.
3. La puntuación será 3 si el grado de flexión es mayor de 20°.
4. Y si el ángulo es de extensión la puntuación será 4.

Si además la cabeza está rotada se aumentará en un punto la puntuación, y si está inclinada lateralmente se aumentará en otro punto.

La puntuación del tronco dependerá del ángulo formado entre el eje del tronco y la vertical. Según el ángulo obtenido las puntuaciones correspondientes serán:

1. Si la persona está sentada, bien apoyada y con un ángulo de 90° entre el tronco y las caderas la puntuación será 1.
2. Si la persona está de pie y el tronco tiene un ángulo de flexión de entre 0° y 20° la puntuación será 2.
3. Si el ángulo obtenido es de flexión y entre 20° y 60° la puntuación será 3.
4. Y si el grado de flexión es mayor de 60° la puntuación será 4.

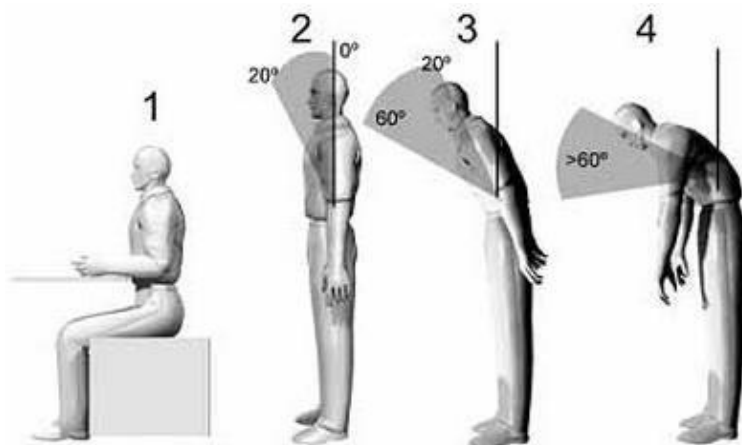


Figura 9. Posición del tronco en RULA [12]

Como en el caso anterior, si el tronco está rotado la puntuación aumentará en uno, y si el tronco tiene inclinación lateral se sumará otro punto más.

En cuanto a la puntuación de las piernas, si la persona está sentada con los pies y las piernas bien apoyados la puntuación será 1. Si la persona está de pie con el peso simétricamente distribuido y con espacio para cambiar de posición la puntuación también será 1. Y si los pies no están apoyados o el peso no está simétricamente distribuido la puntuación será 2.

Finalmente, para obtener la puntuación total del Grupo B se utilizará la tabla 3.

Tronco													
		1		2		3		4		5		6	
		Piernas		Piernas		Piernas		Piernas		Piernas		Piernas	
Cuello		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1		1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2		2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3		3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4		5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5		7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6		8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Tabla 3. Puntuación del Grupo B del método RULA [12]

5.1.3 Puntuación Final

Para obtener la puntuación final, primero hay que obtener la puntuación C y la puntuación D, que son respectivamente las puntuaciones del Grupo A y del Grupo B modificadas.

Hasta ahora sólo se había analizado la postura como tal, pero no se había tenido en cuenta si la postura se mantiene en el tiempo, si se repite cada muy poco, o si hay cargas o no:

1. Si la postura se mantiene durante más de un minuto, habrá que sumarle un punto a las puntuaciones del Grupo A y del Grupo B.
2. Si la actividad se repite más de 4 veces en cada minuto se les sumará otro punto.
3. Si la actividad es ocasional, poco frecuente y de corta duración, no se modificarán las puntuaciones.

En cuanto a las cargas:

1. Si la carga es menor de 2Kg no se modificarán las puntuaciones del Grupo A y del Grupo B.

2. Si la carga está entre 2 y 10kg y es mantenida intermitentemente, se aumentarán las puntuaciones en un punto.
3. Si la carga está entre 2 y 10Kg y es estática o repetitiva, se sumarán 2 puntos.
4. Si la carga es superior a 10Kg y es mantenida intermitentemente también se sumarán 2 puntos.
5. Si la carga es superior a 10Kg y es estática o repetitiva, se aumentarán las puntuaciones en 3 puntos.
6. Y por último, si se producen golpes o fuerzas bruscas o repentinas, se sumarán 3 puntos.

Una vez obtenidas las puntuaciones C y D, para conocer la puntuación final se utilizará la tabla 4.

Puntuación C	Puntuación D						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8	5	5	6	7	7	7	7

Tabla 4. Puntuación final del método RULA [12]

La puntuación final marcará el nivel de actuación en el que se encuentra cada actividad. Se puede saber si la actividad es segura o si es necesario cambiarla urgentemente con la tabla 5.

Puntuación final	Nivel	Actuación
1 o 2	1	Riesgo Aceptable
3 o 4	2	Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio
5 o 6	3	Se requiere el rediseño de la tarea
7	4	Se requieren cambios urgentes en la tarea

Tabla 5. Niveles de actuación del método RULA [12]

5.2 Método REBA

El método REBA fue creado en el año 2000 por Hignett y McAtamney como una herramienta para analizar las diferentes posturas que se adoptaban en los puestos de trabajo y sus efectos en las extremidades superiores y en las inferiores [13].

A diferencia del método RULA, en este caso el grupo formado por los brazos es el grupo B y el grupo formado por el cuello, tronco y piernas es el grupo A.

Con REBA sólo se puede evaluar el lado izquierdo o el lado derecho del cuerpo en una postura determinada, por lo que siempre se elegirá el lado que tenga una carga superior, a no ser que el evaluador no tenga claro qué lado es el de más carga, que en ese caso se evaluarán ambos lados por separado.

5.2.1 Grupo A

Para obtener la puntuación del Grupo A, lo primero que hay que hacer es medir el ángulo que forman el eje del tronco y el eje de la vertical, que es el que determina la puntuación del tronco:

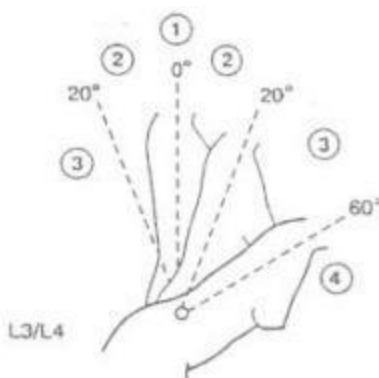


Figura 10. Posición del tronco en REBA [14]

1. Como se puede ver en la figura 10, la puntuación será 1 si el ángulo es de 0°.
2. Si hay hasta 20° de flexión o de extensión la puntuación será 2.
3. Si hay una extensión de más de 20° o una flexión de entre 20° y 60° la puntuación será 3.
4. Y la puntuación será 4 si el ángulo es mayor de 60° en flexión.

Además, si el tronco tiene rotación o inclinación lateral, la puntuación del tronco aumentará en un punto.

Para obtener la puntuación del cuello, se debe medir el ángulo que forman el eje de la cabeza con el eje del tronco. Las puntuaciones según dicho ángulo serán:

1. De 1 punto si hay una flexión de 0° a 20°.
2. La puntuación será de 2 puntos si hay flexión de más de 20° o extensión en cualquier grado.

Como en el caso anterior, si la cabeza está rotada o tiene inclinación lateral la puntuación aumentará en un punto.

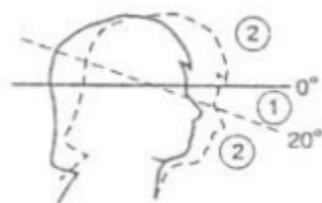


Figura 11. Posición del cuello en REBA [14]

Finalmente habrá que obtener la puntuación de las piernas, puntuación que se basa los apoyos y en sus posiciones. Si la persona está sentada, o está andando o de pie con un soporte bilateral simétrico, la puntuación será 1. Si la persona está de pie con un soporte unilateral, ligero, o con una postura inestable, la puntuación será 2.

En este caso, la puntuación de las piernas aumentará en un punto si existe flexión de una o de ambas rodillas de 30° a 60°, y la puntuación aumentará en dos puntos si la flexión es de más de 60°. En caso de que la persona esté sentada, la puntuación no aumentará.

Para obtener la puntuación total del Grupo A se tendrá que utilizar la tabla 6.

		Cuello											
		1				2				3			
		Piernas				Piernas				Piernas			
Tronco	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6	
2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7	
3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8	
4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9	
5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9	

Tabla 6. Puntuación del Grupo A del método REBA [14]

A la puntuación total del Grupo A se le sumará un punto si existe una carga o fuerza de entre 5 y 10Kg, se le sumarán dos puntos si la carga es de más de 10Kg, y aparte, se le sumará otro punto si las cargas o fuerzas son aplicadas bruscamente. El resultado se llamará Puntuación A.

5.2.2 Grupo B

Para calcular la puntuación del Grupo B habrá que evaluar los ángulos de los brazos, antebrazos y muñecas en cada posición. Como se ha dicho antes, en REBA se evalúa sólo un lado por lo que sólo se evaluarán los ángulos de un lado del cuerpo.

Primero, habrá que calcular la puntuación del brazo, que dependerá del ángulo que forme el eje del brazo con el eje del tronco. Las puntuaciones asignadas a cada ángulo serán:

1. De 1 punto si el ángulo es de flexión o de extensión hasta 20° .
2. Si la extensión es mayor de 20° o hay un grado de flexión de 20° a 45° , la puntuación será 2.
3. Si el grado de flexión es de 45° a 90° la puntuación será 3.
4. Y si hay una flexión de más de 90° la puntuación será 4.

Además, si el hombro está elevado, el brazo rotado o el brazo abducido, se aumentará la puntuación en un punto, y si el brazo está apoyado o tiene una posición a favor de la gravedad, la puntuación disminuirá en uno.

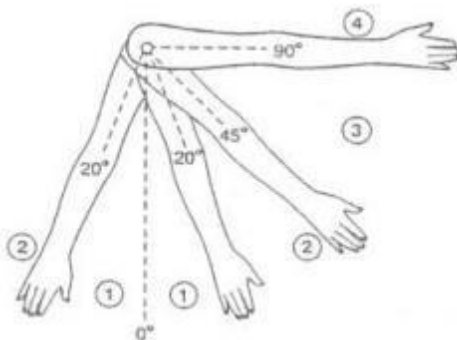


Figura 12. Posición del brazo en REBA [14]

La puntuación del antebrazo viene marcada por el ángulo de flexión que existe entre el eje del antebrazo y el eje del brazo.

1. Si el grado de flexión está entre los 60° y los 100° la puntuación será 1.
2. Si el ángulo es mayor de 100° o menor de 60° la puntuación será 2.

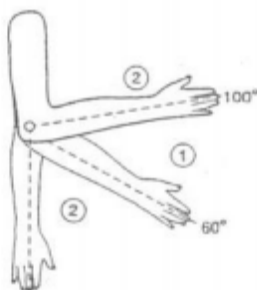


Figura 13. Posición del antebrazo en REBA [14]

Por último, la puntuación de la muñeca dependerá del ángulo que tenga ésta con respecto a su posición neutra.

1. Si hay un grado de flexión o extensión de hasta 15° la puntuación será 1.
2. Si el ángulo es mayor de 15°, ya sea flexión o extensión, la puntuación será 2.

Además, si existe torsión o desviación radial o cubital, la puntuación aumentará en un punto.

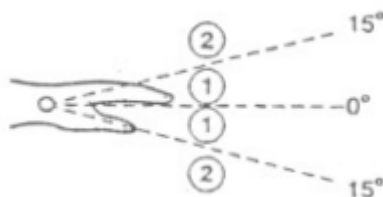


Figura 14. Posición de la muñeca en REBA [14]

La puntuación total del Grupo B se obtendrá a través de la tabla 7.

	Antebrazo					
	1			2		
	Muñeca			Muñeca		
Brazo	1	2	3	1	2	3
1	1	2	2	1	2	3
2	1	2	3	2	3	4
3	3	4	5	4	5	5
4	4	5	5	5	6	7
5	6	7	8	7	8	8
6	7	8	8	8	9	9

Tabla 7. Puntuación del Grupo B del método REBA [14]

A esta puntuación se le sumará un punto si el agarre es aceptable pero no ideal, o aceptable con otras partes del cuerpo. Se le sumarán dos si el agarre es posible pero no aceptable. Y se le sumarán tres puntos si el agarre es torpe e inseguro, no es posible el agarre manual, o el agarre es inaceptable utilizando otras partes del cuerpo. Al resultado total se le llamará Puntuación B.

5.2.3 Puntuación Final

Antes de obtener la puntuación final primero habrá que obtener la puntuación C, obtenida con la tabla 8.

Puntuación A	Puntuación B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Tabla 8. Puntuación C del método REBA [14]

La puntuación C aumentará en un punto si una o más partes del cuerpo permanecen estáticas (por ejemplo, soportadas durante más de 1 minuto). Aumentará en otro punto si se producen movimientos repetitivos excluyendo caminar (por ejemplo, repetidos más de 4 veces por minuto). Y también aumentará en otro punto si se producen cambios de postura importantes o si se adoptan posturas inestables.

La puntuación C modificada (o no) será la puntuación final. Según esta puntuación se podrá saber si el nivel de riesgo de la actividad es alto o es bajo siguiendo la tabla 9.

Puntuación final	Nivel	Riesgo	Actuación
1	0	Inapreciable	No es necesaria actuación
2 o 3	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
4 a 7	2	Medio	Es necesaria la actuación.
8 a 10	3	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes.
11 a 15	4	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato.

Tabla 9. Niveles de actuación del método REBA [14]

5.3 Jack: Siemens PLM Software

El programa Jack es un programa de simulación y modelado creado por Siemens para analizar la ergonomía en los puestos de trabajo. Este programa permite diseñar diferentes situaciones de forma tridimensional con un modelo humano que puede tener cualquier medida antropológica que se elija, y analizar dichas situaciones ergonómicamente antes de que se lleven a cabo para poder rediseñarlas si es necesario, ahorrando tiempo y dinero.

El programa Jack utiliza diferentes métodos de análisis como el método NIOSH (The National Institute for Occupational Safety and Health), el método OWAS (Ovako Working Analysis System) o el método RULA.

Las actividades analizadas con este programa son las mismas que se han analizado con RULA y REBA manualmente. Todas se han analizado tanto con un modelo hombre de estatura media como con una modelo mujer también de estatura media.

La interfaz del programa es la de la figura 15.

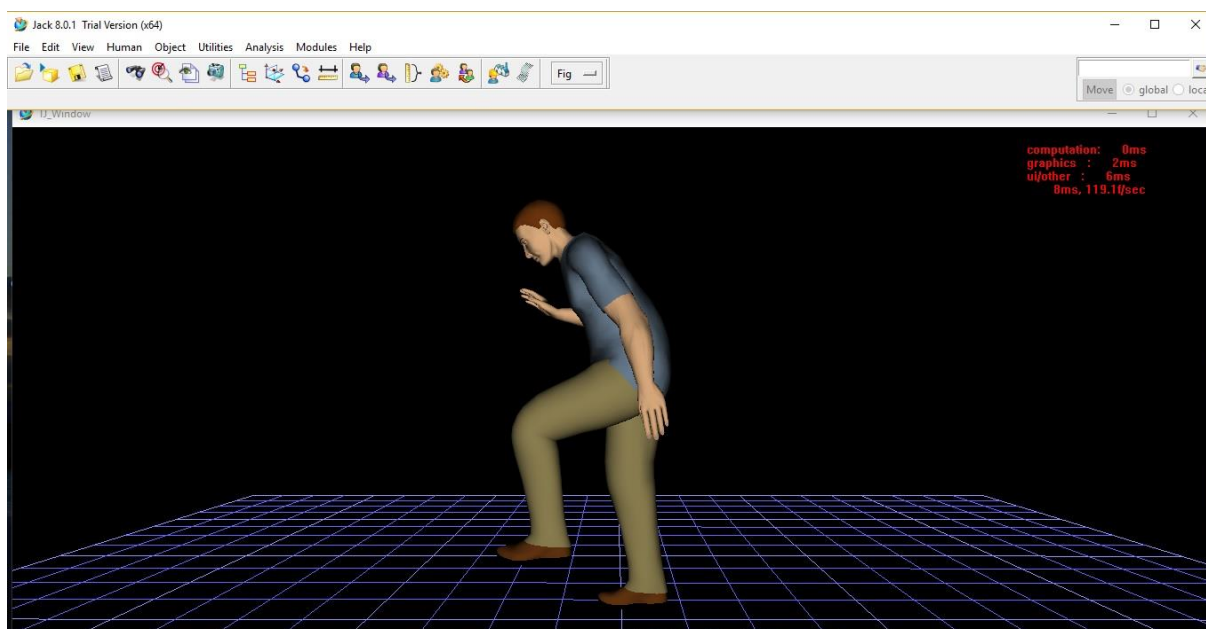


Figura 15. Hombre subiendo escaleras en el programa Jack

5.4 3D SSPP (3D Static Strength Prediction Program)

El programa 3D SSPP es un programa de ergonomía desarrollado por la Universidad de Michigan para analizar acciones como las de levantar, empujar, impulsar y tirar de [15].

Este programa tiene una base de datos antropométricos de hombres y mujeres por lo que se puede estudiar el efecto de cualquier esfuerzo en personas de ambos sexos y pertenecientes a cualquier percentil. También, permite elegir si la persona está de pie apoyada en un pie o en los dos, o sentada con o sin apoyo en la espalda.

Para conseguir que el modelo tenga la postura correcta, se pueden mover sus articulaciones a través de tres formas diferentes:

- Con el modo de predicción de postura.
- Moviendo las articulaciones en las vistas de planta, alzado y perfil con el ratón hasta que se obtenga la postura deseada.
- Modificando los ángulos con respecto al torso de las diferentes partes del cuerpo.

Una vez elegida la carga que va a soportar el modelo y su postura se pueden realizar diferentes análisis en el programa:

- El porcentaje de personas de un percentil que puede realizar la actividad debido a la fuerza. Los límites de fuerza escogidos son los recomendados por el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH).
- La fatiga a la que se ve sometida cada parte del cuerpo.
- La compresión en la zona lumbar.
- La estabilidad de la postura.
- Y las fuerzas y momentos a las que se ve sometida cada parte del cuerpo.

En la figura 16 se puede ver la pantalla de inicio del programa con las ventanas de las vistas de planta, alzado, perfil, el modelo 3D y un resumen de los análisis.

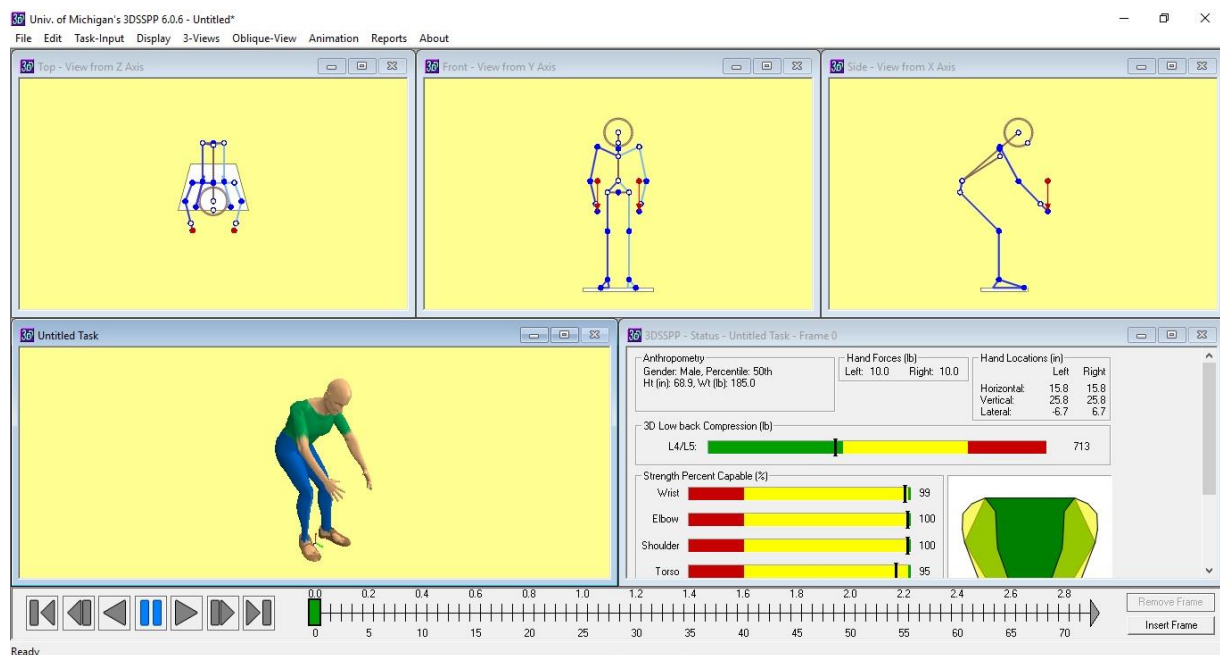


Figura 16. Pantalla de inicio del programa 3D SSPP

Se ha decidido utilizar este programa porque a diferencia del programa Jack de Siemens, este programa se centra más en las fuerzas que se hacen con los brazos en lugar de centrarse más en la postura en sí, y muchas acciones que hacemos en el día a día requieren de fuerza en los brazos, sobre todo si la persona ya no tiene tanta fuerza en las piernas y tiene que transferir parte del esfuerzo de actividades como la de levantarse o caminar a las extremidades superiores.

6. Resultados

6.1 Resultados de las Encuestas del INE y del CIS

Lo primero era preguntarles a los mayores por su estado de salud actual y en las cinco encuestas se pueden ver contestaciones muy similares. En general las personas de entre 65 y 74 años tienen en su mayoría un estado de salud bueno, y a partir de los 75 años la mayoría tiene un estado de salud regular seguido no muy lejos por los que tienen un estado de salud bueno.

En la encuesta de Integración Social y Salud del INE, en la que se separan las respuestas entre personas con discapacidad y personas sin discapacidad, se puede ver que las personas con discapacidad en general tienen una salud regular o mala en todos los grupos de edad.

En la figura 17, destaca la diferencia entre los hombres de más de 85 años y las mujeres de más de 85 años, las mujeres llegan a las edades más altas con peor salud.

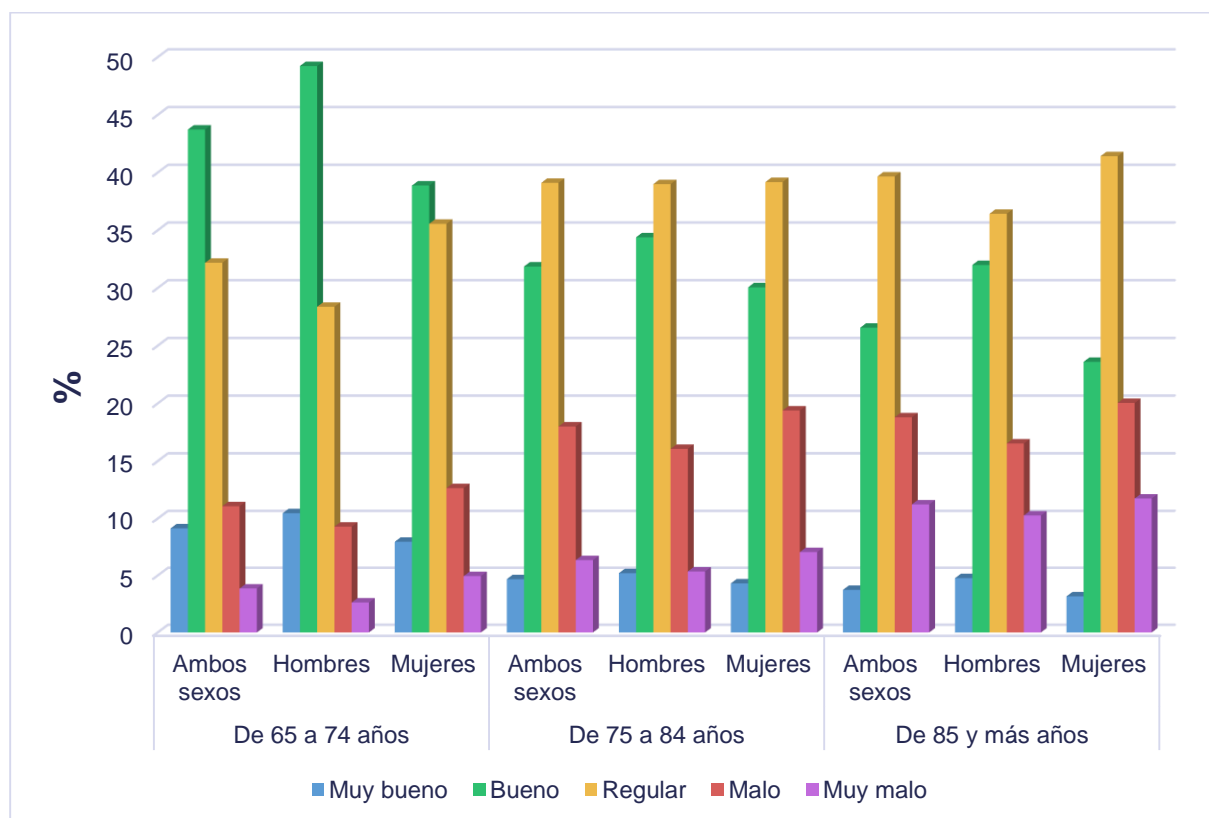


Figura 17. Estado de salud [7]

Antes de analizar las respuestas a las preguntas más específicas, es de interés analizar las respuestas a la pregunta de limitaciones en alguna de las actividades de la vida diaria.

En este caso hay que recurrir a las encuestas de Integración Social y Salud, la EESE, y la ENSE, y en las tres se pueden ver resultados parecidos. Por lo general los mayores de 65 años no tienen ninguna limitación, pero esto se pierde con los años como se ve en la figura

18, y el número de personas que están limitadas aunque no gravemente acaba siendo mayoría seguido de cerca por los demás. También es destacable que hay un porcentaje mayor de mujeres mayores de 85 años limitadas gravemente que de hombres de la misma edad.

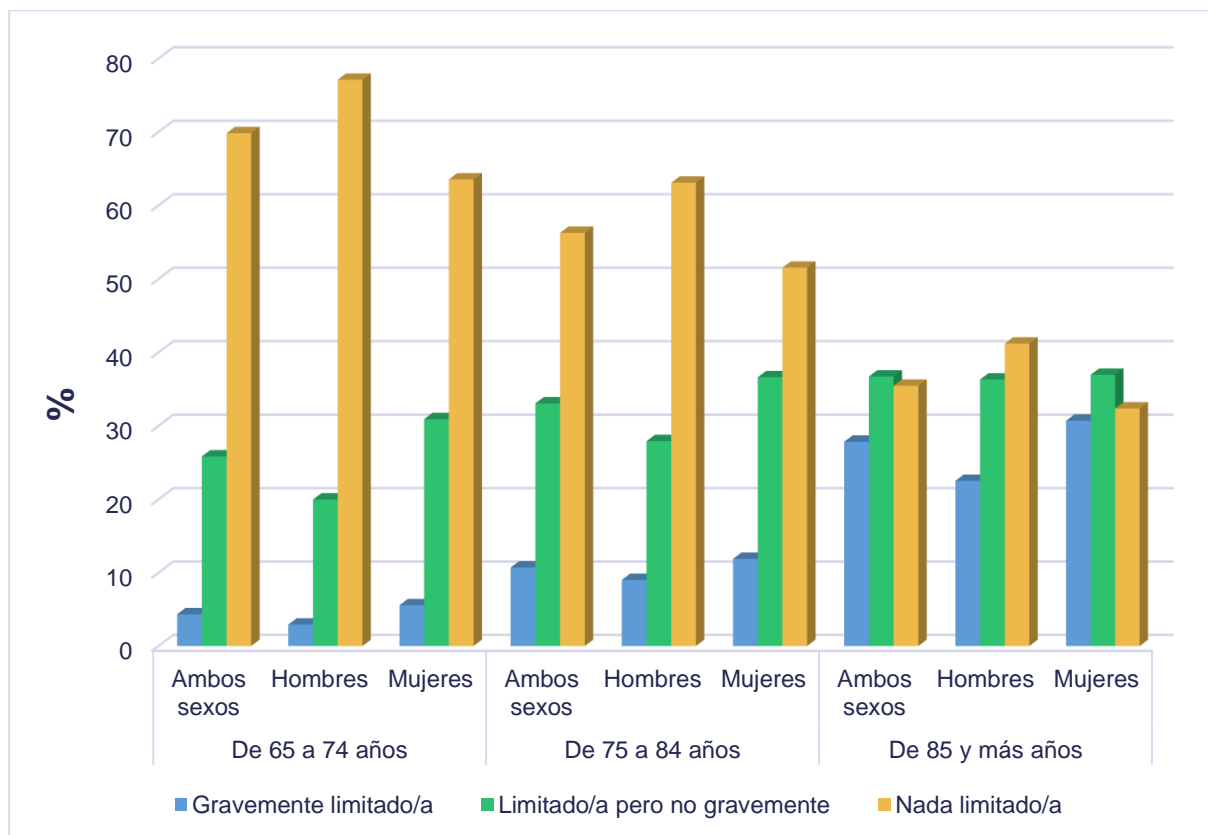


Figura 18. Limitación para las actividades de la vida cotidiana [16]

Levantarse o acostarse es una acción que hacemos todos los días y que requiere de cierta agilidad física, por eso los mayores puede que tengan problemas al hacerlo, aunque como se puede ver en todas las encuestas, esta es una de las actividades que menos problemas dan a los mayores. En todos los grupos de edad los mayores han contestado que no tienen dificultades al levantarse o acostarse excepto las personas mayores de 85 años.

Vestirse y desvestirse es otra acción similar a la de levantarse o acostarse en cuanto a resultados, la única diferencia es que el porcentaje de mayores de 85 años que no tienen ninguna dificultad al vestirse o desvestirse es ligeramente inferior al de dificultades al levantarse o acostarse.

Y también, a la pregunta de dificultades al arreglarse o asearse, los mayores han contestado de forma muy parecida a las preguntas de dificultades al levantarse o acostarse y la de dificultades al vestirse o desvestirse.

Cabe destacar que en las tres últimas preguntas el porcentaje de mujeres mayores de 85 años que no pueden realizar estas actividades es considerablemente superior al de los hombres mayores de 85 años en la misma situación, pero que los porcentajes de mujeres mayores de 85 años que tienen algún tipo de dificultad son muy parecidos a los de los hombres.

Por otro lado, bañarse o ducharse sí que es una de las actividades más peligrosas a las que se enfrentan las personas mayores de 65 años. Las bañeras y las duchas suelen tener suelos resbaladizos, a no ser que tengan alguna alfombrilla antideslizante o el suelo antideslizante, por lo que es muy fácil perder el equilibrio mientras te estás duchando o entrando en la bañera y caerte, sobre todo si tu movilidad ha disminuido por la edad. Y en el caso de las bañeras, los mayores también se encuentran con el problema de entrar en ellas ya que para hacerlo hay que sobrepasar el borde de la bañera que suele estar muy alto [17, 18].

Así que como se puede ver en las figuras 19 y 20, la mayoría de las personas que han contestado empiezan no teniendo ninguna dificultad al utilizar la bañera pero este porcentaje disminuye en cada grupo de edad hasta que a los 85 años las personas que tienen dificultades son mayoría. Sin embargo, en el caso de las personas que utilizan ducha, el porcentaje de personas que tienen dificultades al ducharse nunca supera a los que no tienen dificultades.

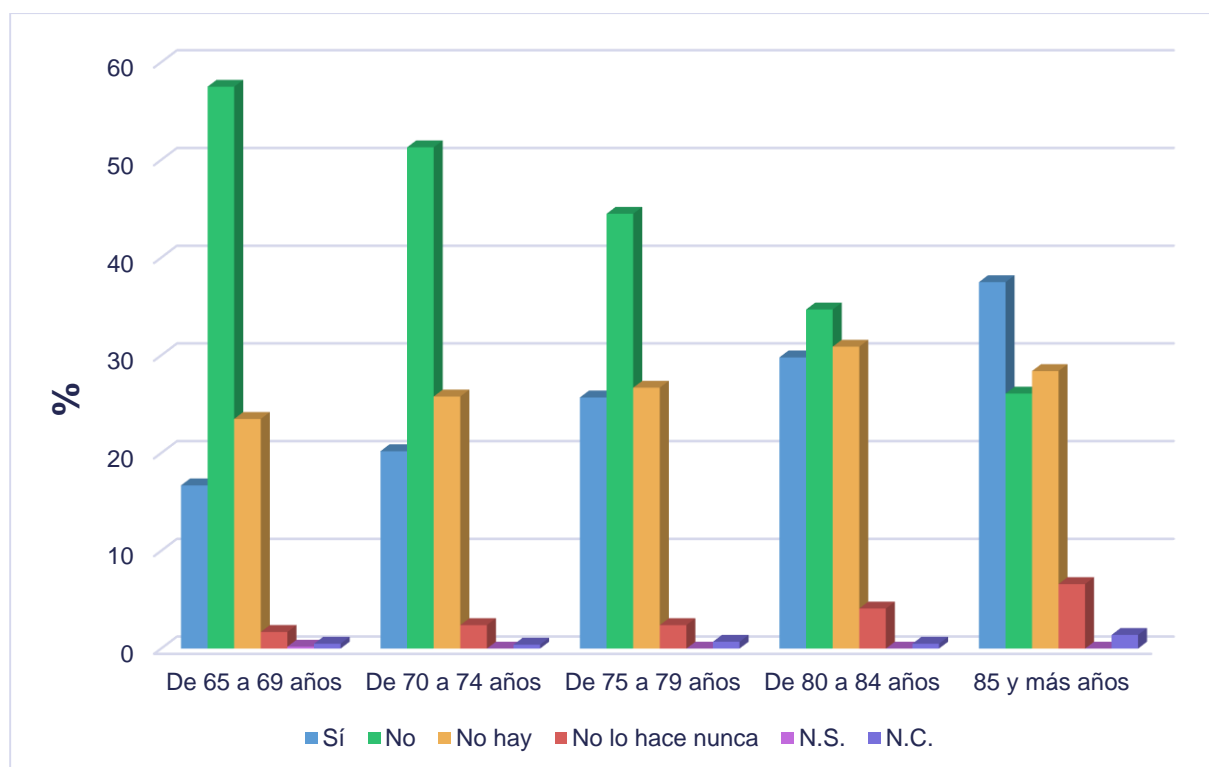


Figura 19. Dificultades al utilizar la bañera [19]

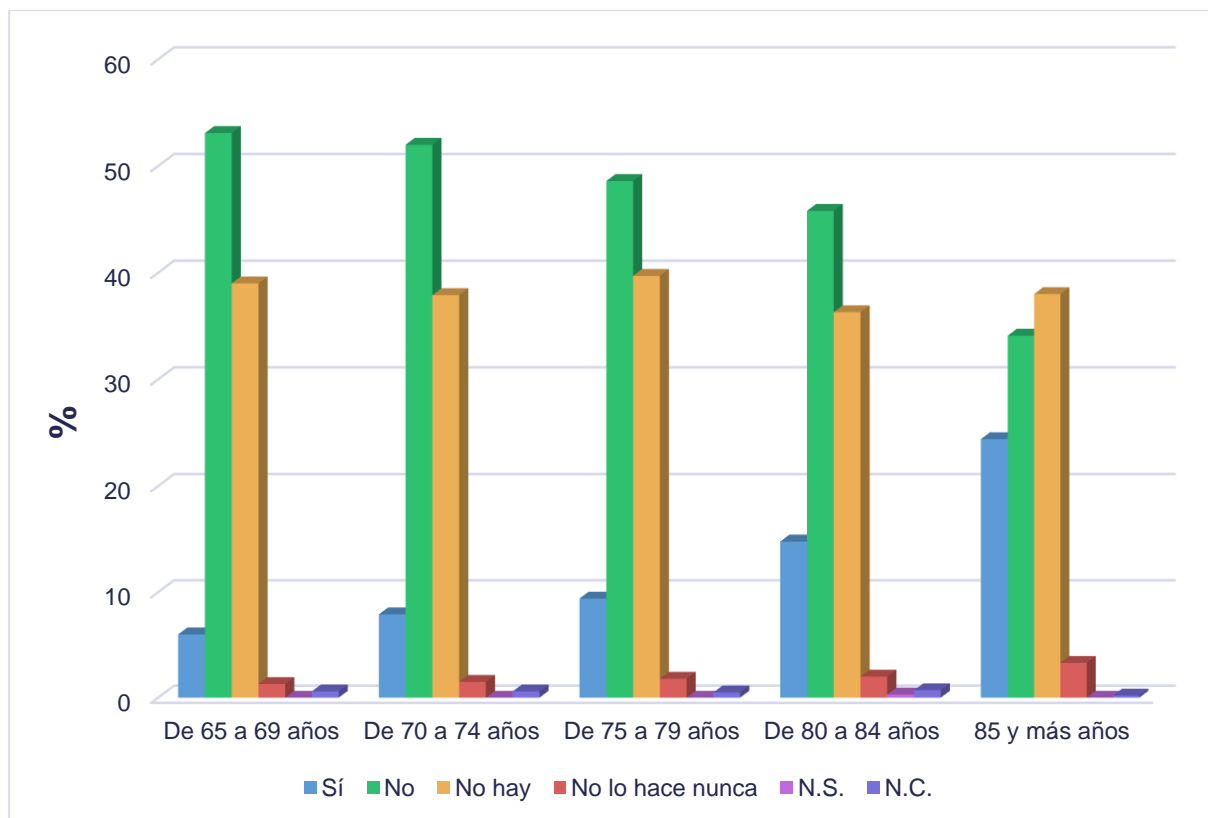


Figura 20. Dificultades al utilizar la ducha [19]

En la figura 21 se puede ver también que el porcentaje de personas que no tienen dificultades al bañarse o ducharse disminuye en cada grupo de edad, pero lo que más destaca es que mientras la mitad de los hombres de más de 85 años no tienen dificultades al ducharse o bañarse, el 38% de las mujeres de más de 85 años ni siquiera puede hacerlo.

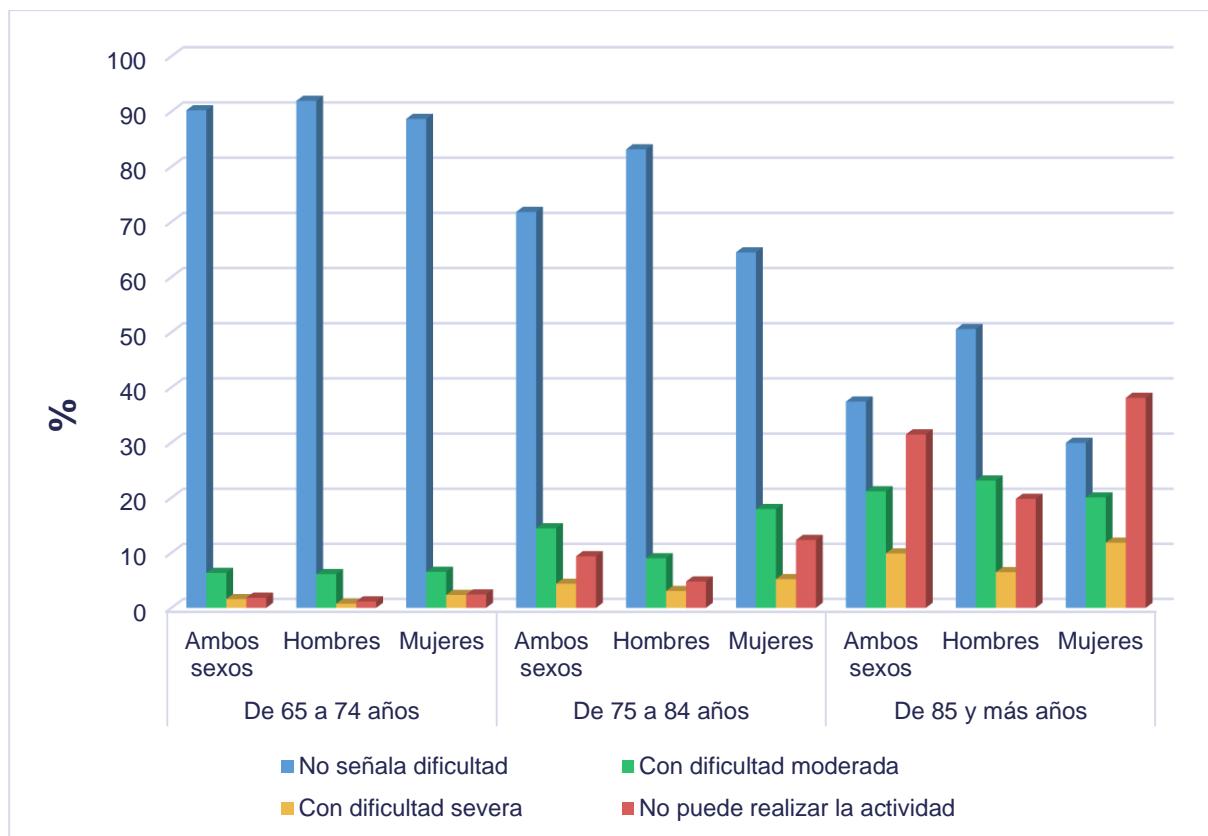


Figura 21. Dificultad al bañarse o ducharse [20]

A diferencia de bañarse o ducharse, utilizar el WC no requiere de tanta agilidad o movilidad por lo que los mayores lo tienen mucho más fácil para realizar esta actividad. Por lo tanto, en todas las encuestas se puede ver que la gran mayoría de las personas mayores de 65 años no tienen ninguna dificultad al utilizar el WC. Incluso en el grupo de edad de los mayores de 85 años el porcentaje de personas que no tienen dificultades es bastante alto.

En cuanto a caminar, esta actividad es muy importante porque hace falta desplazarse para hacer casi cualquier cosa, y como se necesita cierta movilidad para hacerlo, las respuestas en las encuestas son más negativas que en el caso anterior.

Como se puede ver en la figura 22, el porcentaje de personas que no tienen dificultades disminuye del 82% a los 65 años al 60% a los 75 años y al 35% a los 85 años. Además, la diferencia de porcentajes entre los hombres mayores de 85 años que no tienen dificultades y las mujeres que están en la misma situación, y los hombres mayores de 85 años que no pueden hacerlo y las mujeres que están en la misma situación, es bastante considerable.

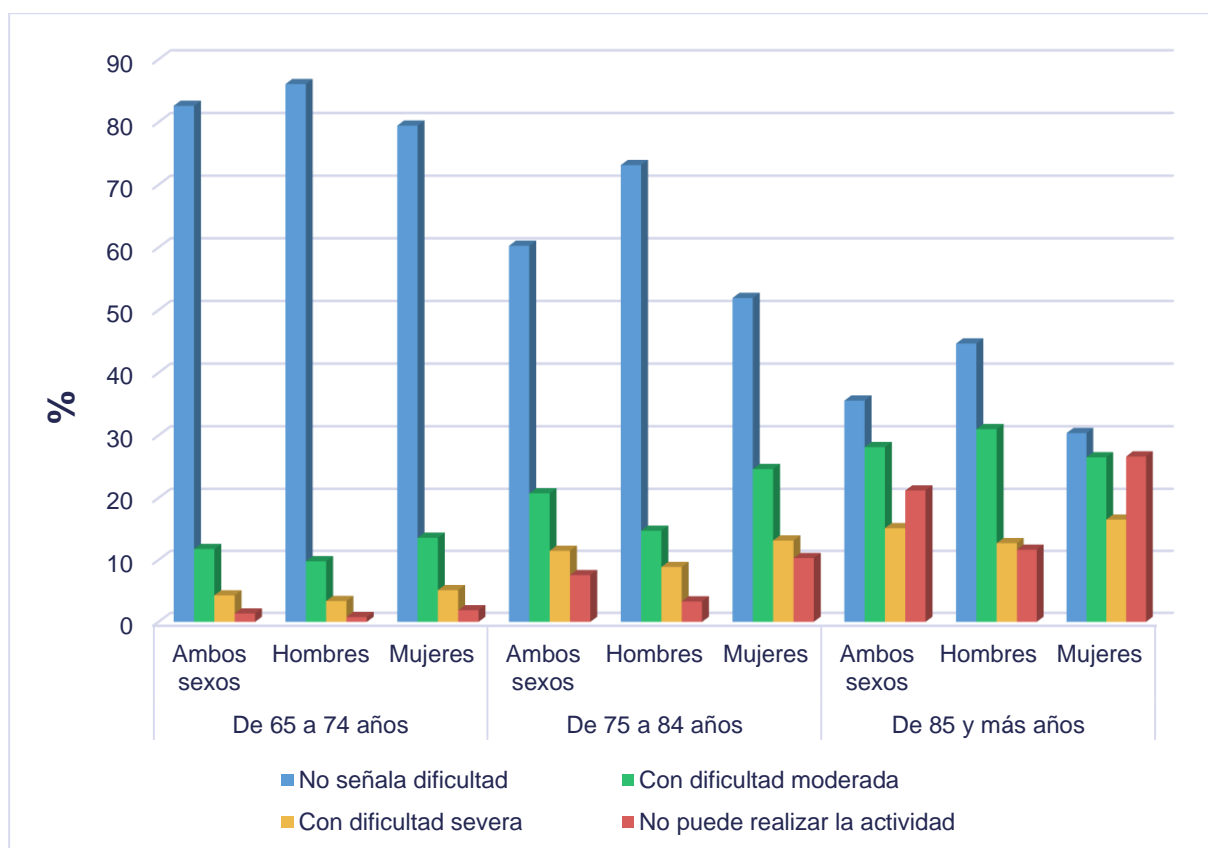


Figura 22. Dificultad al caminar [20]

Cocinar es otra actividad básica que les genera problemas a los mayores. En general en el grupo de más de 65 años la mayoría de personas no tiene ninguna dificultad, pero las dificultades se disparan al llegar a los 85 años y muchos mayores ni siquiera pueden hacerlo. En este caso también destaca la gran cantidad de hombres que no cocinan, lo que probablemente sea debido a la feminización de esta actividad.

Pero si hay una actividad que especialmente les genera muchos problemas a los mayores, ésta es la de subir y bajar escaleras. Las escaleras son uno de los lugares en el que ocurren más accidentes en un edificio [21, 22]. Para poder utilizar las escaleras hay que tener buena movilidad, sobre todo si se está subiendo, por lo que es muy fácil tropezarse y caerse.

Por eso en ambas encuestas que incluyen esta pregunta, y como se puede ver en la figura 23, en el grupo de personas de más de 65 años la mayoría no tienen dificultades al utilizar las escaleras, aunque el porcentaje es muy bajo para ser el primer grupo de edad. En el grupo de edad de más de 75 años el porcentaje de personas que no tienen dificultades sigue siendo el mayor pero ya se ve superado por la suma de los porcentajes de las personas que tienen dificultades o directamente no pueden hacerlo. Y finalmente en el último grupo de edad, la gran mayoría de los mayores tienen dificultades al utilizar las escaleras o directamente no pueden hacerlo.

En este caso también es interesante fijarse en la diferencia de agilidad y salud que suele haber entre los hombres y las mujeres, mientras que los hombres de más de 85 años superan a las mujeres en los porcentajes de no tiene dificultades y tiene dificultades moderadas, las mujeres

de más de 85 años superan a los hombres en los porcentajes de tiene dificultades severas y no puede realizar la actividad.

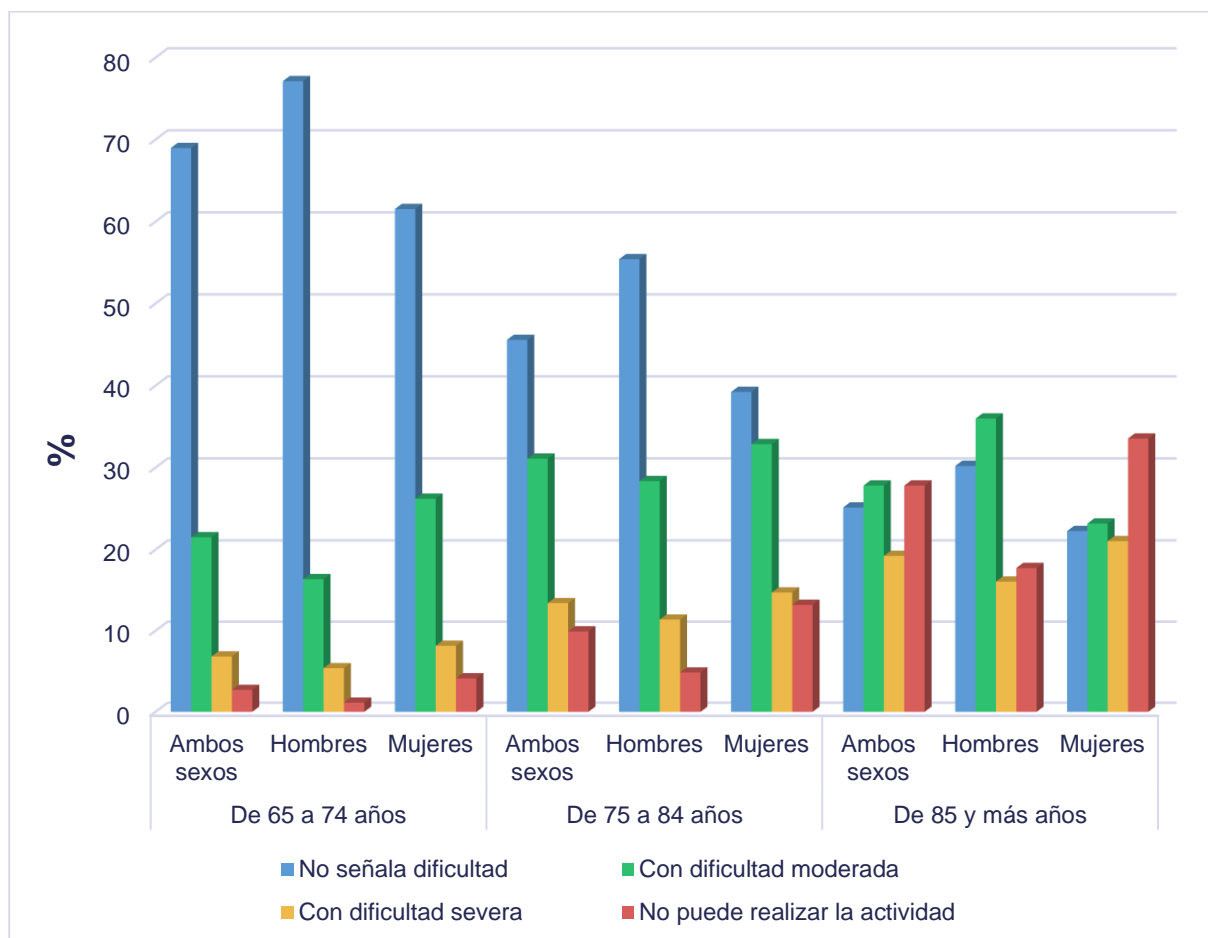


Figura 23. Dificultad al subir o bajar escaleras [20]

Y por último, se analiza la pregunta de la encuesta del CIS sobre la necesidad de ayuda para salir a la calle. Como se puede ver en la figura 24, en general desde los 65 hasta los 84 años los mayores no necesitan mucha ayuda para salir a la calle, pero en el grupo de edad de los mayores de 85 años, el porcentaje de personas que lo pueden hacer con ayuda llega al 26% y el porcentaje de personas que no pueden hacerlo ni con ayuda acaba siendo del 18%.

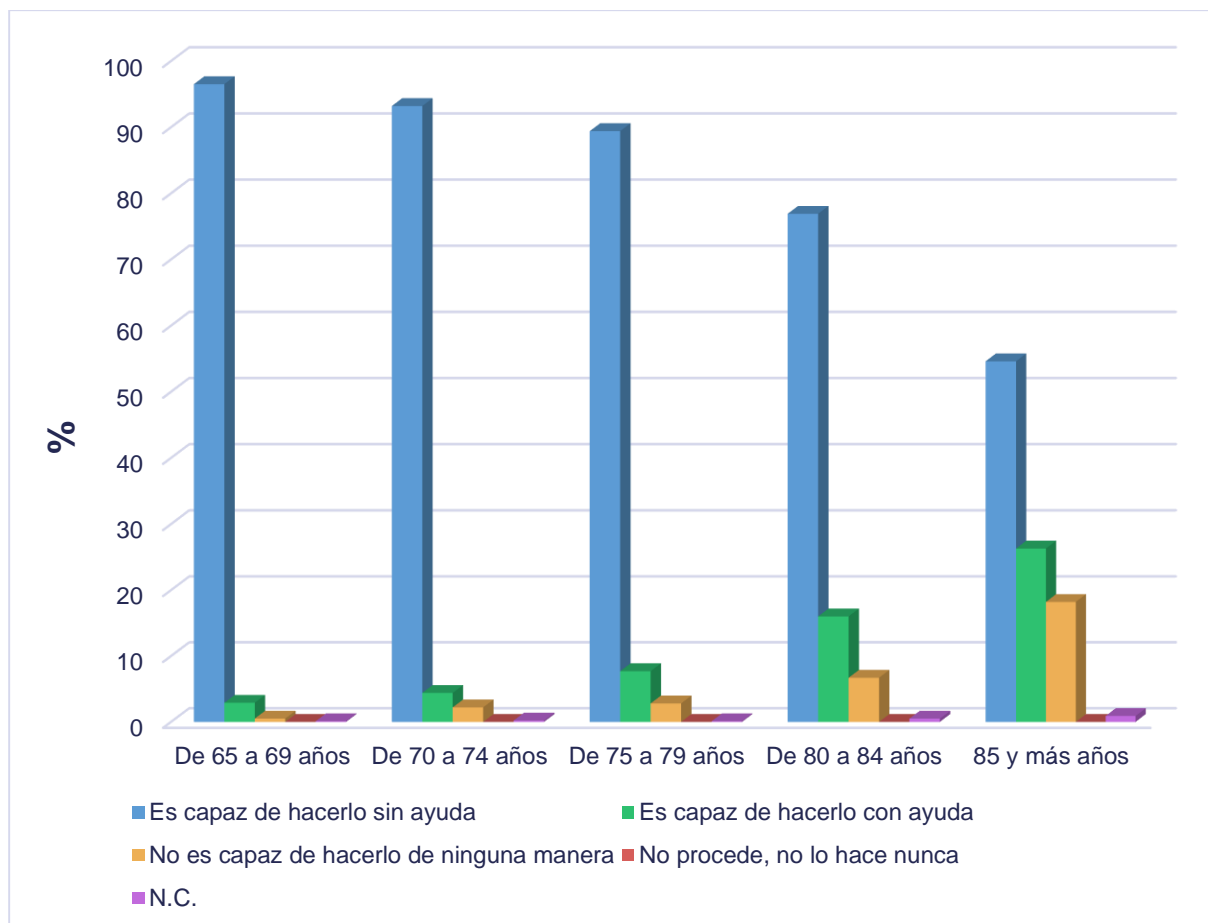


Figura 24. Necesidad de ayuda al salir a la calle [19]

6.2 Resultados de los Métodos RULA y REBA

Las actividades elegidas para analizar con los métodos RULA y REBA son las mismas actividades que se han analizado en el apartado 6.1 a partir de las encuestas del CIS y del INE, que son las de la tabla 10.

Además, como la mayoría de las actividades analizadas se pueden realizar ya sea o con ayudas o de otra manera, también se ha decidido analizar esas variaciones.

Actividad	Alternativa	Segunda alternativa
Levantarse		
Vestirse de pie	Vestirse sentado	
Asearse		
Bañarse	Ducharse	
Salir de la bañera	Salir de la bañera con la ayuda de asideros	Salir de la bañera con la ayuda de un asiento
Sentarse en el WC erguido		
Sentarse en el WC no erguido		

Caminar erguido	Caminar con bastón	Caminar con andador
Caminar no erguido		
Coger una olla del armario de abajo		
Subir escaleras	Subir las escaleras sentado en un salvaescaleras	Subir una rampa
Bajar escaleras	Bajar escaleras sentado en un salvaescaleras	Bajar una rampa

Tabla 10. Actividades analizadas con los métodos RULA y REBA

Los resultados de las actividades analizadas con los métodos RULA y REBA son los de la tabla 11.

Se ha analizado cada actividad con hombres y mujeres por separado, ya que tanto el peso como la altura media varían y esto puede afectar al nivel de la actividad.

Actividad	RULA	Nivel	REBA	Nivel
Levantarse (Hombre)	3	2	2	1
Levantarse (Mujer)	3	2	2	1
Vestirse de pie (Hombre)	5	3	10	3
Vestirse de pie (Mujer)	6	3	10	3
Asearse (Hombre)	3	2	3	1
Asearse (Mujer)	3	2	4	2
Bañarse (Hombre)	6	3	7	2
Bañarse (Mujer)	6	3	7	2
Salir de la bañera (Hombre)	3	2	4	2
Salir de la bañera (Mujer)	3	2	6	2
Sentarse en el WC erguido (Hombre)	2	1	1	0
Sentarse en el WC erguido (Mujer)	2	1	1	0
Sentarse en el WC no erguido (Hombre)	3	2	2	1
Sentarse en el WC no erguido (Mujer)	3	2	2	1
Caminar erguido (Hombre)	3	2	1	0
Caminar erguido (Mujer)	3	2	1	0
Caminar no erguido (Hombre)	5	3	4	2
Caminar no erguido (Mujer)	5	3	4	2
Coger una olla del armario de abajo (Hombre)	7	4	9	3

Coger una olla del armario de abajo (Mujer)	7	4	8	3
Subir escaleras (Hombre)	4	2	6	2
Subir escaleras (Mujer)	4	2	6	2
Bajar escaleras (Hombre)	4	2	6	2
Bajar escaleras (Mujer)	5	3	7	2

Tabla 11. Puntuaciones RULA y REBA

Como se puede ver en la tabla 11, según RULA exceptuando la actividad de utilizar el WC erguido todas las demás actividades requieren o pueden requerir cambios. Según REBA, la actividad de caminar erguido tampoco requiere de ningún cambio.

Las actividades con una puntuación más alta de riesgo son la de vestirse, bañarse, coger una olla de un armario bajo de la cocina y la de subir escaleras.

Las posturas que hay que adoptar para bañarse y para salir de la bañera son posturas con una carga alta, por lo que junto a la dificultad de entrar y salir de la bañera al tener que sortear su borde, la actividad de bañarse es claramente una de las actividades que más problemas les crea a los mayores y además, es una de las capacidades que se pierde primero cuando la dependencia de una persona empieza a aumentar [23-25].

La carga postural que pueden sufrir los mayores al caminar puede ser suficiente como para que tenga casi la mayor puntuación con el método RULA. Por supuesto esto dependerá de cada persona, ya que si una persona mayor camina completamente erguida la puntuación RULA no pasará del nivel 2 y la puntuación REBA no pasará del nivel 0.

También, aunque parezca que las escaleras no son muy problemáticas según RULA, hay que tener en cuenta que RULA analiza posturas estáticas y que la gran dificultad de las escaleras se encuentra en salvar los escalones.

Por otra parte, en cuanto a las variaciones de las actividades analizadas, algunas de ellas pueden mejorar la carga postural. Otras no la mejoran pero asisten de otra manera:

Actividad	RULA	Nivel	REBA	Nivel
Vestirse sentado (Hombre)	6	3	7	2
Vestirse sentado (Mujer)	7	4	8	3
Ducharse (Hombre)	3	2	4	2
Ducharse (Mujer)	3	2	4	2
Salir de la bañera con la ayuda de asideros (Hombre)	3	2	7	2
Salir de la bañera con la ayuda de asideros (Mujer)	3	2	6	2

Salir de la bañera con la ayuda de un asiento (Hombre)	2	1	2	1
Salir de la bañera con la ayuda de un asiento (Mujer)	2	1	2	1
Caminar con bastón (Hombre)	6	3	7	2
Caminar con bastón (Mujer)	6	3	6	2
Caminar con andador (Hombre)	6	3	6	2
Caminar con andador (Mujer)	6	3	6	2
Subir las escaleras sentado en un salvaescaleras (Hombre)	2	1	2	1
Subir las escaleras sentado en un salvaescaleras (Mujer)	2	1	2	1
Subir una rampa (Hombre)	3	2	2	1
Subir una rampa (Mujer)	3	2	2	1

Tabla 12. Puntuaciones RULA y REBA de las variaciones

Como se puede ver en la tabla 12, las puntuaciones de vestirse sentado con el método RULA no son mejores que las de vestirse de pie, aunque en REBA, que es el método que tiene en cuenta las extremidades inferiores, sí que se ha obtenido una carga postural menor.

Utilizar una ducha en lugar de una bañera mejora considerablemente la carga postural y la seguridad de las personas mayores.

Utilizar un bastón o un andador para caminar no mejora la carga postural en general según RULA y REBA pero muchos mayores no podrían andar sin tener un apoyo constante y además, los bastones y andadores sí que pueden conseguir que no se cargue tanto peso en las extremidades inferiores por lo que pueden ser una buena ayuda en caso de lesión o de fragilidad [26].

Tener unos asideros para poder salir de la bañera con más seguridad no mejoran la carga postural pero sí que disminuyen las posibilidades de que haya una caída [27]. Sin embargo, como se ve en la tabla 12, utilizar un asiento de bañera también aumenta la seguridad y sí mejora la carga postural.

Al igual que en el caso anterior, subir las escaleras utilizando una silla elevadora o de escalera mejora la seguridad y genera una carga postural baja.

Y por último, instalar una rampa en lugar de una escalera no sólo mejora la vida de los mayores al no tener que salvar varios escalones sino que también produce una carga postural menor.

6.3 Resultados del Programa Jack de Siemens

Las actividades analizadas con el programa Jack de Siemens son las de la tabla 13, que son las mismas que se han analizado con los métodos RULA y REBA manualmente.

Actividad	RULA	Nivel
Levantarse (Hombre)	4	2
Levantarse (Mujer)	4	2
Vestirse de pie (Hombre)	6	3
Vestirse de pie (Mujer)	6	3
Asearse (Hombre)	4	2
Asearse (Mujer)	3	2
Bañarse (Hombre)	6	3
Bañarse (Mujer)	6	3
Salir de la bañera (Hombre)	3	2
Salir de la bañera (Mujer)	3	2
Sentarse en el WC erguido (Hombre)	3	2
Sentarse en el WC erguido (Mujer)	3	2
Sentarse en el WC no erguido (Hombre)	4	2
Sentarse en el WC no erguido (Mujer)	4	2
Caminar erguido (Hombre)	2	1
Caminar erguido (Mujer)	2	1
Caminar no erguido (Hombre)	5	3
Caminar no erguido (Mujer)	5	3
Coger una olla del armario de abajo (Hombre)	7	4
Coger una olla del armario de abajo (Mujer)	7	4
Subir escaleras (Hombre)	4	2
Subir escaleras (Mujer)	4	2
Bajar escaleras (Hombre)	4	2
Bajar escaleras (Mujer)	4	2

Tabla 13. Resultados del programa Jack

Como se puede ver en la tabla 13, los resultados obtenidos con el programa Jack de Siemens son muy similares a los obtenidos manualmente. En algunas actividades la puntuación varía

en un punto lo que se debe a que el programa tiene una precisión mayor que el método RULA utilizado manualmente.

En la mayoría de las actividades en las que varía la puntuación RULA, ésta varía a peor, es decir, la puntuación aumenta, aunque el nivel de actuación no varía en ninguna actividad excepto en la de utilizar el WC sentándose erguido, que con el programa Jack se ha obtenido un nivel de actuación de 2 (podrían requerirse cambios), y en la de caminar erguido, que si manualmente se ha obtenido un nivel de actuación 2, con Jack se ha obtenido un nivel de actuación 1, y por lo tanto, caminar erguido tendría un riesgo aceptable.

En cuanto a las variaciones de las actividades analizadas originalmente pasa exactamente lo mismo, las puntuaciones son muy similares a las obtenidas manualmente excepto en algunos casos en los que la puntuación varía en un punto.

En este caso, como se puede ver en la tabla 14, ninguna actividad tiene un nivel de actuación de 1, es decir, en principio ninguna actividad tiene un riesgo aceptable. En las actividades de salir de la bañera con la ayuda de un asiento y subir las escaleras con la ayuda de una silla salvaescaleras, que en la tabla 12 tenían una puntuación de 2 y un nivel de actuación de 1, con el programa Jack se ha obtenido un nivel de actuación de 2, es decir, que habría que estudiar más en profundidad esas actividades para decidir si necesitan cambios.

Actividad	RULA	Nivel
Vestirse sentado (Hombre)	7	4
Vestirse sentado (Mujer)	6	3
Ducharse (Hombre)	3	2
Ducharse (Mujer)	3	2
Salir de la bañera con la ayuda de asideros (Hombre)	3	2
Salir de la bañera con la ayuda de asideros (Mujer)	3	2
Salir de la bañera con la ayuda de un asiento (Hombre)	3	2
Salir de la bañera con la ayuda de un asiento (Mujer)	3	2
Caminar con bastón (Hombre)	6	3
Caminar con bastón (Mujer)	6	3
Caminar con andador (Hombre)	5	3
Caminar con andador (Mujer)	5	3
Subir las escaleras sentado en un salvaescaleras (Hombre)	3	2

Subir las escaleras sentado en un salvaescaleras (Mujer)	3	2
Subir una rampa (Hombre)	4	2
Subir una rampa (Mujer)	4	2

Tabla 14. Resultados del programa Jack de las variaciones

6.4 Resultados del Programa 3D SSPP

Las actividades elegidas para analizar con el programa 3D SSPP son las que pueden requerir de fuerza en los brazos, que son las de la tabla 15.

Actividad
Levantarse
Salir de la bañera
Salir de la bañera con la ayuda de asideros
Caminar con bastón
Caminar con andador
Coger una olla del armario de abajo
Subir escaleras
Bajar escaleras

Tabla 15. Actividades analizadas con el programa 3D SSPP

Los resultados obtenidos al analizar cada actividad con el programa 3D SSPP son los de la tabla 16.

Los resultados se pueden resumir con el análisis de la fatiga y el del equilibrio. Los porcentajes de la columna de la fatiga se refieren al porcentaje de la población de un percentil determinado y en una postura determinada que podría aguantar una carga determinada según los límites de fuerza recomendados por NIOSH. La columna del equilibrio se refiere a la estabilidad de la postura ya teniendo en cuenta la carga.

Los datos antropométricos elegidos para analizar las actividades son las medidas medias de los mayores españoles [28], y los datos de las fuerzas ejercidas en cada una de las actividades se han medido experimentalmente.

Actividad	Fatiga	Equilibrio
Levantarse (Hombre)	45% muñeca	Aceptable
Levantarse (Mujer)	28% muñeca	Aceptable
Salir de la bañera (Hombre)	13% muñeca	Aceptable
Salir de la bañera (Mujer)	24% muñeca	Aceptable
Salir de la bañera con ayuda de asideros (Hombre)	44% muñeca	Aceptable
Salir de la bañera con ayuda de asideros (Mujer)	41% muñeca	Aceptable
Caminar con bastón (Hombre)	83% muñeca	Crítico
Caminar con bastón (Mujer)	62% muñeca	Crítico
Caminar con andador (Hombre)	55% muñeca	Crítico
Caminar con andador (Mujer)	48% codo	Crítico
Coger una olla del armario de abajo (Hombre)	95% rodilla	Aceptable
Coger una olla del armario de abajo (Mujer)	93% cadera	Aceptable
Subir escaleras (Hombre)	95% cadera	Crítico
Subir escaleras (Mujer)	95% cadera	Crítico
Bajar escaleras (Hombre)	88% muñeca	Crítico
Bajar escaleras (Mujer)	75% codo	Crítico

Tabla 16. Resultados del programa 3D SSPP

Como se puede ver en la tabla 16, en cuanto al equilibrio en este caso no hay ninguna actividad que sea inaceptable, todas son o aceptables o críticas. Sin embargo, en cuanto a la fatiga sí que hay actividades que tienen un porcentaje bastante bajo.

La actividad que tiene un mejor resultado es la de coger una olla del armario de abajo ya que las ollas no pesan tanto, por lo que la mayoría de la población tiene la fuerza necesaria para realizar esta actividad, así que con una postura correcta la mayoría de la gente podría hacerlo.

Subir y bajar escaleras es la actividad con el siguiente mejor resultado aunque hay que tener en cuenta que este programa estudia principalmente las fuerzas, por lo que aunque no haya que hacer tanta fuerza con los brazos sí que se necesita cierta agilidad y ahí reside el problema de las escaleras, en poder salvar todos los escalones [21, 22].

Caminar con bastón o andador es una actividad crítica que necesita de una fuerza media aunque también depende de cada persona y de la debilidad que tenga en las extremidades inferiores.

Y por último, levantarse y salir de la bañera sin ayuda o con ayuda de asideros son actividades que sí requieren de cierta fuerza por lo que son las actividades que van a ser más problemáticas para los mayores que ya han perdido parte de sus capacidades. La actividad más cargante para las articulaciones es la de salir de la bañera sin ayuda, sobre todo para las muñecas y los hombros, pero como se puede ver en la tabla 16, instalar uno o varios asideros

hace que disminuya la fatiga y puedan salir de la bañera personas que no puedan hacerlo sin ningún tipo de ayuda.

Por supuesto también hay que tener en cuenta que el programa 3D SSPP es un programa que estudia las fuerzas en modo estático por lo que que los datos sacados de dicho programa sean más o menos válidos dependerá de cada persona, porque no es lo mismo levantarse sin titubear, por ejemplo, que en ese caso la situación de mayor estrés ocurre durante muy poco tiempo, que tener menos capacidades y tener que levantarse de una forma más lenta.

7. Ayudas Técnicas y Últimos Avances de la Tecnología

En los últimos tiempos cada vez aparecen más soluciones a los problemas con los que se encuentran los mayores en el día a día, aunque todavía queda mucho camino por recorrer, sobre todo en el área de la robótica, que se espera que en el futuro aporte soluciones ante cualquier barrera.

Y lamentablemente también queda camino por recorrer en la concienciación de la sociedad, ya que muchas veces se diseñan rutas accesibles de forma incorrecta [29].

7.1 Ayudas para subir y bajar escaleras

7.1.1 Rampas

Una de las opciones como alternativa a las escaleras que más se ve en los edificios son las rampas. Las rampas son muy útiles incluso para personas que no tienen un problema de movilidad pero sí que tienen que salir con el carrito del niño o algún objeto que pese mucho, sin embargo, en muchos edificios se colocan para poder tachar de la lista el apartado de accesibilidad y no se construyen según lo que exige el Código Técnico Español (CTE) [29]. Muchas veces estas rampas tienen una pendiente mayor del 10% y acaban siendo otro problema más para las personas mayores y las personas en sillas de ruedas.

Si en el sitio en el que está la escalera no se puede hacer una rampa que cumpla la normativa hay que buscar otra solución.

7.1.2 Ascensores

Los ascensores son otra de las opciones más utilizadas, antes por comodidad, y ahora porque es obligatorio instalarlos en los edificios de nueva construcción, y en los de antigua construcción si alguno de los habitantes tiene una discapacidad o es mayor de 70 años [30].

Al igual que con las rampas, los ascensores tienen que tener unas dimensiones determinadas para que sean realmente accesibles, aunque en lo que más fallan los ascensores de los edificios de viviendas es que la planta baja no suele estar a cota cero y primero hay que subir algún escalón para poder llegar al ascensor [4, 9].

Los ascensores suelen ser hidráulicos o eléctricos, aunque hay otro tipo de ascensores que son neumáticos o de vacío.

Los ascensores hidráulicos funcionan a través de una bomba acoplada a un motor. La cabina sube gracias a la inyección de aceite a presión a través de las válvulas que pone en funcionamiento el sistema, y baja gracias a la gravedad con el propio peso de la cabina haciendo que el aceite vuelva al depósito.

Los ascensores eléctricos funcionan con un motor y un sistema de contrapeso, y a diferencia de los ascensores hidráulicos, en este caso el motor también funciona en la bajada además de en la subida.

Los ascensores neumáticos o de vacío funcionan gracias a una diferencia de presiones en el aire que provoca un sistema de vacío que se encuentra en la parte superior del ascensor. Este sistema extrae aire del conducto creando una diferencia de presión entre la zona inferior a la cabina y la zona superior a la cabina, y gracias a esa diferencia de presiones la cabina sube. Y para bajar, el mismo sistema de vacío regula la entrada de aire al conducto haciendo descender la cabina [31].

Además, este tipo de ascensor no necesita ni una sala de máquinas ni un foso, se instala directamente sobre el suelo del hogar por lo que es muy fácil de instalar.

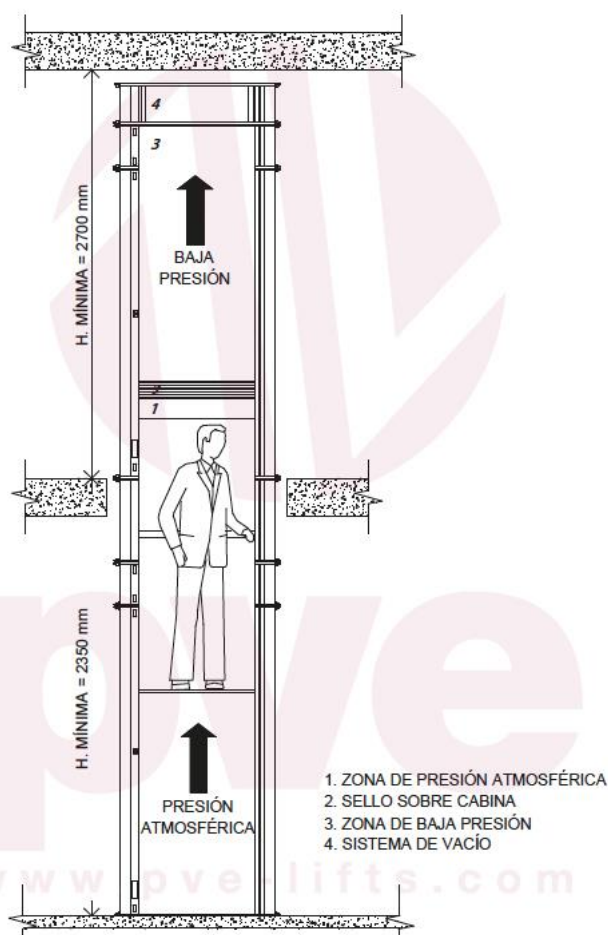


Figura 25. Funcionamiento de un ascensor neumático [31]

Actualmente estos ascensores se instalan en casas privadas.



Figura 26. Ascensor neumático [32]

7.1.3 Plataformas salvaescaleras

Las plataformas salvaescaleras son plataformas que pueden salvar cualquier escalera ya sea recta o curva y son muy sencillas de utilizar, lo único que hay que hacer es utilizar los mandos colocados a uno y a otro lado de la escalera.

Estas plataformas son ideales para personas que utilizan silla de ruedas ya que son planas y los mandos están a una altura adecuada. Además, tienen unas barras de seguridad para poder agarrarse e ir más seguro.



Figura 27. Plataforma salvaescaleras [33]

7.1.4 Sillas salvaescaleras

Las sillas salvaescaleras son sillas que se desplazan por raíles anclados a las escaleras. Pueden instalarse en cualquier tipo de escalera ya sea recta o curva o empinada y permite subir y bajar escaleras con facilidad y seguridad. Las sillas salvaescaleras suelen ser plegables por lo que no ocupan un espacio muy grande y se controlan a través de los mandos de los reposabrazos.

Estas sillas son una gran ayuda para personas que no utilizan una silla de ruedas pero sí tienen problemas de movilidad.

7.1.5 Orugas de escalera

Las orugas salvaescaleras son un aparato portátil de ayuda para que las sillas de ruedas puedan superar cualquier barrera arquitectónica. Al ser portátil, para poder utilizar este aparato no hay que realizar ninguna instalación y se acopla perfectamente a la mayoría de sillas de ruedas del mercado, pero también tiene el punto negativo de que no lo puede utilizar la persona que esté en silla de ruedas sola, tiene que ser el acompañante el que lo conduzca. Además, estos aparatos son pesados y complejos de utilizar por lo que a lo mejor convendría estudiar otras soluciones antes.



Figura 28. Orugas salvaescaleras [34]

7.1.6 Sillas de ruedas inteligentes

La invención de un sistema adecuado, económico y fiable para que las personas en sillas de ruedas puedan subir y bajar escaleras sin ayuda de nadie, solamente utilizando su silla de ruedas, es un tema que lleva obsesionando a los científicos desde hace unos años, y aunque todavía no haya modelos asequibles en el mercado sí que se está avanzando en su tecnología.

7.1.6.1 Scewo

Scewo probablemente sea la propuesta más interesante que se ha visto en los últimos años. Scewo nació como Scalevo en 2015 en el Instituto Federal Suizo de Tecnología. A finales de 2014 un grupo de 10 estudiantes se juntaron para fabricar un prototipo de silla de ruedas que pudiera subir y bajar escaleras como proyecto educativo, pero el prototipo generó tal interés que los estudiantes decidieron crear un modelo que se pudiera vender para poder ayudar a las personas discapacitadas que necesitasen desplazarse en silla de ruedas [35].

La silla de ruedas Scewo tiene dos ruedas que mantienen el equilibrio gracias a un sistema similar al de los segways, con un oscilómetro. Además, tiene instalado un sistema oruga que baja al suelo cuando se pulsa un botón, y puede subir o bajar cualquier escalera sin ayuda de otra persona.

También, tiene unas ruedas traseras pequeñas que al bajarlas a la vez que la parte delantera del sistema oruga permite que la silla de ruedas pueda tener una altura superior y la persona pueda llegar a coger objetos que estén fuera de su alcance en el modo habitual o que pueda hablar cara a cara con personas no usuarias de sillas de ruedas.

Para moverla, la silla se puede mover con un joystick instalado en uno de los reposabrazos.

Según los estudiantes responsables del proyecto, podríamos ver este modelo en el mercado a finales de 2018 [35].



Figura 29. Silla de ruedas Scemo [36]

7.1.6.2 iBot

iBot es una creación de Dean Kamen, el creador del segway, y aunque esta silla de ruedas estuvo en venta hasta el año 2009 y se dejó de fabricar por su alto precio, Toyota ha decidido trabajar con Deka, la empresa de Dean Kamen, para poder devolver esta idea al mercado previsiblemente de una forma más barata [37].

Lo que diferencia a esta silla de ruedas de las demás es que en vez de tener dos ruedas traseras grandes, tiene cuatro ruedas motrices traseras más pequeñas, dos en cada lado, que pueden ponerse una encima de la otra para que la persona pueda estar a la misma altura que el resto de personas sin discapacidad, y que se pueden mover de forma que suba o baje las escaleras de forma totalmente independiente, aunque es necesario agarrarse bien a un pasamanos, por lo que esta silla de ruedas no sería una buena opción si la persona no tiene mucha capacidad en los brazos.



Figura 30. Silla de ruedas iBot [37]

7.2 Ayudas para ducharse, bañarse y entrar y salir de la bañera

7.2.1 Asideros

Los asideros o barras de baño son la ayuda técnica más utilizada en el cuarto de baño. Los asideros son asas que permiten que el usuario se apoye o se sujete en ellas para poder moverse con más comodidad y seguridad. Se utilizan sobre todo en bañeras, duchas e inodoros y generalmente están diseñados de forma ergonómica para que la comodidad sea máxima. Además, pueden ser rectas o angulares, lo que dependerá de las necesidades de cada uno y del espacio disponible.

7.2.2 Tablas y asientos para bañera o ducha

Las tablas para bañera son tablas que se colocan de un borde al otro de la bañera y que ayudan a meterse en la bañera aportando seguridad al no tener que meterse directamente de pie a un suelo resbaladizo.

Los asientos se basan en el mismo concepto aunque tienen forma de silla. Las sillas de ducha pueden estar instaladas en la pared o pueden ser móviles. Las sillas de bañera se colocan de la misma forma que las tablas para bañera y tienen la misma función.

También existen unos asientos giratorios para bañera que son asientos que se pueden mover hacia un lado y hacia el otro, lo que permite poder sentarse directamente en el asiento desde fuera de la bañera en la posición más cómoda y girarlo introduciendo ambas piernas en la bañera.

Y por último, existe un tipo de asiento de bañera eléctrica que tiene un sistema que a través de un mando permite que el asiento descienda hasta el suelo de la bañera, por lo que permite disfrutar de la experiencia de un baño por completo con total seguridad. Una vez disfrutado del baño el asiento se eleva hasta la posición original.

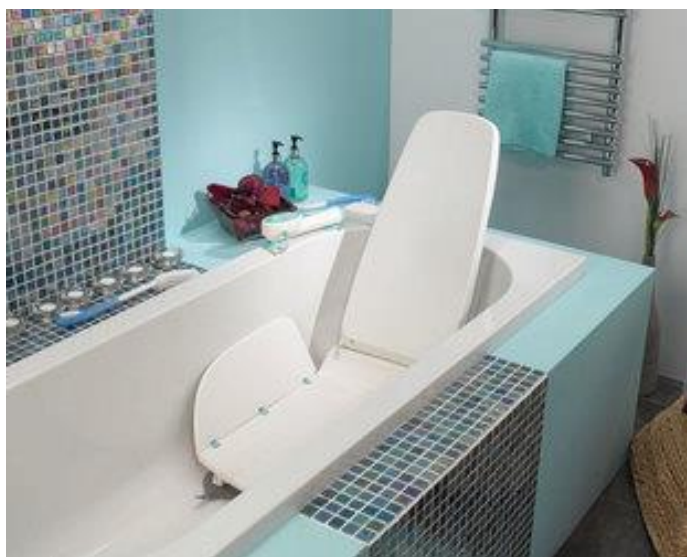


Figura 31. Asiento de bañera eléctrico [38]

7.2.3 Bañeras con puerta

Las bañeras con puerta son bañeras que tienen una puerta lateral hermética que permite no tener que salvar una altura tan grande al meterse en la bañera, por lo que son ideales para personas con problemas de movilidad.

Estas bañeras pueden ser comunes, o pueden tener asiento incluido.



Figura 32. Bañera con puerta [39]

7.2.4 Líneas futuras

Actualmente se está investigando una forma de fabricar robots de ducha inteligentes que ayuden a las personas con menor movilidad a ducharse de forma totalmente segura. Como se puede ver en la figura 33, una de las ideas que se manejan es el diseño de dos brazos robóticos de los que puedan salir agua y jabón, y que se acerquen al usuario de forma automática. Estos brazos también podrían tener un set de accesorios montables como esponjas o toallas para acercárselas al usuario cuando las necesite.

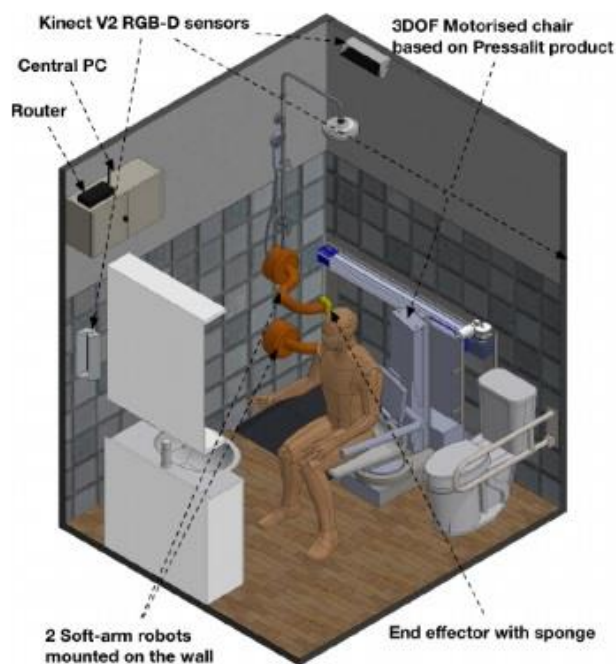


Figura 33. Sistema robótico de baño [23]

7.3 Ayudas para caminar

7.3.1 Bastones

Los bastones son uno de los objetos auxiliares para caminar que más se utilizan en el mundo. Están formados por un cilindro que puede ser de varios materiales y una empuñadura que puede ser ergonómica o circular.

Generalmente los bastones son adecuados para las personas que están empezando a perder su capacidad de andar ya que aporta un apoyo más, pero no aporta una ayuda desmedida y le permite a la persona seguir manteniendo su independencia.

Si se necesita más equilibrio, los bastones también pueden tener 3 o 4 pies.

7.3.2 Muletas

Las muletas son muy similares a los bastones pero sujetan mejor el cuerpo. Además de tener una empuñadura ergonómica, las muletas tienen una sujeción debajo del codo, lo que aporta más estabilidad a la persona.

Las muletas también pueden tener varios pies aunque habitualmente sólo tienen uno.

7.3.3 Andadores

Los andadores son aparatos auxiliares ideales para las personas que ya tienen una dificultad mayor al desplazarse. Están formados por una estructura de cuatro patas con tacos antideslizantes y dos empuñaduras en la parte superior para agarrarlo. Al tener la ayuda de las cuatro patas, el equilibrio y la seguridad que aporta es inmejorable. Además, también puede tener otras dos empuñaduras en un sitio inferior para que la persona pueda levantarse con total seguridad.

Estos andadores son ideales para estar por casa. En caso de querer utilizar un andador para salir a la calle lo mejor es utilizar un andador tipo rollator.

Los andadores tipo rollator son andadores que sustituyen algunos de los tacos antideslizantes por ruedas. Pueden tener dos, tres o cuatro ruedas. Aunque hay que tener en cuenta que los de cuatro ruedas, al tener que frenar con los frenos de las empuñaduras, no serían una opción muy acertada en el caso de que la persona no tenga la capacidad suficiente como para utilizarlos correctamente.

Además de las cuatro ruedas, estos rollator también pueden tener una cesta donde guardar objetos personales y un asiento para poder descansar si así se necesita.



Figura 34. Andador tipo rollator [40]

7.3.4 Sillas de ruedas

Las sillas de ruedas son sillas adaptadas con cuatro ruedas. Las ruedas de delante suelen ser pequeñas y las de atrás grandes, que, además, son las que utiliza el usuario para moverse. Estas sillas también tienen un apoyo para los pies, y dos empuñaduras en la espalda para que las personas que no puedan mover la silla con las ruedas puedan moverse gracias a la asistencia de otra persona.

Las sillas de ruedas también pueden ser eléctricas y moverse gracias a un motor en vez de tener que moverlas con los brazos, por lo que este tipo de silla de ruedas es ideal para las personas que no tengan ni mucha fuerza ni mucha movilidad en los brazos.

Esta ayuda técnica permite a mucha gente poder moverse con un cierto grado de independencia, aunque la inaccesibilidad de las ciudades y de los edificios hace que sólo tengan un número limitado de lugares a los que acceder [29].

7.3.5 Líneas futuras

7.3.5.1 Exoesqueletos

Un exoesqueleto mecánico es un esqueleto externo de diferentes materiales que se acopla al cuerpo del usuario y mejora sus capacidades físicas. Estos exoesqueletos pueden utilizarse para las extremidades inferiores o para todo el cuerpo, aunque los de todo el cuerpo actualmente son demasiado voluminosos.

En principio se comenzó a estudiar este tipo de robots para introducirlos en la armada estadounidense para que los militares pudieran coger más peso con menos esfuerzo, pero también puede llegar a ser una gran ayuda para las personas con poca movilidad o para las personas mayores que ya van perdiendo sus capacidades.

Por ejemplo, estos exoesqueletos pueden funcionar como ayuda para caminar, como el ReWalk, un exoesqueleto que permite andar a personas que se encuentran en sillas de ruedas.



Figura 35. Exoesqueleto ReWalk [41]

Este exoesqueleto tiene unos motores en las caderas y en las rodillas que permiten que el usuario dé pasos, y también tiene unos acelerómetros para detectar cuándo el usuario desplaza su peso hacia el otro lado y está preparado para dar el siguiente paso. Además, es capaz de subir y bajar escaleras, y aunque esta función todavía no se ha aprobado en EEUU (en Canadá y en Europa sí que se ha aprobado), el ReWalk es el primer exoesqueleto aprobado para el uso personal por la calle. Eso sí, de momento para poder utilizarlo hay que tener cierta fuerza en los brazos ya que se mantiene el equilibrio gracias a unas muletas [41].

También, los exoesqueletos pueden servir para recuperar parte de la movilidad perdida por alguna enfermedad como el Ekso, un exoesqueleto que se utiliza en terapia con personas que hayan tenido algún accidente o una lesión en la espina o un derrame cerebral. Además, en este caso, Ekso deja que se elija la cantidad de energía que se envía a las piernas robóticas para que el paciente vaya utilizando cada vez más su propia fuerza y así recuperar más movilidad de la que recuperaría sin el exoesqueleto [42]. En España, se utiliza el exoesqueleto Ekso en 6 centros de rehabilitación.



Figura 36. Exoesqueleto Ekso [42]

7.3.5.2 Exotrajés

El Instituto Wyss de Harvard especializado en materiales bioinspirados ya está empezando a desarrollar exoesqueletos más ligeros que están hechos de un material parecido a la ropa en lugar de los materiales rígidos de los exoesqueletos convencionales.

Estos exoesqueletos llamados exotrajés, son robots que se adaptan perfectamente al cuerpo del ser humano gracias a un estudio previo de la anatomía del ser humano y de la forma en que funcionan los músculos y los tendones al andar. Este robot tiene unos actuadores mecánicos que son los que aportan el impulso necesario en el momento adecuado para ayudar a los músculos a realizar la actividad de forma eficiente.

El funcionamiento de los exotrajés se controla mediante unos sensores desarrollados para que puedan integrarse con el material del exotraje sin que perjudique a la persona.



Figura 37. Exotraje [43]

Actualmente los exoesqueletos y los exotrajes son bastante caros y hay pocos en el mundo, aunque se espera que la tecnología avance y se puedan fabricar exoesqueletos y exotrajes que funcionen mejor por menos dinero.

7.3.5.2 Bastones inteligentes para personas con deficiencia visual

Un bastón inteligente que reconoce la presencia de obstáculos, variaciones en el terreno y además puede enviar un mensaje de urgencia a la persona deseada. Este prototipo que se presenta en [44] es una ayuda para caminar para las personas ciegas o que tengan una discapacidad visual importante.

El bastón es un bastón simple de madera que tiene tres sensores ultrasónicos mirando a direcciones diferentes para detectar obstáculos en el camino. También tiene un sensor de profundidad y un sensor de agua. Y por supuesto una unidad GPS y GSM para enviar una señal de auxilio en caso de que sea necesario.

Los sensores ultrasónicos son capaces de avisar a la persona de que hay un obstáculo en el camino gracias a tres motores vibradores, uno por sensor, colocados de similar forma que los sensores para que la persona sepa por dónde está el obstáculo según qué motor vibre.

El sensor de profundidad y el de agua avisan a la persona a través de un mensaje sonoro grabado previamente.



Figura 38. Prototipo de bastón inteligente [44]

8. Conclusiones

El principal objetivo de este trabajo era estudiar los problemas que tienen las personas mayores de 65 años relacionados con la edad y con su entorno y accesibilidad, y eso se ha realizado de diferentes formas.

Se ha considerado fundamental utilizar datos tanto técnicos como datos aportados por los mayores, ya que los análisis ergonómicos pueden ignorar otros problemas que sufran los mayores al realizar cada actividad.

Los datos aportados por los mayores se han conseguido a través de varias encuestas realizadas por el CIS y por el INE desde el 2006 hasta el 2014. Los análisis ergonómicos se han realizado con los métodos RULA y REBA, y con el software Jack de Siemens y el software 3D SSPP de la Universidad de Michigan.

Según las respuestas a las encuestas, las actividades que les generan más dificultades a los mayores de 65 años son las de bañarse o utilizar una bañera, caminar, y subir y bajar escaleras.

Según el análisis ergonómico manual, los mayores problemas a los que se enfrentan los mayores de 65 años son el de vestirse de pie, bañarse, salir de la bañera, coger una olla de un armario bajo y subir escaleras. Y según el análisis ergonómico por simulador, el de vestirse de pie, bañarse, salir de la bañera y caminar no erguido.

En ambos análisis los resultados son muy similares, aunque los análisis ergonómicos se centran sobre todo en las posturas y las cargas por lo que en actividades como la de subir escaleras, que requiere de bastante agilidad, el resultado es mejor de lo que han descrito los mayores en las encuestas.

En cuanto al análisis de la variación de la salud y las capacidades con el tiempo, y la comparación entre los resultados de hombres y los resultados de mujeres, estos sólo se han podido realizar con las respuestas de las encuestas ya que las respuestas venían divididas por grupos de edad y por sexo.

En todos los casos de todas las encuestas las capacidades se van perdiendo al aumentar la edad, y como se ve en las encuestas, cuanto más agilidad se necesite para realizar una actividad, más rápido disminuye el porcentaje de personas que pueden realizarla, lo que concuerda con las hipótesis que se presentaban en el apartado 4 de Objetivos.

Ocurre lo mismo con la hipótesis de que las mujeres llegan con peor salud a las edades más altas, en todas las preguntas de encuestas los resultados de las mujeres son peores que los de los hombres. Mientras que las mujeres mayores de 85 años tienen un porcentaje de salud regular o malo mayor que el de los hombres, los hombres mayores de 85 años tienen un porcentaje de salud muy bueno o bueno mayor. Las mayores diferencias se encuentran en las actividades de bañarse o ducharse, donde la mitad de los hombres de 85 años no tienen dificultades al hacerlo pero el 38% de las mujeres mayores de 85 años ni siquiera puede hacerlo. Y en la de subir y bajar escaleras, en la que los hombres mayores de 85 años superan a las mujeres en los porcentajes de no tiene dificultades o tiene dificultades moderadas y las mujeres mayores de 85 años superan a los hombres en los porcentajes de tiene dificultades severas o directamente no puede hacerlo.

Por último, la tecnología nos ha proporcionado varias soluciones a los mayores problemas con los que se encuentran los mayores de 65 años, sin embargo, todavía hay mucho margen para mejorar.

Por ejemplo, las escaleras siguen siendo muy complicadas para las personas que han perdido movilidad incluso con ayudas, lo que es debido a la mala planificación urbana. No obstante, ya se están desarrollando sillas de ruedas inteligentes que pueden subir y bajar escaleras, lo que abrirá un mundo de posibilidades a los mayores con peor movilidad.

9. Presupuesto

Para este trabajo el presupuesto se ha dividido en dos partes, la parte relacionada con el tiempo necesario para realizar el trabajo, y la parte relacionada con el software utilizado.

La realización del trabajo se ha dividido en varias fases:

- La decisión temática e investigación bibliográfica, que duró unos 20 días.
- El desarrollo de la introducción y de los objetivos e hipótesis, a los que se le dedicaron 21 días.
- El desarrollo de la metodología, al que se le dedicó 35 días.
- El desarrollo de los resultados, lo que se extendió hasta los 65 días.
- La investigación de ayudas técnicas y líneas futuras, que se realizó en 15 días.
- Las conclusiones, a las que se les dedicó 7 días.
- Y la preparación de la defensa, que se espera que dure 20 días pero que no afecta al presupuesto del trabajo.

El presupuesto relacionado con el tiempo necesario para realizar el trabajo se ha calculado con los días completados según el diagrama de Gantt que se puede ver en la figura 39, y con el precio de 10 euros la hora.

Según el diagrama de Gantt, se han completado 142 días, por lo tanto, a 10 euros la hora y a 8 horas por día trabajado, el presupuesto de esta parte acaba sumando 11360 euros.

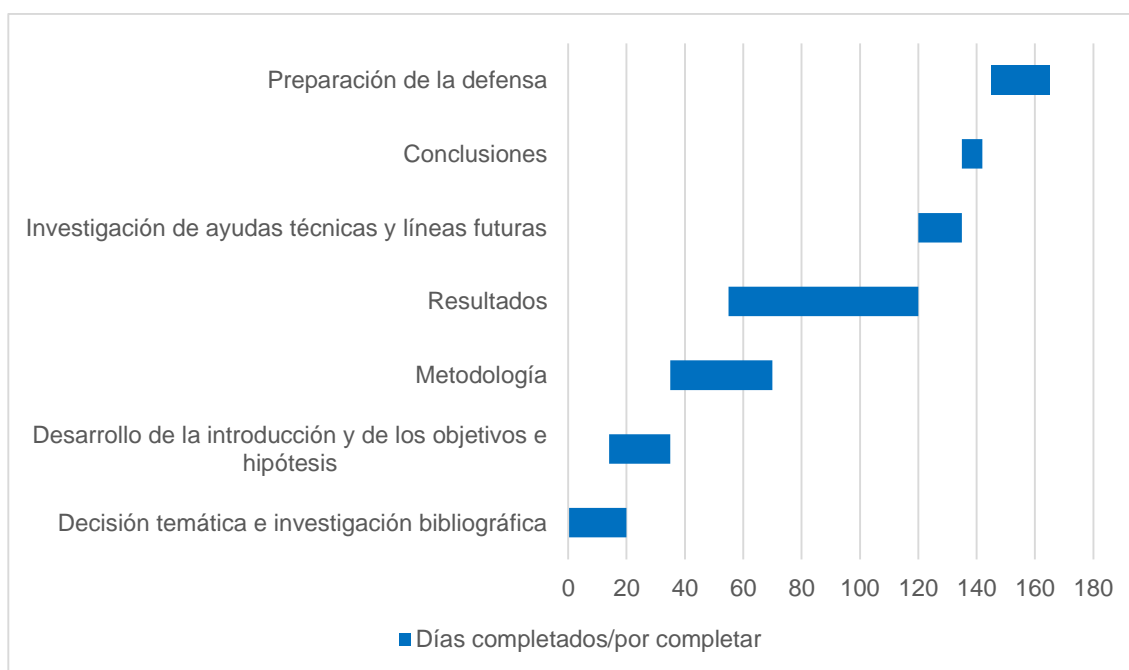


Figura 39. Diagrama de Gantt del trabajo

En cuanto a la parte relacionada con el software utilizado, los programas utilizados para realizar los análisis ergonómicos de los apartados 6.3 y 6.4 son el programa Jack desarrollado por Siemens, que cuesta 2000 euros, y el programa 3D SSPP desarrollado por la Universidad de Michigan que ronda los 1275 euros.

Por lo tanto, el presupuesto total del trabajo es el siguiente:

Presupuesto del tiempo trabajado	11360 euros
Precio del programa Jack	2000 euros
Precio del programa 3D SSPP	1275 euros
Total	14635 euros

Tabla 17. Presupuesto total del trabajo

10. Referencias

- [1] "World population prospects: the 2015 revision. Key findings and advance tables.," Naciones Unidas. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales 2015. Disponible en: https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/Key_Findings_WPP_2015.pdf.
- [2] "Informe mundial sobre el envejecimiento y la salud," Organización Mundial de la Salud 2015. Disponible en: <http://www.who.int/ageing/publications/world-report-2015/es/>.
- [3] Esperanza de vida al nacimiento según sexo. Disponible en: <http://www.ine.es/dynt3/inebase/es/index.htm?padre=2062&capsel=2054>
- [4] A. Abellán García *et al.*, "A propósito de las condiciones de vida de las personas mayores. Encuesta 2006," p. 153 p, 2007.
- [5] M. S. Agulló, M. V. Gómez, A. Veira, and A. Gil, "PROYECTO CM:LEDYEVA "Cuidadoras/es de Mayores: situación ante la Ley de Dependencia y Evaluación de programas destinados a cuidadores" " 2013.
- [6] M. Cervera Macià, J. A. Herce San Miguel, G. López Casasnovas, G. Rodríguez Cabrero, and S. Sosvilla Rivero, "Informe final del grupo de expertos para la evaluación del desarrollo y efectiva aplicación de la ley 39/2006 14 de diciembre de promoción de la autonomía personal y atención a las personas en situación de dependencia. ," 2009.
- [7] Encuesta europea de salud en España. Disponible en: http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176784&menu=resultados&idp=1254735573175
- [8] M. R. Salas Labayen, J. A. López-Ruiz, B. Urosa Sanz, Y. Minguenza Sebastián, and J. C. Salcedo Gómez, "Informe sobre las personas mayores y la seguridad en el hogar en la Comunidad de Madrid : informe de resultados (septiembre 2009)," 2009.
- [9] A. d. Vicente Centro, "La vivienda del mayor : condiciones y riesgos," 2013.
- [10] M. F. Villar Fernández, "Tareas repetitivas II: evaluación del riesgo para la extremidad superior," Disponible en: http://www.insht.es/MusculoEsqueleticos/Contenidos/Formacion%20divulgacion/material%20didactico/Tareas%20repetitivas%202_evaluacion.pdf
- [11] L. McAtamney and E. Nigel Corlett, "RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders," *Applied Ergonomics*, vol. 24, no. 2, pp. 91-99, 1993/04/01 1993.
- [12] S. Asensio-Cuesta, M. J. B. Ceca, and J. A. D. Más, *EVALUACIÓN ERGONÓMICA DE PUESTOS DE TRABAJO*. Ediciones Paraninfo. S.A., 2012.
- [13] S. Hignett and L. McAtamney, "Rapid entire body assessment (REBA)," *Appl Ergon*, vol. 31, no. 2, pp. 201-5, Apr 2000.
- [14] M. F. Villar Fernández, "Posturas de trabajo: evaluación del riesgo," Disponible en: <http://www.insht.es/MusculoEsqueleticos/Contenidos/Formacion%20divulgacion/material%20didactico/Posturas%20trabajo.pdf>
- [15] University of Michigan. (2017). *3DSSPP software*. Disponible en: <https://c4e.engin.umich.edu/tools-services/3dsspp-software/>

- [16] Encuesta nacional de salud. Disponible en: http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176783&menu=resultados&idp=1254735573175
- [17] R. G. Stefanacci and D. Haimowitz, "Bathroom assistances," *Geriatric Nursing*, vol. 35, no. 2, pp. 151-153.
- [18] B. Scholes, "Explaining about ... bathing safely," *Working with Older People* \$V 9, no. 2, pp. 8-10, 2005.
- [19] Condiciones de vida de las personas mayores. Disponible en: http://www.cis.es/cis/opencm/ES/1_encuestas/estudios/ver.jsp?estudio=7740&cuestio=8954&muestra=14085
- [20] Encuesta de integración social y salud. Disponible en: http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176987&menu=resultados&idp=1254735573175
- [21] S. E. Mitchell, S. A. Aitken, and C. M. Court-Brown, "The Epidemiology of Fractures Caused by Falls Down Stairs," *International Scholarly Research Notices* \$V 2013, no. 2013, 2013.
- [22] G. Parra-Dominguez, J. Snoek, B. Taati, and A. Mihailidis, "Lower body motion analysis to detect falls and near falls on stairs," *Biomedical Engineering Letters* \$V 5, no. 2, pp. 98-108, 2015.
- [23] J. Werle and K. Hauer, "Design of a bath robot system - User definition and user requirements based on International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF)," in *2016 25th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, 2016, pp. 459-466.
- [24] S. C. Ahluwalia, T. M. Gill, D. I. Baker, and T. R. Fried, "Perspectives of Older Persons on Bathing and Bathing Disability: A Qualitative Study," *Journal of the American Geriatrics Society*, vol. 58, no. 3, pp. 450-456, 02/11 2010.
- [25] M. Zingmark and B. Bernspang, "Meeting the needs of elderly with bathing disability," *Aust Occup Ther J*, vol. 58, no. 3, pp. 164-71, Jun 2011.
- [26] T. Pereira, E. Seabra, and C. Santos, "Discussion of the State of the Art of the Cane's Market," in *2016 International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions (ICARSC)*, 2016, pp. 265-269.
- [27] F. Aminzadeh, N. Edwards, D. Lockett, and C. R. Nair, "Utilization of bathroom safety devices, patterns of bathing and toileting, and bathroom falls in a sample of community living older adults," *Technology and Disability* \$V 13, no. 1, pp. 95-103, 2000.
- [28] Quo, "Este es el cuerpo de los españoles," Disponible en: <http://www.quo.es/ser-humano/cuerpo-medio>
- [29] J. V. García Alonso *et al.*, *!Pregúntame sobre accesibilidad y ayudas técnicas!* 2005, p. 408.
- [30] (2017). *La Ley de Propiedad Horizontal*. Disponible en: <https://www.leydepropiedadhorizontal.es/>

- [31] Pneumatic Vacuum Elevators. (2017). *Funcionamiento del ascensor neumático*. Disponible en: <http://ascensoresneumaticos.es/tecnologia-informacion/funcionamiento-del-ascensor-neumatico/>
- [32] Ascensores y más. Disponible en: <http://ascensoresymas.com/ascensores-neumaticos/>
- [33] Vilber Elevación. Disponible en: <https://www.elevadoresvilber.es/articulos-vilber/plataformas-salvaescaleras>
- [34] Ortopedia Horta. (2017). Disponible en: <http://www.ortopediahorta.com/>
- [35] Scewo. Disponible en: <https://scewo.ch/>
- [36] O. Domínguez, "Scewo, la reinención de la silla de ruedas al alcance de algún bolsillo," Disponible en: <https://www.gizlogic.com/scewo-la-reinencion-de-la-silla-de-ruedas-al-alcance-algun-del-bolsillo/>
- [37] K. Puerto. (2016). *La silla de ruedas del futuro tiene genes de Segway y todo el apoyo de Toyota*. Disponible en: <https://www.xataka.com/vehiculos/toyota-y-el-inventor-del-segway-unen-fuerzas-para-revivir-a-ibot-la-silla-de-ruedas-que-rompe-barreras>
- [38] Drive Medical. Disponible en: <http://www.drivemedical.es/index.php/productos/wheelchairs-accessories-9/elevadores-de-banera>
- [39] Goman. Disponible en: <http://www.goman.es/baneras-con-puerta.php>
- [40] DeVilbiss Healthcare. Disponible en: <http://www.drivemedical.com/rollators>
- [41] ReWalk Robotics. (2017). Disponible en: <http://rewalk.com/>
- [42] Ekso Bionics. (2017). Disponible en: <http://eksobionics.com/>
- [43] Wyss Institute. (2017). Disponible en: <https://wyss.harvard.edu/technology/soft-exosuit/>
- [44] S. Murali, R. Shrivatsan, V. Sreenivas, S. Vijjappu, S. J. Gladwin, and R. Rajavel, "Smart walking cane for the visually challenged," in *2016 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC)*, 2016, pp. 1-4.