

Trabajo Final de Máster en
Edificación. Especialidad en Gestión

LA INCIDENCIA DEL DISEÑO DEL ENTORNO URBANO EN PEATONES MAYORES DE 65 AÑOS

Curso
2018/2019

Autora:
Encarnación Paz Cortina Fenech

Tutora Académica:
M^aCarmen Llinares Millán

Cotutor Académico:
Juan Luís Higuera Trujillo

Curso 2018-19

LA INCIDENCIA DEL DISEÑO DEL ENTORNO URBANO EN PEATONES MAYORES DE 65 AÑOS

21 feb. 19

Trabajo Final de Master en Edificación Especialidad en Gestión

AUTOR:

ENCARNACIÓN PAZ CORTINA FENECH

TUTORES ACADÉMICOS:

M^a Carmen Llinares Millán

Juan Luis Higuera Trujillo



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR
ENGINYERIA
D'EDIFICACIÓ

ETS de Ingeniería de Edificación

Resumen

Mejorar la sensación de seguridad de los peatones a través de un buen diseño del espacio urbano es una de las prioridades de seguridad vial a nivel estatal y europeo. Y en este sentido dentro del colectivo de peatones, el comportamiento de los mayores de 65 años requiere especial atención por sus reacciones poco previsibles y movimientos más lentos. Sin embargo, este colectivo ha sido poco estudiado.

El objetivo del presente trabajo consiste en analizar la incidencia que determinados elementos del diseño urbano tienen en los sujetos con mayor vulnerabilidad, centrándonos en las personas mayores de 65 años.

Para poder llevar a cabo el estudio del entorno urbano en personas de edad avanzada, se mide la respuesta de una muestra de sujetos, tanto psicológica como neurofisiológica.

El presente trabajo se desarrolla en el Instituto de Investigación i3B de la Universidad Politécnica de Valencia.

Finalmente, los resultados permitirán ayudar a la mejora del diseño urbano para los peatones más vulnerables.

Palabras clave: *peatón vulnerable; diseño urbano; comportamiento humano*

Resum

Millorar la sensació de seguretat dels vianants a través d'un bon disseny de l'espai urbà és una de les prioritats de seguretat viària a nivell estatal i europeu. I en aquest sentit, dins del col·lectiu de vianants, el comportament dels majors de 65 anys requereix especial atenció per les seues reaccions poc previsibles i moviments més lents. No obstant això, aquest col·lectiu ha segut poc estudiat.

L'objectiu del present treball consisteix a analitzar la incidència que determinants elements del disseny urbà tenen en els subjectes amb major vulnerabilitat, centrant-nos en les persones majors de 65 anys.

Per poder portar a terme l'estudi de l'entorn urbà en persones d'edat avançada, es mesura la resposta d'una mostra de subjectes, tant psicològica com neurofisiològica.

El present treball es desenvolupa a l'Institut d'Investigació i3B de la Universitat Politècnica de València.

Finalment, els resultats permetran ajudar a millorar el disseny urbà per als vianants més vulnerables.

Paraules clau: *vianant vulnerable; disseny urbà, comportament humà*

Abstract

Improving the pedestrians' sense of safety through good urban space design is one of the priorities of road safety at both national and European level. And in this sense, within the pedestrian group, the behaviour of people over 65 requires special attention due to their unpredictable reactions and slower movements. However, this group has been little studied.

The aim of this work consists in analysing the impact that certain urban design elements have on the most vulnerable subjects, focusing on people over 65 years old.

In order to carry out the study of the urban environment in elderly people, the response of a sample of subjects, both psychological and neurophysiological, is measured.

The present work is developed at the Research Institute i3B of the Polytechnic University of Valencia.

Finally, the results will help to improve urban design for the most vulnerable pedestrians.

Key words: *vulnerable pedestrians; urban design; human behaviour*

Agradecimientos

Quisiera expresar mi agradecimiento a todas las personas que me han acompañado en este proceso investigativo y han ayudado a que todo esto fuera posible.

En primer lugar, quisiera agradecer a mi tutora M^a Carmen Llinares y a mi cotutor Juan Luís Higuera, por ofrecerme la posibilidad de formar parte de esta investigación tan gratificante, tanto académica como moralmente. Además, agradecerles todos los consejos y conocimientos los cuales me han sido de gran ayuda para conocer el área investigativa de la profesión.

También considero necesario agradecer a todas las persona que se han prestado, como sujetos, para realizar el estudio de investigación y a los colaboradores del Instituto I3B de la Universidad Politécnica de Valencia.

En segundo lugar, y no menos importante, dar las gracias a toda mi familia y amigos por todo el apoyo recibido a lo largo de los años y, especialmente, en esta última etapa.

Finalmente, agradecer tanto a compañeros como profesores del Master de Gestión, de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación, por todos los momentos vividos durante este año, en el cual he tenido la oportunidad de conocer a personas que me han aportado mucho y me han ayudado a conocerme mejor.

A todo ellos solo puedo decirles: GRACIAS.

Acrónimos utilizados

DGT: Dirección General de Tráfico

VRU: Vulnerable Road Users

RV: Realidad Virtual

I3B: Instituto de Investigación e Innovación en Bioingeniería (UPV)

DOMINANCIA_M&R: Percepción de Dominancia, medida según la media ponderada por Mehrabian y Russell.

HRV_nLF: Baja frecuencia normalizada de la variabilidad cardíaca.

EEG_C3_Highbeta: Frecuencia Highbeta del electrodo C3, del electroencefalograma.

PSP: Percepción de Seguridad del Peatón

HRV: Variabilidad Cardíaca

EEG: electroencefalograma

Índice

RESUMEN	3
RESUM	4
ABSTRACT	5
AGRADECIMIENTOS	7
ACRÓNIMOS UTILIZADOS	8
ÍNDICE	9
1. INTRODUCCIÓN	11
1.1 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	11
1.2 ESTRUCTURA DEL TRABAJO	15
2. OBJETIVOS DEL TRABAJO	17
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. REVISIÓN TEÓRICA	19
3.1 PEATONES VULNERABLES	19
3.2 ELEMENTOS DE DISEÑO DEL ESPACIO URBANO SIGNIFICATIVOS	28
3.3 MEDICIÓN PSICOLÓGICA Y MEDICIÓN FISIOLÓGICA	31
3.4 LA REALIDAD VIRTUAL Y LA FOTOGRAFÍA 360º	33
4. MATERIAL Y MÉTODOS	37
4.1 VARIABLES Y PARÁMETROS DE DISEÑO URBANO UTILIZADOS	37

4.2 ELECCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO Y GENERACIÓN DE ESTÍMULOS	39
4.3 REPRODUCCIÓN DE ESTÍMULOS	41
4.4 MUESTRA	42
4.5 REGISTROS PSICOLÓGICOS	42
4.5.1 CUESTIONARIOS DE VALORACIÓN DE AMBIENTE	43
4.5.2 CUESTIONARIOS DE PRESENCIA	43
4.5.3 CUESTIONARIO DEMOGRÁFICO	44
4.6 REGISTROS NEUROFISIOLÓGICOS	44
4.6.1 VARIABILIDAD DEL RITMO CARDIACO (HRV)	45
4.6.2 ELECTROENCEFALOGRAMA (EEG)	45
4.7 PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN.....	46
4.8 TRATAMIENTO DE DATOS	48
4.8.1 ANÁLISIS DE LAS DIFERENCIAS ENTRE LOS DIFERENTES ESCENARIOS.....	48
4.8.2 ANÁLISIS DE LAS DIFERENCIAS EN FUNCIÓN DEL PERFIL DE LOS SUJETOS.....	48
4.8.3 CORRELACIONES ENTRE LAS VARIABLES PSICOLÓGICAS Y FISIOLÓGICAS	49
4.8.4 DIFERENCIAS ENTRE EL COLECTIVO DE PEATONES MAYORES DE 65 AÑOS Y EL RESTO.....	49
4.8.5 EVALUACIÓN DE DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS EN LOS DIFERENTES ESCENARIOS EVALUADOS	49
5. RESULTADOS.....	51
5.1 ANÁLISIS DE LAS DIFERENCIAS ENTRE LOS DIFERENTES ESCENARIOS.....	51
5.2 ANÁLISIS DE LAS DIFERENCIAS EN FUNCIÓN DEL PERFIL DE LOS SUJETOS.....	60
5.3 CORRELACIONES ENTRE LAS VARIABLES PSICOLÓGICAS Y FISIOLÓGICAS	61
5.4 DIFERENCIAS ENTRE EL COLECTIVO DE PEATONES MAYORES DE 65 AÑOS Y EL RESTO.....	61
5.5 EVALUACIÓN DE DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS EN LOS DIFERENTES ESCENARIOS EVALUADOS	63
6. CONCLUSIONES	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
ÍNDICES	77
FIGURAS	77
ILUSTRACIONES.....	78
TABLAS	78
ANEXOS	80
ANEXO I: PARÁMETROS	80
ANEXO II: ALEATORIZACIÓN SERIE V	84

1. Introducción

1.1 Justificación del trabajo

Actualmente, un gran número de accidentes mortales se origina en vías interurbanas y cabe destacar que las comunidades con mayor número de fallecidos son Andalucía, Cataluña y Comunidad Valenciana, tal como indica la Dirección General de Tráfico (en adelante DGT). Además, un dato importante que muestra la DGT, es que tan sólo 8 comunidades autónomas han reducido el número de accidentes mortales entre los años 2017 y 2018. Pero, teniendo en consideración la disminución de la cantidad de accidentes mortales en las comunidades de Andalucía, Aragón, Baleares, Castilla la Mancha, Extremadura, Madrid, La Rioja, Ceuta y Melilla, no se ha conseguido reducir la cantidad total entre un año y el otro, mientras que sí que se ha reducido la cantidad total de fallecidos. *(Tabla 1)*

	Accidentes mortales (AMVI24)				Muertos (AMVI24)			
	2017	2018	Diferencias		2017	2018	Diferencias	
Comunidad	Nº	Nº	Nº	%	Nº	Nº	Nº	%
Andalucía	152	121	-31	-20	164	131	-33	-20
Aragón	51	48	-3		53	54	1	
Principado de Asturias	22	22	0		22	29	7	
Illes Balears	33	24	-9		38	24	-14	
Canarias	34	36	2		38	37	-1	
Cantabria	10	10	0		12	13	1	
Castilla-La Mancha	76	62	-14		86	68	-18	
Castilla y León	87	89	2		99	101	2	
Cataluña	114	134	20	-18	132	159	27	-20
Extremadura	38	27	-11		45	28	-17	
Galicia	61	84	23		66	88	22	
Comunidad de Madrid	51	36	-15		58	36	-22	
Región de Murcia	23	31	8		33	35	2	
Comunidad Foral de Navarra	10	19	9		10	23	13	
La Rioja	15	6	-9		19	6	-13	
Comunidad Valenciana	79	103	24		85	110	25	
País Vasco	20	25	5		24	28	4	
Ceuta y Melilla	1	0	-1		1	0	-1	
Total	877	877	0		985	970	-15	

Tabla 1: Cuadro comparativo de Accidentes Mortales en Vías interurbanas. Fuente: DGT. Año: 2018

Aunque la tendencia del número de accidentes mortales parece que va en decremento, seguimos encontrándonos con que el perfil que predomina de las víctimas es el de peatón de edad avanzada, tal como indica la Concejala de Protección Ciudadana en Valencia, Anaïs Menguzzato “[...] nuestros mayores, ahora mismo son el colectivo más vulnerable, el que está sufriendo más atropellos” (press, 2017).

Ante esta situación, la sociedad demanda una mayor seguridad vial y se están intentando tomar medidas para concienciar a la población con la intención de

reducir atropellos en la ciudad, mediante campañas dirigidas especialmente a las personas de avanzada edad.



Ilustración 1: Policía Local acompaña a una anciana a cruzar la calle por un paso de peatones. Fuente: El Mundo. Año: 2017

Desde el punto de vista del **diseño urbano** también son numerosos los esfuerzos que se están realizando para mejorar la seguridad vial, especialmente de mayores, con estudios que pretenden analizar la incidencia de determinados elementos del entorno en la percepción del peatón y su capacidad de reacción.

El presente trabajo pretende dar un paso más allá sobre los estudios realizados hasta el momento.

Por una parte, en los trabajos realizados existe un sesgo importante, y es que analizan los elementos de diseño del entorno urbano de manera aislada, de forma que llevan a cabo un análisis sin tener en cuenta el resto de variables que pueden afectar. Así por ejemplo, Cortes (Cortés, 2016) analiza cómo influyen las emociones y la afectividad en relación al entorno urbano. También Kim, Choi y Kim (Kim, Choi, & Kim, 2011) buscan examinar el efecto de la anchura del pavimento de la acera en los niveles de comodidad para peatones.

Así, por ejemplo, el espacio urbano tiene un condicionante importante, y es que el espacio se utiliza tanto en horario diurno como en horario nocturno y, por tanto estos estudios deberían replicarse teniendo en cuenta la utilización de todas las variables en ambos ambientes, ya que los elementos o recomendaciones de diseño pueden sufrir variaciones, dependiendo del tipo de iluminación y del diseño del espacio.

Nosotros pretendemos trabajar con las variables de manera conjunta, con la hipótesis de que los resultados de analizar una variable de manera aislada no tienen por qué coincidir con los resultados del análisis conjunto.

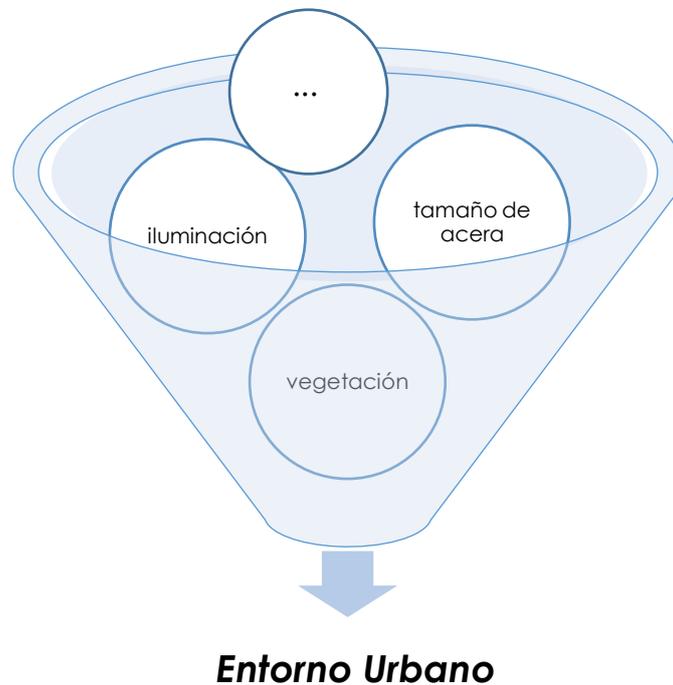


Figura 1: Esquema de elementos aislados que conforman el entorno urbano. Fuente: elaboración propia. Año: 2018

Por otra parte, otra limitación a trabajar es la muestra. La mayoría de trabajos se centran en un colectivo de usuarios demasiado amplio, lo que dificulta extraer conclusiones para un grupo tan específico como los mayores. Nosotros pretendemos centrarnos en este colectivo, de forma que los resultados extraídos irán dirigidos a los peatones más vulnerables, los sujetos/peatones que superan los 65 años. Este colectivo se considera más vulnerable porque, por lo general, tiene reducida su movilidad, disminución de su capacidad visual, auditiva,... Además pueden padecer enfermedades como la demencia, por consiguiente estos peatones requieren de espacios urbanos con características especiales, tal y como indicaron en la revista *Disability & Society* los autores Timothy J. Blackman, Lynne Mitchell, Elizabeth J. Burton y Mike Jencks en el año 2003.

En cuanto a las técnicas de medición de la respuesta de los sujetos, nos vamos a centrar en medir la respuesta psicológica y neurofisiológica. De esta forma tendremos una medida completa del usuario, por una parte la consciente, la psicológica, y por otra, la inconsciente o involuntaria, la fisiológica.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, el objetivo del presente trabajo consiste en intentar identificar una serie de pautas de diseño urbano específicas para el colectivo de sujetos mayores de 65 años que tenga en cuenta la combinación de los elementos de diseño del espacio urbano más relevantes, tanto en horario diurno como en horario nocturno.

El trabajo se desarrolla en el Instituto i3B de la Universitat Politècnica de València, enmarcado dentro del proyecto de investigación del título: *Desarrollo de un índice cognitivo-emocional para cuantificar la percepción de seguridad del peatón. Aplicación en espacios urbanos*, financiado por la Dirección General de Tráfico. Ministerio del interior (Referencia SPIP2017-02220).

1.2 Estructura del trabajo

El presente trabajo se estructurará partiendo desde los objetivos generales hasta poder alcanzar unas conclusiones específicas sobre las características más apropiadas del diseño urbano para personas vulnerables.

En primer lugar se describen los **objetivos del trabajo**, partiendo desde la generalidad hasta objetivos más concretos.

En segundo lugar se exponen los diferentes apartados que compondrán la **revisión teórica**. Este apartado nos permite profundizar en los estudios anteriormente realizados que tengan características relacionadas con el presente trabajo de investigación.

En tercer lugar se detallan cada una de las etapas llevadas a cabo en este trabajo investigativo, las cuales se desarrollan de manera independiente y cronológica. En cada una de estas partes se detallan las herramientas utilizadas. Todo ello queda recogido en el apartado que lleva por nombre: **Material y Métodos**.

Una vez realizado el trabajo de investigación y desarrolladas cada una de las distintas etapas, se procederá a la obtención de **resultados**, los cuales quedan recogidos teniendo en cuenta el método de trabajo y la herramienta utilizada. Además, se especificará si ha surgido cualquier imprevisto o suceso relevante que pueda ser importante e influir en las respuestas de los sujetos.

Finalmente, se redactarán las **conclusiones** teniendo en cuenta los resultados obtenidos. En ellas se especificarán las características más relevantes para los sujetos con mayor vulnerabilidad y mediante estos resultados se intentará ofrecer un

diagrama mediante el cual se muestran las soluciones más apropiadas según el tipo de seguridad que se pretenda obtener por medio del diseño del entorno urbano.



Figura 2: Estructura del trabajo: Fuente: Elaboración propia. Año: 2018

2. Objetivos del trabajo

2.1 Objetivo general

Analizar la incidencia que tienen determinados elementos de diseño del espacio urbano en la sensación de seguridad percibida por los peatones mayores de 65 años. Los elementos de diseño a analizar son la vegetación, el tamaño o superficie de la acera en comparación con la superficie de la calzada, y la temperatura del color de la iluminación artificial. La respuesta del peatón se analiza de una manera global, a través de análisis fisiológicos y psicológicos.

2.2 Objetivos específicos

El objetivo general se desagrega en los siguientes objetivos específicos:

- Revisar los trabajos científicos previos publicados sobre la sensación de seguridad percibida por personas mayores de 65 años, motivada en entornos urbanos.

- Determinar posibles diferencias entre el colectivo mayor de 65 años y el colectivo de entre 20-50 años.
- Analizar la sensación de seguridad del peatón mayor de 65 años provocada por la variación de la vegetación del entorno.
- Analizar la sensación de seguridad del peatón mayor de 65 años provocada por la variación de superficie destinada a carriles frente a la acera.
- Analizar la sensación de seguridad del peatón mayor de 65 años provocada por la variación en la temperatura del color de la iluminación.
- Identificar si existen diferencias en la sensación de seguridad percibida por los peatones mayores de 65 años, en los entornos diurnos frente a los nocturnos.
- Detectar posibles diferencias que deriven de la respuesta de los peatones producidas por la diferencia de género.

3. Revisión teórica

3.1 Peatones vulnerables

En primer lugar debemos aclarar algún concepto. La Real Academia Española de la Lengua describe peatón como *“persona que va a pie por una vía pública”*, y vulnerable como *“que puede ser herido o recibir lesión, física o moralmente”*. Uniendo ambos conceptos y según la Organización Mundial de la Salud en 2013 se consideran usuarios vulnerables (VRU o Vulnerable Road Users) *“peatones, ciclistas y motociclistas”*. Por otra parte, la Estrategia Nacional para la Seguridad en las Carreteras del Departamento de Transporte de los Estados Unidos aporta una definición más amplia de este concepto:

“Usuarios de la carretera que están con mayor riesgo de sufrir lesiones graves o la muerte cuando están involucrados en una colisión, relacionados con vehículos de motor. Estos incluyen los peatones de todas las edades, tipos y capacidades, en particular peatones mayores y personas con discapacidad. Los VRU también incluyen los ciclistas y motociclistas. [...]” (Route)

En segundo lugar, la Organización Mundial de la Salud especifica que las muertes en las que intervienen vehículos y usuarios vulnerables se intensifican en países con menores ingresos. Pero, hoy en día, vivimos en una sociedad llena de estrés, donde

es imprescindible exprimir al máximo cada momento. Esta situación de vivir al límite se intensifica con el hecho de encontrar cada día más atascos en las grandes ciudades, lo que genera la necesidad de recurrir tanto a patinetes (eléctricos o no) y/o bicicletas (eléctricas o no) como a motocicletas. Estos medios de transporte se utilizan con la intención de vencer obstáculos y agilizar el tiempo sin tener en cuenta que esto hace que los niños deban ir constantemente cogidos y los ancianos puedan desestabilizarse y terminar en hospitales (Carrasco, 2018), como consecuencia de apariciones inesperadas de estos medios de transporte. Esta es la situación que genera que los peatones sean, hoy en día, el eslabón más vulnerable de la sociedad.

La Dirección General de Tráfico dictamina que los usuarios con mayor vulnerabilidad son los peatones, ciclistas y motociclistas, dentro de los cuales destacan los niños y los ancianos como colectivos con mayor riesgo de sufrir accidentes. Así, se prevé que las ciudades con población de clase media y alta a lo largo de los próximos veinte años tendrán como principal peatón a las personas mayores de 65 años. Otro colectivo son los motociclistas y los ciclomotoristas, también considerados usuarios vulnerables debido a la escasez de elementos de protección que aporta el vehículo si se produjera un accidente. Este último colectivo de usuarios se ha incluido últimamente en el concepto de usuarios vulnerables debido al gran incremento de accidentes que han acontecido en los últimos años. (DGT, 2013)

El concepto de peatón vulnerable es generalizado alrededor del mundo, incluso podemos encontrar países en los que existen colectivos y asociaciones, los cuales han redactado cartas a los respectivos gobiernos donde quedan detallados los derechos del peatón y declaran que actualmente no son respetados. *(Ilustración 2)*

Los peatones tenemos derecho a...



edgarseis
ilustración & diseño

Ilustración 2: dibujos de la Carta Mexicana de los Derechos del Peatón. Fuente: El diario.es.
Elaboración: Liga Peatonal

Estas cartas buscan conseguir mejorar los derechos de los peatones y que se cree una mejor infraestructura urbana para poder conseguir que los viandantes más vulnerables, como son los discapacitados y las personas mayores, puedan desplazarse de manera segura. Aunque destacan la necesidad de que esta cultura debe comenzar a inculcarse desde edades tempranas, comenzando por el entorno familiar y escuelas; solo así conseguiremos una concienciación social (RTV, 2016).

Por otro lado, cabe destacar que dentro de nuestro país también encontramos diferentes publicaciones en las que se realizan recomendaciones que puedan ayudar a la seguridad vial de los peatones. En estas publicaciones se especifica que en España mueren alrededor de 1000 personas atropelladas cada año, además se incluyen recomendaciones que debe seguir el peatón para prevenir accidentes ya bien sea por los vehículos como por los ciclistas. (Madrid)(Ilustración 3)

PRECAUCIONES DE LOS PEATONES FRENTE LOS CICLISTAS

- Evite circular por las sendas específicamente reservadas para los ciclistas, ya que en ellas se prohíbe el tránsito de peatones.
- No se deje guiar por el oído al cruzar la calle, hay que tener en cuenta que la bicicleta es un medio de transporte muy silencioso.
- Si aparece un ciclista lanzado por la acera, no hay que ponerse nervioso, ya que posiblemente lo esquivará sin problemas.

PRECAUCIONES DE LOS CICLISTAS FRENTE LOS PEATONES

- Ante un peatón hay que extremar la prudencia.
- Si se circula en bicicleta nunca se invadirán las aceras ni los caminos peatonales. En caso de tener que cruzar uno de estos espacios, hay que bajarse de su montura.
- Extreme las precauciones en los semáforos, en las cercanías de los pasos de peatones y en las zonas próximas a parques, colegios, residencias de mayores, etc.
- Si circula por el carril bici y coincide con un peatón, procure no asustarle, evitando pasar demasiado cerca del peatón, ya que puede atropellarlo.

RECUERDE

- Transite por las aceras.
- Respete las señales y los pasos de peatones para cruzar.
- Compruebe ambos lados de la calle antes de cruzar.



- Extreme las precauciones con los vehículos industriales o extremadamente largos.
- No cruce con el semáforo en "amarillo".
- Evite en lo posible circular por el carril bici.

© FREMAP
Ctra. de Pozuelo nº 61
28220 Majadahonda (Madrid)

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD VIAL PARA PEATONES



Comunidad de Madrid
CONSEJERÍA DE PRESIDENCIA, JUSTICIA Y PORTAVOCÍA DEL GOBIERNO
Dirección General de Fomento Público
Servicio de Prevención

FREMAP
Módulo de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales de la Seguridad Social Número 61

PEATONES: LOS MÁS VULNERABLES

Más de la mitad de los accidentes en los que está implicado un peatón se registran por invadir éste la calzada o al cruzarla de forma indebida.

Tal y como se reflejan en las estadísticas, en España mueren cada año alrededor de 1.000 personas atropelladas.

Según la DGT, el peatón es el responsable de siete de cada diez atropellos.

PRECAUCIONES A TENER EN CUENTA

EN LA CIUDAD

- Si no hay zonas peatonales, camine lo más cerca posible de los edificios, siempre de frente al tráfico.
- Cuando transite por la acera, nunca lo haga por el bordillo ni muy cerca de él, así evitara caídas y posibles atropellos.
- Cruce la calle en las intersecciones o por el paso de peatones marcado. Deberá detenerse en la acera sin invadir la calzada.
- En los pasos de peatones, procure circular por la zona más alejada de la dirección de los coches, es donde menos accidentes se producen.



- Observe todas las vías de circulación antes de cruzar, comprobando visualmente cada carril y no proceda a pasar hasta que no estén parados todos los vehículos. No se debe correr pero tampoco pararse en medio de la calzada.

- Cruce las calles por el camino más corto, siempre en línea recta y nunca en diagonal. Cuantos menos metros se recorran menor riesgo habrá.
- En las plazas y rotondas extreme la precaución. No cruce por el medio, hágalo por los pasos de peatones, rodeando la plaza o rotonda hasta llegar al lugar deseado.
- Si tiene que cruzar la calzada cerca de un autobús o de un vehículo de grandes dimensiones, cruce siempre por detrás del mismo, nunca por delante. Con ello conseguirá que vea y sea visto por los vehículos que están circulando.
- Una vez verde el semáforo para peatones, no hay que lanzarse sin más a la calzada, hay que mirar a ambos lados y esperar unos segundos antes de cruzar.



- Extreme la precaución con los vehículos largos (autobuses, camiones, etc.), al girar ya que las ruedas traseras se cierran respecto a las ruedas delanteras y resulta fácil sufrir un atropello.



- Preste especial atención durante los días lluviosos. Por un lado, los paraguas disminuyen la visibilidad a los peatones y, por otro, el frecuente empañamiento de los cristales de los coches, dificulta la visión a los conductores.
- No salte ni esquivе obstáculos, ya que se corre el riesgo de caer y ser arrollado por los vehículos que se encuentran circulando.

EN LA CARRETERA

- Si circula por la carretera como peatón, hágalo siempre por el lado izquierdo de la calzada de tal forma que al caminar siempre se vea a los coches venir de frente.
- Camine siempre por el arcén, y en caso de no haber, circule siempre lo más alejado posible del borde de la calzada. Si se va acompañado, camine en fila india.



- Procure no cruzar en las curvas y los cambios de rasante, debido a la poca visibilidad que permiten. Son los lugares más peligrosos para cruzar.
- Si tiene que caminar de noche, use ropa con materiales reflectantes (cinturón, chaleco, brazalete, etc.) o luminosos. Lleve una linterna.
- No cruce un paso a nivel cuando se divisa el tren, aunque este se encuentre lejos o cuando ya se encuentran bajadas las barreras.
- Esta totalmente prohibido caminar por las autopistas ni atravesarlas.
- Esté alerta ante cualquier ruido del motor, luces de vehículos o claxon.
- Evite el uso de los auriculares o teléfono mientras camine.
- Recuerde que tiene que ceder el paso a los vehículos de emergencia cuando tienen activadas las señales luminosas o acústicas.
- Caminar bajo la influencia del alcohol aumenta las probabilidades de sufrir atropellos.

Ilustración 3: Recomendaciones de seguridad vial para peatones. Fuente: Comunidad de Madrid. Elaboración FREMAP

Pero no sólo asociaciones, colectivos o entidades públicas ofrecen apoyo a los peatones y recomendaciones para evitar accidentes, también surgen movimientos compuestos por voluntarios y profesionales, como IAM RoadSmart, los cuales pretenden que los usuarios mejoren sus habilidades para mejorar la seguridad de las vías interurbanas (Lobby-JL.Omeñaca, 2018).

El cambio en los hábitos de conducción no es el único factor interviniente en el incremento de accidentes en los que se ven implicados los usuarios vulnerables. Un estudio realizado por Volvo Trucks, en colaboración con diferentes organismos nacionales y europeos, dictamina que los accidentes graves o muy graves relacionados con camiones han sido reducidos en la última década, pero aproximadamente un 35% de los que sufren lesiones o fallecimiento son usuarios vulnerables. Para reducir este tipo de accidente será necesario que el conductor tenga una visión clara del entorno del camión (Mundo, 2017). Esto sólo será posible

aumentando los ángulos de visión de los vehículos y mejorando las infraestructuras para ayudar a la visibilidad.

Otros estudios centrados en turismos en diferentes ciudades españolas (*Tabla 2*) nos muestran que aun sabiendo que la velocidad es importante, sobre todo en zonas donde el tránsito de usuarios vulnerables aumenta (escuelas, residencias, parques,...), son mayoritarios los conductores que exceden del límite de velocidad (64.95%). Este estudio se ha llevado a cabo por medio de dos cinemómetros, los cuales analizan la frecuencia de la onda según la velocidad a la que se aproxima o se aleja el objeto de rebote, pero se han evitado las horas de mayor afluencia (salidas y entradas de colegios,...), ya que la cantidad de usuarios obliga a los vehículos a reducir la velocidad.

Ciudades	Total vehículos controlados	Vehículos que superan la velocidad máxima	Vehículos que circulan correctamente
Madrid	300	269	31
Barcelona	300	249	51
Tenerife	318	52	266
Ávila	239	239	0
Córdoba	301	180	121
Las Palmas	312	53	259
Valencia	378	281	97
Zaragoza	312	286	26
Santiago	304	260	44
Sevilla	326	138	188
Total	3090	2007	1083

Tabla 2: Excesos de velocidad en zonas con usuarios vulnerables según ciudades. Fuente: Revista DGT. Elaborado: MAPFRE

Hay cifras muy significativas que podemos extraer de dicho estudio, entre ellas el porcentaje de vehículos que superan la velocidad máxima permitida que se ve

sobrepasada en la gran mayoría de las ciudades por más del 50%, especialmente en Ávila donde se sobrepasa el límite de velocidad el 100%, seguido por Zaragoza con el 91.7%, Madrid el 89.7%, Santiago el 85.5%, Barcelona el 83% o Valencia el 74.3%. (Figura 3)

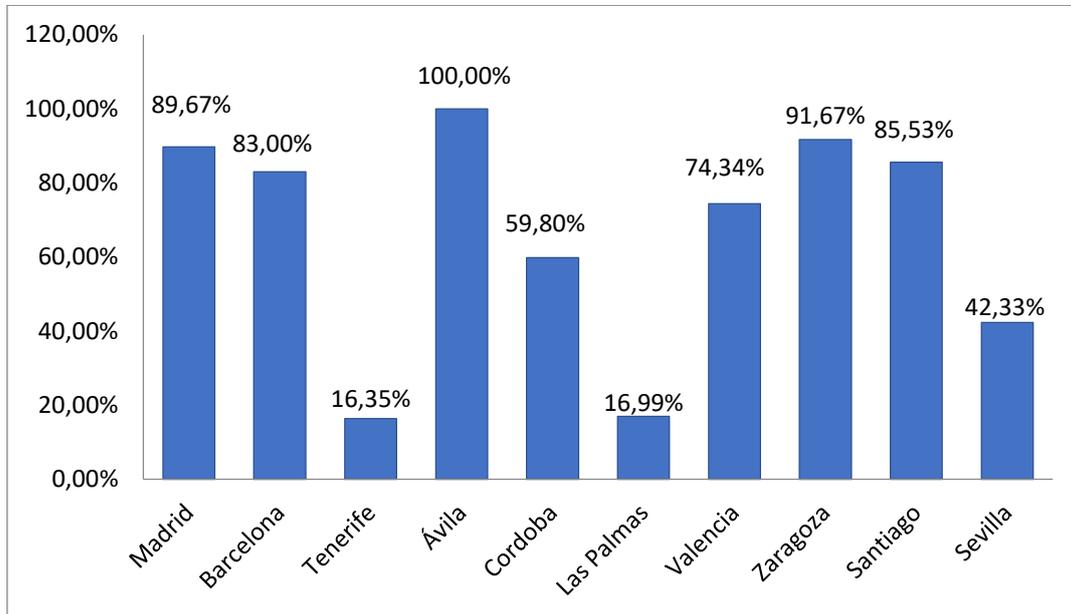


Figura 3: Porcentaje de vehículos que supera el límite máximo de velocidad según ciudades. Fuente: Revista DGT. Elaborado: MAPFRE

Más de la mitad de los conductores supera los límites máximos de velocidad en áreas con tránsito de usuarios vulnerables (7 conductores de cada 10 analizados), y este exceso de velocidad se detecta que es mayor en las áreas que requieren menor velocidad. Con estos datos es necesario realizar acciones de concienciación sobre los peligros de la velocidad, especialmente en zonas donde el índice de peatones vulnerables es elevado. (MAPFRE, 2017)

Finalmente, si hacemos un análisis histórico basado en las edades de la población, observamos que desde finales del siglo XX el rango de mayores de 65 años ha estado creciendo, comenzando por los países más desarrollados y extendiéndose a lo largo de todo el mundo. Actualmente, la proporción de personas de avanzada edad se encuentra alrededor del 10% sobre el total poblacional, pero el porcentaje se está intensificando de manera desmesurada y sin precedentes históricos en los últimos 15 años. Este proceso es conocido por geógrafos y científicos sociales como transición demográfica y transición epidemiológica (Velasco, 1997). Por tanto, las ciudades deben adaptarse a este nuevo modelo.

Diferentes sociólogos han considerado que la edad de jubilación es el umbral mediante el cual una persona pasa a formar parte de la población envejecida. Pero se deben tener en cuenta diferentes aspectos, inclusive los espacios urbanos. Esto se

debe al cambio en las rutinas, la manera de distribuir el tiempo, los espacios que se recorren, las relaciones sociales,... Generalmente, se considera población vieja a la que tiene una edad superior a 60-65 años. Sin embargo, tal como especificaba Pressat (1970) debemos considerar que “*las capacidades vitales no son las únicas que están asociadas a la edad [...] todo el capital mental y biológico evoluciona con ella*”. (Blasco, 2014)

Por tanto, ser más anciano o menos dependerá de la salud, movilidad, dependencia,... de cada individuo. Pudiéndose dividir en 3 grandes grupos:

GRUPO	NOMENCLATURA	EDAD	CARACTERÍSTICAS
1º	Viejos jóvenes	60 – 69 años	Con buenas condiciones de salud, se preparan para la vejez
2º	Vejez intermedia	70 – 85 años	Casi en su totalidad jubilados, comienzan problemas de salud y reducción de movilidad
3º	Viejos muy viejos	Más de 85 años	Se acentúan los problemas de salud, tiene dependencia

Tabla 3: Diferenciación según características generales de personas envejecidas. Fuente: Envejecimiento y urbanización. Elaboración: Aurora García y Beatriz Cristina Jiménez

En la mayoría de los casos se tiende a relacionar a las personas mayores con la dependencia y la vulnerabilidad. Estos factores se acentúan por la escasez de adaptabilidad de los espacios urbanos.

Tras diferentes estudios se puede determinar que las características de la tercera edad van sufriendo grandes cambios relacionados con la vejez y centrados especialmente en aspectos fisiológicos, la salud, la nutrición, pueden aparecer incontinencias, cambios en la actividad cotidiana, modificaciones en el sueño, pueden verse afectados los sentidos (problemas sensoriales), al igual que sufren cambios sociales y sexuales. Todos ellos se pueden resumir en dos conceptos generalizados: pérdidas a nivel físico y pérdidas a nivel psíquico. (Acera, 2015)

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE) las enfermedades más comunes en personas mayores (Tabla 4) afectan, en muchos casos, a la manera de poder defenderse dentro del entorno urbano, ya que ven reducidas sus capacidades.

ENFERMEDAD	SINTOMAS que influyen para la relación Peatón – Entorno Urbano
ARTRITIS y ARTROSIS	Inflamación en las articulaciones, puede provocar dificultades motoras
DIABETES	Si está controlada por un especialista puede llevar una vida normal
DESNUTRICIÓN	Con la edad suele disminuir el apetito, esto puede provocar la deshidratación, anemia,... esta reducción de aporte de vitaminas puede derivar en dificultades motoras y mermar la capacidad de reacción
GRIPE	Puede generar complicaciones y aparición de problemas respiratorios, pudiendo derivarse en dificultades motoras
ALZHEIMER O DEMENCIA	Suponen pérdida progresiva de la memoria y sus habilidades
PARKINSON	Conocida como un trastorno del movimiento, además de provocar alteraciones cognitivas, emocionales y funcionales
PROBLEMAS AUDITIVOS Y VISUALES	El envejecimiento suele provocar diferentes grados de sordera y/o pérdidas de visión
HIPERTENSIÓN ARTERIAL	Obliga a los ancianos a llevar hábitos de vida saludables pero controlando la presión y ritmo arterial
OSTEOPOROSIS	Disminución del porcentaje de minerales en huesos, por lo que aumentan el riesgo de sufrir fracturas. Dificultades motoras
ICTUS	Enfermedad cardiovascular, puede provocar parálisis parcial o total, disminuyendo facultades motoras
INFARTO	Puede dañar las facultades motoras, auditivas y/o visión

Tabla 4: Enfermedades comunes en personas mayores que pueden afectar al modo de desarrollarse en el entorno urbano. Fuente: ayuda familiar. Elaboración: propia

Por consiguiente y tomando de referencia la cantidad de accidentes en los que se ven involucradas las personas de edad avanzada, podemos decir que es una de los grupos de mayor riesgo. Todo ello viene causado por la disminución paulatina de las capacidades físicas, mientras que siguen participando de forma activa en la sociedad. Según envejecemos nos vamos haciendo más respetuosos con las normas de circulación, reducción del consumo de alcohol,... pero aumentan las dificultades auditivas, visuales, la capacidad para interpretar indicaciones, procesar información, entre otras. Pero no por ello debemos permitir que pierdan la autonomía e independencia en el momento de realizar desplazamientos o paseos, sino que deben ser ellos los que muestren cuales son las limitaciones y/o dificultades que sufren en el entorno urbano y como podrían salvarlo. Para ello la DGT ha realizado un estudio en el cual recolecta información para aumentar la seguridad vial de este grupo de peatones vulnerables. (CEA, 1991)

En dicho estudio se han cotejado 700 respuestas de peatones y conductores mayores de 55 años, arrojando luz sobre las dificultades que encuentran en sus trayectos. Además de dar información sobre los aspectos motores senso-perceptivos y cognitivos, nos muestra las condiciones que debe reunir un entorno para considerarse más seguro. Con todo ello se obtiene que las limitaciones más significativas son, por ejemplo, las dificultades de movimiento (58%), distinguir el color de los semáforos (42%), y asimilar la velocidad de los automóviles (44%). Pero a estas limitaciones debemos unirle las cognitivas (distraerse, problemas de memoria, cansancio,...), o bien las dificultades a las que se enfrentan como consecuencia de vehículos mal estacionados, grandes aglomeraciones, altos bordillos, iluminación insuficiente... (CEA, 1991)

Nos centramos en una de las enfermedades más frecuentes en las personas de edad avanzada, el Alzheimer. Según la Fundación Pascual Maragall, se puede definir como *"La causa más frecuente de demencia" siendo "una enfermedad que genera un deterioro cognitivo importante, caracterizado por la pérdida de memoria, alteraciones en el lenguaje, pérdidas del sentido de la orientación y dificultades [...]"*. Hay estudios que investigan el diseño más apropiado que deberían tener los espacios públicos en las personas que padecen dicha enfermedad. Estos se llevan a cabo mediante la realidad virtual, pretendiendo que ancianos que sufran dicha enfermedad puedan identificar y probar las mejoras, ya que la actividad y la independencia controlada es beneficiosa para los usuarios en fases tempranas de Alzheimer (Timothy J. Blackman, 2003).

3.2 Elementos de diseño del espacio urbano significativos

Realizar desplazamientos caminando en ocasiones puede convertirse en una actividad de riesgo. Esto se debe a múltiples factores, como por ejemplo la sensación de inseguridad de los viandantes, terrenos con diferentes tipos de superficies (Patla, 2008), obstáculos inesperados (Maxime R. Paquette, 2010), anchura del pavimento de la acera insuficiente (Sangyoun Kim, 2011), entre otros. Para poder analizar estos inconvenientes se encuentran estudios que analizan y pretenden entender las relaciones entre los diferentes elementos del diseño urbano y las sensaciones de los peatones (Byung Joo Lee & Weijie Wang, 2009). También se investiga sobre la satisfacción de las personas con los entornos urbanos y se examina la asociación tanto emocional como física (Wang & Pingfan Li, 2012), inclusive hay estudios que examinan el efecto del ancho de las aceras con respecto a la comodidad del peatón (Sangyoun Kim, 2011). Todos estos estudios podrían realizarse tanto con peatones que se desplazan de manera individual como peatones que lo hacen colectivamente (Helbin, 2001), inclusive analizando el movimiento de las personas, su velocidad y su posición en determinadas calles urbanas (Willis, 2004).

Para analizar los diferentes tipos de terreno, Patla (2008) llevó a cabo un estudio en el que tomó una muestra de 20 sujetos, jóvenes y adultos, que transitaban por diferentes tipos de superficies, utilizando en determinados momentos unas lentes especiales que bloqueaban el campo visual inferior. Este suceso hizo que tanto los jóvenes como los de edad avanzada redujeran la velocidad de marcha y el espacio recorrido por cada pisada, por ello se pudo determinar que las personas que utilizan lentes multifocales pueden tener deficiencias en el equilibrio al caminar por diferentes calzadas.

Al hilo de lo especificado anteriormente, sobre las causas que pueden ocasionar inseguridad a los peatones, encontramos diferentes tipos de obstáculos en las trayectorias de los peatones que dificultan el correcto y seguro desplazamiento. Dichos elementos, como pueden ser puestos de venta ambulante, vehículos mal estacionados,... provocan una mala visión al viandante y, en consecuencia, las personas con dificultades en la visión, como pueden ser las personas de avanzada edad, pueden incrementar el riesgo de sufrir un percance/accidente. Paquette (2010) clasificó en dos grandes grupos a diferentes sujetos diferenciados por edad: jóvenes sanos (YA) y adultos mayores (OA). A todos los sujetos se les requirió que llevaran a cabo diferentes pruebas donde debían caminar, al mismo tiempo que sorteaban obstáculos y se analizaban las respuestas corporales. Con ello se ratificó que los ancianos pasan más tiempo mirando el obstáculo que los jóvenes, los cuales miraban más tiempo hacia la calzada.

Por otro lado, en otro estudio, Wang, Pingfan Li y Namgung (2012) examinaron el efecto del ancho del pavimento de la acera en relación con la comodidad de los peatones, tomándose 55 sujetos (en su mayoría de género masculino), para someterse a un estudio donde se realizaron variaciones en el ancho de la acera (*Ilustración 4*), utilizando receptores GPS, tras contestar una encuesta.

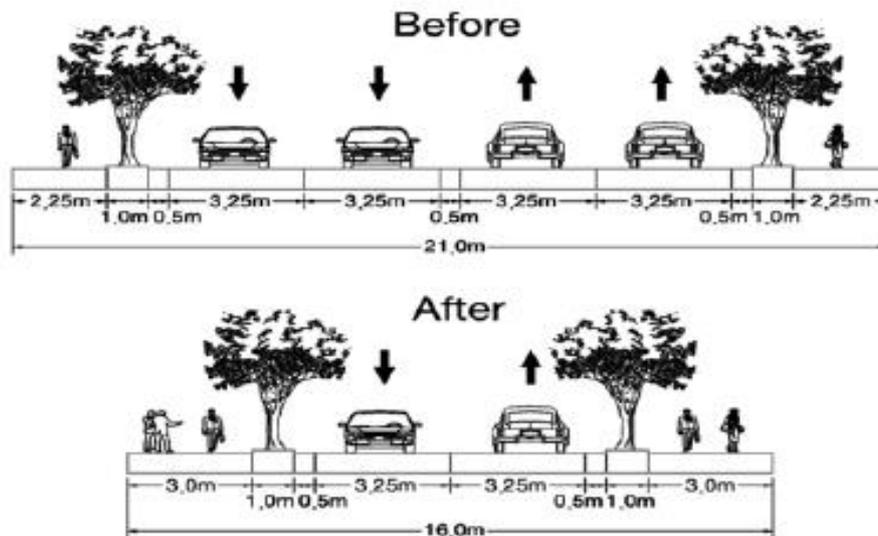


Ilustración 4: Modificaciones del tamaño de la acera. Fuente: Wang, Pingfan Li y Namgung (2012)

De Wang, Pingfan Li y Namgung (2012), también analizaban la satisfacción de las personas con entornos urbanos y se examinaba su asociación con las percepciones emocionales y componentes físicos, por medio de 105 participantes y 20 aceras en Iksan (Corea del Sur). Para este estudio—los autores tuvieron en cuenta muchos factores, desde la vegetación, usos, señalización,... Además, analizaron 60 fotografías a nivel visual, central y longitudinal de los pasillos, de las cuales 20 imágenes fueron las seleccionadas (*Ilustración 5*). Todo ello arrojó unos resultados donde el factor percepción se relaciona de manera positiva con el entorno, siendo factores importantes la vegetación, la altura de los arbustos, las señalizaciones, inclusive el factor “openness”. Este último se relaciona estrechamente con el ancho de la acera. De esta forma queda demostrado que la sensación del peatón se relaciona más con la percepción emocional que con la percepción física.



Ilustración 5: Diferentes tipos de imágenes del estudio. Fuente: Wang, Pingfan y Namgung, (2012)

En cuanto al análisis del movimiento de los peatones, tanto a modo individual como colectivo, se toman en consideración los estímulos y las vías más apropiadas. Actualmente, se pueden encontrar muchos artículos que analizan estos aspectos. Tras una recopilación de información se detecta que la auto-organización puede variar de manera importante las capacidades de las instalaciones, por lo que pueden producirse obstrucciones, siendo aconsejable una distribución correcta del tránsito de peatones para poder efectuar un uso seguro (Helbin, 2001).



Ilustración 6: tipos de calle donde se ha realizado el estudio. Fuente: Willis (2004)

Finalmente, cabe mencionar que hay estudios que analizan el movimiento de los peatones, la velocidad, la posición y la distancia recorrida con respecto a la edad, al género, al grado de movilidad, al tamaño del grupo, al momento del día y a la ubicación. Como se refleja en el trabajo llevado a cabo por Willis (2004), el cual llega a la conclusión de que tanto los factores de movilidad como la edad del peatón son los elementos más significativos e importantes en relación a la velocidad y posicionamiento. La causa es que los más mayores caminan, generalmente, más paulatinamente y más próximos a la calzada. Para ello, este autor llevó a cabo un

estudio en el que grabó el comportamiento de 2613 sujetos, los cuales podían transitar, solos o acompañados por un máximo de 2 personas, por 3 calles diferentes de Europa (*Ilustración 6*), las cuales tenían una estructura dimensional media.

3.3 Medición psicológica y medición fisiológica

La investigación científica se centra, en gran parte de los casos, en la respuesta del usuario, generalmente un sujeto inexperto en el tema objeto de estudio. Siendo el objetivo fundamental obtener información y conocimiento sobre un tema determinado, para poder encontrar significado, predecirlo, controlarlo y/o aportar soluciones. Todo esto hace que, en muchos casos, tengamos que volver empíricas algunas cualidades subjetivas como lo afectivo o emocional (Kals & Müller, 2012) o bien, se estudie la respuesta fisiológica para conocer la respuesta del ser humano frente al entorno. Es decir, podemos diferenciar entre los métodos psicológicos, o derivados de la respuesta consciente del ser humano, y los fisiológicos, basados en la reacción o respuesta inconsciente del usuario.

Antes de analizar la medición psicológica debemos tener claro el significado de emoción, ya que es uno de los pilares fundamentales de esta tipología. Por tanto, diremos que la palabra *emoción* se puede definir como:

“una experiencia afectiva en cierta medida agradable o desagradable, que supone una cualidad fenomenológica característica y que compromete tres sistemas de respuesta; cognitivo-subjetivo, conductual-expresivo y fisiológico-adaptativo” (Chóliz, 2005)

Analizar la respuesta psicológica nos obliga a citar los modelos de Küller y Mehrabian-Russell, ya que permiten detallar los estados afectivo-emocionales de los seres humanos en relación al espacio y actualmente están aceptados para su uso en investigaciones arquitectónicas. Por ejemplo, el modelo de Küller (1991) muestra ocho dimensiones (efecto, complejidad, cercanía, originalidad, agrado, potencia, estatus social y unidad) mientras que el modelo de Mehrabian-Russell (1989) tiene tres espacios emocionales (placer, excitación y dominación).

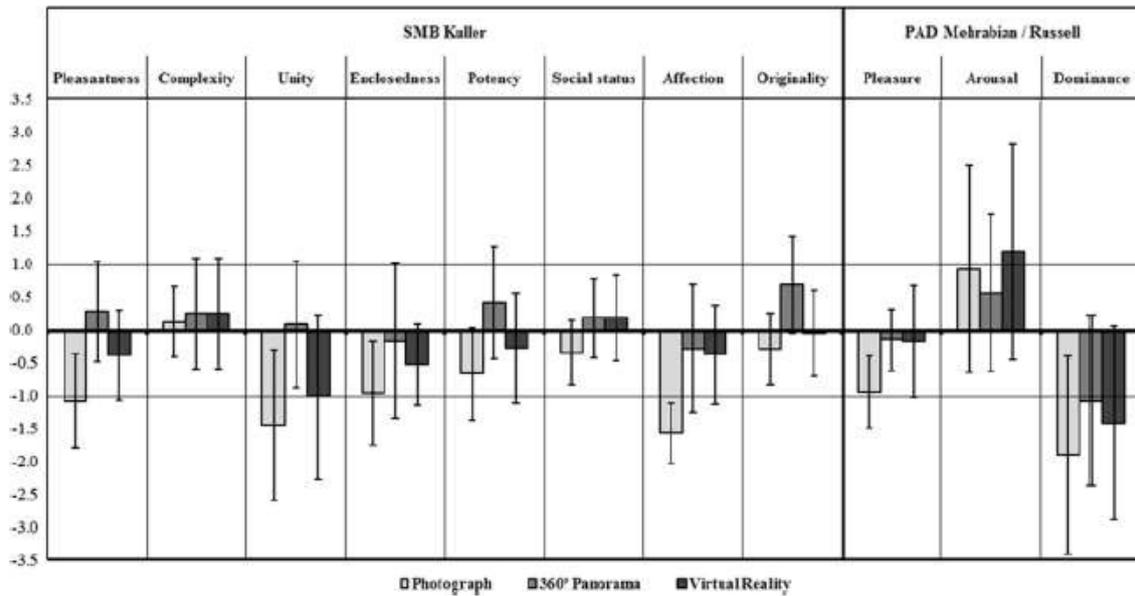


Ilustración 7: Dimensiones emocionales de Küller y Mehrabian-Russell. Fuente: Higuera Trujillo et al., 2017

Para poder obtener información y medir el aspecto psicológico tenemos dos métodos claramente diferenciados, los cualitativos y los cuantitativos. Es decir, los cualitativos se basan, principalmente, en la observación, mientras que los cuantitativos se basan en el análisis y la estadística. La medición psicológica se puede medir utilizando diferentes herramientas (observación, entrevistas, cuestionarios, evaluación por escalas, experimentos,...) entre las que destaca el cuestionario, por ser la herramienta de menor coste y mayor facilidad. Pero un dato importante a tener en cuenta es que en muchas ocasiones estos métodos no se utilizan de manera aislada, sino que se combinan entre ellos, o bien a partir del resultado de uno de ellos se plantean los ítems para otro. Por ejemplo, se puede realizar una entrevista y a partir de los datos recogidos confeccionar un cuestionario (López-Tarruella, 2017).

En cambio, la medición fisiológica nos permite entender con mayor precisión la respuesta de las personas, debido al análisis de las respuestas cognitivo-emocionales. Es decir, tiene en cuenta todos aquellos aspectos que nuestro cerebro no puede controlar directamente (ritmo cardiaco, respiración, sudoración, actividad muscular,...). Pero el cerebro no puede aportar información por sí solo, sino que debe analizarse todo el sistema nervioso central (cerebro, cerebelo, bulbo raquídeo y la médula espinal) e incorporar los datos que proporcione el sistema nervioso periférico (red de nervios conectados al organismo).

Con todo ello, podemos dictaminar que de nuestro organismo se pueden extraer respuestas directas, a partir de la actividad eléctrica de las neuronas, e indirectas, por medio del sistema nervioso. Dentro de las reacciones incontroladas del

organismo debemos profundizar en las respuestas indirectas (contracción involuntaria de músculos, movimiento ocular, gestos,...), las cuales podemos dividir en dos grandes grupos: el sistema nervioso simpático y el sistema nervioso parasimpático (López-Tarruella, 2017).

Las herramientas que permiten llevar a cabo una medición fisiológica son muy diversas, entre las que cabe destacar electroencefalografías (EEG), resonancias magnéticas (RMF), electrocardiogramas (ECG), frecuencia cardiaca (HRV), eye-tracking (ET), siendo estos los más utilizados en investigación (López-Tarruella, 2017). Estas herramientas permiten proporcionar resultados muy diversos, desde representaciones gráficas de la actividad del corazón y su ritmo cardiaco, los cuales permiten confeccionar gráficos, hasta valores relacionados con la excitación. Pero cabe destacar el electroencefalograma como la herramienta más precisa en la detección de pequeñas variaciones de estado (Higuera, López-Tarruella, & Llinares, 2017).

3.4 La realidad virtual y la fotografía 360°

Vivimos inmersos en una sociedad que sufre una constante evolución tecnológica. Durante los últimos años hemos podido observar un incremento desmesurado de las posibilidades que pueden ofrecer las herramientas digitales. Las herramientas digitales son los recursos de software que podemos encontrar en los ordenadores, teléfonos móviles,... y tienen como objetivo fundamental facilitar la interacción de la tecnología con el ser humano. Algunos ejemplos permiten acortar distancias entre personas, facilitando las comunicaciones (redes sociales, videoconferencias,...), otros facilitan el aprendizaje con mayor dinamismo (enciclopedias virtuales, proyecciones virtuales,...), también se puede mejorar la organización de una empresa (herramientas virtuales, organigramas dinámicos, bases de datos...) o ayudando a facilitar las labores investigativas.

Dentro de las herramientas digitales debemos diferenciar entre los dos formatos más utilizados para la visualización de entornos simulados.

Por un lado, la fotografía permite capturar imágenes de cualquier entorno físico con la ayuda de la luz. Este formato se puede obtener por medio de la fotografía tradicional o por la fotografía 360°, siendo el primero de ellos el más recurrido debido a la facilidad de uso y realismo, especialmente estudios de paisaje (Hull_IV & Stewart, 1992). Mientras que la fotografía panorámica 360° nos permite obtener imágenes esféricas que permiten interactuar al espectador, dándole la posibilidad de visualizar un espacio y/o escena como si estuviera inmerso en ésta, también se caracterizan

por la compatibilidad con dispositivos móviles. Además, una serie de fotografías panorámicas 360° conectadas entre sí pueden conformar un Tour Virtual (García).

Por otro lado, la realidad virtual se basa en un sistema informático que representa una realidad perceptiva sin necesidad de soporte físico. Es decir, se crea un entorno virtual que existe, únicamente, en el interior del ordenador (Informática) pero nos aporta la sensación de estar en el lugar. Además, cabe destacar que esta herramienta nos permite simular situaciones e incluir comportamientos de diferentes individuos.

En el ámbito de las nuevas tecnologías aplicadas a la arquitectura encontramos diferentes trabajos que comparan las últimas técnicas de visualización arquitectónica (Higuera, López-Tarruella, Linares, & Iñarra, 2017), o bien estudios que se centran específicamente en la comparativa entre fotografías, 360° Panoramas y realidad virtual (Higuera, López, & Linares, 2017).

El artículo de Higuera, López-Tarruella, Linares e Iñarra (2017), pretendía analizar si los formatos y soportes utilizados actualmente en investigación son los adecuados. Este estudio se llevó a cabo dentro de una sala tematizada, representando un espacio físico de dispensario de bebidas en un supermercado, utilizando diferentes formatos (fotografía, panorámica 360° y entorno virtual) y soportes (ordenador portátil, Head-Mounted-Display).



Ilustración 8: Fotografías de las fases experimentales. Fuente: Higuera, López-Tarruella, Linares e Iñarra (2017)

En él intervinieron un total de 84 participantes, diferenciados por edades y sexos, facilitándoles un cuestionario en el que debían valorar el espacio. Tras la experiencia se llevó a cabo un tratamiento de datos agrupándolos según los estímulos, lo cual muestra una gran diferencia entre fotografías y entorno virtual, especialmente si tenemos en cuenta los conceptos de *abstracción*, *precisión*, *realismo*, *facilidad de orientación* y *ayuda al diseño*. Los resultados de este trabajo muestran que las herramientas digitales pueden ayudar en gran medida al arquitecto.

Por otro lado, hay estudios que realizan una comparación entre fotografías tradicionales, fotografías panorámicas de 360° y realidad virtual, como en el caso de Higuera, López-Tarruella y Llinares (2017), en los cuales también se consideran las respuestas psicológicas y fisiológicas de los seres humanos frente al entorno. El objetivo de dicho experimento consistía en comparar la respuesta del usuario en un mismo entorno mediante diferentes formatos de visualización (configuración del entorno físico, configuración del entorno fotográfico, configuración del entorno panorámico 360°, configuración del entorno RV). Para ello participaron 100 sujetos, diferenciados equitativamente por edad y género. De este artículo cabe destacar que permitió manifestar la validación del entorno simulado. Además de sugerir que la fotografía panorámica 360° es la opción con la cual se llegaron a alcanzar mejores resultados.



Ilustración 9: 360° Panorama. Fuente: Higuera (2017)

4. Material y métodos

Una vez identificadas y estudiadas las diferentes variables y parámetros de diseño urbano, se ha realizado una selección de diferentes simulaciones representativas de éstos.

Todos estos parámetros son seleccionados con la intención de obtener resultados a partir del estímulo visual y auditivo, permitiendo cuantificar el estado psicológico y neurofisiológico que generan en los peatones mayores de 65 años.

Finalmente, con toda la información recabada se realiza el tratamiento de datos.

4.1 Variables y parámetros de diseño urbano utilizados

Como punto de partida del presente estudio de investigación se realizó una búsqueda para identificar los parámetros en bibliografía científica, especialmente en revistas como Landscape and Urban Planning, Environment and Planning B: Planning and Design, Journal of Urban Planning and Development,... inclusive páginas web o publicaciones de trabajos académicos.

El exhaustivo proceso de investigación permitió identificar tres conceptos relevantes, los cuales influyen directamente en el diseño urbano. Cabe destacar que la

presencia o ausencia de vegetación y la relación entre la superficie de la acera, con respecto a la calzada, influyen tanto en escenarios nocturnos como diurnos (Tabla 5 y Tabla 6). Mientras que la temperatura de color de la iluminación solo afectará a la matriz de combinación de variables de los escenarios nocturnos (Tabla 6).

Todo ello permitió identificar los parámetros de diseño que afectan a la Percepción de Seguridad del Peatón (en adelante PSP) pudiendo confeccionar una matriz de combinación de diseño 2x2 para la combinación de variables diurnas y una de 2x6 para las variables nocturnas.

ESCENARIO DIURNO:

		Relación sup. Acera/Calzada	
		baja	alta
Presencia vegetación	baja	A	B
	alta	C	D

Tabla 5: Matriz combinaciones variables escenario diurno. 2018

ESCENARIO NOCTURNO:

		Relación superficie de la Acera/Calzada					
		baja	alta	baja	alta	baja	alta
Presencia vegetación	baja	1	2	3	4	5	6
	alta	7	8	9	10	11	12
		baja		Media		alta	
		Temperatura iluminación					

Tabla 6: Matriz combinación variables en escenario nocturno. 2018

4.2 Elección del emplazamiento y generación de estímulos

El material utilizado en el presente estudio se centra en el entorno urbano de la ciudad de Valencia. Como punto base se escogió uno representativo de gran parte de las ciudades (ensanches característicos del siglo XIX) y que por su configuración permitía realizar cambios en las variables parametrizadas anteriormente.



Escenario 01



Escenario 02



Escenario 03



Escenario 04



Escenario 05



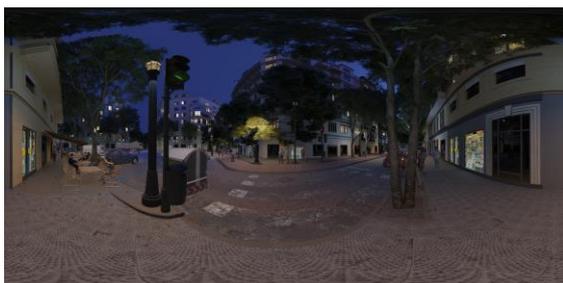
Escenario 06



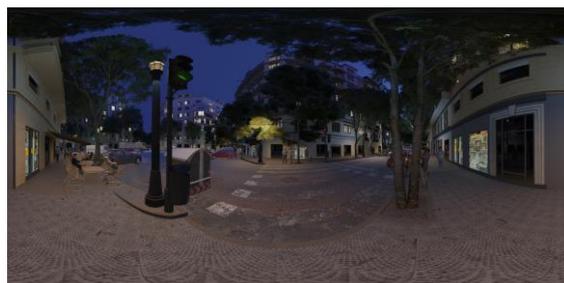
Escenario 07



Escenario 08



Escenario 09



Escenario 10



Escenario 11



Escenario 12



Escenario A



Escenario B



Tabla 7: Imágenes de los puntos con mayor percepción de seguridad por los sujetos. 2018

4.3 Reproducción de estímulos

Para poder llevar a cabo el estudio de laboratorio se precisó el apoyo de herramientas, visuales y auditivas, que facilitarían al sujeto situarse en el entorno sobre el que se pretendía estudiar el estímulo.

Los sujetos pudieron visualizar los diferentes escenarios por medio de un dispositivo HMD o gafas de realidad virtual, que ofrecen una reproducción de las imágenes mediante una resolución de 2160x1200 píxeles, 110° de campo de visión y una frecuencia de 90Hz de refresco. Esta herramienta se conecta directamente al ordenador por medio del cual se llevó a cabo todo el proceso investigativo (Acer Predator G6) y con la ayuda de Display Port 1.2 y USB 3.0.



Ilustración 10: Dispositivo de visión RV HMD "HTC Vive". Fuente: HTC, 2018

Para poder reproducir los diferentes sonidos ambientales, que aumentan el realismo de la escena, se utilizaron altavoces con sistema 3.1. En concreto, los Omega Og21ub. La estimulación auditiva consistió en un clip de audio binaural, registrado en el emplazamiento físico mediante la grabadora digital ZOOM H4n Pro recorder y el micrófono binaural Free Space XLR.



Ilustración 11: Altavoz Omega Og21 ub Negro 3.1. Fuente; Electrocosto.com

4.4 Muestra

La muestra que permitió realizar el presente estudio se conforma de 20 sujetos, entre los cuales encontramos que un 50% son hombres y el otro 50% son mujeres. Mientras que, si nos centramos en las edades de los participantes, observamos que 12 sujetos se encuentran dentro del intervalo de 65 a 70 años y los 8 sujetos restantes presentan edades entre 70 y 75 años. Esta distribución de la muestra pretende ser suficientemente homogénea, tanto en géneros como en edades.

4.5 Registros psicológicos

Los registros psicológicos son valorables mediante tres tipologías distintas de cuestionarios: valoración de ambiente, de presencia y demográficos.

4.5.1 Cuestionarios de valoración de ambiente

Los cuestionarios de valoración de ambiente permiten al sujeto valorar diferentes aspectos del espacio visualizado. Se tuvieron en cuenta los 6 conceptos evaluados por la escala Likert, según los autores Mehrabian y Russell (1977), con la finalidad de analizar el atributo *dominancia* (Concepto que hace referencia a la percepción de seguridad del participante). Cabe destacar que la media de estos atributos es ponderada, según el peso que le atribuyen los autores.

Me siento...	-4 (Nada)	-3	-2	-1	0	1	2	3	4 (Todo)
Controlador									
Influyente									
Despreocupado									
Importante									
Dominante									
Autónomo									

Tabla 8: Método de valoración del atributo de dominancia. Fuente: Mehrabian y Russell, 1977

4.5.2 Cuestionarios de presencia

La sensación de presencia es la ilusión de “estar ahí” (Steuer, 1992) en una simulación ambiental. Para cuantificarla, los participantes valoraron el cuestionario SUS, desarrollado por Slater, Usoh & Steed (1994). Éste consta de 6 ítems, valorados mediante una escala Likert de 1 a 7 (Tabla 9). El objetivo fue comprobar que los participantes se habían sentido participes de la escena.

1 - 7

Tuve la sensación de estar ahí en el espacio urbano	
Hubo momentos durante la experiencia en que el espacio urbano era real para mí	
Al pensar en el espacio urbano lo recuerdo más como un sitio en el que he estado	
Mi mayor sensación fue la de estar en el espacio urbano	
El recuerdo que tengo de haber estado en otro sitio parecido es totalmente igual	
Durante la experiencia solía pensar que estaba en el espacio urbano	

Tabla 9: Cuestionario post-experiencias. Fuente: *Presencia*. Slater, Usoh & Steed. 1994

4.5.3 Cuestionario demográfico

El cuestionario demográfico tiene como objetivo la profundización en temas que requieren especial atención para el estudio. Asimismo, nos permite poder segmentar a los participantes en función de la edad, género y características locomotoras.

4.6 Registros neurofisiológicos

Se registraron datos neurofisiológicos de diferente naturaleza, relacionados con la percepción de seguridad, para completar los registros psicológicos. Por un lado, se utilizaron métricas calculadas de la respuesta galvánica; y por otro, del electroencefalograma.

4.6.1 Variabilidad del ritmo cardiaco (HRV)

La variabilidad del ritmo cardíaco se basa en el registro del electrocardiograma (Goldman, 1976). Entre otros, su análisis permite realizar una clasificación espectral, generalmente para diferenciar: LF, banda de frecuencia asociada con el sistema simpático (aumento de la activación); y HF, banda de frecuencia asociada con el sistema parasimpático (aumento de la relajación). En nuestro caso, para la clasificación espectral se siguió el método Welch, y se tomaron para LF las frecuencias 0.05-0.15 Hz y para HF las frecuencias 0.15-0.4 Hz (Bemton, 1997). Para registrar la señal se utilizó el dispositivo b-Alertx10, a 256Hz. Se analizó mediante el toolbox HRVAS (v.2014-03-21), funcionando en Matlab (v.2016a).



Ilustración 12: Dispositivo b-Alertx10. Fuente: imotions.com, 2018

4.6.2 Electroencefalograma (EEG)

El Electroencefalograma mide variaciones en la actividad eléctrica de la superficie del cuero cabelludo (Niedermeyer & Silva, 2005). Entre otros, su análisis permite realizar una clasificación espectral para las bandas relacionadas con ciertas funciones cerebrales. En este artículo, se calculó la métrica de la banda Highbeta (21-30 Hz) del electrodo C3, relacionada con el estrés. Para registrar la señal también se utilizó el dispositivo b-Alertx10. La señal fue pre-procesada y analizada usando el toolbox EEGLAB (v14.0.0b) a través de Matlab (v.2016a). (Choi, Y., M., & Chum, 2015)

4.7 Protocolo de investigación

Las diferentes pruebas realizadas a los mayores de 65 años seguían un protocolo de actuación estudiado y pautado minuciosamente (*Tabla 10*). Todos estos pases se llevan a cabo en el Instituto i3B, dentro del Laboratorio Europeo de Tecnologías Inmersivas (LENI).

En primer lugar, el entrevistador preparaba la sala para recibir a cada uno de los participantes de manera individualizada. Cuando la sala se encontraba en condiciones óptimas y con todas las herramientas comprobadas (*pantalla de ordenador con ratón y teclado, dispositivos de registro neurofisiológico y psicológico, dos mesas y dos sillas, altavoces y dispositivos de visualización de imágenes 360°*), se permitía al sujeto adentrarse en ella. El entrevistador entregaba un documento de consentimiento que debía ser firmado, por el sujeto, antes de iniciar la prueba.

A continuación, siguiendo el protocolo de actuación (*Tabla 10*), se les explicaba en qué consistía la prueba y los conceptos que debían conocer. Posteriormente, se colocaba al sujeto en posición erecta frente a la pantalla y se le colocaban los diferentes dispositivos de registro para poder dejarlo reflejado por medio del programa iMotions 6.1.

Finalmente, a cada participante se le ofrecían diferentes escenarios, de manera individual, que debía visualizar durante 1 minuto, acompañados de sonidos específicos del lugar objeto de estudio. A continuación, tras cada escenario, se valoraban los estímulos, tanto de escenarios diurnos (con presencia o ausencia de vegetación, escasez de iluminación artificial, y variando el número de carriles destinados al tráfico rodado) como en escenarios nocturnos (diferenciando en tres niveles de iluminación, presencia o escasez de vegetación y cantidad de carriles destinados a tráfico rodado)

CONCEPTO		TIEMPO (min)	
Preparación	RECEPCIÓN DEL PARTICIPANTE Indicaciones básicas, y firma del consentimiento.	≈2	↓
	INICIO DEL ESTUDIO Codificación del usuario (en encuesta e iMotions), y colocación de los dispositivos de registro.	≈10	
	INICIO CON EL PARTICIPANTE Recepción, indicaciones básicas, y firma del consentimiento.	≈1	
	EXPLICACIÓN DE ESCALAS <i>"En el Instituto i3B, de la Universidad Politécnica de Valencia, estamos realizando un estudio sobre cómo influyen las variables de diseño urbano en la sensación de seguridad del peatón. Para ello, se utilizarán cuestionarios, realidad virtual, y dispositivos de registro neurofisiológico. La prueba dura alrededor de media hora. Si lo decides, puedes interrumpirla y abandonarla".</i> <i>Durante la prueba se te pedirá que valores diferentes estímulos en una escala de -4 a +4, siendo "-4" NADA y "+4" MUCHO. Puedes valorar cómo te sientes con todos los valores intermedios que se te indicarán en la escala, NO sólo los extremos de -4 y 4. No hay respuesta correcta o incorrecta: todas son válidas, y significativas para nosotros.</i>	≈2	
Pre-experiencias en (en iMotions)	EJECUTAR ESTUDIO El entrevistador ejecuta el estudio. Consta de partes automáticas (iMotions las gestiona) y partes semi-automáticas (el entrevistador debe colocar las gafas para que el participante visualice unos escenarios).	≈1	→#1→#n (Anexo 1)
Experiencias AUT. (en iMotions)	CUESTIONARIO Demográfico	≈1	
	LÍNEA BASE Ojos abiertos / Ojos cerrados.	2	
	INSTRUCCIONES VISUALIZACIÓN URBANA <i>"A continuación, te verás inmerso en un espacio urbano. Imagina que estás caminando por éste, y vas a cruzar al otro lado de la vía. Tras un minuto en silencio, te pediré que lo valores en una escala de -4 a +4, en cuanto a varios aspectos. Esto se repetirá varias veces".</i>	≈1	
	SERIE V El entrevistador lanza el escenario aleatorizado. El participante lo visualiza durante 1 minuto en silencio. Tras este tiempo, conometrado por el entrevistador, lanza la versión "_EN" (encuesta) y el participante completa el cuestionario de forma oral.	≈12*	
Post-experiencias	CUESTIONARIOS DE PRESENCIA El participante completa el cuestionario de presencia.	≈1	→
	FINAL CON EL PARTICIPANTE Retirada de dispositivos, acompañamiento a la salida.	≈1	
TOTAL		34	

Tabla 10: Estructura del protocolo de las pruebas en el instituto i3B

4.8 Tratamiento de datos

Una vez finalizados y recopilados los resultados de todos los pases de personas mayores de 65 años se procedió al estudio y análisis de todos ellos. En primer lugar se confeccionó una base de datos que recogía la información de todas las respuestas, tanto neurofisiológicas como psicológicas, clasificadas por cada sujeto.

4.8.1 Análisis de las diferencias entre los diferentes escenarios

Analizar las diferencias entre los diversos escenarios y atender a los atributos o elementos de diseño como la vegetación, los carriles o los escenarios, han permitido que se realicen pruebas no paramétrica de Mann-Whitney. De tal forma, dicha prueba, a través de su nivel de significación, nos muestra si existen diferencias significativas entre ambos grupos, por ejemplo: la presencia o no de vegetación, más o menos número de carriles... Con todo ello, obtenemos la media de rangos, Mean Rank, la cual nos indica el sentido de esa variación. Es decir, nos permite detectar cuál es el grupo que tiene una media más alta.

Por otro lado, si nos centramos en el análisis de los atributos de iluminación artificial, en el caso de los escenarios nocturnos se aplica el test de Kruskal Wallis. Dicho test tiene como característica principal el de ser un test no paramétrico. Es decir, a través del nivel de significación observamos si hay diferencias y mediante Mean Rank vemos el sentido de dicha diferencia. En este caso tenemos la necesidad de aplicar esta técnica y no la de Mean-Whitney, esto se debe a que el número de atributos es superior a dos y, por tanto, se precisa de esta técnica.

4.8.2 Análisis de las diferencias en función del perfil de los sujetos

Con el objeto de encontrar diferencias significativas en función del género de los sujetos, entre hombres y mujeres, nuevamente, se aplica la técnica de Mean-Whitney. Este análisis tiene la intención de identificar las diferencias, observando los niveles de significación y utilizando el Mean Rank para ver en qué sentido son dichas diferencias.

4.8.3 Correlaciones entre las variables psicológicas y fisiológicas

Se pretende analizar si existe una relación significativa entre las variables psicológicas (DOMINANCIA_M&R) y fisiológicas (HRV_nLF y actividad cerebral EEG_C3_HIGHBETA). Para ello, se ha aplicado el coeficiente de correlación de Pearson, de tal forma que fijándonos en los niveles de significación inferiores a 0,05 observamos si esa correlación es significativa.

4.8.4 Diferencias entre el colectivo de peatones mayores de 65 años y el resto.

Para identificar si existen diferencias significativas en función de la edad se ha recurrido, únicamente, a un análisis de medias y al test de Kruskal Wallis. Teniendo en cuenta los diferentes tramos (menores de 25 años, 26-35 años, 36-45 años, 46-55 años, 56-65 años, mayores de 65 años) cabe destacar que para este análisis se hace un uso de los datos del estudio completo, en el cual habían participado 50 sujetos menores de 65 años y se comparase con los resultados obtenidos de los 20 sujetos mayores de 65 años.

4.8.5 Evaluación de diferencias significativas en los diferentes escenarios evaluados

La evaluación de cada uno de los escenarios, tiene el objeto de identificar si existen diferencias significativas en las tres variables analizadas (DOMINANCIA_M&R, HRV_nLF y EEG_C3_HIGHBETA) y entre las respuestas del colectivo comprendido entre 20-50 años y los mayores de 65 años, para lo que se ha realizado la prueba de Mean-Whitney. Este análisis se realiza tanto para los escenarios diurnos (A, B, C, D) como para los escenarios nocturnos, los cuales se han diferenciado entre las diferentes temperaturas del color de la iluminación, es decir, separando entre la de 2800k, 4500k y 10500k.

5. Resultados

5.1 Análisis de las diferencias entre los diferentes escenarios

A. Vegetación

Analizamos, en primer lugar, el atributo de vegetación y observamos que la prueba de Mann-Whitney U nos dice que hay diferencias casi significativas (0,090 próximo a 0,05) para la actividad cardiaca (variable HRV_nLF). (Ver Tabla 11 (b))

Si nos fijamos en las medias (Mean Rank), (Ver Tabla 11 (a)) podemos observar que cuando hay vegetación, el rango medio de la aceleración cardiaca sería de 36,92, mientras que cuando no hay vegetación es de 28,86. Es decir, el sujeto está más activado cuando hay vegetación que cuando no la hay.

Esta afirmación difiere de los resultados publicados hasta el momento, que indican que la presencia de vegetación consigue mejorar la sensación de bienestar del sujeto, pero hay que tener en cuenta que toda la literatura hace relación al transeúnte, al que realiza la actividad de pasear por la calle, mientras que en este caso nuestro trabajo se centra en el cruce. Tiene sentido que cuando en las inmediaciones de un cruce hay vegetación y por tanto a nivel visual hay obstáculos, provoca una mayor aceleración cardiaca que cuando no la hay.

Cabe destacar que no se observan diferencias significativas en el resto de variables, ni para la dominancia ni para el aspecto del estrés, medido con la variable EEG_C3_HIGHBETA.

Ranks ^a				
	At_vegetación	N	Mean Rank	Sum of Ranks
DOMINANCIA_M&R	1	34	41,50	1411,00
	2	44	37,95	1670,00
	Total	78		
HRV_nLF	1	28	28,86	808,00
	2	38	36,92	1403,00
	Total	66		
EEG_C3_HIGHBETA	1	18	17,50	315,00
	2	14	15,21	213,00
	Total	32		

(a) Análisis de Mean Rank

Test Statistics ^b			
	DOMINANCIA_M&R	HRV_nLF	EEG_C3_HIGHBETA
Mann-Whitney U	680,000	402,000	108,000
Wilcoxon W	1670,000	808,000	213,000
Z	-,685	-1,694	-,687
Asymp. Sig. (2-tailed)	,493	,090	,492
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]			,512 ^a

- a. Not corrected for ties
- b. Grouping Variable: At_vegetación

(b) Análisis de Mann-Whitney U

Tabla 11: Test de Mann-Whitney U y análisis de Mean Rank para la variable vegetación

B. Carriles

En cuanto a los atributos de los carriles, el test de Mann-Whitney U nos indica que hay diferencias casi significativas (valor de significación de 0,082, encontrándose entre 0,05 y 0,1) para la aceleración cardíaca (variable HRV_nLF). (Ver Tabla 12 (b))

Si miramos las medias (Mean Rank), (Ver Tabla 12 (a)) observamos que, nuevamente, nos encontramos una mayor aceleración cardíaca cuando hay dos carriles frente a cuando hay un único carril.

Al igual que en la vegetación, debemos destacar que no se observan diferencias significativas en el resto de variables, ni para la dominancia ni para el aspecto del estrés, medido con la variable EEG_C3_HIGHBETA.

Ranks ^a				
	At_carriles_trafico	N	Mean Rank	Sum of Ranks
DOMINANCIA_M&R	1	34	36,56	1243,00
	2	44	41,77	1838,00
	Total	78		
HRV_nLF	1	26	28,42	739,00
	2	40	36,80	1472,00
	Total	66		
EEG_C3_HIGHBETA	1	16	16,00	256,00
	2	16	17,00	272,00
	Total	32		

(a) Análisis de Mean Rank

Test Statistics ^b			
	DOMINANCIA_M&R	HRV_nLF	EEG_C3_HIGHBETA
Mann-Whitney U	648,000	388,000	120,000
Wilcoxon W	1243,000	739,000	256,000
Z	-1,008	-1,739	-,303
Asymp. Sig. (2-tailed)	,313	,082	,762
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]			,780 ^a

- a. Not corrected for ties
- b. Grouping Variable: At_carriles_ tráfico

(b) Análisis de Mann-Whitney U

Tabla 12: Test de Mann-Whitney U y análisis de Mean Rank para la variable de los carriles

C. Escenarios

Cuando comparamos escenarios diurnos y nocturnos nos encontramos que la prueba de Mann-Whitney U (Ver Tabla 13 (b)) detecta diferencias significativas en dos variables, la de dominancia, medida a través de los atributos de dominancia de Verabian y Rousell cuyo nivel de significación es 0,02, bastante inferior a 0,05, y la variable de EEG_C3_HIGHBETA, siendo una variable fisiológica cuyo nivel de significación es 0,005, bastante inferior al 0,05.

En este caso, si observamos las medias detectamos que, en cuanto al concepto de seguridad, en las medias de los escenarios diurnos los sujetos perciben el escenario más seguro que en el escenario nocturno.

Mientras que, cuando lo que estamos observando es el estrés vemos que la relación es inversa, puesto que estamos mirando el estrés y no la seguridad, con ello detectamos que el escenario diurno presenta una relación de estrés menor que el escenario nocturno. (Ver Tabla 13 (a))

Ranks ^a				
	Diurno_nocturno	N	Mean Rank	Sum of Ranks
DOMINANCIA_M&R	Nocturno	44	32,41	1243,00
	Diurno	34	48,68	1838,00
	Total	78		
HRV_nLF	Nocturno	36	33,44	739,00
	Diurno	30	33,57	1472,00
	Total	66		
EEG_C3_HIGHBETA	Nocturno	20	20,10	256,00
	Diurno	12	10,50	272,00
	Total	32		

(a) Análisis de Mean Rank

Test Statistics ^b			
	DOMINANCIA_M&R	HRV_nLF	EEG_C3_HIGHBETA
Mann-Whitney U	436,000	538,000	48,000
Wilcoxon W	1426,000	1204,000	126,000
Z	-3,145	-,026	-2,815
Asymp. Sig. (2-tailed)	,002	,979	,005
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]			,004 ^a

- a. Not corrected for ties
- b. Grouping Variable: diurno_nocturno

(b) Análisis de Mann-Whitney U

Tabla 13: Test de Mann-Whitney U y análisis de Mean Rank para escenarios diurno y nocturno

A continuación, realizaremos el mismo análisis pero observando lo sucedido entre los diferentes escenarios diurnos y nocturnos.

C.1. Escenarios diurnos

Escenario diurno, nos fijamos en la vegetación, la prueba de Mann-Whitney U (Ver (b)) detecta diferencias significativas en las variables fisiológicas, no así en la de carácter psicológico. En las fisiológicas lo que se observa es que existen diferencias significativas en la variable que mide la actividad cardiaca (HRV_nLF), con un nivel de significación de 0,003 inferior a 0,05, y en la variable HIGHBETA, con un nivel inferior a 0,05 también.

En ambos casos, lo que detectamos es que las medias nos indican que se produce una mayor actividad cardiaca, o un mayor nivel de estrés, cuando hay presencia de vegetación frente a la ausencia. (Ver Tabla 14(a))

Ranks ^a				
	At_vegetación	N	Mean Rank	Sum of Ranks
DOMINANCIA_M&R	1	14	18,93	265,00
	2	20	16,50	330,00
	Total	34		
HRV_nLF	1	12	9,83	118,00
	2	18	19,28	347,00
	Total	30		
EEG_C3_HIGHBETA	1	6	3,50	21,00
	2	6	9,50	57,00
	Total	12		

(a) Análisis de Mean Rank

Test Statistics ^b			
	DOMINANCIA_M&R	HRV_nLF	EEG_C3_HIGHBETA
Mann-Whitney U	120,000	40,000	,000
Wilcoxon W	330,000	118,000	21,000
Z	-,701	-2,978	-3,095
Asymp. Sig. (2-tailed)	,483	,003	,002
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,500 ^a	,003 ^a	,002 ^a

- a. Not corrected for ties
- b. Grouping Variable: At_vegetación

(b) Análisis de Mann-Whitney U

Tabla 14: Test de Mann-Whitney U y análisis de Mean Rank para escenario diurno. Vegetación

En cuanto a los carriles, observamos que la variable de HRV_nLF, en la prueba de Mann-Whitney, (Ver Tabla 15 (b)) detecta que hay diferencias casi significativas (0,054 muy próximo a 0,05) para la variable fisiológica la cual mide la actividad cardiaca y con ello detectamos que presenta un valor de media superior en caso de que tengamos dos carriles destinados al tráfico, por tanto la actividad cardiaca es mayor cuando hay dos carriles destinados al tráfico. (Ver Tabla 15 (a))

Ranks ^a				
	At_carriles_tráfico	N	Mean Rank	Sum of Ranks
DOMINANCIA_M&R	1	14	14,64	205,00
	2	20	19,50	390,00
	Total	34		
HRV_nLF	1	12	11,83	142,00
	2	18	17,94	323,00
	Total	30		
EEG_C3_HIGHBETA	1	4	4,50	18,00
	2	8	7,50	60,00
	Total	12		

(a) Análisis de Mean Rank

Test Statistics ^b			
	DOMINANCIA_M&R	HRV_nLF	EEG_C3_HIGHBETA
Mann-Whitney U	100,000	64,000	8,000
Wilcoxon W	205,000	142,000	18,000
Z	-1,402	-1,927	-1,459
Asymp. Sig. (2-tailed)	,161	,054	,145
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,169 ^a	,065 ^a	,214 ^a

- a. Not corrected for ties
- b. Grouping Variable: At_carriles_tráfico2

(b) Análisis de Mann-Whitney U

Tabla 15: Test de Mann-Whitney U y análisis de Mean Rank para escenarios diurnos. Carriles

C.2. Escenarios nocturnos

Si repetimos este análisis para el caso de los escenarios nocturnos, observamos que la vegetación influye muy poco, (Ver Tabla 16 (b)) únicamente detectado por la variable fisiológica (la variable del estrés) de manera muy poco significativa (0,063 muy próximo a 0,05).

Esto nos dice que los niveles de estrés parece que se elevan cuando no hay vegetación. Es decir, podemos observar que prácticamente no hay ningún atributo que salga significativo, debido a que en los escenarios nocturnos lo que influye, verdaderamente, es la iluminación. (Ver Tabla 16 (a))

Ranks ^a				
	At_vegetación	N	Mean Rank	Sum of Ranks
DOMINANCIA_M&R	1	20	22,80	456,00
	2	24	22,25	534,00
	Total	44		
HRV_nLF	1	16	18,75	300,00
	2	20	18,30	366,00
	Total	36		
EEG_C3_HIGHBETA	1	12	12,50	150,00
	2	8	7,50	60,00
	Total	20		

(a) Análisis de Mean Rank

Test Statistics ^b			
	DOMINANCIA_M&R	HRV_nLF	EEG_C3_HIGHBETA
Mann-Whitney U	234,000	156,000	24,000
Wilcoxon W	534,000	366,000	60,000
Z	-,142	-,128	-1,859
Asymp. Sig. (2-tailed)	,887	,898	,063
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]		,912 ^a	,069 ^a

- a. Not corrected for ties
- b. Grouping Variable: At_vegetación

(b) Análisis de Mann-Whitney U

Tabla 16: Test de Mann-Whitney U y análisis de Mean Rank para escenarios nocturnos. Vegetación

Por otro lado, si nos centramos en los carriles, la prueba de Mann-Whitney U (Ver Tabla 17 (b)) nos indica que hay diferencias poco significativas (0,397 y 0,413 muy distante a 0,05) en la variable que viene determinada por la actividad cardiaca (HRV_nLF).

Además si nos fijamos en las medias (Mean Rank), (Ver Tabla 17 (a)) podemos observar que cuando hay dos carriles el rango medio de la aceleración cardiaca es ligeramente superior en los casos que tenemos dos carriles destinados a tráfico frente al único carril.

Ranks ^a				
	At_carriles_tráfico	N	Mean Rank	Sum of Ranks
DOMINANCIA_M&R	1	20	21,80	436,00
	2	24	23,08	554,00
	Total	44		
HRV_nLF	1	14	16,64	233,00
	2	22	19,68	433,00
	Total	36		
EEG_C3_Highbeta	1	12	10,17	122,00
	2	8	11,00	88,00
	Total	20		

(b) Análisis de Mean Rank

Test Statistics ^b			
	DOMINANCIA_M&R	HRV_nLF	EEG_C3_Highbeta
Mann-Whitney U	226,000	128,000	44,000
Wilcoxon W	436,000	233,000	122,000
Z	-,330	-,846	-,310
Asymp. Sig. (2-tailed)	,741	,397	,757
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]		,413 ^a	,792 ^a

a. Not corrected for ties
 b. Grouping Variable: At_carriles_tráfico

(b) Análisis de Mann-Whitney U

Tabla 17: Test de Mann-Whitney U y análisis de Mean Rank para escenarios nocturnos. Carriles

El test de Kruskal Wallis Test, (Ver Tabla 18 (b)) nos indica que hay diferencias significativas en la actividad cardiaca, el nivel de significación inferior a 0,05 para la

variable de HRV_nLF, y lo que se observa en las medias es que el nivel de actividad cardiaca más bajo corresponde a una temperatura del color de la iluminación media.

Si analizamos la temperatura del color de la iluminación, parece que el nivel medio nos muestra una actividad cardiaca inferior, mientras que la actividad más alta corresponde al nivel 3. También podemos decir que la sensación de seguridad percibida medida a través de la normalización, el test de Kruskal Wallis, detecta casi diferencias significativas, con un nivel próximo a 0,05. Por lo cual, las medias nos muestran que la sensación de seguridad más alta percibida también se da con la temperatura del color de la iluminación 2. Por lo que este resultado parece que se valida en ambos lugares. (Ver Tabla 18(a))

Ranks ^a			
	At_Ilumin_artificial	N	Mean Rank
DOMINANCIA_M&R	1	16	16,50
	2	14	26,36
	3	14	25,50
	Total	44	
HRV_nLF	1	10	20,30
	2	14	13,21
	3	12	23,17
	Total	36	
EEG_C3_HIGHBETA	1	14	9,50
	2	2	7,50
	3	4	15,50
	Total	20	

(a) Análisis de Mean Rank

Test Statistics ^{a,b}			
	DOMINANCIA_M&R	HRV_nLF	EEG_C3_HIGHBETA
Chi-Square	5,529	6,210	3,800
Df	2	2	2
Asymp. Sig.	,063	-,045	,150

- a. Kruskal Wallis Test
- b. Grouping Variable: At_Ilumin_artificial

(b) Análisis de Kruskal Wallis Test

Tabla 18: Test de Kruskal Wallis Test y análisis de Mean Rank para escenarios nocturnos. Iluminación

5.2 Análisis de las diferencias en función del perfil de los sujetos

Si analizamos las diferencias que podemos encontrar entre hombres (0,00) y mujeres (1,00), los resultados parecen indicar que los valores son similares para ambos, tanto para la seguridad percibida mediante la dominancia, como para lo recogido a través de los factores fisiológicos de la actividad cardiaca y del estrés. (Ver Tabla 19 (a))

Por ello, podemos concluir que no hay diferencias significativas entre ambos sexos y, por tanto, se pueden considerar como un grupo homogéneo, sin plantearnos la división entre uno y otro.

Ranks ^a				
	Genero	N	Mean Rank	Sum of Ranks
DOMINANCIA_M&R	,00	44	39,32	1730,00
	1,00	34	39,74	1351,00
	Total	78		
HRV_nLF	,00	32	34,19	1094,00
	1,00	34	32,85	1117,00
	Total	66		
EEG_C3_Highbeta	,00	20	17,10	342,00
	1,00	12	15,50	186,00
	Total	32		

(a) Análisis de Mean Rank

Test Statistics ^b			
	DOMINANCIA_M&R	HRV_nLF	EEG_C3_Highbeta
Mann-Whitney U	740,000	522,000	108,000
Wilcoxon W	1730,000	1117,000	186,000
Z	-,081	-,283	-,469
Asymp. Sig. (2-tailed)	,936	,777	,639
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]			,659 ^a

a. Not corrected for ties
 b. Grouping Variable: At_carriles_trafico

(b) Análisis de Mann-Whitney U

Tabla 19: Test de Mann-Whitney y análisis de Mean Rank en escenarios nocturnos. Perfil sujeto

5.3 Correlaciones entre las variables psicológicas y fisiológicas

Finalmente, hay una correlación entre HRV_hLF y EEG_C3_HIGHBETA siendo ésta una correlación significativa, puesto que el nivel de significación es inferior a 0,05 y el coeficiente de correlación de Pearson es de 0,794, por lo que es una correlación positiva puesto que está especificando que ambas variables varían en el mismo sentido. Esto nos permite determinar que a menor dominancia o seguridad el sujeto percibe una mayor actividad cerebral.

Correlations				
		EEG_C3_HIGHBETA	HRV_nLF	DOMINANCIA_M&R
EEG_C3_HIGHBETA	Pearson Correlation	1	,794**	-,355*
	Sig. (2-tailed)		,000	,046
	N	32	20	32
HRV_nLF	Pearson Correlation	,794**	1	-,003
	Sig. (2-tailed)	,000		,981
	N	20	66	66
DOMINANCIA_M&R	Pearson Correlation	-,355*	-,003	1
	Sig. (2-tailed)	,046	,981	
	N	32	66	78

*Correlation is significant at the 0,05 level (2-tailed)

** Correlation is significant at the 0,,01 level (2-tailed)

(a) Análisis de Mean Rank

Tabla 20: Correlación entre HRV_hLF y EEG_C3_HIGHBETA

5.4 Diferencias entre el colectivo de peatones mayores de 65 años y el resto.

Para comprobar si existen diferencias importantes en la respuesta de los sujetos, entre los de una edad inferior a 65 años y los de edad superior a 65, tomamos los datos del estudio completo del trabajo realizado por el Instituto de Investigación i3B

de la UPV. En este trabajo se analizaron las respuestas de sujetos en diferentes edades.

Items		Psicológicas	
		Dominancia	
		Mean Rank	P
Edad	<25 años	212,76	,000
	26-35 años	163,20	
	36-45 años	263,03	
	46-65 años	292,50	
	56-65 años	230,36	
	>65 años	166,33	
Edad_Diurno	<25 años	69,11	,276
	26-35 años	55,39	
	36-45 años	56,20	
	46-65 años	78,50	
	56-65 años	93,50	
	>65 años	72,30	
Edad_Nocturno	<25 años	143,67	,000
	26-35 años	113,39	
	36-45 años	193,65	
	46-65 años	209,50	
	56-65 años	146,50	
	>65 años	82,07	

Tabla 21: Correlación entre HRV_hLF y EEG_C3_HIGHBETA

El presente estudio se centra, especialmente, en las mayores de 65 años. La recoge dicha diferencia. La prueba de Kruskal-Wallis detectó diferencias significativas en la sensación de dominancia ($p=0,000$), y en concreto en los escenarios nocturnos ($p=0,000$). En estos escenarios nocturnos el colectivo de sujetos con el valor más bajo de dominancia correspondía al de mayores de 65 años con un valor de seguridad percibida mucho más bajo que el resto de colectivos. Mientras que, en los escenarios diurnos, sin embargo, no hay diferencias relevantes. Además, tampoco se han encontrado diferencias en las variables fisiológicas.

5.5 Evaluación de diferencias significativas en los diferentes escenarios evaluados

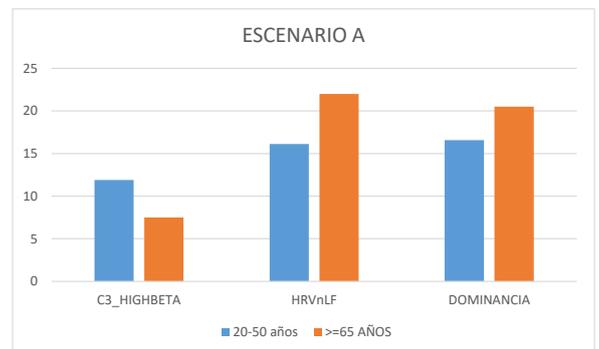
A. Escenarios diurnos

A continuación se analizan los 4 escenarios diurnos diferenciando entre el colectivo de 20-50 años y los mayores de 65 años.

A.1. Escenario A

En el escenario A (*Anexo I*), con presencia de vegetación y acera amplia, no hay diferencias significativas entre ambos colectivos ($p < 0,05$).

Ranks ^a				
	May 55 años	N	Mean Rank	Sum of Ranks
EEG_C3_HIGHBETA	20-50 años	50	11,90	238,00
	>65 años	20	7,50	15,00
	Total	70		
HRV_nLF	20-50 años	50	16,12	419,00
	>65 años	20	22,00	176,00
	Total	70		
DOMINANCIA_M&R	20-50 años	50	16,58	431,00
	>65 años	20	20,50	164,00
	Total	70		



Test Statistics ^b			
	EEG_C3_HIGHBETA	HRV_nLF	DOMINANCIA_M&R
Mann-Whitney U	12,000	68,000	80,000
Wilcoxon W	15,000	419,000	431,000
Z	-,917	-1,463	-,976
Asymp. Sig. (2-tailed)	,359	,143	,329
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,424 ^a	,152 ^a	,347 ^a

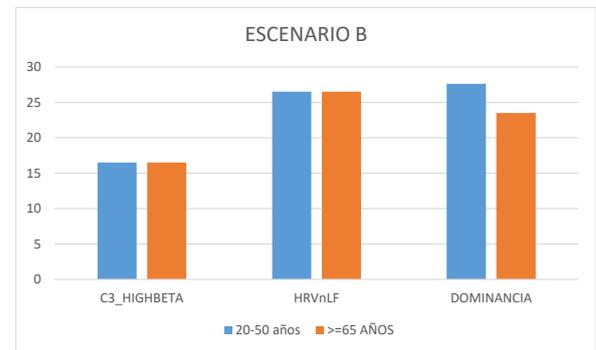
- a. Not corrected for ties
- b. Grouping Variable: may_55_años

Figura 4: Mann-Whitney entre el colectivo de 20-50 años y los mayores de 65 años. Escenario A

A.2. Escenario B

En el escenario B (*Anexo I*), con presencia de vegetación y acera amplia, tampoco se detectan diferencias significativas ($p < 0,05$).

Ranks ^a				
	May 55 años	N	Mean Rank	Sum of Ranks
EEG_C3_Highbeta	20-50 años	50	16,50	429,00
	>65 años	20	16,50	99,00
	Total	70		
HRV_nLF	20-50 años	50	26,50	1007,00
	>65 años	20	26,50	371,00
	Total	70		
DOMINANCIA_M&R	20-50 años	50	27,61	1049,00
	>65 años	20	23,50	329,00
	Total	70		



Test Statistics ^b			
	EEG_C3_Highbeta	HRV_nLF	DOMINANCIA_M&R
Mann-Whitney U	740,000	522,000	108,000
Wilcoxon W	1730,000	1117,000	186,000
Z	-,081	-,283	-,469
Asymp. Sig. (2-tailed)	,936	,777	,639
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]			,659 ^a

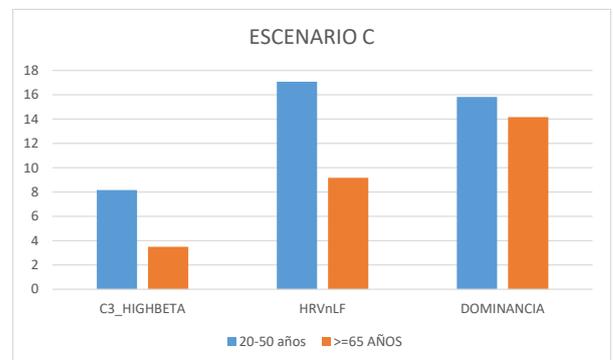
- a. Not corrected for ties
- b. Grouping Variable: may_55_años

Figura 5: Mann-Whitney entre el colectivo de 20-50 años y los mayores de 65 años. Escenario B

A.3. Escenario C

En escenario C (*Anexo I*), con ausencia de vegetación y acera amplia, hay diferencias significativas ($p=0,048$) en la variabilidad cardiaca (HRV_nLF), con una reducción importante del ritmo cardiaco para el colectivo de sujetos mayores de 65 años.

Ranks ^a				
	May 55 años	N	Mean Rank	Sum of Ranks
EEG_C3_HIGHBETA	20-50 años	50	8,17	98,00
	>65 años	20	3,50	7,00
	Total	70		
HRV_nLF	20-50 años	50	17,08	410,00
	>65 años	20	9,17	55,00
	Total	70		
DOMINANCIA_M&R	20-50 años	50	15,83	380,00
	>65 años	20	14,17	85,00
	Total	70		



Test Statistics ^b			
	EEG_C3_HIGHBETA ^a	HRV_nLF	DOMINANCIA_M&R
Mann-Whitney U	4,000	34,000	64,000
Wilcoxon W	7,000	55,000	85,000
Z	-1,472	-1,975	-,415
Asymp. Sig. (2-tailed)	,141	,048	,678
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,198 ^a	,050 ^a	,705 ^a

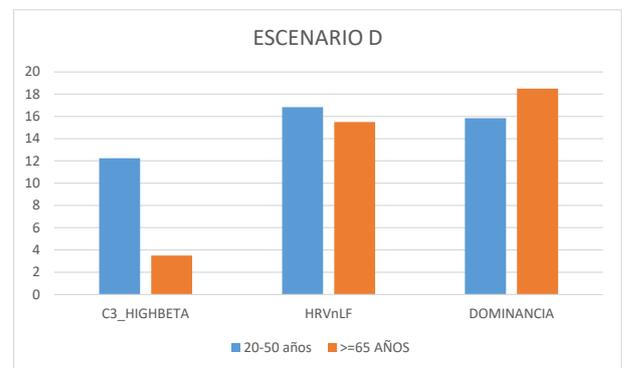
a. Not corrected for ties
 b. Grouping Variable: may_55_años

Figura 6: Mann-Whitney entre el colectivo de 20-50 años y los mayores de 65 años. Escenario C

A.4. Escenario D

En escenario D (*Anexo I*), con ausencia de vegetación y acera pequeña, hay diferencias significativas ($p=0,008$) en el nivel de estrés, medido a través de la variable C3 HighBeta de EEG. Este escenario reduce de manera significativa el nivel de estrés de los mayores de 65 años.

Ranks ^a				
	May 55 años	N	Mean Rank	Sum of Ranks
EEG_C3_HIGHBETA	20-50 años	50	12,25	196,00
	>65 años	20	3,50	14,00
	Total	70		
HRV_nLF	20-50 años	50	16,83	404,00
	>65 años	20	15,50	124,00
	Total	70		
DOMINANCIA_M&R	20-50 años	50	15,83	380,00
	>65 años	20	18,50	148,00
	Total	70		



Test Statistics ^b			
	EEG_C3_HIGHBETA	HRV_nLF	DOMINANCIA_M&R
Mann-Whitney U	4,000	88,000	80,000
Wilcoxon W	14,000	124,000	380,000
Z	-2,656	-,349	-,697
Asymp. Sig. (2-tailed)	,008	,727	,486
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,005 ^a	,749 ^a	,508 ^a

a. Not corrected for ties
 b. Grouping Variable: may_55_años

Figura 7: Mann-Whitney entre el colectivo de 20-50 años y los mayores de 65 años. Escenario D

Parece por tanto, que la ausencia de vegetación es un factor que influye en la reducción de los niveles de estrés y/o ritmo cardiaco en el colectivo de mayores de 65 años, con mayor potencia que en el colectivo de entre 20-50 años.

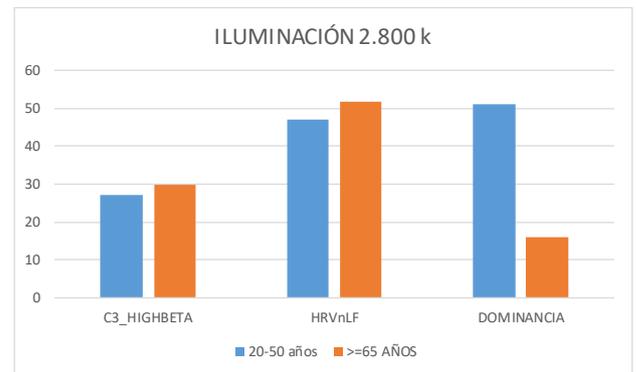
B. Escenarios nocturnos

A continuación se analizan los escenarios nocturnos, agrupándolos en función del nivel de temperatura del color, y diferenciando entre el colectivo de 20-50 años y los mayores de 65 años.

B.1. Escenario de 2800K

En el caso de los escenarios con temperatura del color de la iluminación de 2800K (*Anexo I*), se observan diferencias significativas en la percepción de dominancia entre el colectivo más joven y el más mayor. Así, al colectivo mayor de 65 años esta temperatura del color de la iluminación les reduce de manera significativa la PSP ($p=0,000$).

Ranks ^a				
	May 55 años	N	Mean Rank	Sum of Ranks
EEG_C3_HIGHBETA	20-50 años	50	27,07	1245,00
	>65 años	20	30,00	240,00
	Total	70		
HRV_nLF	20-50 años	50	46,98	3946,00
	>65 años	20	51,90	519,00
	Total	70		
DOMINANCIAS_M&R	20-50 años	50	51,26	4306,00
	>65 años	20	15,90	159,00
	Total	70		



Test Statistics ^b			
	EEG_C3_HIGHBETA	HRV_nLF	DOMINANCIAS_M&R
Mann-Whitney U	164,000	376,000	104,000
Wilcoxon W	1245,000	3946,000	159,000
Z	-,487	-,540	-3,876
Asymp. Sig. (2-tailed)	,626	,589	,000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,641 ^a		

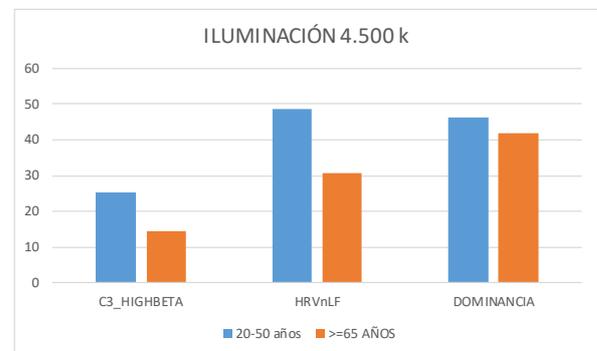
- a. Not corrected for ties
- b. Grouping Variable: may_55_años

Figura 8: Mann-Whitney entre el colectivo de 20-50 años y los mayores de 65 años. Iluminación 2800K

B.2. Escenario de 4500K

En el caso de los escenarios con temperatura del color de la iluminación intermedia 4500K (Anexo I), se observan diferencias significativas en la variabilidad cardiaca, variable HRV_nLF (p=0,012). Así, al colectivo mayor de 65 años esta temperatura del color de la iluminación le reduce de manera significativa el ritmo cardiaco.

Ranks ^a				
	Mayor 55 años	N	Mean Rank	Sum of Ranks
EEG_C3_HIGHBETA	20-50 años	50	25,41	1118,00
	>65 años	20	14,50	58,00
	Total	70		
HRV_nLF	20-50 años	50	48,72	3605,00
	>65 años	20	30,63	490,00
	Total	70		
DOMINANCIAS_M&R	20-50 años	50	46,26	3423,00
	>65 años	20	42,00	672,00
	Total	70		



Test Statistics ^b			
	EEG_C3_HIGHBETA	HRV_nLF	DOMINANCIAS_M&R
Mann-Whitney U	48,000	354,000	536,000
Wilcoxon W	58,000	490,000	672,000
Z	-1,493	-2,513	-,591
Asymp. Sig. (2-tailed)	,135	,012	,554
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,145 ^a		

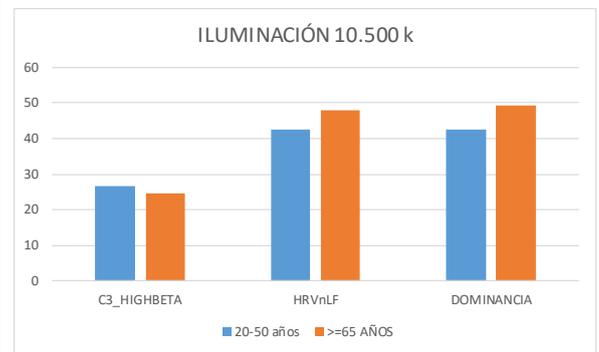
a. Not corrected for ties
 b. Grouping Variable: may_55_años

Figura 9: Mann-Whitney entre el colectivo de 20-50 años y los mayores de 65 años. Iluminación 4500K

B.3. Escenario de 10500K

En el caso de los escenarios con temperatura del color de la iluminación elevada, de 10500K (*Anexo I*), no se observan diferencias entre los dos grupos, ni a nivel psicológico, ni fisiológico.

Ranks ^a				
	May 55 años	N	Mean Rank	Sum of Ranks
EEG_C3_HIGHBETA	20-50 años	50	26,67	1280,00
	>65 años	20	24,50	98,00
	Total	70		
HRV_nLF	20-50 años	50	42,61	3068,00
	>65 años	20	48,07	673,00
	Total	70		
DOMINANCIA_M&R	20-50 años	50	42,39	3052,00
	>65 años	20	49,21	689,00
	Total	70		



Test Statistics ^b			
	EEG_C3_HIGHBETA	HRV_nLF	DOMINANCIA_M&R
Mann-Whitney U	88,000	440,000	424,000
Wilcoxon W	98,000	3068,000	3052,000
Z	-,275	-,749	-,936
Asymp. Sig. (2-tailed)	,783	,454	,349
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,804 ^a		

- a. Not corrected for ties
- b. Grouping Variable: may_55_años

Figura 10: Mann-Whitney entre el colectivo de 20-50 años y los mayores de 65 años. Iluminación 10500K

6. Conclusiones

En el presente trabajo se ha analizado al colectivo de mayores de 65 años, estudiando la sensación de seguridad percibida, en los entornos urbanos. Para ello se han utilizado entornos virtuales en los que se ha intentado, con mayor grado de realismo, ir modificando parámetros del espacio y/o entorno para detectar la incidencia de las variables de vegetación, número de carriles e iluminación, tanto en escenarios diurnos como nocturnos.

En los resultados se ha observado que al colectivo mayor de 65 años, en el momento de un cruce, le provoca aceleración cardíaca la presencia de vegetación y el incremento de la superficie destinada a carriles frente a la destinada a la acera.

Con respecto a los escenarios diurnos y nocturnos, existen diferencias significativas. En los escenarios diurnos observamos una aceleración cardíaca significativamente mayor cuando hay vegetación, frente a la ausencia, y con dos carriles destinados a tráfico, frente a uno. Sin embargo, en los escenarios nocturnos, estos elementos no influyen, siendo determinante en la sensación de seguridad la temperatura del color de la iluminación, con unos niveles de seguridad mayores en los casos de temperatura del color de la iluminación en un nivel intermedio.

En cuanto al estudio de género, no se detectan diferencias significativas entre hombres y mujeres, por lo que se pueden estudiar de manera homogénea al conjunto de la muestra.

Por otra parte, se han detectado correlaciones significativas entre las variables psicológicas y fisiológicas, en concreto entre la variable que mide la dominancia o seguridad y la activación cerebral. De esta forma, a menor seguridad mayor activación cerebral o estrés.

También se han analizado las diferencias entre el colectivo de sujetos comprendidos entre 20-50 años y los mayores de 65 años. Entre ambos colectivos encontramos diferencias en la sensación de seguridad percibida en los escenarios nocturnos, teniendo una sensación de inseguridad significativamente mayor el colectivo de mayores de 65 años.

Si nos centramos en los diferentes escenarios evaluados, en el escenario diurno se observa que la ausencia de vegetación influye en la reducción de los niveles de estrés y/o ritmo cardiaco en el colectivo de mayores de 65 años, con mayor potencia que en el colectivo de entre 20-50 años.

Finalmente, en los escenarios nocturnos el factor más relevante es la temperatura del color de la iluminación. Un nivel bajo de temperatura del color genera en el colectivo mayor de 65 años inseguridad, con una diferencia significativa frente al colectivo más joven. Por el contrario, una temperatura del color intermedia parece favorecer al colectivo mayor al generarles una reducción significativa de su ritmo cardiaco.

Una vez identificadas estas diferencias, para futuros trabajos sería interesante profundizar en este colectivo con otros elementos del entorno, debido a la gran afluencia de transeúntes mayores de 65 años. Además, también sería sugerente trabajar con estas mismas variables pero ampliando la cantidad de sujetos objeto de estudio, para poder aportar una mayor precisión y despejar las posibles dudas que puedan haber surgido en dicho estudio.

Referencias bibliográficas

- Acera, M. (Junio / 2015). *Deusto Salud*. Consultado el 2018, a <https://www.deustosalud.com/blog/teleasistencia-dependencia/caracteristicas-tercera-edad>
- Bemtson, G. B. (1997). Heart rate variability: origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology*.
- Blasco, A. G. (2014). Envejecimiento y urbanización: implicaciones de dos procesos coincidentes. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 16.
- Boucsein, W. (2012). *Electrodermal activity* (2nd ed). A L. N. Newsbury Park.
- Byung Joo Lee, P. T., & Weijie Wang, M. N. (2009). Design Criteria for an Urban Sidewalk Landscape Considering Emotional Perception. *JOURNAL OF URBAN PLANNING AND DEVELOPMENT*.
- Carrasco, M. J. (18 / septiembre / 2018). *El País*. Consultado el 2018, a https://elpais.com/elpais/2018/09/17/opinion/1537202268_855102.html
- CEA, D. d. (1991). *CEA Seguridad Vial*. Consultado el 2018, a <https://www.seguridad-vial.net/educacion-vial/grupos-de-mayor-riesgo/60-personas-mayores>

- Choi, Y., K., M., & Chum, C. (2015). Measurement of occupants' stress based on electroencephalograms (EEG) in twelve combined environments. *Building and Environment*, 88, 65-72.
- Chóliz, M. (2005). *Psicología de la emoción: el proceso emocional*.
- Cortés, A. B. (2016). *Emociones y Afectividad en el entorno urbano*. Consultado el 2018, a <https://www.researchgate.net/publication/299129394>
- DGT, D. G. (2013). *Temario para oposiciones (Tema 1-2)*. España.
- García, S. Simón García, ArqFoto. Consultado el 2018, a <http://www.arqfoto.com/panoramicas-360/>
- Goldman, M. (1976). *Principles of Clinical Electrocardiography*. LANGE, Los Altos USA.
- Helbin, D. M. (2001). Self-Organizing Pedestrian Movement. *Environment and Planning B: Planning and Design*.
- Higuera, López, & Llinares. (2017). Psychological and physiological human responses to simulated and real environments. *El Sevier*.
- Higuera, López-Tarruella, & Llinares. (2017). Psychological and physiological human responses to simulated and real environments. *El Sevier*.
- Higuera, López-Tarruella, & Llinares. (2017). Psychological and physiological human responses to simulated and real environments: A comparison between Photographs, 360° Panoramas, and Virtual Reality. *El Sevier*.
- Higuera, López-Tarruella, Llinares, & Iñarra. (2017). Comparativa de las últimas técnicas de visualización arquitectónica.
- Hull_IV, & Stewart. (1992). Validity of photo-based scenic beauty judgments. *J. Environ. Psychol*, 101-114.
- Informática, R. *Retro Informatica, el pasado del futuro*. Recogido de <https://www.fib.upc.edu/retro-informatica/avui/realitatvirtual.html>
- Kals, E., & Müller, M. (2012). Emotions and Environment. *The Oxford Handbook of Environmental and Conservation Psychology*.
- Kim, S., Choi, J., & Kim, y. Y. (2011). Determining the Sidewalk Pavement Width by Using Pedestrian Discomfort Levels and Movement Characteristics. *KSCE Journal of Civil Engineering*.

- Lobby-JL.Omeñaca, M. (Julio / 2018). *Es diario*. Consultado el 2018, a <https://www.esdiario.com/897631775/consejos-usuarios-vulnerables-carretera.html>
- López-Tarruella, J. (2017). *Diseño arquitectónico centrado en el usuario mediante neurotecnologías inmersivas*. Valencia: Tesis Doctoral.
- Madrid, C. D. *Recomendaciones de seguridad vial para peatones*. Madrid: FREMAP.
- MAPFRE, F. (2017). Velocidad y usuarios vulnerables. *Revista DGT*.
- Maxime R. Paquette, L. A. (2010). Cambios cinemáticos relacionados con la edad en la localización visual tardía durante la elusión de obstáculos.
- Mundo, E. (Mayo / 2017). *El Mundo*. Consultado el 2018, a <https://www.elmundo.es/motor/2017/05/10/5912e7a8e5fdeaed038b45cf.html>
- Niedermeyer, & Silva, d. (2005). *Electroencephalography: Basic Principles Clinical Applications, and Related Fields*. Lippincott Williams; Wilkins, Philadelphia, USA.
- Patla, D. S. (2008). La información visual del campo visual inferior es importante para caminar por terrenos de varias superficies.
- press, E. (28 / Noviembre / 2017). *El Mundo*. Consultado el 2018, a <https://www.elmundo.es/comunidad-valenciana/2017/11/28/5a1d4ac3268e3ef1598b4609.html>
- Route, W. R. *World Road Association Mondiale de la Route*. Consultado el 2018, a <https://rno-its.piarc.org/es/control-de-la-red-seguridad-vial/seguridad-de-los-usuarios-viales-vulnerables>
- RTV. (2016). Discapacitados y los adultos mayores, peatones más vulnerables.
- Sangyoup Kim, J. C. (2011). Determining the Sidewalk Pavement Width by Using Pedestrian Discomfort Levels and Movement Characteristics. *KSCE Journal of Civil Engineering*.
- Sangyoup Kim, J. C. (2011). Determining the Sidewalk Pavement Width by Using Pedestrian Discomfort Levels and Movement Characteristics.
- shimmer. (2006). Recogido de www.shimmersensing.com
- Steuer, J. (1992). Defining Virtual Reality. Dimensions Determining Telepresence. *J. Commun.* 42, 73-93.
- Timothy J. Blackman, L. M. (2003). The Accessibility of Public Spaces for People with Dementia: A new priority for the "open city". *Disability & Society*.

- Velasco, R. (1997). El envejecimiento de la población: una perspectiva geodemográfica. *El envejecimiento. Un enfoque multidisciplinario*, 1-31.
- Wang, W., & Pingfan Li, W. W. (2012). Exploring Determinants of Pedestrians' Satisfaction with Sidewalk Environments: Case Study in Korea. *JOURNAL OF URBAN PLANNING AND DEVELOPMENT*.
- Willis, A. (2004). Human Movement Behaviour in Urban Spaces: Implications for the Design and Modelling of Effective Pedestrian Environments. *Environment and Planning B: Planning and Design*.

Índices

Figuras

Figura 1: Esquema de elementos aislados que conforman el entorno urbano. Fuente: elaboración propia. Año: 2018	14
Figura 2: Estructura del trabajo: Fuente: Elaboración propia. Año: 2018	16
Figura 3: Porcentaje de vehículos que supera el límite máximo de velocidad según ciudades. Fuente: Revista DGT. Elaborado: MAPFRE	24
Figura 4: Mann-Whitney entre el colectivo de 20-50 años y los mayores de 65 años. Escenario A.....	63
Figura 5: Mann-Whitney entre el colectivo de 20-50 años y los mayores de 65 años. Escenario B	64
Figura 6: Mann-Whitney entre el colectivo de 20-50 años y los mayores de 65 años. Escenario C	65
Figura 7: Mann-Whitney entre el colectivo de 20-50 años y los mayores de 65 años. Escenario D.....	66
Figura 8: Mann-Whitney entre el colectivo de 20-50 años y los mayores de 65 años. Iluminación 2800k	67

Figura 9: Mann-Whitney entre el colectivo de 20-50 años y los mayores de 65 años. Iluminación 4500K.....	68
Figura 10: Mann-Whitney entre el colectivo de 20-50 años y los mayores de 65 años. Iluminación 10500k.....	69

Ilustraciones

Ilustración 1: Policía Local acompaña a una anciana a cruzar la calle por un paso de peatones. Fuente: El Mundo. Año: 2017.....	13
Ilustración 2: dibujos de la Carta Mexicana de los Derechos del Peatón. Fuente: El diario.es. Elaboración:Liga Peatonal	21
Ilustración 3: Recomendaciones de seguridad vial ara peatones. Fuente: Comunidad de Madrid. Elaboración FREMAP	22
Ilustración 4: Modificaciones del tamaño de la acera. Fuente: Wang, Pingfan Li y Namgung (2012)	29
Ilustración 5: Diferentes tipos de imágenes del estudio. Fuente: Wang, Pingfan y Namgung, (2012)	30
Ilustración 6: tipos de calle donde se ha realizado el estudio. Fuente: Willis (2004)	30
Ilustración 7: Dimensiones emocionales de Küller y Mehrabian-Russell. Fuente: Higuera Trujillo et al., 2017	32
Ilustración 8: Fotografías de las fases experimentales. Fuente: Higuera, López-Tarruella, Linares e Iñarra (2017)	34
Ilustración 9: 360° Panorama. Fuente: Higuera (2017)	35
Ilustración 10: Dispositivo de visión RV HMD "HTC Vive". Fuente: HTC, 2018.....	41
Ilustración 11: Altavoz Omega Og21 ub Negro 3.1. Fuente; Electrocosto.com	42
Ilustración 12: Dispositivo de registro fisiológico. Shimmer 3GSR. Fuente: www.shimmersensing.com	45
Ilustración 13: Dispositivo b-Alertx10. Fuente: imotions.com, 2018	45

Tablas

Tabla 1: Cuadro comparativo de Accidentes Mortales en Vías interurbanas. Fuente: DGT. Año: 2018	12
---	----

Tabla 2: Excesos de velocidad en zonas con usuarios vulnerables según ciudades. Fuente: Revista DGT. Elaborado: MAPFRE.....	23
Tabla 3: Diferenciación según características generales de personas envejecidas. Fuente: Envejecimiento y urbanización, Elaboración: Aurora García y Beatriz Cristina Jiménez.....	25
Tabla 4: Enfermedades comunes en personas mayores que pueden afectar al modo de desarrollarse en el entorno urbano. Fuente: ayuda familiar, Elaboración: propia .	26
Tabla 5: Matriz combinaciones variables escenario diurno.2018	38
Tabla 6: Matriz combinación variables en escenario nocturno. 2018.....	38
Tabla 7: Imágenes de los puntos con mayor percepción de seguridad por los sujetos. 2018	41
Tabla 8: Método de valoración del atributo dominancia. Fuente: Mehrabian y Russell, 1977	43
Tabla 9: Cuestionario post-experiencias. Presencia. Slater, Usuh & Steed. 1994.....	44
Tabla 10: Estructura del protocolo de las pruebas en el instituto i3B	47
Tabla 11: Test de Mann-Whitney U y análisis de Mean Rank para la variable vegetación.....	52
Tabla 12: Test de Mann-Whitney U y análisis de Mean Rank para la variable de los carriles	53
Tabla 13: Test de Mann-Whitney U y análisis de Mean Rank para escenarios diurno y nocturno	54
Tabla 14: Test de Mann-Whitney U y análisis de Mean Rank para escenarios diurno. Vegetación	56
Tabla 15: Test de Mann-Whitney U y análisis de Mean Rank para escenarios diurno. Carriles.....	57
Tabla 16: Test de Mann-Whitney U y análisis de Mean Rank para escenarios nocturno. Vegetación	58
Tabla 17: Test de Mann-Whitney U y análisis de Mean Rank para escenarios nocturno. Carriles.....	59
Tabla 18: Test de Kruskal Wallis Test y análisis de Mean Rank para escenarios nocturno. Iluminación.....	60
Tabla 19: Test de Mann-Whitney U y análisis de Mean Rank para escenarios nocturno. Según el perfil de los sujetos	61
Tabla 20: correlación entre HRV_hLF y EEG_C3_HIGHBETA	62
Tabla 21: Análisis de Mean Rank	63

Anexos

Anexo I: Parámetros

SIMULACIÓN AMBIENTAL	ILUMINACIÓN NATURAL	ILUMINACIÓN ARTIFICIAL	VEGETACIÓN	NÚMERO DE CARRILES
A	DÍA	NO	SÍ	1



B



DÍA NO SÍ 2

C



DÍA NO NO 1

D



DÍA NO NO 2

01



NOCHE 2800K SÍ 1

02



NOCHE 2800K SÍ 2

03



NOCHE 2800K NO 1

04



NOCHE 2800K NO 2

05



NOCHE 4500K SÍ 1

06



NOCHE 4500K SÍ 2

07



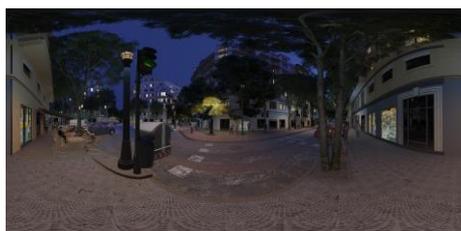
NOCHE 4500K NO 1

08



NOCHE 4500K NO 2

09



NOCHE 10500K SÍ 1

10



NOCHE 10500K SÍ 2

11



NOCHE 10500K NO 1

12



NOCHE 10500K NO 2

Anexo II: Aleatorización SERIE V

Participante	VISUALIZACIÓN								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
23 (sénior M)	NCE	NCE	NCE	NCE	DÍA	NCE	DÍA	NCE	XDÍA
				11	D		A	7	B
24 (sénior M)	NCE	NCE	NCE	NCE	NCE	NCE	DÍA	XDÍA	DÍA
		1		3	4	8		B	C
25 (sénior M)	NCE	NCE	NCE	NCE	NCE	XDÍA	NCE	DÍA	DÍA
		2		6	9	B		A	C
26 (sénior H)	NCE	NCE	NCE	XDÍA	NCE	DÍA	NCE	DÍA	NCE
				B	4		9	D	
27 (sénior M)	NCE	XDÍA	NCE	DÍA	NCE	DÍA	NCE	NCE	NCE
	5	B			10	D	12		
28 (sénior H)	XDÍA	DÍA	NCE	DÍA	NCE	NCE	NCE	NCE	NCE
	B	C	1				11	2	3
29 (sénior H)	DÍA	DÍA	XDÍA	NCE	NCE	NCE	NCE	NCE	NCE
	D	A	B	7			5	6	
30 (sénior H)	DÍA	NCE	DÍA	NCE	XDÍA	NCE	NCE	NCE	NCE
	A	10	C		B	8			12
31 (sénior M)	NCE	NCE	NCE	NCE	DÍA	NCE	DÍA	NCE	XDÍA
				11	D		A	7	B
32 (sénior M)	NCE	NCE	NCE	NCE	NCE	NCE	DÍA	XDÍA	DÍA
		1		3	4	8		B	C
33 (sénior M)	NCE	NCE	NCE	NCE	NCE	XDÍA	NCE	DÍA	DÍA
		2		6	9	B		A	C
34 (sénior H)	NCE	NCE	NCE	XDÍA	NCE	DÍA	NCE	DÍA	NCE
				B	4		9	D	
35 (sénior M)	NCE	XDÍA	NCE	DÍA	NCE	DÍA	NCE	NCE	NCE
	5	B			10	D	12		

36 (sénior H)	XDÍA	DÍA	NCE	DÍA	NCE	NCE	NCE	NCE	NCE
	B	C	1				11	2	3
37 (sénior H)	DÍA	DÍA	XDÍA	NCE	NCE	NCE	NCE	NCE	NCE
	D	A	B	7			5	6	
38 (sénior H)	DÍA	NCE	DÍA	NCE	XDÍA	NCE	NCE	NCE	NCE
	A	10	C		B	8			12
39 (sénior M)	NCE	NCE	NCE	NCE	DÍA	NCE	DÍA	NCE	XDÍA
				11	D		A	7	B
40 (sénior M)	NCE	NCE	NCE	NCE	NCE	NCE	DÍA	XDÍA	DÍA
		1		3	4	8		B	C
41 (sénior H)	NCE	NCE	NCE	XDÍA	NCE	DÍA	NCE	DÍA	NCE
				B	4		9	D	
42 (sénior H)	XDÍA	DÍA	NCE	DÍA	NCE	NCE	NCE	NCE	NCE
	B	C	1				11	2	3

*Estructura DÍA/NOCHE según cuadrado latino balanceado para 9 visualizaciones, adaptado a la proporción de éstas (3; 12 nocturnas / 4 diurnas). Es decir: 3 visualizaciones DÍA y 6 visualizaciones NOCHE, para cada participante. Una de las visualizaciones de "DÍA" siempre será la opción "B" (XDÍA).

*Dentro de esa estructura, aleatorización de configuraciones según: informática verificada (para que cada participante no vea repeticiones) para NOCHE; y combinatoria para DÍA.

“Cada lugar donde nos sentimos seguros es un tesoro”
Jan Janssen