



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

**TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

# **Análisis experimental del simulador de conducción UPV-DGT para la evaluación de conductores con discapacidades severas que conducen con Joysticks de 4 vías**

AUTOR: FRANCISCO JAVIER BRUNA REMIRO

TUTOR: JUAN FRANCISCO DOLS RUIZ

**Curso Académico: 2015-16**



**Análisis experimental del simulador de  
conducción UPV-DGT para la evaluación de  
conductores con discapacidades severas  
que conducen con Joysticks de  
4 vías**



## RESUMEN

El objetivo de este TFG es el análisis experimental del simulador de conducción FIAT-DGT para la evaluación de conductores con discapacidades severas. Para poder determinar si es válido, se ha realizado un análisis estadístico entre un grupo de control ( personas sin discapacidad ) y un grupo de experimental ( personas con discapacidades) de los datos obtenidos de una batería de pruebas seleccionadas previamente, las cuáles serán comunes para ambos grupos, para poder así obtener si existe diferencia estadísticamente significativa en su comportamiento en la conducción con un mando tipo Joystick de 4 vías. Además, se ha tenido en cuenta la percepción subjetiva de cada uno de los sujetos acerca del nivel de realismo, sensaciones, experiencia, así como los síntomas en relación al mareo que han podido sentir durante y después del uso del simulador. Para poder obtener la opinión de los usuarios se realizó un cuestionario que tuvieron que completar antes, durante y después de las pruebas.

Se ha concluido que no existe diferencia estadística entre las medias de los resultados de ambos grupos y que uno de los factores decisivos para realizar satisfactoriamente las pruebas es la experiencia previa en el uso del mando joystick y que está levemente relacionado con el rango de edad.

**Palabras clave:** Simulador de conducción, joystick, evaluación de conductores, conductores con discapacidad

# ÍNDICE

## Documentos contenidos en el TFG

- **Memoria**
- **Presupuesto**
- **Anexos**

## ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. Introducción.....	7
1.1. Movilidad reducida en España .....	7
1.2. Personas con movilidad reducida y la conducción .....	8
1.3. Marco legal en la conducción de vehículos por PMR .....	9
1.4. Los simuladores de conducción adaptados .....	10
1.5. Antecedentes .....	12
2. Simulador Fiat-DGT.....	13
2.1. Introducción al simulador FIAT-DGT .....	13
2.2. Hardware utilizado en el simulador FIAT -DGT .....	13
2.2.1. Vehículo Fiat Croma .....	15
2.2.2. Placa de sujeción y PC .....	15
2.2.3. Soporte para la pantalla LCD .....	15
2.2.4. Ayuda incorporada en el simulador para conductores con discapacidades severas .....	16
2.3. Software del simulador .....	18
2.3.1. Instalación del software .....	18
2.3.2. Funcionamiento del software de evaluación de conductores .....	19
3. Metodología empleada para la validación del simulador .....	21
3.1. Objetivo del trabajo .....	21
3.2. Definición de la población.....	21
3.3. Cuestionario .....	22
3.4. Ensayo realizado por los usuarios .....	23
3.4.1. Adaptación al simulador .....	23
3.4.2. Prueba de frenada .....	24

3.4.3. Prueba de Slalom .....	25
3.4.4. Prueba de Rotonda de radio constante .....	26
3.4.5. Prueba de Rotonda de radio creciente .....	27
3.4.6. Prueba de estacionamiento .....	27
4. Análisis de los resultados .....	28
4.1. Introducción .....	28
4.2. Metodología en el análisis del simulador .....	28
4.2.1. Prueba de contraste de hipótesis.....	29
4.2.2. Grado de significancia estadística y el P-valor .....	29
4.2.3. Valores atípicos .....	30
4.2.4. Selección del test de comparación de dos medias .....	30
4.3. Análisis de las pruebas de los simuladores .....	32
4.3.1. Análisis de la prueba de Frenada .....	33
4.3.1.1 Análisis de la distancia de frenado .....	33
4.3.1.2 Análisis tiempo de frenado.....	35
4.3.1.3 Análisis de desplazamiento lateral en el frenado...	37
4.3.1.4 Análisis de la velocidad de frenado .....	43
4.3.2. Análisis de la prueba de slalom .....	43
4.3.2.1 Análisis del tiempo de slalom.....	43
4.3.2.2 Análisis del nº golpes slalom .....	45
4.3.3. Análisis de la prueba de radio constante .....	47
4.3.3.1 Análisis del nº de vueltas.....	48
4.3.3.2 Análisis del tiempo .....	51
4.3.3.3 Análisis del nº de salidas.....	53
4.3.4. Análisis de la prueba de radio creciente .....	55
4.3.4.1 Análisis del tiempo .....	55
4.3.4.2 Análisis de salidas .....	58
4.3.5. Análisis de la prueba de estacionamiento.....	61
4.3.5.1 Análisis nº de colisiones .....	61
4.4. Discusión de análisis de las pruebas de los simuladores .....	64
4.5. Relación entre la edad y el resultado de las pruebas de los simuladores.....	65



---

4.5.1. Prueba de frenada .....	66
4.5.2. Prueba de slalom .....	67
4.5.3. Prueba de radio constante .....	68
4.5.4. Prueba de radio creciente .....	69
4.5.5. Prueba de estacionamiento .....	69
4.6. Discusión del análisis de la relación edad y resultado de la prueba .....	70
4.7. Cuestionario predisposición al mareo .....	70
4.8. Cuestionario de mareo .....	72
4.9. Cuestionario de realismo .....	74
5. Conclusiones .....	77
<b>Índice DEL PRESUPUESTO</b>	
1. Necesidad del presupuesto .....	80
2. Presentación del presupuesto .....	80
<b>Bibliografía .....</b>	<b>82</b>
<b>Anexos</b>	
Anexo I .....	87
Anexo II .....	100



Análisis experimental del simulador de  
conducción UPV-DGT para la evaluación de  
conductores con discapacidades severas que  
conducen con Joysticks de

4 vías

MEMORIA DESCRIPTIVA

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Movilidad reducida en España.

En las últimas décadas España ha experimentado grandes cambios demográficos que han provocado transformaciones en la pirámide poblacional, uno de sus efectos ha sido el aumento de personas con discapacidad ya que este viene ligado con el factor de la edad.

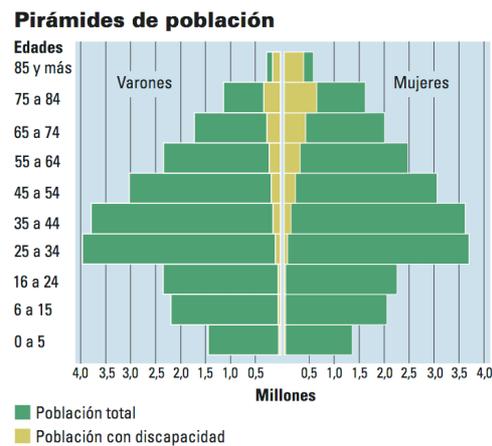


Figura 1.1 Pirámide población total y de población con discapacidad de la encuesta. Fuente: EDAD-2008 procedente del INE [5]

Dentro de la población con discapacidad solo aquellos que presentan una discapacidad relacionada con la movilidad se encuentra dentro del marco de Personas con Movilidad Reducida (PMR), el cual, está fuertemente relacionado con el objeto de estudio de este proyecto.

La definición de las PMR dentro del campo de la accesibilidad son aquellas personas que tienen limitadas, temporal o permanente la capacidad de desplazarse o moverse sin ser dependientes de ayuda externa. En este grupo se encuentran:

- Personas que se desplazan con silla de ruedas y poseen dificultad para desplazarse o viajar.
- Personas con dificultades sensoriales que encuentran complicaciones en la utilización de servicios.
- Personas con ausencia de movilidad funcional por amputación o artritis.
- Personas con enfermedades cardíacas o respiratorias que impidan su movilidad.
- Personas mayores con dificultad para desplazarse de forma autónoma.
- Personas que presentan temporalmente una pérdida de movilidad.

Dentro del campo del transporte, la UE definió PMR: “*cualquier persona cuya movilidad para utilizar un medio de transporte se ve reducida a causa de alguna discapacidad física (sensorial o locomotora, permanente o temporal), discapacidad o impedimento intelectual o por cualquier otra causa de discapacidad o por la edad, y cuya situación precise una atención adecuada y la adaptación a sus necesidades concretas del servicio disponible para todos los pasajeros*”.

En España, en el año 2008 se publicó la encuesta de Discapacidad, Autonomía personal y situaciones de Dependencia (EDAD) por parte del INE con apoyo del Ministerio de Sanidad y Política Social y el sector de la discapacidad donde se recoge la percepción subjetiva de las personas acerca de la discapacidad.



Figura 1.2 Tasa por mil habitantes clasificado entre rangos de edad y sexo de la encuesta Fuente: EDAD 2008 del INE [5]

A pesar de que casi nueve de cada diez personas declaran en la encuesta no sentirse discriminadas por su discapacidad sí que muestran interés en actividades que requieren desplazamientos, pero su discapacidad se lo impide.

Se refleja que gran parte de las personas con movilidad reducida tiene dificultades en realizar labores de la vida cotidiana, pese a su disposición a relacionarse fuera de su entorno. Por ello, en los últimos años se observa un aumento de la demanda de medios de transporte individuales así como favorecer el acceso a la conducción de vehículos por parte de las personas con discapacidades complejas con el deseo y necesidad de no perder su movilidad y dependencia.

### 1.2 Personas con movilidad reducida y la conducción.

El transporte público y el privado son los medios empleados por las personas con discapacidad con porcentajes del 42,5% y el 58,3% respectivamente.

En el Real Decreto 1544/2007 de 23 de noviembre se regula las condiciones básicas de accesibilidad para el acceso y utilización de modos de transporte para personas con discapacidad o movilidad reducida. Aun existiendo garantías de facilidades y regulación en el transporte público como privado de todas las compañías, la independencia total

en la movilidad es fruto de poder usar un vehículo propio. Sin embargo, para las PMR la adquisición tanto de un carné de conducir, así como de un vehículo adaptado a sus necesidades puede resultar un tanto tedioso.

Para la obtención de un carné se debe acudir al Centro médico de reconocimiento de conductores y realizar un proceso que, aunque no sea más costoso si es más largo que la obtención de un carné habitual debido al aprendizaje con adaptaciones en el vehículo o la realización de pruebas psicofísicas.

Por otra parte, la adquisición de un vehículo adaptado requiere mayores costes debido a la modificación de la estructura o la adición de nuevos elementos requeridos. Además, estos vehículos pueden encontrarse en situaciones en la conducción en las que su respuesta difiera levemente de la respuesta de vehículos sin modificar, pero que sin embargo puedan afectar a la capacidad de conducción del conductor.

Con todo ello, la Dirección General de Tráfico se encuentra trabajando en el acceso de las personas con movilidad reducida a la conducción de sus propios vehículos privados ya que forma parte de su Estrategia de Seguridad Vial 2011-2020.

### **1.3 Marco legal en la obtención del permiso de conducción de vehículos por PMR**

La Unión Europea ha establecido las pautas a seguir por los países miembros a través de distintas directivas 2006/126/CE, 2009/113/CE y la última 2015/653

La directiva de referencia para la obtención del permiso de conducir es la de 2006/126/CE del Parlamento Europeo y del consejo. Por el que se refunde las anteriores directivas en la materia.

En esta misma se estipula en el artículo 7 que el permiso de conducción deberá de ser entregado a aquellas personas que hayan superado e examen de comportamiento, y además, cumplan los estándares médicos de los Anexos II y III.

Es el Anexo III en el que se establece que no se podrá renovar ni expedir el permiso de conducción a aquellas personas que hagan peligrosa la conducción de vehículos a motor.

La última directiva establecida es la Directiva 2015/653 que modifica la Directiva de 2006/126/CE con el objetivo de adaptar a los códigos y subcódigos las normas tecnológicas en el sector automovilístico.

Actualmente España cumple la Directiva 2006/126/CE cuya transposición al marco normativo español se realizó con el Reglamento General de Conductores (RGC) en el que se detalla de forma clara cuál es el procedimiento a seguir para la obtención y renovación, así como el informe de aptitud psicofísica por parte del CRC.

En el propio Reglamento General de Conductores (RD 818/2009) se indica en el Anexo IV se cita que *“las adaptaciones, restricciones y otras limitaciones que se impongan en personas, vehículos o en la circulación, se determinarán de acuerdo con las*

*discapacidades que padezca el interesado debidamente reflejado en el informe de aptitud psicofísica y evaluadas en las correspondientes pruebas estáticas o dinámicas”.*

El informe de aptitud psicofísica mencionado es responsabilidad de los Centros de Reconocimiento convirtiéndose en un requisito básico para el acceso al permiso de conducir, el cual se tendrá en cuenta en la autoescuela, Jefatura de tráfico y en el taller mecánico de adaptación de vehículos.

#### **1.4 Los simuladores de conducción adaptados.**

Los simuladores de conducción se postulan como una metodología que permite la capacitación y evaluación de conductores en vehículos de tipo automóvil en un entorno seguro y controlable.

Destaca como función principal el poder reproducir un entorno similar a la realidad, donde a partir de un buen protocolo de evaluación se puede crear una experiencia virtual y obtener datos suficientes de diferentes colectivos de usuarios como pueden ser personas de movilidad reducida, lo que les permitiría establecer un primer contacto con las diferentes adaptaciones que en un futuro usará en su vehículo particular. Además, permite la inmersión en diferentes entornos, así como la recreación de diferentes condiciones, como por ejemplo un atasco, la conducción por autopista, pruebas de aquaplaning o la reacción ante un accidente inminente, con un coste muy inferior comparado con el que sería en una situación de conducción real con los diversos protocolos de seguridad necesarios para realizar dichas pruebas en el exterior.

El simulador para la evaluación de conductores con movilidad reducida constituye, en sí mismo, una gran herramienta de conducción y presenta las siguientes ventajas:

- Capacidad para la repetición de ensayos o pruebas concretas, en el cual el usuario demuestre una menor destreza o la necesidad de mejorar una habilidad concreta.
- Versatilidad y adaptabilidad del simulador para recrear, modificar y almacenar parámetros concretos de las pruebas experimentales
- Permite el estudio de los diversos síntomas que el conductor experimenta durante el ensayo, como puede ser sus reflejos, fatiga, capacidad en la rapidez de frenado, tiempos de reacción o estrés bajo diferentes grados de presión.
- Recreación y exposición de entornos de riesgo en situaciones durante la conducción que pueden ser analizados y ensayados con seguridad

Las características técnicas y básicas que debe presentar un simulador de conducción para una correcta evaluación son:

- Portabilidad y modularidad, para la reproducción del puesto de conducción de un vehículo.

- Adaptabilidad en cuanto a la diversidad de tipos de usuarios, tanto para conductores de movilidad reducida que conducen desde el asiento convencional o para aquellos que lo hacen desde su propia silla de ruedas
- Capacidad para una sencilla y rápida instalación y desinstalación de los diferentes tipos de ayudas técnicas de todas las extremidades.
- Capacidad de realizar por parte del evaluador la toma, registro y análisis de los datos obtenidos en los procesos de evaluación.
- Capacidad de reproducir diferentes tipos de pruebas de movilidad, coordinación de movimientos, tiempos de reacción, etc en diferentes condiciones, escenarios y situaciones de tráfico.

Por lo que el equipamiento estándar del simulador-evaluador debería contar con los siguientes elementos y componentes para ser capaz de llevar a cabo todas las funciones.

- Plataforma estructural base del simulador, incluida la de acceso si se va a conducir desde la silla de ruedas.
- Sistema de computación para la simulación y evaluación del conductor.
- Sistema de visualización y sonido.
- Sistema de adquisición de datos.
- Sistema de seguridad de la silla de ruedas y/o del conductor.
- Productos de apoyo y ayudas técnicas para la conducción.
- Software de simulación y evaluación del conductor.

En general, un simulador de conducción se compone de un hardware, formado por la base estructural y el conjunto de adaptaciones disponibles o para añadir que permitan crear una estructura totalmente funcional para el usuario con movilidad reducida, así como también de un software encargado de ejecutar los diferentes ensayos, la toma de datos y su almacenamiento.

Por ello, existe la necesidad de la validación de un simulador de conducción para personas con movilidad reducida, el cual permite eliminar errores y perfeccionar su funcionamiento. En este estudio, se va a validar el simulador de conducción FIAT-DGT que se encuentra situado en el Instituto de Diseño y Fabricación de la UPV



Figura 1.3 Interior del simulador Fiat. Fuente IDF Serco (2006) [2]

### 1.5 Antecedentes

Existen diversos estudios respecto a la evaluación de conducción para personas con movilidad reducida.

En 2013 se presenta en la UPV como Proyecto Final de Carrera “ Validación experimental del procedimiento de evaluación de conductores discapacitados mediante el uso del simulador de conducción SERCO”

Para fomentar la Autonomía vial de las personas con discapacidad y facilitar su integración la DGT marcó nuevas directrices para llevarlo a cabo en su plan de Estrategia de Seguridad Vial 2011-2020. El simulador FIAT-DGT es producto de un proyecto que nació en el año 2006 y fue financiado por la Dirección General de Tráfico, y el Laboratorio de Automóviles de la Universidad Politécnica de Valencia (LAUPV) junto con FIAT España (FIAT).

Además, existen conferencias internacionales que permiten a profesionales e investigadores exponer sus ideas y obtener una visión más ampliada en relación con los avances acerca del campo de la simulación de conducción.

Anualmente en Europa se celebra la “ Driving Simulator Conference” (DSC) donde se han expuesto estudios como “Simulation sickness comparison between a limited field of view virtual reality head mounted display (Oculus) and a medium range field of view static ecological driving simulator (ECO2)” en 2014.

Otra gran importante Conferencia con un alcance mundial es la “Road Safety Simulator” (RSS) donde en 2007 se expuso el estudio “Assessing Proneness to Simulator Sickness in a Fixed-Base Driving Simulator”

## 2. Simulador FIAT-DGT

### 2.1 Introducción al simulador FIAT-DGT

El simulador FIAT-DGT es el resultado de un proyecto de investigación nacido en el año 2006 financiado por la Dirección General de Tráfico y que desarrolló junto con el Laboratorio de Automóviles de la Universidad Politécnica de Valencia (LAUPV) y FIAT España (FIAT).

Se trata de un modelo FIAT CROMA al que se le ha incorporado un simulador de conducción para personas con movilidad reducida y que permite la evaluación de la movilidad del sujeto sin adaptaciones y con cualquiera de las adaptaciones o ayudas técnicas.

A diferencia del resto de simuladores, los ensayos de simulación se realizan dentro del habitáculo del automóvil. Esto permite una sensación de mayor realismo en el usuario mientras realiza las diferentes pruebas con respecto de otros simuladores que se encuentren en abierto.

### 2.2 Hardware utilizado en el simulador FIAT-DGT

El simulador FIAT-DGT, como ha sido comentado en el apartado anterior, se trata de un equipo de evaluación de la movilidad del sujeto que permite la evaluación con adaptaciones y sin adaptaciones. En este caso de estudio particular, la adaptación de mando utilizada ha sido un joystick de cuatro vías que sustituye las funciones del volante y los pedales.

La composición del hardware del simulador Fiat-DGT se compone de tres elementos principales: el automóvil Fiat Croma, el hardware del equipo de computación y la estructura metálica para la pantalla de televisión del simulador.

En el siguiente listado, se muestra los materiales necesarios para el montaje del simulador.

HARDWARE	Cantidad
<b>Computador:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Procesador: Intel® Pentium® D 920 Dual Core Processor:</li><li>- Procesador: 3.40GHz,</li><li>- BUS datos: 800MHz fsb</li><li>- Cache: 2x2MB cache</li><li>- Tarjeta gráfica 256 MB PCI-Express nVidia™ GeForce™ 7800</li><li>- Memoria bicanal 2048MB DDR2 533MHz (2x512)</li><li>- Disco duro 250GB (7200rpm) Serial ATA con MB DataBurst™ cache</li><li>- Sistema operativo</li><li>- Ratón, teclado, tarjeta sonido....</li></ul>	1
<b>Sistema de visualización y sonido</b> Monitor LCD panorámico de 37 pulgadas con resolución WXGA 1366 x 768 con conexión a PC. Con altavoces 2 x 10W.	1

HARDWARE	Cantidad
<b>Sensores analógicos:</b>	
Potenciómetros de eje ángulo 90 ° + engranajes, o inclinómetros de ASSEMtech (recorrido pedales)	3
Potenciómetro multivuelta de eje + engranajes (giro del volante)	1
<b>Sensores digitales:</b>	
Módulo de optoacopladores para el acondicionamiento de las señales digitales.	1
Microinterruptores final de carrera (marcha engranada)	6
<b>Fuentes de Alimentación</b>	
Fuente alimentación 12 Vcc/20 A	1
Fuente alimentación 24 Vcc/10 A (power one Convert simply)	1
Fuente alimentación 48 Vcc/20 A	1
<b>Otros</b>	
Acoplamiento universal de Huco	1
Célula de carga en miniatura a tracción/compresión de nuestra representada Interface, modelo WMC-500 de 500 lbf de rango y 1.5m de cable integral. Ver características en especificación adjunta.	1
Sensor de par HBM T20WN/50Nm (tipo de eje) (Par en el volante) –Rango: +/- 50Nm	1
Cable de Conexión 5 m	1
Acoplamiento para sensor de Par HBM T20WN/50Nm	2
NI PCI-6229 (32 Analog Inputs, 48 Digital I/O, 4 Analog Outputs)	1
SHC68-68 EPM Shielded Cable 68-D-Type to 68 VHDCI Offset, 2m	2
SCC-68 I/O Connector with 4 SCC Module Slots	1
External Power Supply for SCC-68 Accesory, Swiss	1
SCC-SG04, 2 Channel, Full Bridge	2
SCB-68 Noise Rejecting, Shielded I/O Connector Block	1
Electrónica de control: Servoamplificador ADS 50/10 4-Q-CC ADS en módulo cerrado de maxon motor control. - Con control de cuatro cuadrantes. Tensión de alimentación de 12 a 50 Vcc.	2
Resistencias shunt para evitar los picos que genera el motor.	1
Encoder HEDL 5540 (500 ppv, 3 canales)	1
Motor RE Maxon motor 40 mm. Escobilla de graffito 150 Watios (48 V). Con reductor GP 52 (1:27), Encoder ENC HEDL 5540 500 lpm 3K	1

Tabla 1.1 Hardware Fuente: Juan F.Dols, María Felisa Quintanilla (2007) [3]

A continuación, se describe brevemente con mayor detalle los componentes principales de hardware del simulador FIAT.

### 2.2.1 Vehículo Fiat Croma

La estructura principal y habitáculo del simulador es el modelo Fiat Croma, el cual ha sido modificado añadiendo y eliminando piezas en el vehículo.

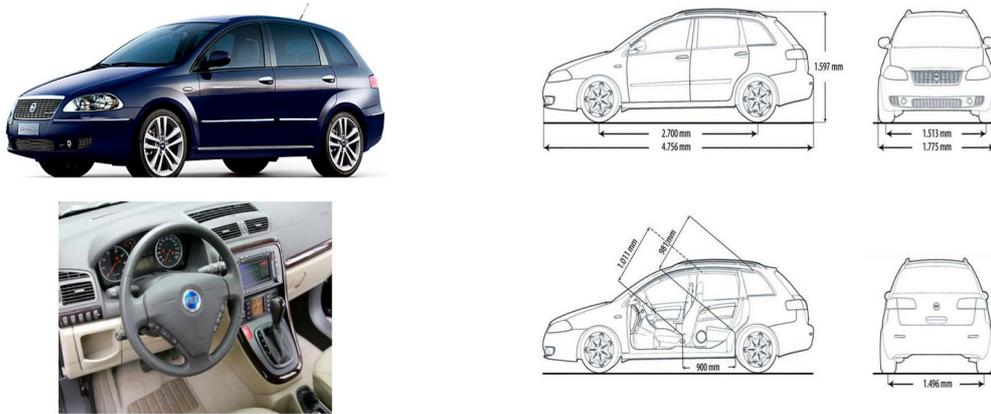


Figura 1.4 Vehículo original Fiat Croma del Informe Adquisición y montaje de Hardware en el simulador  
Fuente: Juan F.Dols, María Felisa Quintanilla (2007) [3]

### 2.2.2 Placa de sujeción y PC

En el capó del vehículo se ha colocado una placa de metal como base de los sensores, motores y PC

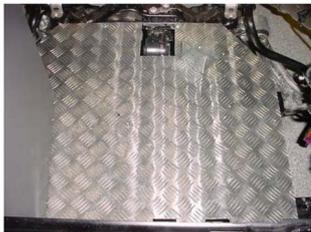


Figura 1.5 Chapa del Informe de Adquisición y montaje del Hardware en el simulador  
Fuente: Juan F.Dols, María Felisa Quintanilla (2007)



Figura 1.6 interior del capó

### 2.2.3 Soporte para la pantalla LCD

La estructura que sujeta la pantalla LCD es movable y se sitúa por encima del capó.



Figura 1.7 estructura del soporte de la pantalla LCD



Figura 1.8 Estructura de soporte del Informe de Adquisición y montaje del Hardware  
Fuente: Juan F.Dols, María Felisa Quintanilla (2007) [3]

#### 2.2.4 Ayuda incorporada en el simulador para conductores con discapacidades severas

Uno de los principales puntos de actuación de la DGT es fomentar la autonomía vial de las personas con discapacidad. Gracias al convenio de colaboración y financiación con la Universidad Politécnica de Valencia se han desarrollado diversos trabajos que han facilitado la actualización del simulador FIAT mediante ayudas técnicas de mandos tipo Joystick.

El simulador Fiat –DGT posee un único soporte para la colocación del joystick, el cual se asienta sobre el reposabrazos central de los asientos principales, a la derecha del conductor. La propia base del joystick se encuentra en una posición fija por lo que no es fácilmente movable en su colocación espacial, aun así se puede ajustar su posición respecto al usuario mediante la recolocación del asiento del conductor o modificando levemente el brazo telescópico que le sirve de sujeción. La incorporación de una base en el lado izquierdo del conductor requeriría una modificación de la propia estructura del simulador.



Figura 1.9 posición de la base del joystick



Figura 2.0 posición de la base del joystick

El joystick empleado concretamente en este estudio es un pequeño Joystick de 2 ejes (4 vías) con agarre de palanca. El modelo fue seleccionado de entre una pequeña criba de diversos tipos de joystick en los que se encontraba: joystick grande multi-botón, joystick de bola, joystick industrial, joystick con varios botones joysticks de pistola... etc. La elección estuvo basada en maximizar la capacidad de manejo y precisión de los usuarios con movilidad reducida.

El método de funcionamiento del joystick de 4 vías es sencillo. La dirección del vehículo se realiza moviendo respectivamente el joystick de la posición central hacia cualquiera de sus lados saliendo del eje central vertical (marcado por una línea naranja en la Figura 2.1), a su vez es posible acelerar dirigiendo el joystick hacia atrás, al contrario que su frenado que se realiza dirigiendo el mando hacia delante, estas dos últimas acciones se accionarán al salir del eje central horizontal (marcado por una línea azul en la Figura 2.1). Aunque en un principio la tendencia más práctica de acelerar es hacia delante, se

estableció que el frenado sería más idóneo en su posición adelantada ya que el movimiento natural de los brazos ante un accidente es desplazarlos por delante del cuerpo para intentar protegerse del impacto, accionando el freno en lugar de la aceleración.



Figura 2.1 joystick de 4 vías

Una de las características a destacar del simulador Fiat es la capacidad de compatibilidad de los diversos joysticks industriales, mediante una etapa de adaptación de la señal. Dispone de una interfaz universal de Joystick USB.

Además de las ayudas técnicas de joystick se pueden instalar otras posibles adaptaciones en el simulador como pueden ser:

- Pomo en el volante
- Empuñadura de tetraplejía en el volante
- Acelerador y freno mecánicos
- Acelerador de aro electrónico
- Palanca de freno de servicio al suelo con claxon



Figura 2.2 Volante Fiat preparado para adaptaciones

### 2.3 Software del simulador

El software del simulador de conducción FIAT-DGT se puede dividir en dos partes: Software de control y el software de simulación.

El software de control está diseñado para ser utilizado por el evaluador, le permite controlar el software de simulación de forma remota para así valorar las capacidades residuales de conducción del usuario que ha accedido a la cabina de conducción.

Las pruebas se organizan en sesiones, de modo que se pueden repetir varias pruebas periódicamente con el objetivo de realizar seguimientos. La información obtenida en estos seguimientos (usuario, sesiones y pruebas realizadas) se almacenan en una base de datos que dispone el software de control.

El software de simulación tiene como objetivo gestionar el entorno visual y sus entidades, procesar los datos generados por el usuario en los mandos (volante, pedales, palancas, joysticks, etc.), ejecutar el sistema de físicas y comportamiento dinámico de vehículos, gestionar los recursos audiovisuales y atender las acciones del software de control.

#### 2.3.1 Instalación del software

La ejecución del software de la simulación debe realizarse sobre el sistema operativo Microsoft Windows 7 o superior y, es necesario instalar las siguientes dependencias en caso de ausencia.

Otro requisito necesario es asegurar que se establece una comunicación entre el software de control y el software de simulación por lo que se debe crear una red AdHoc WiFi. Para ello es necesario de asegurarse que a la tarjeta externa de la red WiFi esté conectada.

A continuación, se detalla la secuencia de encendido y apagado del sistema tanto del ordenador de simulación y de control en un diagrama secuencial para su correcto funcionamiento.



Figura 2.3 Diagrama secuencial de encendido y apagado del sistema obtenido del manual de Serco Fuente IDF Serco (2006) [2]

### 2.3.2 Funcionamiento del software de evaluación de conductores

En el inicio del software de control, el cual es manejado por el evaluador, se pide una serie de datos personas como: nombre de la persona, DNI, fecha de nacimiento, sexo...etc. Una vez dado de alta al usuario, se pregunta si el usuario va a realizar una evaluación, un entrenamiento o una rehabilitación. En las próximas sesiones de evaluación, el software solo pedirá el nombre del evaluado.

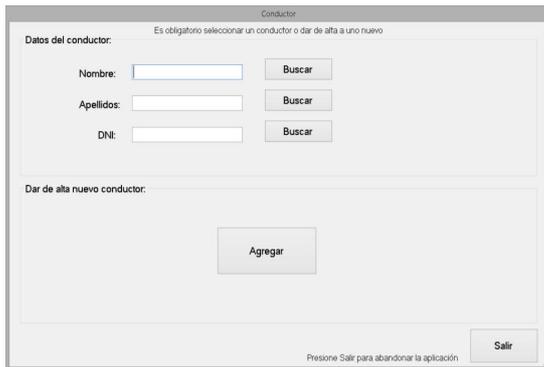


Figura 2.4 Ventana de inicio del software Fuente IDF Serco (2006) [2]



Figura 2.5 Ventana para dar de alta a un nuevo usuario Fuente IDF Serco (2006) [2]

Al ingresar los datos del usuario se encuentra una ventana con la información proporcionada del usuario y a la que se puede completar con nuevos datos. Además, desde este panel se podrá seleccionar el tipo de pruebas a realizar.

Esta ventana principal, donde se encuentra la información individual de un usuario, está formada por 4 zonas principales.

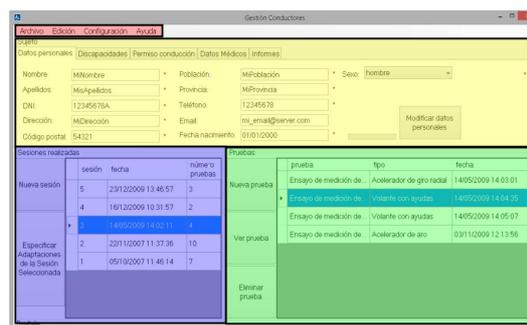


Figura 2.6 Ventana principal de control

El panel superior rojo proporciona las herramientas básicas de una ventana de Windows.

El panel amarillo es la base de datos personales del sujeto, permite la modificación y adición de datos. En esta misma, se encuentra diversas pestañas en la que se diversifica la información adicional del usuario. En la pestaña de “Discapacidades” se encuentra información relacionada con la discapacidad del usuario la cual puede ser consultada o modificada por el evaluador. En la siguiente pestaña, se encuentra la información de los “Permisos de conducción” que el usuario posee. A continuación, se encuentra la pestaña de “Datos Médicos” y, por último, la pestaña de “Informes” en el que se detallará la información de las pruebas realizadas.

En el panel azul, sirve para conocer las anteriores sesiones realizadas por el usuario y agregar nuevas sesiones para comenzar una nueva evaluación del conductor. Una vez seleccionada la nueva sesión o las anteriores sesiones, el panel verde mostrará la información relativa a la sesión seleccionada anteriormente y permitirá la selección de nuevas pruebas, así como la información que proporciona cada prueba.

Las pruebas disponibles son las siguientes:

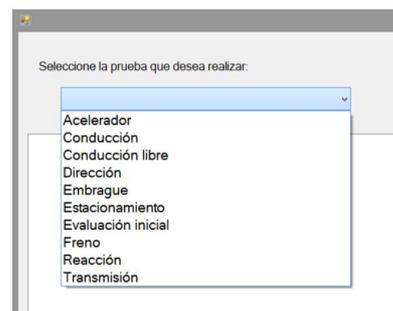


Figura 2.7 Diferentes tipos de pruebas  
Fuente IDF Serco (2006) [2]

Realizando la selección de una de las pruebas, aparece en el recuadro inferior la lista de pruebas asociadas a la dicha selección. En el estudio realizado en este trabajo, solo se han utilizado las pruebas de conducción libre, conducción y estacionamiento. El número de pruebas realizadas ha sido cinco más una anterior toma de contacto que corresponde a la prueba de conducción libre. De las cinco pruebas realizadas, cuatro son de conducción y la restante trata de una prueba de estacionamiento.

Al finalizar la sesión, se permite generar un informe en formato .PDF con los datos registrados en cada una de las pruebas seleccionadas, este informe se puede obtener en la pestaña de “Informes” del panel amarillo.

## **3. Metodología empleada para la validación del simulador**

### **3.1 Objetivo del trabajo**

El objetivo de este trabajo es la realización del análisis experimental del simulador de conducción FIAT-DGT con la finalidad de que pueda ser utilizado por usuarios con discapacidades severas (Distrofia muscular, ictus, enanismo, tetraplejia...) y que para la conducción de un vehículo es necesario la adaptación del mando joystick.

La validación del simulador se realiza mediante una batería de pruebas con un grupo de control (personas no discapacitadas) y un grupo de personas con discapacidad. El objetivo es determinar, el comportamiento de ambos grupos, el nivel de realismo del simulador con las adaptaciones incorporadas, las mejoras necesarias para el proceso de evaluación de los conductores y el grado de satisfacción del usuario.

### **3.2 Definición de la población**

El grupo de control que ha realizado voluntariamente la prueba está formado por personas sin ninguna discapacidad. El número de personas que han participado en las pruebas es dieciséis, de estas, quince son hombres y una es mujer. Las edades comprendidas se encuentran en un rango de un mínimo veintiún años y un máximo de cincuenta y cuatro, dando con una media de edad del grupo de 24,49 años. Dentro del mismo grupo existían personas con experiencia en el uso de joystick debido a la utilización de videoconsolas y otras en las que era su primer contacto. En cuanto a la posesión de carné de conducir solo 3 personas no lo tienen.

El grupo experimental formado por personas con diversas discapacidades relacionadas con la movilidad reducida. El número de personas con movilidad reducida que han participado de forma voluntaria son diez, siete hombres y tres mujeres. El rango de edades comprendido en este grupo es de un mínimo de diecinueve años y un máximo de setenta, con una media de edad de 40,68 años. Las discapacidades que afectan a este grupo son deficiencias en la movilidad de miembros superiores y/o miembros inferiores.

En la siguiente tabla se especifica datos ( edad, sexo y posesión del carné de conducir ) de los usuarios de ambos grupos, así como el tipo de discapacidad que posee cada usuario del grupo experimental.

FIAT	Edad	SEXO	CARNET	DISCAPACIDAD
Control1	21	V	Sí.	-
Control2	22	V	No.	-
Control3	21	V	No.	-
Control4	22	V	Sí.	-
Control5	21	V	Sí.	-
Control6	22	V	Sí.	-
Control7	21	V	Sí.	-
Control8	22	V	Sí.	-
Control9	29	V	Sí.	-
Control10	54	V	Sí.	-
Control11	21	F	Sí.	-
Control12	25	V	Sí.	-
Control13	35	V	Sí.	-
Control14	29	V	Sí.	-
Control15	21	V	No.	-
Control16	21	V	Sí.	-
Experimental1	19	V	No.	Espina bífida
Experimental2	45	F	Sí.	Parálisis de la parte derecha del cuerpo debido a un ictus
Experimental3	70	V	Sí.	Amputación de los dedos de la mano derecha y debilidad en la parte derecha del cuerpo debido a un ictus
Experimental4	22	F	Sí.	Distrofia muscular
Experimental5	22	F	Sí.	Distrofia muscular
Experimental6	59	V	Sí.	Parálisis de la parte derecha del cuerpo debido a un ictus
Experimental7	38	V	No.	Parálisis muscular severa en ambas piernas
Experimental8	59	V	Sí.	Parálisis de la parte derecha del cuerpo debido a un ictus
Experimental9	55	V	Sí.	Parálisis de la parte derecha del cuerpo debido a un ictus
Experimental10	59	V	Sí.	Parálisis muscular severa en ambas piernas

Tabla 1.2 Datos generales del grupo de control y grupo experimental

### 3.3 Cuestionario

Con la finalidad de obtener datos y las opiniones del usuario de su experiencia en el simulador se ha utilizado como herramienta un cuestionario. El cuestionario fue proporcionado por el Centro de Gestión de la Calidad y del Cambio.

El contenido de dicho cuestionario, fue volcado en la aplicación Google Forms ya que se consideró su utilidad para generar hojas de Excel con los datos proporcionados por los usuarios, y además la facilidad para los voluntarios para rellenarlo mediante el uso de una Tablet/ordenador.

El propio cuestionario estaba dividido en varias secciones, que se pueden agrupar en dos partes.

La primera parte es la obtención general de datos acerca del usuario, su información médica y su tendencia al mareo.

1. Obtención de los datos generales de los usuarios.
2. En caso de ser un usuario del grupo de personas con movilidad reducida se pedía información adicional acerca de la discapacidad y de su relación con la conducción
3. Obtención de datos acerca de su tendencia al mareo y su susceptibilidad.

La segunda parte principal del cuestionario se lleva a cabo después del ensayo en el simulador. Tras la sección 3, los usuarios realizan la batería de pruebas en el simulador. La información obtenida está vinculada al mareo, la carga mental del usuario, los posibles síntomas que ha padecido, el realismo del simulador y su experiencia personal.

4. Obtención de datos acerca de los síntomas presentados durante la sesión de simulación.
5. Obtención de datos acerca de los síntomas presentados después de la sesión de simulación.
6. Obtención de la experiencia personal del usuario acerca del simulador en las que se obtiene información acerca de la sensación de inmersión, su comparación con la conducción real, la capacidad del propio usuario del manejo de los mandos, su rendimiento alcanzado, su valoración en la experiencia personal y su valoración general del simulador.

Los datos obtenidos acerca del mareo tras la sesión de simulación puede ser significativo si la susceptibilidad del mismo usuario no tiene una relación directa con los síntomas presentados.

Al final el cuestionario, toda la información es volcada a una hoja de Excel como base de datos, esta información servirá para la realización del análisis estadístico.

En el anexo I del trabajo se proporciona el cuestionario integro que los usuarios debían realizar.

### **3.4 Ensayo realizado por los usuarios.**

Al terminar la primera parte del cuestionario, el usuario debe realizar la batería de pruebas de evaluación compuesta por una primera toma de contacto para la adaptación al simulador y cinco pruebas específicas.

Es necesario que el usuario a evaluar se encuentre en una posición correcta y relajada, cerciorándose de que no exista ningún tipo de carga o malestar en el brazo en el cual se va a utilizar el joystick.

A continuación se detallará la información de las diferentes pruebas a realizar.

#### **3.4.1 Adaptación al simulador – prueba de conducción libre**

La adaptación al simulador es necesaria para una posterior realización de las pruebas de evaluación, ya que se requiere una mínima experiencia en el control del mando joystick.

En esta primera parte, se explica al usuario que va a ser evaluado el funcionamiento del joystick. Para el evaluador, permite reconocer en una primera toma de contacto si el usuario está preparado para realizar las pruebas posteriores. En esta prueba no se procesa ningún dato, su uso es exclusivo para permitir al usuario aprender el funcionamiento de los mandos y del simulador.

El ejercicio de adaptación se realizará en un circuito urbano simulado.

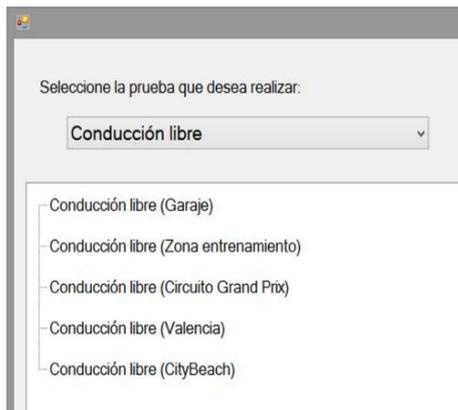


Figura 2.8 Pestaña con los cinco escenarios disponibles Fuente IDF Serco (2006) [2]



Figura 2.9 Escenario de conducción libre Valencia zona de la Avenida de Francia Fuente IDF Serco (2006) [2]

El escenario escogido para realizar esta prueba era el de Valencia, en concreto la simulación carga la zona de la Avenida de Francia, su elección se determinó por la posible familiaridad de los usuarios con esta zona de Valencia. Además, las rotondas y las avenidas permitían al usuario a adaptarse a los cambios de dirección, a mantener una velocidad constante en las rotondas y el manejo del acelerador y freno.

### 3.4.2 Prueba de Frenada.

La prueba de frenada es la primera de la batería de pruebas que debe realizar el usuario. Esta prueba consiste en la simulación de conducción del frenado en un circuito cerrado.

El usuario debe circular por un carril recto acelerando el vehículo hasta alcanzar la velocidad de referencia de 100 km/h y debe mantener dicha velocidad hasta que el vehículo pase a la zona de frenada que es indicado en la calzada con la palabra “FRENA” y delimitado por conos a ambos lados. En el frenado, el usuario debe mover el joystick hacia atrás para frenar intentado no desviarse. La dificultad en esta prueba reside en evitar que el vehículo pierda la trayectoria rectilínea tanto al intentar alcanzar la velocidad de referencia indicada y cuando realiza la maniobra de frenado.

Los datos recogidos en la prueba son: tiempo de frenado, distancia de frenado, el desplazamiento lateral respecto al eje de la carretera y la velocidad alcanzada antes de accionar el freno.



Figura 3.0 Prueba de frenado Fuente IDF Serco (2006) [2]



Figura 3.1 Escenario del simulador de la prueba de frenada Fuente IDF Serco (2006) [2]

### 3.4.3 Prueba de “Slalom”:

Se trata de la segunda prueba a realizar por el usuario, en la cual debe realizar una conducción en zigzag entre obstáculos (vallas indicadas con conos). Son cinco obstáculos situados a una distancia de 15 metros entre sí.

El usuario debe intentar realizar el trayecto sin golpear ningún obstáculo, para la realización de la prueba debe conducir por el carril limitado y a la velocidad que el usuario prefiera.

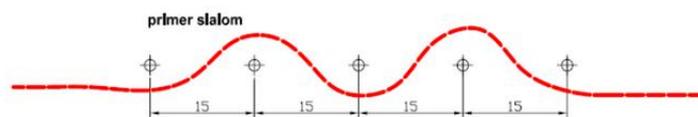


Figura 3.2 Trayectoria en slalom del vehículo Fuente IDF Serco (2006) [2]

Los datos que el simulador recoge del usuario en la prueba de slalom son: tiempo en realizar la prueba y el número de golpes.



Figura 3.3 pantalla de la prueba Fuente IDF Serco (2006) [2]

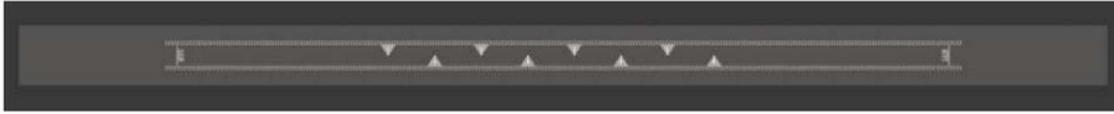


Figura 3.4 Carril de la prueba de slalom Fuente IDF Serco (2006) [2]

### 3.4.4 Prueba de Rotonda de radio constante

La prueba de rotonda de radio constante trata de realizar una trayectoria circular con el paso por una rotonda. El carril por donde debe circular el vehículo está señalizado con el color azul y corresponde con el carril exterior.

El usuario debe mantener una velocidad aproximada de 30 km/h intentado situarse en un rango con una mínima de 22km/h y con una máxima de 37 km/h. La finalización de la prueba concluye cuando el usuario es capaz de realizar con éxito una vuelta entera cumpliendo los requisitos: mantener la velocidad de referencia y no salirse del carril, es decir, manteniendo el radio de giro.

Se trata de la prueba más difícil de la batería a la que el usuario se va a enfrentar, esto es debido a la cierta complejidad resultante al mantener una velocidad constante mientras se realiza el giro con el joystick.

Los datos recogidos en la prueba son: número de vueltas hasta realizar con éxito una vuelta completa, el tiempo transcurrido hasta realizar la prueba y el número de salidas en el carril de la rotonda.

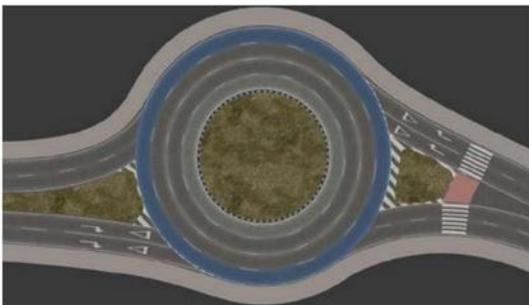


Figura 3.5 Carril exterior azul de la prueba de radio constante Fuente IDF Serco (2006) [2]



Figura 3.6 Pantalla de la prueba radio constante Fuente IDF Serco (2006) [2]

### 3.4.5 Prueba de Rotonda de radio creciente

Esta prueba consiste en seguir una trayectoria circular realizando una rotonda, introduciéndose por el carril interior y aumentando el radio hasta alcanzar el carril externo, tomando finalmente la salida.

El usuario debe circular siguiendo la trayectoria marcada en color verde que facilita al usuario como realizarla. La dificultad de la prueba reside en trazar con seguridad la curva y mantenerse en ella sin perder la trayectoria con el control del mando joystick

El informe de la prueba recogerá los siguientes datos: tiempo en realizar la prueba y las salidas en la trayectoria.

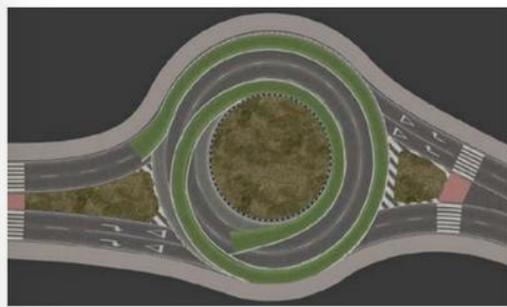


Figura 3.7 Carril creciente marcado en verde de la prueba de radio creciente  
Fuente IDF Serco (2006) [2]



Figura 3.8 Pantalla de la prueba de radio creciente Fuente IDF Serco (2006) [2]

### 3.4.6 Prueba de estacionamiento

La última prueba a realizar por el conductor y que se encuentra fuera de prueba tipo conducción es la prueba de estacionamiento. El objetivo de la prueba es aparcar el coche en batería entre dos vehículos, para ello el conductor podrá maniobrar hacia delante o en marcha atrás.

El usuario tendrá que demostrar destreza en el manejo del mando joystick para realizar todas las maniobras sin golpear a ningún vehículo.

El informe de la prueba recoge: el número de golpes realizados y el resultado de la prueba.



Figura 3.9 Pantalla de la prueba de estacionamiento Fuente IDF Serco (2006) [2]

## 4. Análisis de los resultados

### 4.1 Introducción

Para proceder al análisis de los resultados obtenidos en los ensayos realizados tanto del grupo de control como del grupo de personas con movilidad reducida en el simulador FIAT se aplica la estadística. La estadística es una disciplina que nos aporta las herramientas necesarias para realizar el estudio, en este caso, de la variación de las dos poblaciones al usar el simulador a partir de las dos muestras ( el grupo de control y el grupo de personas con movilidad reducida). Esto nos permitirá cuantificar la probabilidad de cometer error al extrapolar los resultados obtenidos de las dos muestras al conjunto de la población.

Los informes recogidos de cada prueba se adjunta en el anexo II.

### 4.2 Metodología en el análisis de los resultados del simulador

La metodología aplicar en el análisis de los resultados:

En este caso de estudio, se supone que las muestras son independientes debido a que las mediciones realizadas es de dos conjuntos diferentes de elementos ( muestra del grupo de control y muestra del grupo de personas con discapacidad reducida) en un estudio transversal ya que mide una muestra poblacional en un solo momento temporal.

De las distribuciones posibles que siguen los datos, la distribución normal es la que mayor propiedades reúne para desarrollar métodos de análisis de datos. La distribución normal nos permitirá hacer pruebas paramétricas, de lo contrario se recurre a pruebas no paramétricas.

Las diferentes pruebas estadísticas que se puede realizar para pruebas paramétricas y no paramétricas para realizar las pruebas de contraste de hipótesis son:

		PRUEBAS NO PARAMÉTRICAS			PRUEBAS PARAMÉTRICAS
		NOMINAL DICOTÓMICA	NOMINAL POLITÓMICA	ORDINAL	NUMÉRICA
Estudio <b>Transversal</b> muestras Independientes	Un grupo	X2 Bondad de ajuste Binomial	X2 Bondad de ajuste	X2 Bondad de ajuste	T de Student
	Dos grupos	X2 Bondad de ajuste Corrección de Yates Test exacto de Fisher	X2 Bondad de Homogeneidad	U Mann Whitney	T de Student
	Más de dos grupos	X2 Bondad de ajuste	X2 Bondad de ajuste	H Kruskal- Wallis	ANOVA con un factor de intersujetos
Estudio <b>Longitudinal</b> Muestras relacionadas	Dos medidas	Mc Nemar	Q de Cochran	Wilcoxon	T de Student
	Más de dos medidas	Q de Cochran	Q de Cochran	Friedman	Anova para medidas repetidas

Fig. 4.0 Cuadro comparativo de pruebas de contraste de hipótesis

#### 4.2.1 Prueba de contraste de hipótesis.

El primer paso es la redacción de las pruebas de contraste de hipótesis. Permite determinar si existe cierta evidencia en una muestra de datos para inferir que cierta condición es válida para toda la población.

La hipótesis planteada ( $H_1$ ) es que existen diferencias entre el promedio de los resultados del grupo de control y el promedio del grupo de personas con movilidad reducida en los ensayos realizados en el simulador.

Se propondrá que la hipótesis planteada es válida siempre que no se demuestre su falsedad. En las pruebas de contraste de hipótesis se emplea la hipótesis nula ( $H_0$ ), esta hipótesis presupone que no existen diferencias significativas entre los dos grupos, es decir que ambos promedios son iguales. La hipótesis nula no permite aceptar una hipótesis, solo la rechaza o no la rechaza.

Las hipótesis empleadas son:

- Hipótesis de dos colas: se establece que existen diferencias entre los dos grupos sin presuponer cuál es mayor.

$$H_1: \mu_{\text{grupo control}} \neq \mu_{\text{grupo PMR}}$$

$$H_0: \mu_{\text{grupo control}} = \mu_{\text{grupo PMR}}$$

- Hipótesis de una cola: se presupone que una de las dos es mayor que la otra.

$$H_1: \mu_{\text{grupo control}} > \mu_{\text{grupo PMR}}$$

$$H_0: \mu_{\text{grupo control}} \leq \mu_{\text{grupo PMR}}$$

$$H_1: \mu_{\text{grupo control}} < \mu_{\text{grupo PMR}}$$

$$H_0: \mu_{\text{grupo control}} \geq \mu_{\text{grupo PMR}}$$

#### 4.2.2 Grado de significancia estadística y el P-valor.

Permite cuantificar el error al aceptar el resultado, es decir, la probabilidad de rechazar la hipótesis nula siendo cierta. El grado de significación se establece antes de realizar el experimento, en este experimento se establece como valor asignado a alfa  $\alpha = 0,05$ .

El P-valor determina la probabilidad de que aparezca un valor igual o superior a la diferencia que se ha encontrado, en el caso de que realmente no haya diferencia entre ambos grupos. La interpretación del valor p:

- El valor P puede indicar cómo de incompatibles son los datos con cierto modelo estadístico, por ejemplo:
  - P-valor para normalidad.
  - P-valor para varianzas.

- El valor P no mide la probabilidad de que la hipótesis nula sea cierta, ni tampoco la probabilidad de que los datos hayan sido producidos enteramente al azar.

#### 4.2.3 Valores atípicos

Es necesario la identificación de valores atípicos ya que pueden mostrar que datos pertenecen a una población diferente a la de la muestra. Los valores atípicos o aberrantes pueden sesgar la media o resultado.

Existen diversos procedimientos para la identificación de valores atípicos como gráficos y pruebas estadísticas.

El programa Statgraphics posee varias herramientas para su identificación, entre muchas otras, se puede utilizar:

- Gráfico de Caja y Bigotes

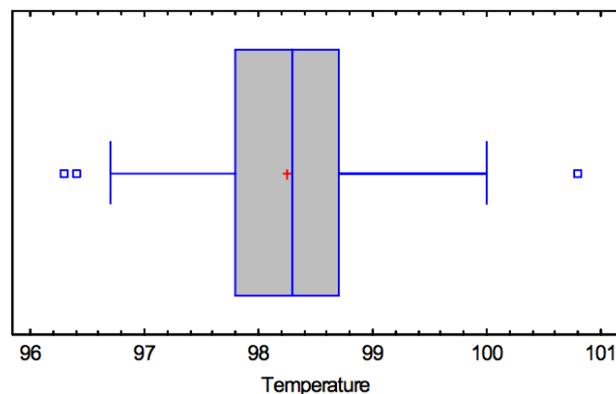


Figura 4.1 Gráfica Caja y Bigotes. Fuente: Tutorial Statgraphics (2007) [18]

La caja se extiende desde el cuartil inferior hasta el cuartil superior, donde el intervalo posee el 50% central de los valores ordenados. La mediana es dibujada con la línea vertical. Los bigotes se dibujan desde los extremos de la caja hasta los valores mínimo y máximo. Los puntos extremos, situados a más de 1,5 veces el rango intercuartílico (ancho de la caja) se indican por símbolos de señalamiento. Los puntos a más de 3 veces el rango intercuartílico son puntos extremos lejanos o puntos aberrantes.

#### 4.2.4 Selección del test de comparación de dos medias

La selección del test dependerá de la comprobación de la normalidad de la variable cuantitativa de cada una de los grupos y de la homogeneidad de las varianzas entre los dos grupos.

Para comprobar la normalidad de la variable se construye un **diagrama de frecuencias**, comprobando si se asemeja a una campana de Gauss.

También es posible obtener una gráfica de probabilidad normal en la cual se muestra los datos de menor a mayor.

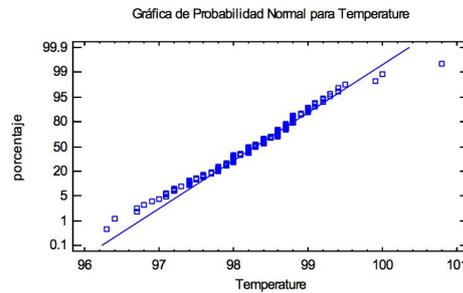


Figura 4.2 Gráfica de normalidad. Fuente: Tutorial Statgraphics (2007) [18]

El gráfico de probabilidad normal muestra si los datos obtenidos de forma aleatoria siguen una distribución normal, si es así deben caer a lo largo de una línea recta. La línea se ajusta usando los cuartiles, pasa por la mediana cuando el porcentaje es de 50 con una pendiente determinada a partir del rango intercuartilico. El método basado en los cuartiles da más peso a la forma de los datos cerca del centro y frecuentemente permite mostrar desviaciones de la normalidad

En el caso de statgraphics, por defecto se puede determinar si las variables siguen una distribución normal a partir del sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada, los valores obtenidos deben encontrarse dentro del rango -2, a +2.

Asimismo, mediante el test F de Snedecor o un test estadístico mediando software apropiado (en este caso se utiliza statgraphics) se comprueba la homogeneidad de las varianzas entre los grupos. Es decir, si presenta **homocedasticidad** ( la varianza de los errores es constante)

La fórmula empleada para la F de Snedecor:

- Se calculan las varianzas de cada una de las dos muestras:  $s_1^2$  y  $s_2^2$
- Se calcula el estadístico F:

$$F_{cal} = \frac{s_{mayor}^2}{s_{menor}^2}$$

- Si  $F_{cal}$  es mayor o igual que  $F_{crit}$  las varianzas son iguales  $H_0$  . La  $F_{crit}$  se obtiene a partir de datos tabulados
- Grado de libertad:  $n_1 - 1$ ,  $n_2 - 1$  (n tamaño de la muestra de varianza mayor)

En el caso de que la variable cuantitativa siga la distribución normal y las varianzas no sean significativamente distintas se utiliza el test paramétrico de **T de Student**. La

prueba T-student para dos medias se basa en contrastar si las medias de cada los grupo son similares.

La fórmula empleada para la prueba de T de Student:

$$t_{cal} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_c \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \text{ donde } S_c = \sqrt{\frac{n_1 s_1^2 + n_2 s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Se compara Tcal con el valor estadístico Tcrit que se trata de un dato tabulado. Si el valor absoluto de Tcal es superior o igual al Tcrit se rechaza la hipótesis nula, en caso contrario se rechaza la hipótesis alternativa

En el otro caso, se emplea el test no paramétrico de **U de Mann-Whitney**, no requiere ningún tipo de suposición sobre la distribución de las muestras. Esta prueba se construye combinando las dos muestras, ordenando los datos de menor a mayor y comparando los rangos promedio de las dos muestras en los datos combinados. Se calculan sus estadísticos y se obtiene Ucal escogiendo el valor más grande.

$$U_1 = n_1 \cdot n_2 + \frac{n_2 \cdot (n_2 + 1)}{2} - R_2 \quad U_2 = n_1 \cdot n_2 + \frac{n_1 \cdot (n_1 + 1)}{2} - R_1$$

#### 4.3 Análisis de las pruebas de los simuladores

El análisis de las pruebas de los simuladores se obtiene a partir del programa software Statgraphics debido a que posee las herramientas necesarias para realizar un análisis de comparación de dos medias de muestras independientes, y además, en un software que la UPV dispone para el uso de los alumnos.

El procedimiento está planteado para comparar dos muestras de datos. Se calculará varias estadísticas y gráficas para cada muestra para determinar si hay diferencias estadísticamente significativas entre las dos muestras

La hipótesis planteada para el análisis de las pruebas de los simuladores es la siguiente y corresponde a la hipótesis de dos colas planteada en el punto 4.2.1, debido a que se desconoce qué grupo se va a desenvolver mejor en el simulador

$$H_1: \mu_{grupo\ control} \neq \mu_{grupo\ PMR}$$

$$H_0: \mu_{grupo\ control} = \mu_{grupo\ PMR}$$

Los datos recogidos de los informes generados y que van a ser analizados se muestran en la siguiente tabla.

FIAT	tiempo de frenado (s)	distancia frenado	Desplazamiento lateral	Velocidad (km/h) frenado	tiempo slalom nº	golpes slalom	Vueltas R. Constante	tiempo R. Constante	Salida de curva R. Constante	Tiempo Rotonda creciente	Salidas R. Creciente	parking resultado	nº de colisiones
Control1	2,533	39,153	1,956	104,624	11,7	0	1,14	20,867	1	26,933	0	Superado	0
Control2	2,6	39,387	0,616	104,846	20,633	0	1,016	20,067	1	28,233	0	Superado	0
Control3	0,933	22,415	1,502	102,511	18,4	0	1,956	45,4	3	30,733	0	Superado	0
Control4	0,3	6,286	0,55	44,434	11,4	0	1,268	26,633	1	32,433	0	Superado	0
Control5	2,433	34,357	-0,03	99,736	13,3	0	1,835	36,4	5	33,133	0	Superado	0
Control6	2,267	34,963	1,33	100,324	11,433	1	1,903	35,733	5	30,733	0	Superado	0
Control7	2,4	33,985	0,649	98,626	20,1	0	1,773	37,467	3	28,433	0	Fallida	1
Control8	2,267	34,963	1,33	100,324	11,433	1	1,903	35,733	5	30,733	0	Superado	0
Control9	2,8	45,224	-0,43	106,359	21,667	0	1,963	41,033	5	34,967	0	Superado	0
Control10	1,167	26,729	1,496	103,873	17,233	0	4,892	92,367	12	34,233	0	Superado	0
Control11	2,167	26,626	0,404	87,661	20,667	0	3,615	73,933	7	32,6	1	Superado	0
Control12	1,8	18,954	0,579	72,612	28,433	0	1,265	29,3	1	31,933	0	Superado	0
Control13	2,4	33,991	-0,472	99,18	16,867	0	0,947	21,367	1	31,3	0	Superado	0
Control14	2,633	41,968	1,016	104,244	12,567	2	2,66	54,067	5	31,833	0	Superado	0
Control15	1	23,605	1,331	102,682	2,833	2	2,659	54,8	9	32,6	1	Superado	0
Control16	2,6	36,415	0,306	98,964	9,4	1	2,658	53,6	6	33,2	0	Superado	0
Experimental1	2,3	30,664	-0,661	92,872	20,5	0	0,952	19,6	2	29,633	0	Superado	0
Experimental2	1,367	30,475	-5,608	107,24	15,133	2	7,995	149,433	29	25,667	2	Superado	0
Experimental3	2,833	33,646	0,285	84,528	30,267	2	4,121	84,8	14	40,133	1	Superado	0
Experimental4	2,4	35,035	-1,476	102,135	31,267	0	2,787	56,3	3	32,333	1	Fallida	1
Experimental5	2,7	41,346	-0,282	103,43	16,967	0	1,517	29,433	4	30,533	0	Fallida	2
Experimental6	2,067	36,421	-7,355	115,68	0,033	4	1,898	55,9	12	29,967	4	Fallida	2
Experimental7	0,4	3,929	0,653	24,802	21,167	0	1,455	30,3	2	0	0	Superado	0
Experimental8	2,567	40,147	3,811	93,317	12,667	2	9,579	235	44	34,167	6	Fallida	1
Experimental9	0,6	9,812	-1,83	78,085	14,133	11	6,016	144,6	24	60,567	7	Fallida	1
Experimental10	2,733	44,661	-0,09	105,589	40,1	0	1,836	44,5	7	36,633	0	Superado	0

Tabla 1.2 Datos de las pruebas del grupo de control y grupo experimental

### 4.3.1 Análisis de la prueba de frenada

Se analiza la comparación de las medias de ambos grupos para los siguientes datos recogidos en los informes de la prueba de frenado: tiempo de frenado (s), distancia de frenado (m), desplazamiento lateral en el frenado (m) y la velocidad alcanzada al accionar el frenado (km/h).

#### 4.3.1.1 Análisis prueba de distancia del frenado

En un primer lugar, se observa en el gráfico Caja y Bigotes del grupo experimental dos valores que se podrían suponer valores atípicos. Dichos datos no son eliminados, ya que la supresión de dichos datos en una muestra de 10 datos podría generar una gran alteración en el análisis estadístico.

Gráfico Caja y Bigotes

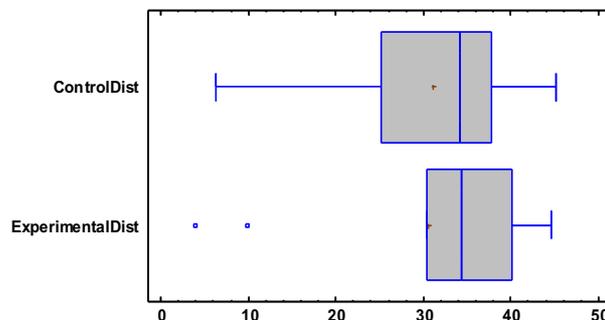


Figura 4.3 Gráfica de Caja y Bigotes de distancia de frenado

El resumen estadístico para las dos muestras de datos es:

### Resumen Estadístico

	<i>ControlDist</i>	<i>ExperimentalDist</i>
Recuento	16	10
Promedio	31,1888	30,6136
Desviación Estándar	9,90074	13,3777
Coefficiente de Variación	31,7445%	43,6986%
Mínimo	6,286	3,929
Máximo	45,224	44,661
Rango	38,938	40,732
Sesgo Estandarizado	-1,68849	-1,70889
Curtosis Estandarizada	1,02944	0,525992

Tabla 1.3 Datos de las pruebas del grupo de control y grupo experimental

Se analiza si la distribución de las muestras proviene de una distribución normal, por tanto se observa si los valores estadísticos del sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada se muestran dentro del rango -2 a +2. En este caso ambos valores se encuentran dentro del rango esperado.

El hecho de que provengan de una distribución normal se puede revalidar con el histograma de frecuencia de datos puesto que se aprecia una campana de gauss en el histograma.

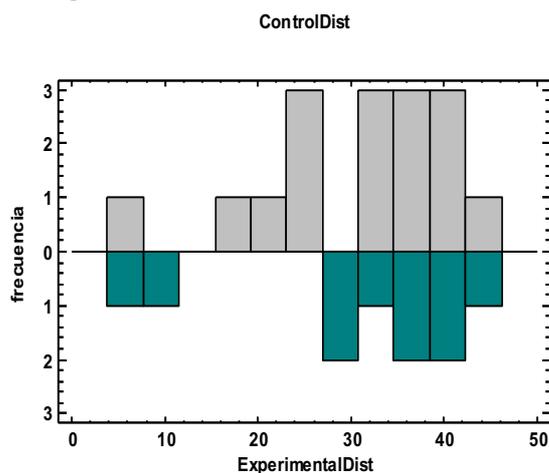


Figura 4.4 Histograma de frecuencias de distancia

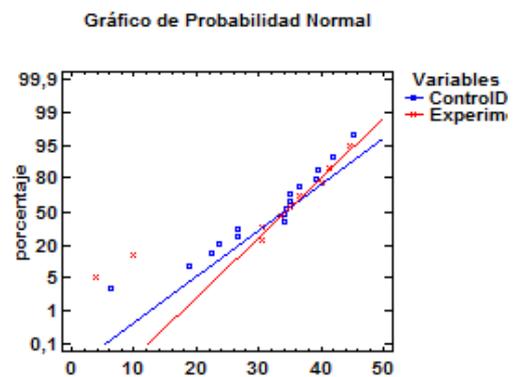


Figura 4.5 Gráfico de probabilidad normal

Se debe analizar si el modelo predictivo presenta homodasticidad, en ese caso las muestras serían paramétricas y se tomaría la prueba T-student para analizar si ambas muestras no presentan diferencias significativas.

### Comparación de Desviaciones Estándar

	<i>ControlDist</i>	<i>ExperimentalDist</i>
Desviación Estándar	9,90074	13,3777
Varianza	98,0247	178,963
Gl	15	9

Tabla 1.4 Datos de las pruebas del grupo de control y grupo experimental desviaciones

Razón de Varianzas= 0,547737

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula:  $\sigma_1 = \sigma_2$

Hipótesis Alt.:  $\sigma_1 \neq \sigma_2$

F = 0,547737 valor-P = 0,290873

No se rechaza la hipótesis nula para  $\alpha = 0,05$ .

La prueba-F para la evaluación de la desviación estándar, como el P-valor no es menor que 0,05 no se rechaza la hipótesis nula.

Por tanto, son muestras paramétricas y se realiza la prueba T-Student.

### Prueba t para comparar medias

Hipótesis nula:  $\mu_1 = \mu_2$

Hipótesis Alt.:  $\mu_1 \neq \mu_2$

suponiendo varianzas iguales:  $t = 0,125939$  valor-P = 0,90083

No se rechaza la hipótesis nula para  $\alpha = 0,05$ .

En la prueba T-student el P-valor no es menor que 0,05, no se rechaza la hipótesis nula, no hay diferencia significativa entre las dos medias.

#### 4.3.1.2 Análisis prueba tiempo en el frenado

Las gráficas de Caja y bigotes de ambas muestras no presentan ningún valor atípico.

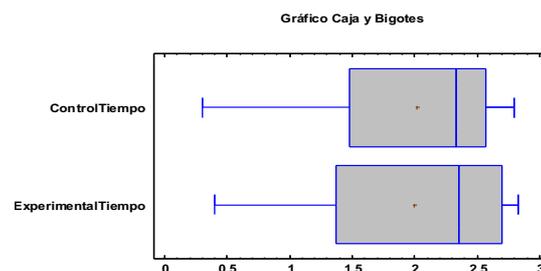


Figura 4.6 Gráfico caja y bigotes tiempo de frenada

El resumen estadístico para las dos muestras es:

### Resumen Estadístico

	<i>ControlTiempo</i>	<i>ExperimentalTiempo</i>
Recuento	16	10
Promedio	2,01875	1,9967
Desviación Estándar	0,751864	0,895528
Coefficiente de Variación	37,244%	44,8504%
Mínimo	0,3	0,4
Máximo	2,8	2,833
Rango	2,5	2,433
Sesgo Estandarizado	-1,92906	-1,35661
Curtosis Estandarizada	0,183173	-0,253272

Tabla 1.5 Datos de las pruebas del grupo de control y grupo experimental tiempo

Se analiza si la distribución de las muestras proviene de una distribución normal, por tanto se observa si los valores estadísticos del sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada se muestran dentro del rango -2 a +2. En este caso ambos valores se encuentran dentro del rango esperado.

El hecho de que provengan de una distribución normal se puede revalidar con el histograma de frecuencia de datos puesto que se aprecia una campana de gauss en el histograma.

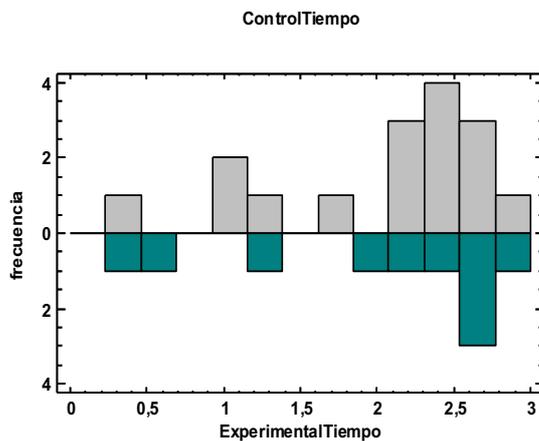


Figura 4.7 Histograma de frecuencias tiempo de frenado

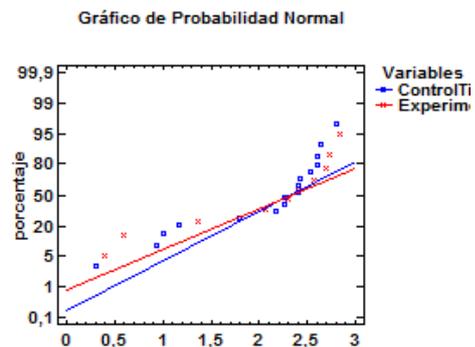


Figura 4.8 Gráfica de probabilidad normal tiempo de frenado

Se debe analizar si el modelo predictivo presenta homocedasticidad, en ese caso las muestras serían paramétricas y se tomaría la prueba T-student para analizar si ambas muestras no presentan diferencias significativas.

#### Comparación de Desviaciones Estándar

	<i>ControlTiempo</i>	<i>ExperimentalTiempo</i>
Desviación Estándar	0,751864	0,895528
Varianza	0,565299	0,801971
Gl	15	9

Tabla 1.6 Datos de las pruebas del grupo de control y grupo experimental desviaciones

Razón de Varianzas= 0,70488

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula:  $\sigma_1 = \sigma_2$

Hipótesis Alt.:  $\sigma_1 \neq \sigma_2$

F = 0,704888 valor-P = 0,527816

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0,05

La prueba-F para la evaluación de la desviación estándar, como el P-valor no es menor que 0,05 no se rechaza la hipótesis nula.

Por tanto, son muestras paramétricas y se realiza la prueba T-Student.

#### Prueba t para comparar medias

Hipótesis nula:  $\mu_1 = \mu_2$

Hipótesis Alt.:  $\mu_1 \neq \mu_2$

suponiendo varianzas iguales: t = 0,0676357 valor-P = 0,946636

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0,05.

En la prueba T-student el P-valor no es menor que 0,05, no se rechaza la hipótesis nula, no hay diferencia significativa entre las dos medias.

#### 4.3.1.3 Análisis prueba desplazamiento lateral en el frenado.

En el análisis de la prueba de desplazamiento lateral debido a que los datos obtenidos en el informe presentaban un intervalo de números negativos y positivos ya que se medía respecto del eje central de la carretera marcado por el 0. Se ha realizado el análisis con sus valores absolutos.

En esta prueba, la gráfica de caja y bigotes no presenta ningún valor atípico.

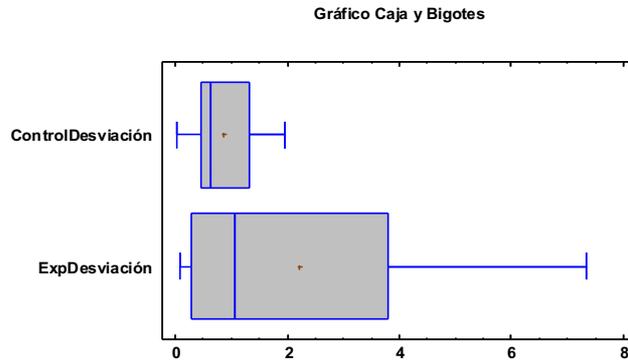


Figura 4.9 Gráfico caja y bigotes desplazamiento lateral de frenada

El resumen estadístico para las dos muestras es:

**Resumen Estadístico**

	<i>ControlDesviación</i>	<i>ExpDesviación</i>
Recuento	16	10
Promedio	0,874812	2,2051
Desviación Estándar	0,548978	2,53869
Coefficiente de Variación	62,7538%	115,128%
Mínimo	0,03	0,09
Máximo	1,956	7,355
Rango	1,926	7,265
Sesgo Estandarizado	0,679012	1,62864
Curtosis Estandarizada	-0,740509	0,262412

Tabla 1.7 Datos de las pruebas del grupo de control y grupo experimental desplazamiento

Se analiza si la distribución de las muestras proviene de una distribución normal, por tanto se observa si los valores estadísticos del sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada se muestran dentro del rango -2 a +2. En este caso ambos valores se encuentran dentro del rango esperado. Sigue una distribución normal.

El hecho de que provengan de una distribución normal se puede revalidar con el histograma de frecuencia de datos puesto que se aprecia una campana de gauss en el histograma.

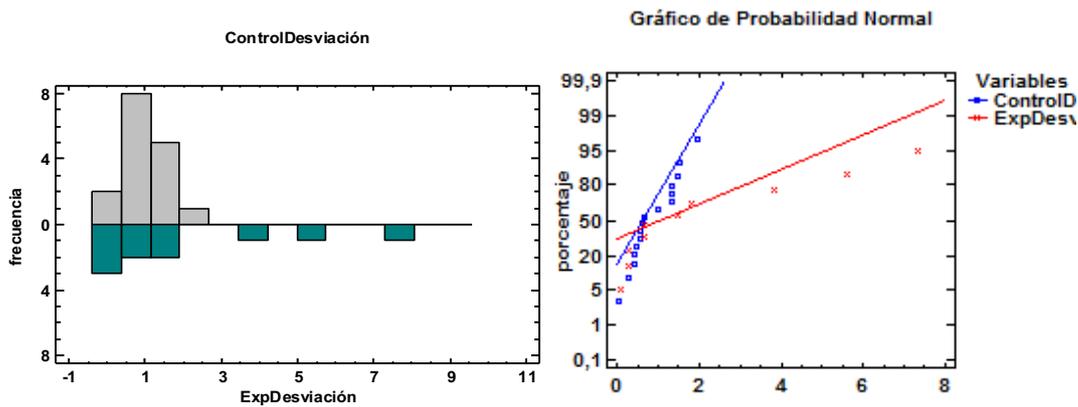


Figura 5.0 Histograma de frecuencias desplazamiento lateral de frenada

Figura 5.3 Gráfica de probabilidad normal desplazamiento lateral de frenada

Se debe analizar si el modelo predictivo presenta homocedasticidad, en ese caso las muestras serían paramétricas y se tomaría la prueba T-student para analizar si ambas muestras no presentan diferencias significativas.

#### Comparación de Desviaciones Estándar

	<i>ControlDesviación</i>	<i>ExpDesviación</i>
Desviación Estándar	0,548978	2,53869
Varianza	0,301377	6,44493
Gl	15	9

Tabla 1.8 Datos de las pruebas del grupo de control y grupo experimental desviación desplazamiento

Razón de Varianzas= 0,0467619

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula:  $\sigma_1 = \sigma_2$

Hipótesis Alt.:  $\sigma_1 \neq \sigma_2$

F = 0,0467619 valor-P = 0,00000107864

Se rechaza la hipótesis nula para  $\alpha = 0,05$ .

La prueba-F para la evaluación de la desviación estándar, como el P-valor es menor que 0,05 se rechaza la hipótesis nula a favor de la alterna.

Por tanto, no presenta homocedasticidad, esto determina que no son muestras paramétricas. La prueba a realizar para determinar si existen diferencias estadísticas significativas es la de U de Mann-Whitney, comparación de medianas.

### Comparación de Medianas

Mediana de muestra 1: 0,6325

Mediana de muestra 2: 1,0685

Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas

Hipótesis Nula: mediana1 = mediana2

Hipótesis Alt.: mediana1 <> mediana2

Rango Promedio de muestra 1: 12,4375

Rango Promedio de muestra 2: 15,2

W = 97,0 valor-P = 0,384422

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0,05.

Debido a que el valor-P es mayor o igual que 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas.

#### 4.3.1.4 Análisis prueba de velocidad en el frenado.

Se observa en el gráfico Caja y Bigotes del grupo experimental un valor es un valor atípicos, en el caso del grupo de control existen tres valores atípicos. Dichos datos no son eliminados, ya que la supresión de dichos datos en una muestra de 10 datos y de 16 datos podría generar una gran alteración en el análisis estadístico.

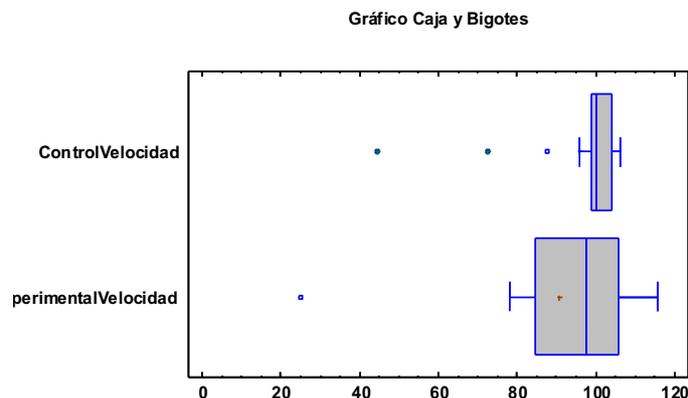


Figura 5.2 Gráfica de Caja y Bigotes de la velocidad de frenada

El resumen estadístico para las dos muestras es:

### Resumen Estadístico

	<i>ControlVelocidad</i>	<i>ExperimentalVelocidad</i>
Recuento	16	10
Promedio	95,6875	90,7678
Desviación Estándar	15,9752	25,7409
Coefficiente de Variación	16,6952%	28,3591%
Mínimo	44,434	24,802
Máximo	106,359	115,68
Rango	61,925	90,878
Sesgo Estandarizado	-4,35003	-2,76089
Curtosis Estandarizada	6,00327	3,46035

Tabla 1.9 Datos de las pruebas del grupo de control y grupo experimental velocidad

Se analiza si la distribución de las muestras proviene de una distribución normal, por tanto se observa si los valores estadísticos del sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada se muestran dentro del rango  $-2$  a  $+2$ . En este caso ambos valores no se encuentran dentro del rango esperado. No se puede determinar si sigue una distribución normal

Para verificar si sigue o no una distribución normal, se analiza el histograma de frecuencias y la gráfica de probabilidad normal.

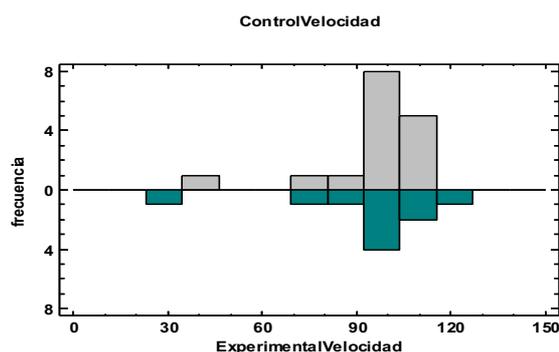


Figura 5.3 Histograma de frecuencias de la velocidad de frenada

Se aprecia en el histograma una campana de gauss en ambas muestras, independientemente de los valores atípicos. Por tanto sigue una distribución normal.

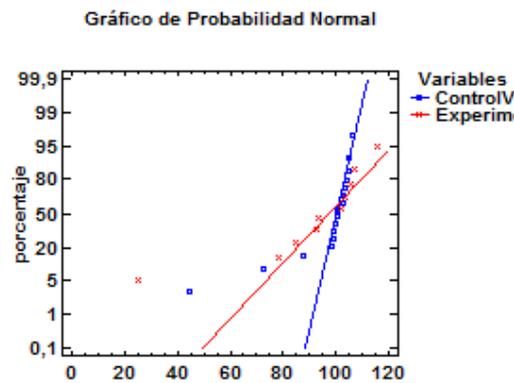


Figura 5.4 Gráfica probabilidad normal de la velocidad de frenada

Los datos caen aproximadamente a lo largo de la línea recta. La desviación de los valores con respecto a la línea de referencia indica que pueden provenir de una distribución normal.

Se debe analizar si el modelo predictivo presenta homocedasticidad, en ese caso las muestras serían paramétricas y se tomaría la prueba T-student para analizar si ambas muestras no presentan diferencias significativas.

#### Comparación de Desviaciones Estándar

	<i>ControlVelocidad</i>	<i>ExperimentalVelocidad</i>
Desviación Estándar	15,9752	25,7409
Varianza	255,206	662,596
Gl	15	9

Tabla 2.0 Datos de las pruebas del grupo de control y grupo experimental desviación velocidad

Razón de Varianzas= 0,385161

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula:  $\sigma_1 = \sigma_2$

Hipótesis Alt.:  $\sigma_1 \neq \sigma_2$

F = 0,385161 valor-P = 0,0988422

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0,05.

La prueba-F para la evaluación de la desviación estándar, como el P-valor no es menor que 0,05 no se rechaza la hipótesis nula.

Por tanto, son muestras paramétricas y se realiza la prueba T-Student.

#### Prueba t para comparar medias

Hipótesis nula:  $\mu_1 = \mu_2$

Hipótesis Alt.:  $\mu_1 \neq \mu_2$

suponiendo varianzas iguales: t = 0,604218 valor-P = 0,551368

No se rechaza la hipótesis nula para  $\alpha = 0,05$ .

En la prueba T-student el P-valor no es menor que 0,05, no se rechaza la hipótesis nula, no hay diferencia significativa entre las dos medias.

### 4.3.2 Análisis de la prueba de Slalom

Se analiza la comparación de las medias de ambos grupos para los siguientes datos recogidos en los informes de la prueba de frenado: tiempo de slalom (s) y el número de golpes de slalom.

#### 4.3.2.1 Análisis del tiempo de slalom

En esta prueba, la gráfica de caja y bigotes no presenta ningún valor atípico.

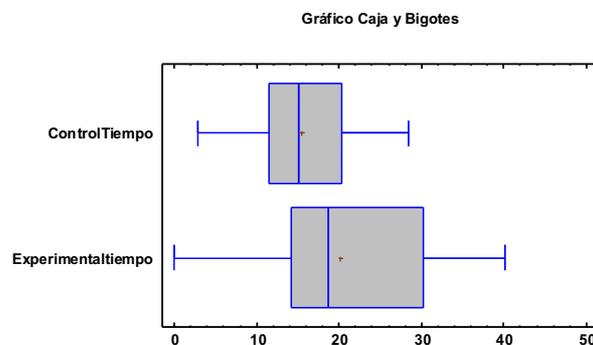


Figura 5.5 Gráfica caja y bigotes para tiempo de slalom

El resumen estadístico para las dos muestras es:

#### Resumen Estadístico

	<i>ControlTiempo</i>	<i>Experimentaltiempo</i>
Recuento	16	10
Promedio	15,5041	20,2234
Desviación Estándar	6,15477	11,3394
Coefficiente de Variación	39,6976%	56,0708%
Mínimo	2,833	0,033
Máximo	28,433	40,1
Rango	25,6	40,067
Sesgo Estandarizado	0,127936	0,142559
Curtosis Estandarizada	0,351837	0,20471

Tabla 2.1 Datos de las pruebas del grupo de control y grupo experimental tiempo slalom

Se analiza si la distribución de las muestras proviene de una distribución normal, por tanto se observa si los valores estadísticos del sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada se muestran dentro del rango -2 a +2. En este caso ambos valores se encuentran dentro del rango esperado. Sigue una distribución normal.

El hecho de que provengan de una distribución normal se puede revalidar con el histograma de frecuencia de datos puesto que se aprecia una campana de gauss en el histograma.

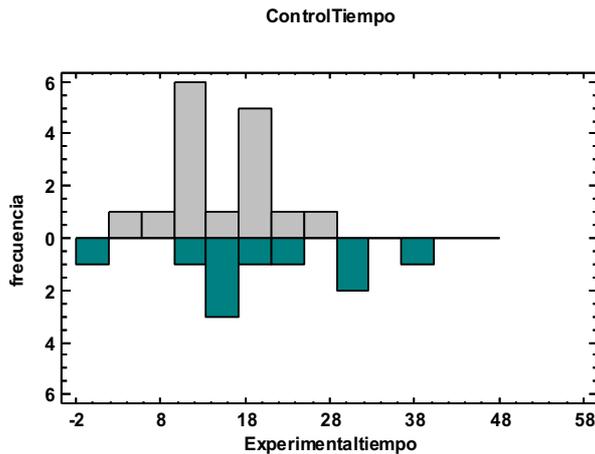


Figura 5.6 Histograma de frecuencias para tiempo de slalom

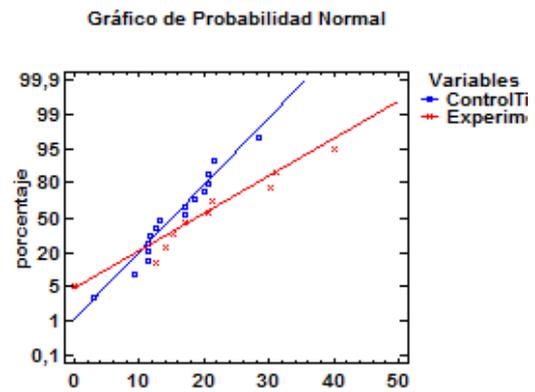


Figura 5.7 Gráfica de probabilidad normal para tiempo de slalom

Se debe analizar si el modelo predictivo presenta homodedasticidad, en ese caso las muestras serían paramétricas y se tomaría la prueba T-student para analizar si ambas muestras no presentan diferencias significativas.

### Comparación de Desviaciones Estándar

	<i>ControlTiempo</i>	<i>Experimentaltiempo</i>
Desviación Estándar	6,15477	11,3394
Varianza	37,8812	128,582
Gl	15	9

Tabla 2.2 Datos de las pruebas del grupo de control y grupo experimental desviación tiempo slalom

Razón de Varianzas= 0,294606

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula:  $\sigma_1 = \sigma_2$

Hipótesis Alt.:  $\sigma_1 \neq \sigma_2$

F = 0,294606 valor-P = 0,0358268

La prueba-F para la evaluación de la desviación estándar, como el P-valor es menor que 0,05 se rechaza la hipótesis nula a favor de la alterna.

Por tanto, no presenta homocedasticidad, esto determina que no son muestras paramétricas. La prueba a realizar para determinar si existen diferencias estadísticas significativas es la de U de Mann-Whitney, comparación de medianas.

### Comparación de Medianas

Mediana de muestra 1: 15,0835

Mediana de muestra 2: 18,7335

Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas

Hipótesis Nula: mediana1 = mediana2

Hipótesis Alt.: mediana1  $\neq$  mediana2

Rango Promedio de muestra 1: 11,875

Rango Promedio de muestra 2: 16,1

W = 106,0 valor-P = 0,178884

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0,05.

Debido a que el valor-P es mayor o igual que 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas.

### 4.3.2.2 Análisis del número de golpes de slalom

Se observa en el gráfico Caja y Bigotes del grupo experimental un valor atípico.

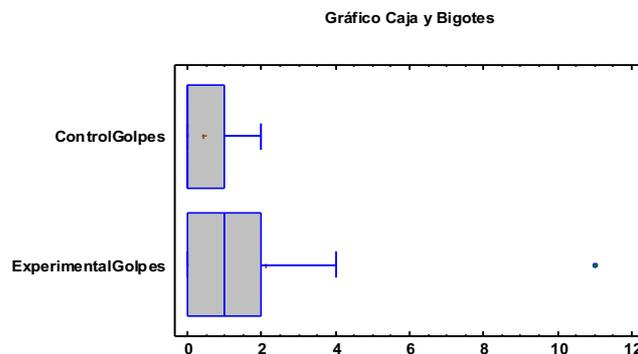


Figura 5.8 Gráfica de caja y bigotes para número de golpes de slalom

El resumen estadístico de las dos muestra es:

**Resumen Estadístico**

	<i>Controlgolpes</i>	<i>Experimentalgolpes</i>
Recuento	16	10
Promedio	0,4375	2,1
Desviación Estándar	0,727438	3,41402
Coeficiente de Variación	66,272%	162,573%
Mínimo	0	0
Máximo	2	11
Rango	2	11
Sesgo Estandarizado	2,34081	2,99884
Curtosis Estandarizada	0,639384	3,81991

Tabla 2.3 Datos de las pruebas del grupo de control y grupo experimental golpes slalom

Se analiza si la distribución de las muestras proviene de una distribución normal, se observa si los valores estadísticos del sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada se muestran dentro del rango -2 a +2. En este caso ambos valores no se encuentran dentro del rango esperado. No se puede determinar si sigue una distribución normal

Para verificar si sigue o no una distribución normal, se analiza el histograma de frecuencias y la gráfica de probabilidad normal.

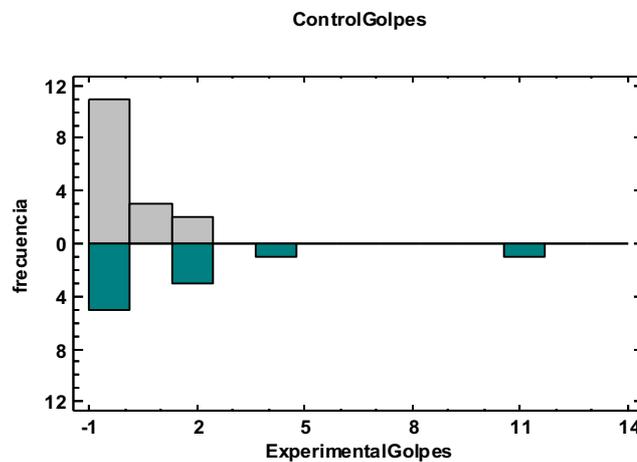


Figura 5.9 Histograma de frecuencias para número de golpes de slalom

Se aprecia en el histograma que no sigue una campana de gauss.

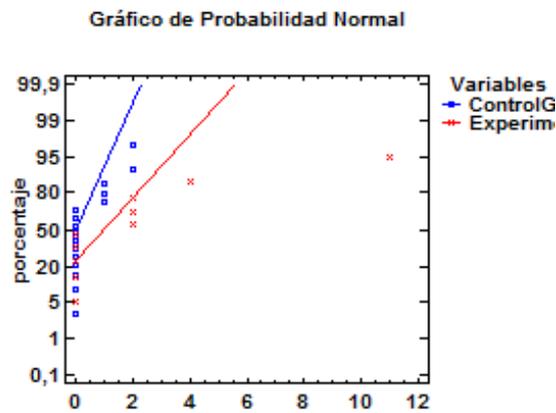


Figura 6.0 Gráfico de probabilidad normal para número de golpes de slalom

Los datos no caen aproximadamente a lo largo de la línea recta. No se puede concluir que sigue una distribución normal.

Por tanto la muestra es no paramétrica. Se utiliza la prueba de U de Mann-Whitney, comparación de medianas.

#### Comparación de Medianas

Mediana de muestra 1: 0

Mediana de muestra 2: 1,0

Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas

Hipótesis Nula: mediana1 = mediana2

Hipótesis Alt.: mediana1 <> mediana2

Rango Promedio de muestra 1: 11,9688

Rango Promedio de muestra 2: 15,95

W = 104,5 valor-P = 0,146611

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0,05.

Debido a que el valor-P es mayor o igual que 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas.

#### 4.3.3 Análisis de Radio constante

Se analiza la comparación de las medias de ambos grupos para los siguientes datos recogidos en los informes de la prueba de radio constante: número de vueltas, tiempo (s) y número de salidas de curva.

### 4.3.3.1 Análisis del número de vueltas de radio constante

Se observa en el gráfico Caja y Bigotes del grupo control un valor atípico. Dicho dato no es eliminado, ya que la supresión de datos en una muestra de 16 datos podría generar una gran alteración en el análisis estadístico.

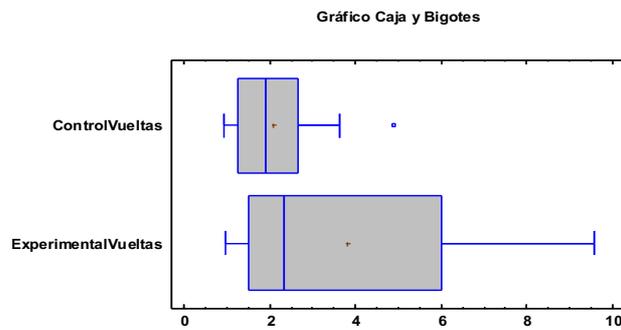


Figura 6.1 Gráfico Caja y bigotes para número de vueltas de radio constante

El resumen estadístico de las dos muestras es:

#### Resumen Estadístico

	<i>Control Vueltas</i>	<i>ExperimentalVueltas</i>
Recuento	16	10
Promedio	2,09081	3,8156
Desviación Estándar	1,03719	3,04283
Coeficiente de Variación	49,6069%	79,7471%
Mínimo	0,947	0,952
Máximo	4,892	9,579
Rango	3,945	8,627
Sesgo Estandarizado	2,37366	1,33938
Curtosis Estandarizada	2,03902	-0,191063

Tabla 2.4 Datos de las pruebas del grupo de control y grupo experimental vueltas rotonda

Se analiza si la distribución de las muestras proviene de una distribución normal, por tanto se observa si los valores estadísticos del sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada se muestran dentro del rango  $-2$  a  $+2$ . En este caso la muestra del grupo de control no se encuentra dentro del rango esperado. No se puede determinar si sigue una distribución normal

Para verificar si sigue o no una distribución normal, se analiza el histograma de frecuencias y la gráfica de probabilidad normal.

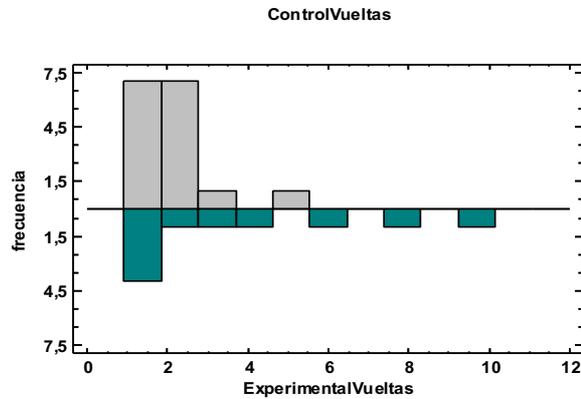


Figura 6.2 Histograma de frecuencias del nº de vueltas de la prueba radio constante

Se aprecia en el histograma la campana de gauss en el grupo de control.

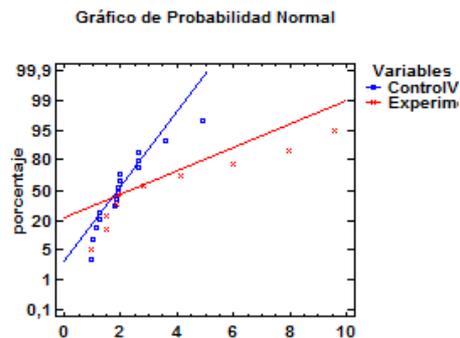


Figura 6.3 Gráfico de probabilidad normal del nº de vueltas de la prueba radio constante

Los datos caen aproximadamente a lo largo de la línea recta en el grupo de control. La desviación de los valores con respecto a la línea de referencia indica que pueden provenir de una distribución normal, aunque no se puede asegurar.

Se debe analizar si el modelo predictivo presenta homocedasticidad, en ese caso las muestras serían paramétricas y se tomaría la prueba T-student para analizar si ambas muestras no presentan diferencias significativas.

### Comparación de Desviaciones Estándar

	<i>ControlVueltas</i>	<i>ExperimentalVueltas</i>
Desviación Estándar	1,03719	3,04283
Varianza	1,07576	9,25882
Gl	15	9

Tabla 2.5 Datos de las pruebas del grupo de control y grupo experimental vueltas rotonda

Razón de Varianzas= 0,116187

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula:  $\sigma_1 = \sigma_2$

Hipótesis Alt.:  $\sigma_1 \neq \sigma_2$

F = 0,116187 valor-P = 0,000339836

La prueba-F para la evaluación de la desviación estándar, como el P-valor es menor que 0,05 se rechaza la hipótesis nula a favor de la alterna.

Por tanto, no presenta homocedasticidad, esto determina que no son muestras paramétricas. La prueba a realizar para determinar si existen diferencias estadísticas significativas es la de U de Mann-Whitney, comparación de medianas.

### Comparación de Medianas

Mediana de muestra 1: 1,903

Mediana de muestra 2: 2,3425

Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas

Hipótesis Nula:  $mediana_1 = mediana_2$

Hipótesis Alt.:  $mediana_1 \neq mediana_2$

Rango Promedio de muestra 1: 12,125

Rango Promedio de muestra 2: 15,7

W = 102,0 valor-P = 0,257069

No se rechaza la hipótesis nula para  $\alpha = 0,05$ .

Debido a que el valor-P es mayor o igual que 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas.

### 4.3.3.2 Análisis del tiempo de radio constante

No se observa ningún valor atípico en ninguna de las dos muestras.

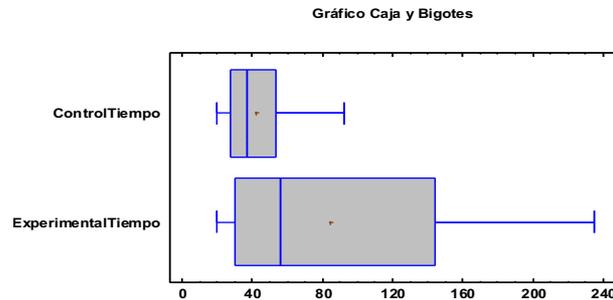


Figura 6.4 Gráfico Caja y bigotes para número de tiempo de radio constante

El resumen estadístico de las dos muestras es:

#### Resumen Estadístico

	<i>ControlTiempo</i>	<i>ExperimentalTiempo</i>
Recuento	16	10
Promedio	42,4229	84,9866
Desviación Estándar	19,8183	69,8184
Coefficiente de Variación	46,716%	82,1523%
Mínimo	20,067	19,6
Máximo	92,367	235,0
Rango	72,3	215,4
Sesgo Estandarizado	1,96765	1,64707
Curtosis Estandarizada	1,20397	0,620814

Tabla 2.6 Datos de las pruebas del grupo de control y grupo experimental tiempo rotonda

Se analiza si la distribución de las muestras proviene de una distribución normal, por tanto se observa si los valores estadísticos del sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada se muestran dentro del rango -2 a +2. En este caso ambos valores se encuentran dentro del rango esperado. Sigue una distribución normal.

El hecho de que provengan de una distribución normal se puede revalidar con el histograma de frecuencia de datos puesto que se aprecia una campana de gauss en el histograma.

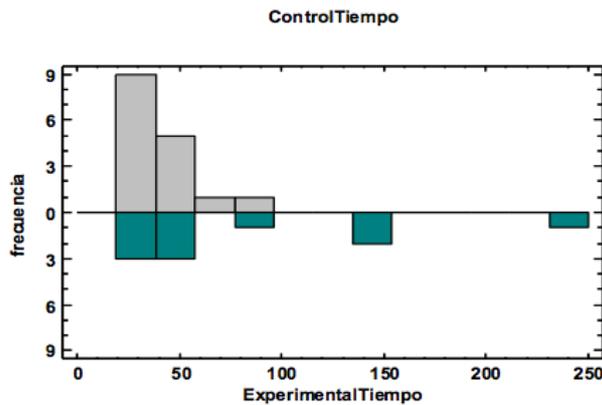


Figura 6.5 Histograma de frecuencias tiempo de radio constante

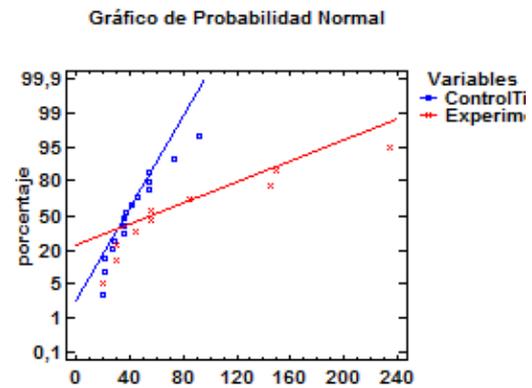


Figura 6.6 Gráfico de probabilidad normal tiempo de radio constante

Se debe analizar si el modelo predictivo presenta homocedasticidad, en ese caso las muestras serían paramétricas y se tomaría la prueba T-student para analizar si ambas muestras no presentan diferencias significativas.

### Comparación de Desviaciones Estándar

	<i>ControlTiempo</i>	<i>ExperimentalTiempo</i>
Desviación Estándar	19,8183	69,8184
Varianza	392,765	4874,61
Gl	15	9

Tabla 2.7 Datos de las pruebas del grupo de control y grupo experimental desviación tiempo rotonda

Razón de Varianzas= 0,0805735

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula:  $\sigma_1 = \sigma_2$

Hipótesis Alt.:  $\sigma_1 \neq \sigma_2$

F = 0,0805735 valor-P = 0,0000373154

Se rechaza la hipótesis nula para  $\alpha = 0,05$ .

La prueba-F para la evaluación de la desviación estándar, como el P-valor es menor que 0,05 se rechaza la hipótesis nula a favor de la alterna.

Por tanto, no presenta homocedasticidad, esto determina que no son muestras paramétricas. La prueba a realizar para determinar si existen diferencias estadísticas significativas es la de U de Mann-Whitney, comparación de medianas.

### Comparación de Medianas

Mediana de muestra 1: 36,9335

Mediana de muestra 2: 56,1

Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas

Hipótesis Nula:  $mediana_1 = mediana_2$

Hipótesis Alt.:  $mediana_1 <> mediana_2$

Rango Promedio de muestra 1: 11,5625

Rango Promedio de muestra 2: 16,6

$W = 111,0$  valor-P = 0,107886

No se rechaza la hipótesis nula para  $\alpha = 0,05$ .

Debido a que el valor-P es mayor o igual que 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas.

#### 4.3.3.2 Análisis del número de salidas de radio constante

No se observa ningún valor atípico en ninguna de las dos muestras.

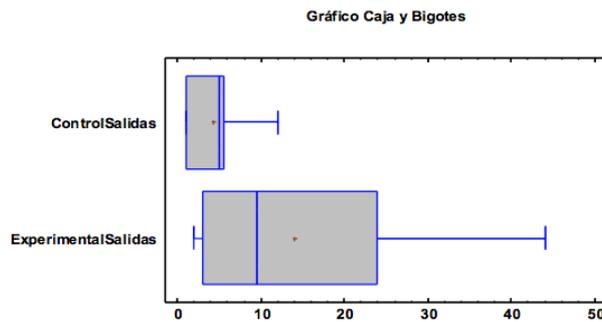


Figura 6.7 Gráfico de Caja y bigotes salidas de radio constante

El resumen estadístico de las dos muestras es:

#### Resumen Estadístico

	<i>ControlSalidas</i>	<i>ExperimentalSalidas</i>
Recuento	16	10
Promedio	4,375	14,1
Desviación Estándar	3,18067	14,0906
Coeficiente de Variación	72,701%	99,9332%
Mínimo	1,0	2,0
Máximo	12,0	44,0
Rango	11,0	42,0
Sesgo Estandarizado	1,4246	1,58314
Curtosis Estandarizada	0,587553	0,519744

Tabla 2.8 Datos de las pruebas del grupo de control y grupo experimental salidas rotonda

Se analiza si la distribución de las muestras proviene de una distribución normal, por tanto se observa si los valores estadísticos del sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada se muestran dentro del rango  $-2$  a  $+2$ . En este caso ambos valores se encuentran dentro del rango esperado. Sigue una distribución normal.

El hecho de que provengan de una distribución normal se puede revalidar con el histograma de frecuencia de datos puesto que se aprecia una campana de gauss en el histograma.

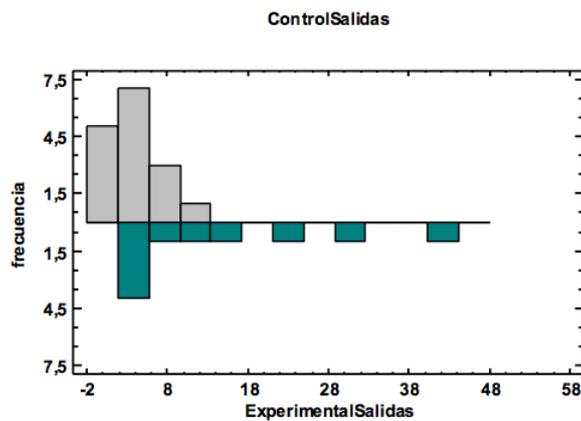


Figura 6.8 Histograma de frecuencias salidas de radio constante

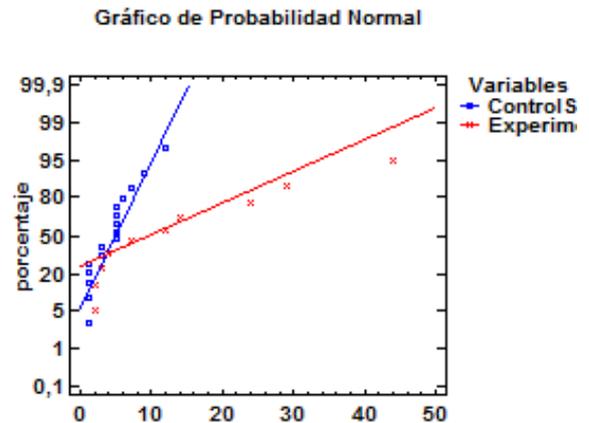


Figura 6.9 Gráfico de probabilidad normal salidas de radio constante

Se debe analizar si el modelo predictivo presenta homodedasticidad, en ese caso las muestras serían paramétricas y se tomaría la prueba T-student para analizar si ambas muestras no presentan diferencias significativas.

### Comparación de Desviaciones Estándar

	<i>ControlSalidas</i>	<i>ExperimentalSalidas</i>
Desviación Estándar	3,18067	14,0906
Varianza	10,1167	198,544
Gl	15	9

Tabla 2.9 Datos de las pruebas del grupo de control y grupo experimental desviación salidas rotonda

Razón de Varianzas= 0,0509542

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula:  $\sigma_1 = \sigma_2$

Hipótesis Alt.:  $\sigma_1 <> \sigma_2$

F = 0,0509542 valor-P = 0,00000191835

Se rechaza la hipótesis nula para  $\alpha = 0,05$ .

La prueba-F para la evaluación de la desviación estándar, como el P-valor es menor que 0,05 se rechaza la hipótesis nula a favor de la alterna.

Por tanto, no presenta homocedasticidad, esto determina que no son muestras paramétricas. La prueba a realizar para determinar si existen diferencias estadísticas significativas es la de U de Mann-Whitney, comparación de medianas.

### Comparación de Medianas

Mediana de muestra 1: 5,0

Mediana de muestra 2: 9,5

Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas

Hipótesis Nula: mediana1 = mediana2

Hipótesis Alt.: mediana1  $\neq$  mediana2

Rango Promedio de muestra 1: 11,25

Rango Promedio de muestra 2: 17,1

W = 116,0 valor-P = 0,0592636

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0,05.

Debido a que el valor-P es mayor o igual que 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas.

### 4.3.4 Análisis de Radio creciente

Se analiza la comparación de las medias de ambos grupos para los siguientes datos recogidos en los informes de la prueba de radio constante: tiempo (s) y número de salidas de curva

#### 4.3.4.1 Análisis del tiempo de radio creciente

Se observa en el gráfico Caja y Bigotes del grupo control un valor atípico y otro en el grupo experimental. Dichos datos no son eliminados, ya que la supresión de datos en una muestra de 16 y de 10 podría generar una gran alteración en el análisis estadístico.

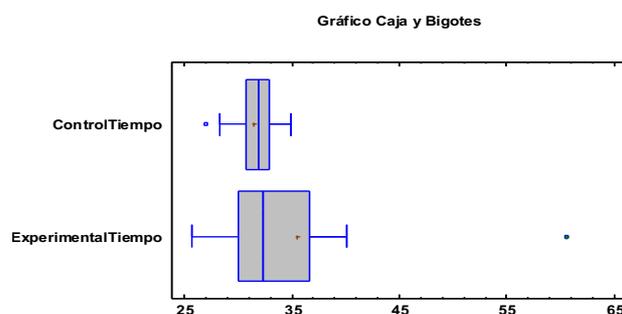


Figura 7.0 Gráfico de caja y bigotes tiempo de radio creciente

El resumen estadístico de las dos muestras es:

### Resumen Estadístico

	<i>ControlTiempo</i>	<i>ExperimentalTiempo</i>
Recuento	16	9
Promedio	31,5019	35,5148
Desviación Estándar	2,18139	10,3035
Coefficiente de Variación	6,92464%	29,012%
Mínimo	26,933	25,667
Máximo	34,967	60,567
Rango	8,034	34,9
Sesgo Estandarizado	-1,02832	2,57961
Curtosis Estandarizada	0,0564701	3,11851

Tabla 3.0 Datos de las pruebas del grupo de control y grupo experimental tiempo rotonda

Se analiza si la distribución de las muestras proviene de una distribución normal, por tanto se observa si los valores estadísticos del sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada se muestran dentro del rango  $-2$  a  $+2$ . En este caso la muestra del grupo experimental no se encuentra dentro del rango esperado. No se puede determinar si sigue una distribución normal

Para verificar si sigue o no una distribución normal, se analiza el histograma de frecuencias y la gráfica de probabilidad normal.

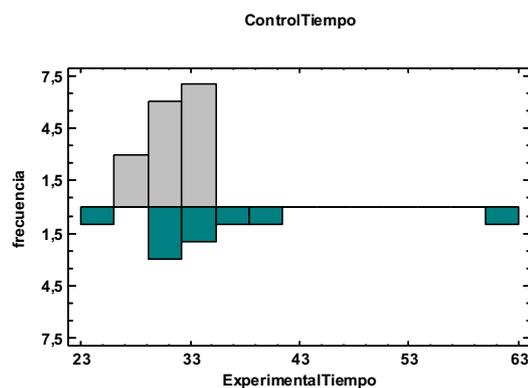


Figura 7.1 Histograma de frecuencias tiempo de radio creciente

Se aprecia en el histograma la campana de gauss en el grupo experimental.

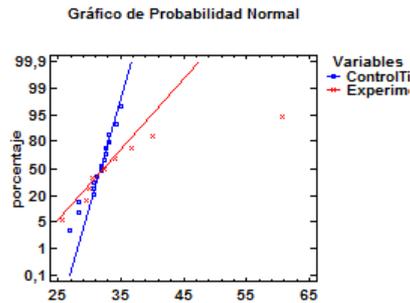


Figura 7.2 Grafico de probabilidad normal tiempo de radio creciente

Los datos caen aproximadamente a lo largo de la línea recta en el grupo experimental. La desviación de los valores con respecto a la línea de referencia indica que pueden provenir de una distribución normal.

Se debe analizar si el modelo predictivo presenta homocedasticidad, en ese caso las muestras serían paramétricas y se tomaría la prueba T-student para analizar si ambas muestras no presentan diferencias significativas.

### Comparación de Desviaciones Estándar

	<i>Controltiempos</i>	<i>Experimentaltiempo</i>
Desviación Estándar	0,341565	2,64365
Varianza	0,116667	6,98889
Gl	15	9

Tabla 3.1 Datos de las pruebas del grupo de control y grupo experimental tiempo desviación redonda

Razón de Varianzas= 0,0166932

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula:  $\sigma_1 = \sigma_2$

Hipótesis Alt.:  $\sigma_1 \neq \sigma_2$

F = 0,0166932 valor-P = **7,87298E-10**

Se rechaza la hipótesis nula para  $\alpha = 0,05$ .

La prueba-F para la evaluación de la desviación estándar, como el P-valor es menor que 0,05 se rechaza la hipótesis nula a favor de la alterna.

Por tanto, no presenta homocedasticidad, esto determina que no son muestras paramétricas. La prueba a realizar para determinar si existen diferencias estadísticas significativas es la de U de Mann-Whitney, comparación de medianas.

### Comparación de Medianas

Mediana de muestra 1: 31,883

Mediana de muestra 2: 32,333

Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas

Hipótesis Nula: mediana1 = mediana2

Hipótesis Alt.: mediana1 <> mediana2

Rango Promedio de muestra 1: 12,5

Rango Promedio de muestra 2: 13,8889

W = 80,0 valor-P = 0,670824

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0,05.

Debido a que el valor-P es mayor o igual que 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas.

#### 4.3.4.2 Análisis del control de salidas radio creciente

Se observa un valor atípico en el grupo de control.

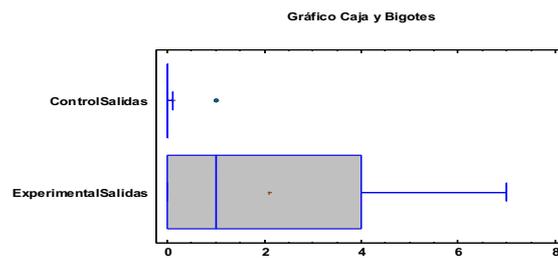


Figura 7.3 Gráfico de Caja y Bigotes de salidas de radio creciente

El resumen estadístico de las dos muestras es:

#### Resumen Estadístico

	<i>ControlSalidas</i>	<i>ExperimentalSalidas</i>
Recuento	16	10
Promedio	0,125	2,1
Desviación Estándar	0,341565	2,64365
Coefficiente de Variación	273,252%	125,888%
Mínimo	0	0
Máximo	1,0	7,0
Rango	1,0	7,0
Sesgo Estandarizado	4,09793	1,39863
Curtosis Estandarizada	3,99917	-0,200579

Tabla 3.2 Datos de las pruebas del grupo de control y grupo experimental salidas redonda

Se analiza si la distribución de las muestras proviene de una distribución normal, por tanto se observa si los valores estadísticos del sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada se muestran dentro del rango -2 a +2. En este caso la muestra del grupo de control no se encuentra dentro del rango esperado. No se puede determinar si sigue una distribución normal

Para verificar si sigue o no una distribución normal, se analiza el histograma de frecuencias y la gráfica de probabilidad normal.

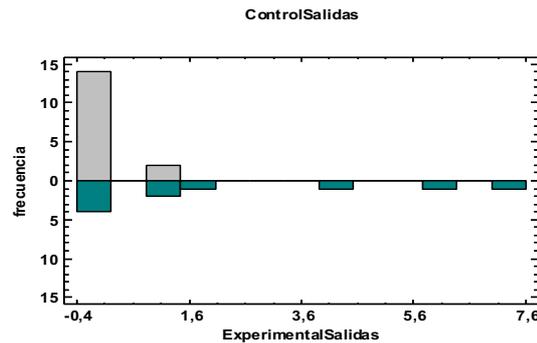


Figura 7.4 Histograma de frecuencias de salidas de radio creciente

No se puede determinar si en el histograma la campana de gauss en el grupo experimental.

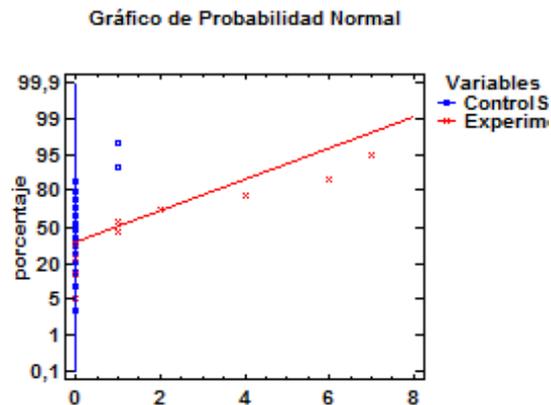


Figura 7.5 Gráfico de probabilidad normal de salidas de radio creciente

Los datos caen aproximadamente a lo largo de la línea recta en el grupo de control. La desviación de los valores con respecto a la línea de referencia indica que pueden provenir de una distribución normal.

Se debe analizar si el modelo predictivo presenta homocedasticidad, en ese caso las muestras serían paramétricas y se tomaría la prueba T-student para analizar si ambas muestras no presentan diferencias significativas.

### Comparación de Desviaciones Estándar

	<i>ControlSalidas</i>	<i>ExperimentalSalidas</i>
Desviación Estándar	0,341565	2,64365
Varianza	0,116667	6,98889
Gl	15	9

Tabla 3.3 Datos de las pruebas del grupo de control y grupo experimental desviación salidas rotonda

Razón de Varianzas= 0,0166932

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula:  $\sigma_1 = \sigma_2$

Hipótesis Alt.:  $\sigma_1 \neq \sigma_2$

F = 0,0166932 valor-P = **7,87298E-10**

Se rechaza la hipótesis nula para  $\alpha = 0,05$ .

La prueba-F para la evaluación de la desviación estándar, como el P-valor es menor que 0,05 se rechaza la hipótesis nula a favor de la alterna.

Por tanto, no presenta homocedasticidad, esto determina que no son muestras paramétricas. La prueba a realizar para determinar si existen diferencias estadísticas significativas es la de U de Mann-Whitney, comparación de medianas.

### Comparación de Medianas

Mediana de muestra 1: 0

Mediana de muestra 2: 1,0

Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas

Hipótesis Nula:  $mediana_1 = mediana_2$

Hipótesis Alt.:  $mediana_1 \neq mediana_2$

Rango Promedio de muestra 1: 10,875

Rango Promedio de muestra 2: 17,7

W = 122,0 valor-P = 0,00732794

Se rechaza la hipótesis nula para  $\alpha = 0,05$ .

Debido a que el valor-P es menor que 0,05, si hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas.

### 4.3.5 Análisis de prueba de estacionamiento

Se analiza la comparación de las medias de ambos grupos para los siguientes datos recogidos en los informes de la prueba de radio constante: número de colisiones.

#### 4.3.5.1 Análisis del número de colisiones

Se observa que hay un valor atípico en la caja y bigotes del grupo de control.

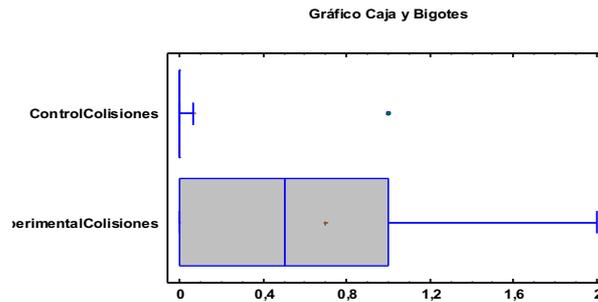


Figura 7.6 Gráfico de Caja y Bigotes de colisiones estacionamiento

El resumen estadístico de las dos muestras es:

#### Resumen Estadístico

	<i>ControlColisiones</i>	<i>ExperimentalColisiones</i>
Recuento	16	10
Promedio	0,0625	0,7
Desviación Estándar	0,25	0,823273
Coeficiente de Variación	400,0%	117,61%
Mínimo	0	0
Máximo	1,0	2,0
Rango	1,0	2,0
Sesgo Estandarizado	6,53197	0,88689
Curtosis Estandarizada	13,0639	-0,673575

Tabla 3.4 Datos de las pruebas del grupo de control y grupo experimental colisiones estacionamiento

Se analiza si la distribución de las muestras proviene de una distribución normal, por tanto se observa si los valores estadísticos del sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada se muestran dentro del rango -2 a +2. En este caso la muestra del grupo de control no se encuentra dentro del rango esperado. No se puede determinar si sigue una distribución normal.

Para verificar si sigue o no una distribución normal, se analiza el histograma de frecuencias y la gráfica de probabilidad normal.

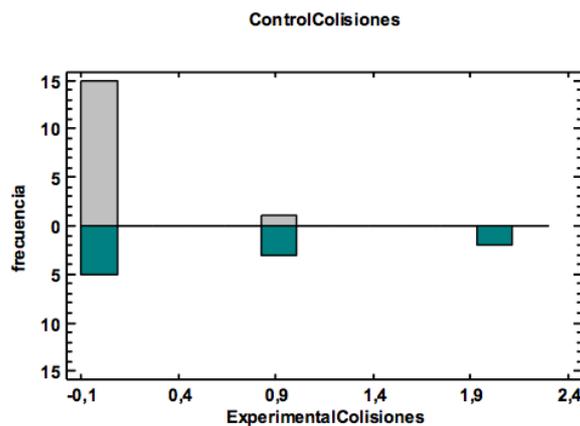


Figura 7.7 Histograma de frecuencias de colisiones estacionamiento

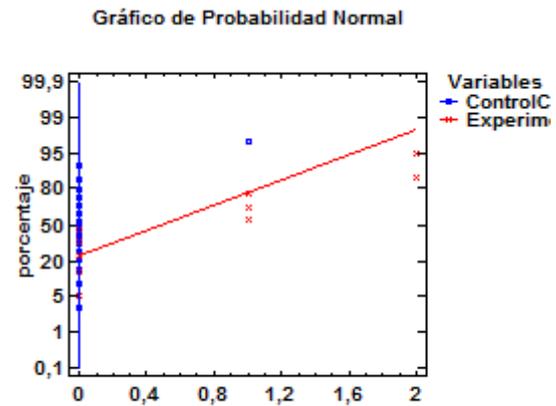


Figura 7.8 Gráfico de probabilidad normal de colisiones estacionamiento

Los datos caen aproximadamente a lo largo de la línea recta en el grupo de control. La desviación de los valores con respecto a la línea de referencia indica que pueden provenir de una distribución normal.

Se debe analizar si el modelo predictivo presenta homocedasticidad, en ese caso las muestras serían paramétricas y se tomaría la prueba T-student para analizar si ambas muestras no presentan diferencias significativas

### Comparación de Desviaciones Estándar

	<i>ControlColisiones</i>	<i>ExperimentalColisiones</i>
Desviación Estándar	0,25	0,823273
Varianza	0,0625	0,677778
Gl	15	9

Tabla 3.5 Datos de las pruebas del grupo de control y grupo experimental desviació salidas rotonda

Razón de Varianzas= 0,0922131

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula:  $\sigma_1 = \sigma_2$

Hipótesis Alt.:  $\sigma_1 \neq \sigma_2$

F = 0,0922131 valor-P = 0,0000858816

Se rechaza la hipótesis nula para  $\alpha = 0,05$ .

La prueba-F para la evaluación de la desviación estándar, como el P-valor es menor que 0,05 se rechaza la hipótesis nula a favor de la alterna.

Por tanto, no presenta homocedasticidad, esto determina que no son muestras paramétricas. La prueba a realizar para determinar si existen diferencias estadísticas significativas es la de U de Mann-Whitney, comparación de medianas.

### Comparación de Medianas

Mediana de muestra 1: 0

Mediana de muestra 2: 0,5

Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas

Hipótesis Nula: mediana1 = mediana2

Hipótesis Alt.: mediana1 <> mediana2

Rango Promedio de muestra 1: 11,25

Rango Promedio de muestra 2: 17,1

W = 116,0 valor-P = 0,011006

Se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0,05.

Debido a que el valor-P es menor que 0,05, si hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas.

En esta misma prueba, el éxito se obtenía si el usuario al realizarla no producía ningún golpe. La proporción de éxito en ambos grupos es:

#### GRUPO DE CONTROL

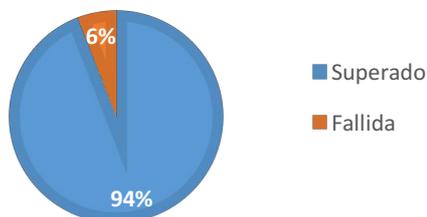


Figura 7.9 Gráfico porcentaje de los grupos

#### GRUPO EXPERIMENTAL

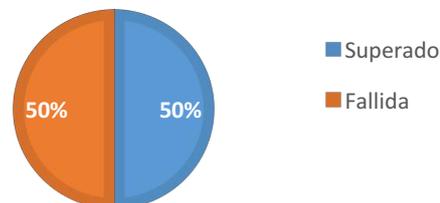


Figura 8.0 Gráfico porcentaje de los grupos

Observamos que si hay diferencia en el porcentaje de éxito entre ambos grupos, este se encuentra directamente relacionado con el número de golpes. De la muestra de control de 16 solo 1 tiene un resultado fallido, en cambio, en el grupo experimental es la mitad de la muestra de 10, 5 su resultado es fallido.

#### 4.4 Discusión de análisis de las pruebas de los simuladores

El resumen del análisis estadístico del simulador entre los dos grupos es :

PRUEBA	TIPO DE PRUEBA	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE MEDIAS
FRENADO	DISTANCIA	IGUAL
	TIEMPO	IGUAL
	DESPLAZAMIENTO LATERAL	IGUAL
	VELOCIDAD	IGUAL
SLALOM	TIEMPO	IGUAL
	Nº GOLPES	IGUAL
RADIO CONSTANTE	VUELTAS	IGUAL
	TIEMPO	IGUAL
	SALIDAS	IGUAL
RADIO CRECIENTE	TIEMPO	IGUAL
	SALIDAS	NO IGUAL
ESTACIONAMIENTO	COLISIONES	NO IGUAL

Tabla 3.6 Tabulación de los resultados de las pruebas realizadas en el simulador

En el análisis estadístico de las pruebas realizadas en el apartado 4.3, cuyos resultados han sido recogidos en la tabla anterior, determina que no existe diferencia significativa entre las medias de ambos grupos en la realización de las pruebas en el simulador FIAT. Solamente 2 pruebas de 12 difieren.

En la prueba de frenado la dificultad residía en mantenerse en una dirección fija y reaccionar ante la señal de frenado. Ambos grupos se han comportado igual en cada una de las mediciones obtenidas. Existiendo en cada uno de ellos valores atípicos provocados por usuarios que no realizaron las pruebas con los valores previstos, pero si lograron acabarla.

El movimiento zigzagueante de la prueba de Slalom permitió medir su capacidad para realizar cambios de dirección rápidos mientras el usuario conducía por un carril. Aunque la prueba dejaba de contar en el primer contacto, en ambos grupos han ocurrido casos similares, donde una pequeña parte de cada grupo sí que realizó golpes, también se debe tener en cuenta que para el grupo experimental esta prueba supone un gran esfuerzo tanto físico como de concentración, ya que algunos poseen una movilidad más reducida, aun así no existe diferencia significativa entre ambos grupos. Se puede suponer que en los cambios de dirección un usuario utilizando el mando joystick lo puede realizar correctamente independientemente del grupo al que pertenezca, por tanto puede estar el éxito ligado a la experiencia del uso del mando joystick.

En la prueba de Rotonda creciente se ha eliminado del análisis a un usuario del grupo experimental debido a que los datos recogidos de la prueba eran de valor 0 puesto que no logró realizar correctamente la prueba. Se destaca el resultado de la prueba de

salidas de radio creciente que determina que sus medias son diferentes, a pesar de que es una de las pruebas menos complejas. Sin embargo, la media de los resultados en las salidas de radio constante es igual, tratándose esta de una de las pruebas más complejas, debido a la dificultad de mantener un radio de giro a una velocidad constante y de la carga de estrés motivada por la repetición consecutiva de la prueba hasta realizar una vuelta cumpliendo los requisitos. Por tanto, se puede suponer de esta diferencia que la desigualdad en la prueba de radio creciente puede estar motivada por dos factores: la carga mental residual derivada de la prueba anterior, puesto que ambas pruebas se parecen, o debido al mando de uso joystick suponiendo que la apertura del radio de giro a una velocidad de referencia realizado con el mando joystick ha sido complejo.

Por otro lado, la desigualdad en la prueba de estacionamiento se puede deber al uso del joystick ya que requiere de movimientos precisos tanto en direccionamiento como en accionar el freno o el acelerador. Uno de los factores que ha podido determinar la diferencia entre ambos grupos es el rango de edad, y este hecho puede estar relacionado con la experiencia de uso del joystick.

Aunque el hecho de poseer carné de conducir parezca ser garantía de éxito, en los resultados obtenidos ninguno de los que no posee carné realizaron algún golpe.

#### **4.5 Relación entre la edad y el resultado de las pruebas de los simuladores.**

En relación a lo observado durante la realización de las pruebas en el simulador y en el análisis de las pruebas, se supone una posible relación entre el factor edad y la ejecución satisfactoria de las pruebas.

Para proceder a su análisis se realiza una gráfica de dispersión en la cual se relaciona la edad del grupo a analizar con los datos recogidos en el informe. Además, se obtiene el coeficiente de correlación de Pearson que es la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas. Se medirá así el grado de relación de dos variables a través de la relación de sus covarianzas.

El valor del índice de correlación varía en un intervalo de -1 a +1.

- $R=1$  existe una correlación positiva perfecta
- $0 < R < 1$  existe una correlación positiva
- $R=0$  no existe relación lineal
- $-1 < R < 0$  existe correlación negativa
- $R=-1$  existe correlación negativa perfecta

En el análisis que se realiza en los siguientes apartados se demuestra que existe cierta relación entre el factor éxito de prueba y el factor edad, pero no es un factor decisivo para su realización.

### 4.5.1 Prueba frenada

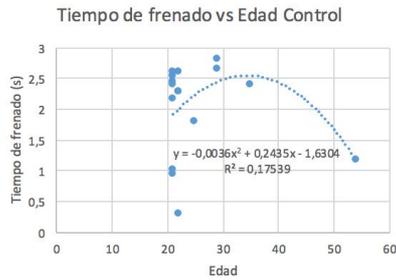


Figura 8.2 Gráfico dispersión frenado control

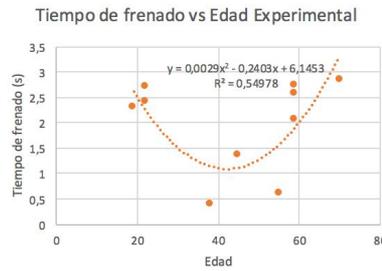


Figura 8.3 Gráfico dispersión frenado control

Coeficiente de correlación	-0,1347767	0,02713738
----------------------------	------------	------------

Se observa que los mejores valores ( entorno 2-3 segundos si la prueba se ha realizado correctamente con los requisitos exigidos ) son de los usuarios con menor edad, en el rango de 20 a 30 en el grupo de control. En cambio en el grupo experimental, los usuarios jóvenes y los de mayor edad tienen los mejores valores. No existe correlación con la edad

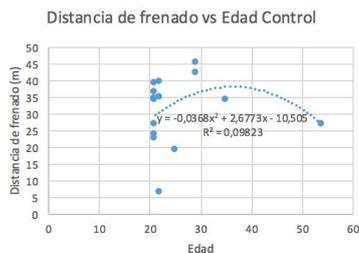


Figura 8.4 Gráfico dispersión distancia frenado control

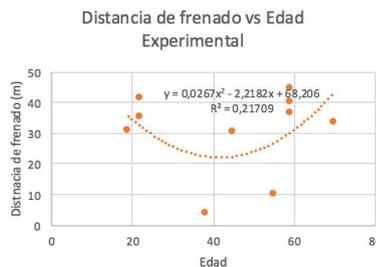


Figura 8.5 Gráfico dispersión distancia frenado experimental

Coeficiente de correlación	0,02533055	0,05202724
----------------------------	------------	------------

En el caso de la prueba de distancia alcanzada en el frenado, los valores óptimos se encuentran alrededor de los 30 y 40 metros. Como ocurre en el la prueba anterior son los usuarios de menor edad de ambos grupos y el de mayor edad del de control quien se encuentra en esos valores.

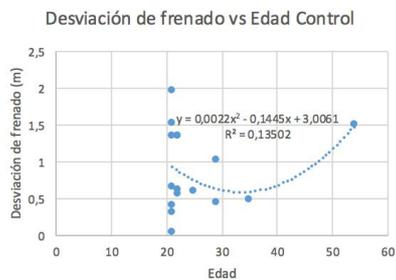


Figura 8.6 Gráfico dispersión desplazamiento lateral frenado control

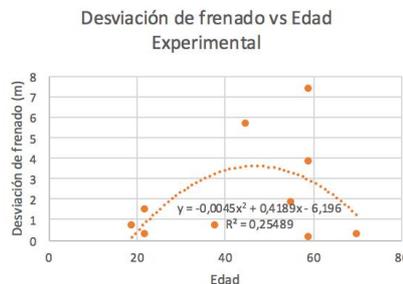


Figura 8.7 Gráfico dispersión desplazamiento frenado experimental

Coeficiente de correlación	0,16281173	0,29552841
----------------------------	------------	------------

En esta prueba, los valores para una realización óptima es entorno a 0 metros de desplazamiento lateral. Existen buenos resultados en diferentes rangos de edad en los dos grupos, aunque sigue estando el grupo más joven en ambos.

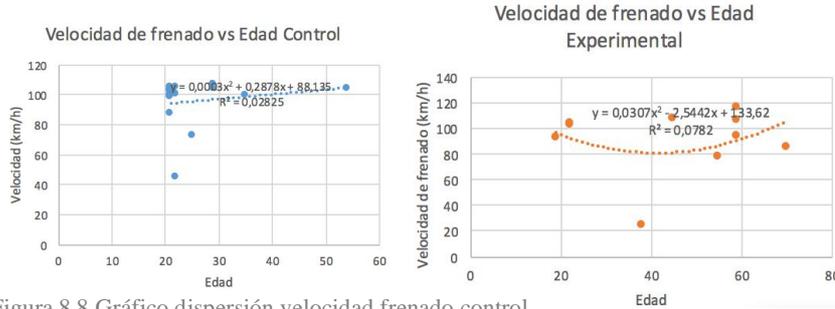


Figura 8.8 Gráfico dispersión velocidad frenado control

Figura 8.9 Gráfico dispersión velocidad frenado experimental

Coeficiente de correlación	0,16808351	0,03805594
----------------------------	------------	------------

No es dependiente del rango de edad, todos la realizan con éxito.

#### 4.5.2 Prueba de slalom



Figura 9.0 Gráfico dispersión tiempo slalom control

Figura 9.1 Gráfico dispersión tiempo slalom experimental

Coeficiente de correlación	0,16808351	0,03805594
----------------------------	------------	------------

El rango de segundos óptimos es a partir de los 20 segundos, tiempos inferiores indican que el usuario golpeó un elemento y el cronómetro se detuvo. En el grupo de control la mayoría de los usuarios realizaron la prueba independientemente de la edad, en cambio en el grupo experimental es el grupo de jóvenes y los de edad más avanzada.

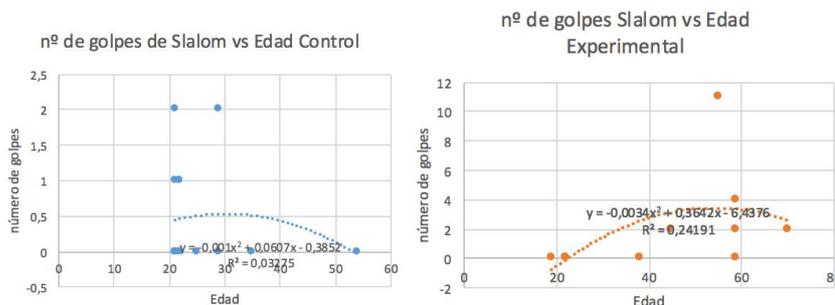


Figura 9.2 Gráfico dispersión golpes slalom control

Figura 9.3 Gráfico dispersión golpes slalom experimental

Coeficiente de correlación	-0,1386678	0,43555361
----------------------------	------------	------------

En este caso, existe una correlación en el grupo experimental de a mayor edad mayor el número de golpes en el caso del grupo experimental. Debido a que todos los del rango de edad de 20-40 años la han realizado con éxito puesto que no realizaron ningún golpe, al aumentar el rango de edad solo un usuario cercano a los 60 años consiguió realizar la prueba con éxito.

#### 4.5.3 Prueba radio constante

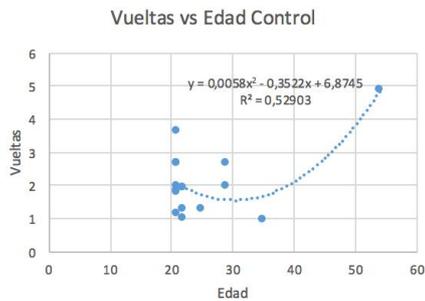


Figura 9.4 Gráfico dispersión vueltas Rcte control

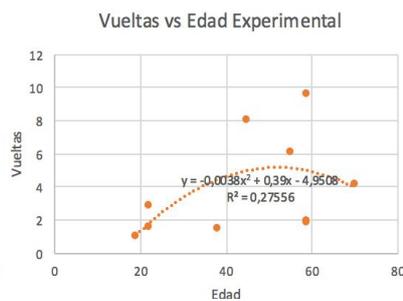


Figura 9.5 Gráfico dispersión vueltas Rcte experimental

Coeficiente de correlación	0,55379146	0,43959954
----------------------------	------------	------------

En ambos grupos se da el caso de mayor número de vueltas mayor edad del usuario, siendo el óptimo alcanzar el menor número posible. Existe correlación.

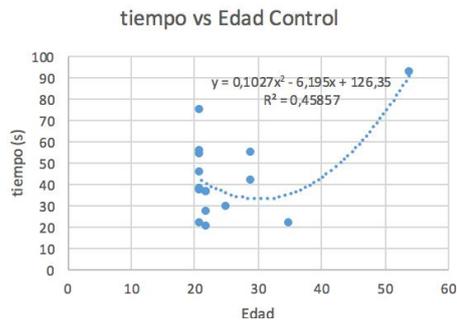


Figura 9.6 Gráfico dispersión tiempo Rcte control

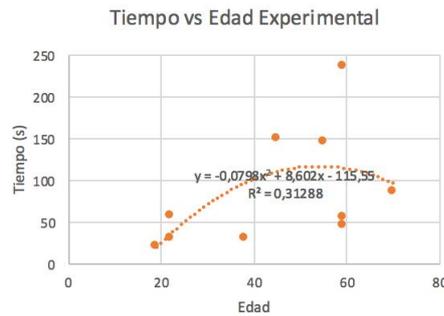


Figura 9.7 Gráfico dispersión tiempo Rcte experimental

Coeficiente de correlación	0,51878032	0,49237722
----------------------------	------------	------------

Es dependiente del rango de edad en ambos grupos, los grupos de rango de edad más joven lo realizan a menor tiempo. Existe correlación.

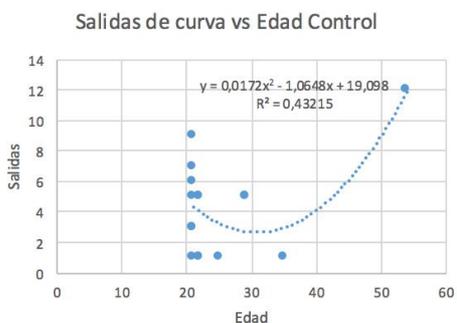


Figura 9.8 Gráfico dispersión salidas Rcte control

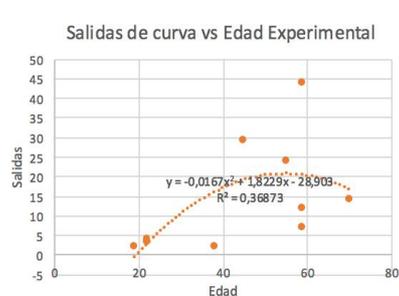


Figura 9.9 Gráfico dispersión salidas Rcte experimental

Coeficiente de correlación	0,47434669	0,54134495
----------------------------	------------	------------

En el grupo experimental se da el caso de que a menor edad menor es el número de salidas.

#### 4.5.4 Prueba radio creciente

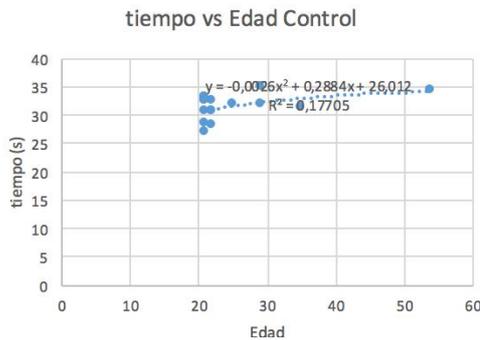


Figura 10.0 Gráfico dispersión tiempo Rcre control

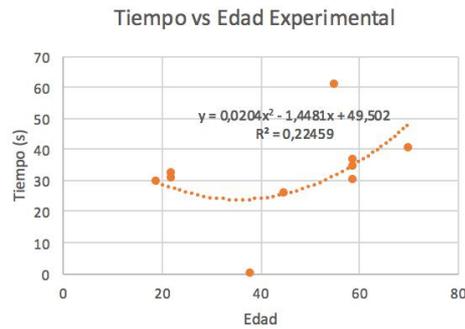


Figura 10.1 Gráfico dispersión salidas Rcre experimental

Coeficiente de correlación	0,40894864	0,34991796
----------------------------	------------	------------

Todos los usuarios realizan con éxito la prueba independientemente del valor alcanzado acorde a su edad. Aun así, existe correlación con el tiempo tardado en realizar la prueba con la edad.

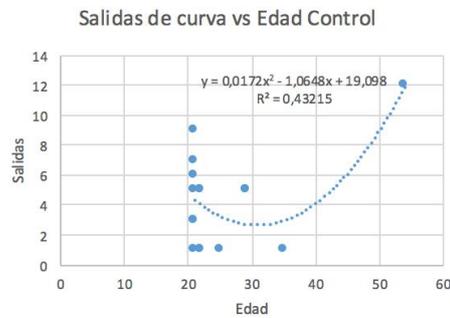


Figura 10.2 Gráfico dispersión salidas Rcre control

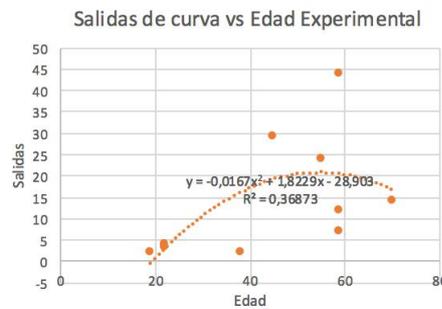


Figura 10.3 Gráfico dispersión salidas Rcre experimental

Coeficiente de correlación	-0,2006507	0,48995698
----------------------------	------------	------------

En el grupo experimental sí que existe relación respecto al factor edad. Menor número de salidas corresponde a menor rango de edad.

#### 4.5.5 Prueba de estacionamiento

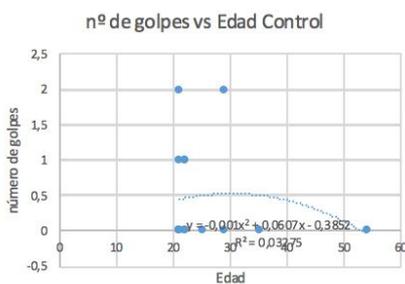


Figura 10.4 Gráfico dispersión golpes estacionamiento control

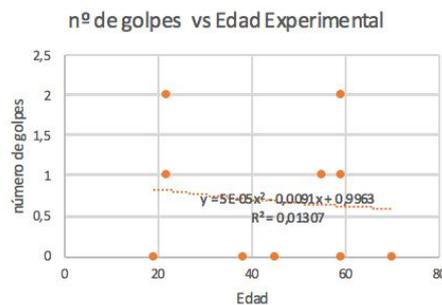


Figura 10.5 Gráfico dispersión golpes estacionamiento experimental

Coeficiente de correlación	-0,13707	-0,113524
----------------------------	----------	-----------

En la prueba de estacionamiento no existe correlación con la edad. En ambos grupos se realiza de forma satisfactoria para todo el rango de edad.

#### **4.6 Discusión del análisis de relación edad y resultado de la prueba**

Ambos grupos tienen gráficas parecidas y se observa que el resultado no es totalmente dependiente a la edad. Se descarta de la conclusión anterior que el rango de edad sea el factor decisivo, por tanto debe ser la experiencia en el uso del joystick lo que garantice el éxito y esta puede estar motivada por varios factores como la edad, uso de sistemas de movilidad, utilización de mandos con joystick como herramienta de trabajo o al uso de videoconsolas.

No en todas las pruebas el rango de edad era determinante ni afectaba a los dos grupos, solo en 7 de las 12 pruebas existía cierta correlación, esto es un 58,33% de las pruebas. Aun así, es el rango de edad entorno a los 20 años quién obtiene normalmente en todas las pruebas los valores óptimos. Por tanto, existe relación entre el rango de edad más joven de los grupos con el manejo del mando del joystick. La correlación de edad es más visible en el grupo experimental ya que se trata de un grupo con distintos rangos de edades, en cambio, en el grupo de control el rango de edad no es tan amplio debido a que existe una gran proporción de personas jóvenes.

La habilidad adquirida de los jóvenes tanto del grupo de control como del grupo de personas con movilidad reducida en el alto grado de manejabilidad del joystick puede deberse al uso de mandos joystick en las videoconsolas, otro tipo de actividades relacionadas con las nuevas tecnologías y/o uso de sillas de ruedas motorizadas en el caso del grupo de personas con discapacidad.

También cabe destacar que aquellas personas del grupo de movilidad reducida que usaban dispositivos para desplazarse con mando joystick desempeñaban correctamente las pruebas sin apenas dificultad. Además, gran parte de los usuarios de este grupo pertenecen a asociaciones en las cuales se impulsa a los asociados a realizar programas de voluntariado relacionados con este tipo de pruebas. De la información obtenida verbalmente por ellos, algunos comentaron que habían realizado este tipo de pruebas. Podemos suponer que del grupo experimental, aquellos usuarios que con un mayor rango de edad y que han realizado las pruebas con los valores esperados, su éxito está relacionado con la experiencia previa con el joystick puesto que podemos descartar una rápida adaptación al mando joystick debido a que en la mayoría la discapacidad afectaba a los miembros superiores.

#### **4.7 Cuestionario predisposición al mareo**

En el cuestionario a la predisposición al mareo, se obtiene información de los voluntarios que van a realizar la batería de pruebas. Se divide el cuestionario datos generales, datos respecto al grupo experimental y la frecuencia de mareos de los dos grupos

Se analiza mediante gráficas los datos recogidos más significativos.

Datos generales:

¿Presenta usted algún tipo de trastorno que impida la movilidad completa de todas las partes de su cuerpo?



Figura 10.6 Gráfico porcentaje de los grupos

Grupo de discapacitados:

¿Posee carné de conducir?

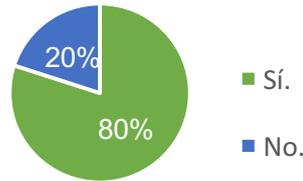


Figura 10.7 Gráfico porcentaje de personas del grupo experimental con carné de conducir

¿Con qué frecuencia conduce?

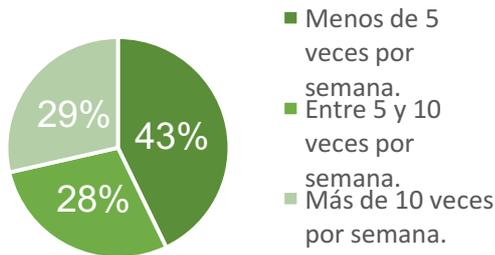


Figura 10.8 Gráfico porcentaje de frecuencia de conducción de las personas del grupo experimental

¿Qué modo de transporte alternativo utiliza con mayor frecuencia?



Figura 10.9 Gráfico de frecuencias de transporte alternativo del grupo experimental

análisis de ambos grupos a la predisposición al mareo

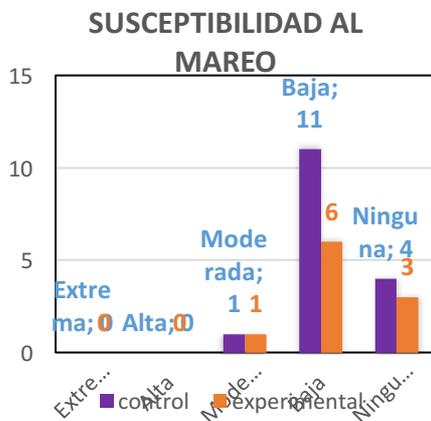


Figura 11.0 Gráfico de frecuencias de susceptibilidad al mareo de ambos grupos

¿Ha tenido náuseas por algún motivo durante las últimas 8 semanas?

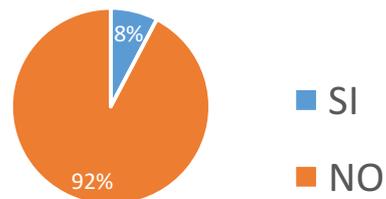


Figura 11.1 Gráfico de porcentaje de susceptibilidad al mareo de ambos grupos



El análisis de la segunda parte del cuestionario es la carga mental, se analiza tanto la diferencia del nivel de actividad mental, perceptiva o física de ambos grupos, como la diferencia de sensaciones producidas durante la sesión.

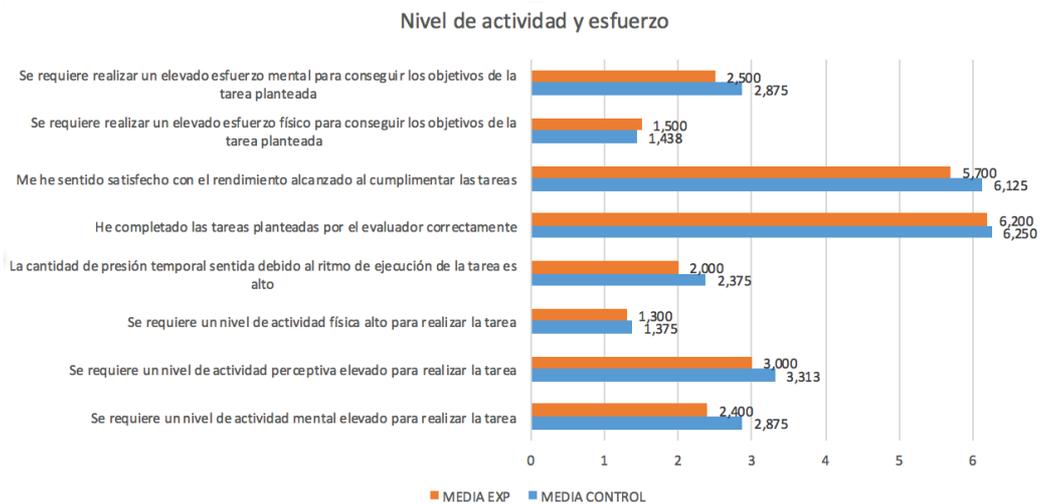


Figura 11.4 Gráfico de barras nivel actividad y esfuerzo

En el gráfico anterior (Figura 11.4) se puede destacar la comparación de barras referidas al esfuerzo mental y al esfuerzo físico. En la primera, esfuerzo mental, existe una diferencia entre las medias de ambos grupos de 0,275 por lo que se puede considerar casi iguales, además ambos grupos señalan que el esfuerzo es bajo (Valores medios entorno a 2 y 3), se resalta que para el grupo de PMR el esfuerzo mental es menor que para el grupo de control. En la segunda, el esfuerzo físico, ambos grupos señalan que es muy bajo (Valores entre 1 y 2), además la diferencia de sus medias es de 0,062. En general, no hay diferencias entre la media de puntuaciones de ambos grupos

Ambos grupos se sienten satisfechos en el rendimiento alcanzado al cumplimentar las tareas puntuándolos con valores entorno al 6 (alto).

La cantidad de presión temporal sentida es un factor importante de analizar, puesto que la realización de las pruebas no debe suponer un gran esfuerzo y debe ser ameno para los usuarios. La puntuación de ambos grupos es entorno al valor 2, es decir, bajo, sin embargo el grupo experimental lo puntúa más alto, esto puede estar influenciado por la prueba de radio constante ya que la superación de esta prueba era realizar una vuelta cumpliendo los requisitos, en la gráfica 9.6 y 9.7 del apartado 4.5.3 se puede observar que el tiempo en realizarla del rango de mayor edad del grupo experimental es mayor que el tiempo del rango más joven de su grupo y de los usuarios del grupo de control.

En cuanto al nivel de actividad, es el grupo de control quién encuentra una pequeña mayor dificultad, aun así ambos grupos se sitúan en valores bajos.

Con respecto al nivel de actividad perceptiva, la media de ambos grupos está entorno al valor 3, esto nos permite suponer que para el nivel de actividad perceptiva es casi bajo, las puntuaciones altas se deben quizás a la confusión con la diferenciación de algunos elementos.

En la diferencia de sensaciones producidas durante la sesión:

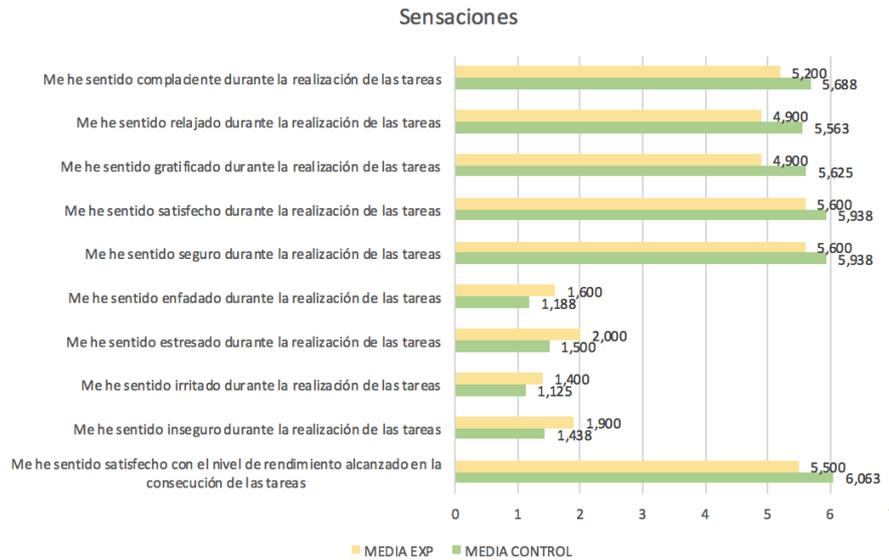


Figura 11.5 Gráfico de barras nivel actividad y esfuerzo

En las sensaciones positivas, se puede observar que ambos grupos puntuaron entorno a valores de 5 y 6, cabe destacar que el grupo de control puntuó más alto. De manera contraria, ocurre con las sensaciones negativas, donde la media de ambos grupos se sitúa entre valores entorno al 1 y 2, pero es el grupo de PMR quien puntúa ligeramente superior. Se puede suponer que es debido a la diferencia de presión de ambos grupos, mientras el grupo de control no le importaba el resultado de la prueba, el grupo experimental sentía una mayor presión en realizar las pruebas de forma satisfactoria ya que concedían un mayor grado de importancia.

Ambos grupos destacaron que la experiencia fue agradable y que repetirían, además aportaron que la metodología del simulador para aprender a conducir era un buen método puesto que anula las posibles barreras que hoy en día pueden tener las personas con movilidad reducida.

#### 4.9 Cuestionario realismo

El análisis del cuestionario del realismo del simulador se secciona en dos partes, los datos recogidos de los usuarios acerca del realismo virtual del simulador, es decir, respecto al software, y respecto al realismo del conjunto y hardware.

La puntuación del cuestionario de realismo sigue la misma norma que el cuestionario de mareos, donde 1 =MUY BAJO y 7= MUY ALTO.

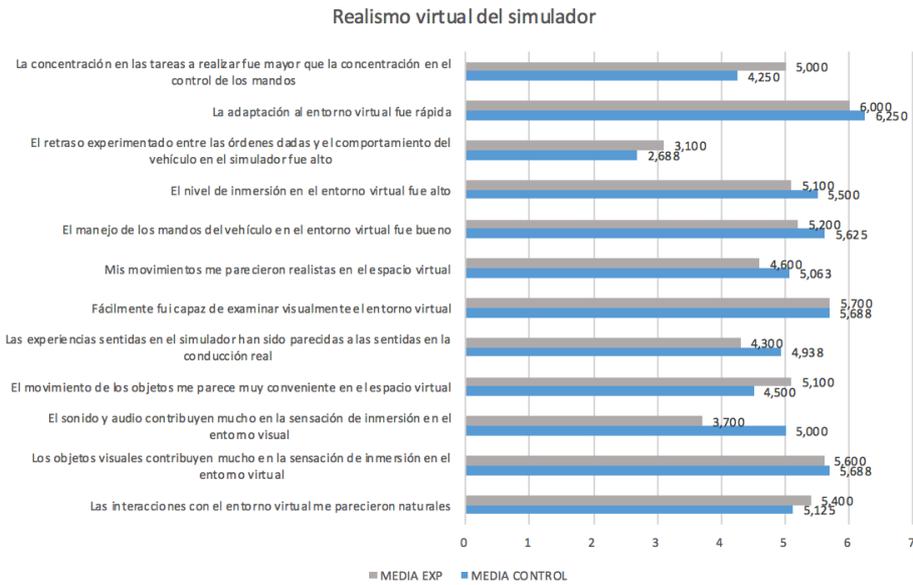


Figura 11.6 Gráfico de barras realismo virtual

La diferencia más significativa entre las medias de ambos grupos con respecto a la pregunta de si la concentración en las tareas fue mayor que la concentración de los mandos. El grupo experimental tiene una media de 5 (relativamente alto) lo que se traduce a que consideran que es verdad, en cambio el grupo de control se encuentra en un 4,25 lo que quiere decir que se encuentra en una posición neutra.

Se debe resaltar la gran diferencia existente entre la media de puntuación entre el grupo de control y el grupo experimental con respecto al sonido y audio. El grupo de control puntuó con una media de 5 lo que supone una valoración alta, en cambio, el grupo experimental lo puntuó con una media de 3,7, se trata de una diferencia de 1,3 puntos. Esta diferencia es explicada por el nivel de estrés de cada uno de los grupos, el grupo de control al sentirse más relajado fue capaz de percibir el sonido que produce el simulador, aunque algunos usuarios comentaron que el volumen era bastante bajo, sin embargo el grupo experimental al sentir un mayor estrés autoinducido, por intentar realizar las pruebas con éxito, centró toda su atención en el manejo de los mandos y en la pantalla del ordenador.

En las demás preguntas, la media de ambos grupos se mantiene entorno a los mismos valores. Se destaca que ambos grupos se mantienen de acuerdo de que el retraso de las ordenes es muy bajo, el nivel de inmersión y el manejo de los mandos fue alto, y en cuanto a las experiencias sentidas eran similares a la conducción real y los movimientos parecieron realistas, ambas medias se encuentran en torno al 4-5 por lo que consideran que es verdad aunque no lo consideran exactamente igual.

En la segunda parte del cuestionario se recoge información respecto al realismo del conjunto y del hardware.

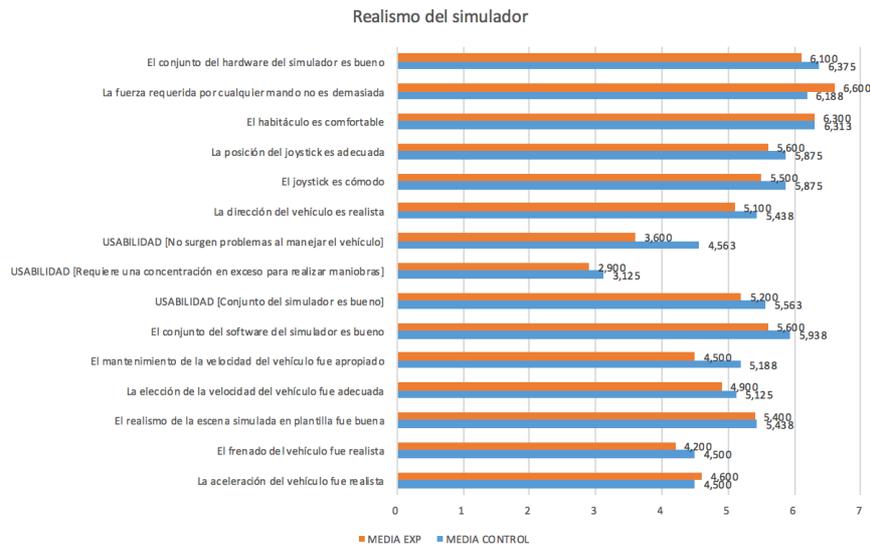


Figura 11.7 Gráfico de barras realismo del simulador

Las medias de ambos grupos en las cuestiones acerca del realismo general del simulador tampoco difieren mucho. En cuanto a las preguntas relacionadas con el joystick la puntuación del grupo de control es levemente superior al de PMR, ambas se sitúan en valores (5-6) muy alto. Por tanto todos los usuarios consideran que tanto la resistencia que ofrece el mando como su colocación es bastante buena. Respecto a las preguntas de usabilidad si existe una diferencia clara en ambas medias en la pregunta de si no surgen problemas al manejar el vehículo, el grupo de control está en desacuerdo, en cambio el de PMR está ligeramente en desacuerdo con una puntuación media de 3,6. En general la opinión sobre el conjunto del simulador es positiva y las medias de ambos grupos son prácticamente parecidas.

Ambos grupos registraron respecto a su percepción subjetiva que el realismo del simulador era alto y consideraban su gran utilidad en un futuro cercano. En cuanto al uso del joystick, los usuarios opinaban en positivo respecto a su comodidad y manejo, aunque algunos usuarios añadían que una gran mejora podría residir en separar el acelerador y frenado de la dirección del coche. En añadido respecto al joystick, el grupo de personas con movilidad reducida opinó que la concentración mental era equiparable al manejo físico del joystick, en teoría el manejo del joystick tendría que tener menos peso que la concentración en la realización, por lo que esta opinión puede estar sujeta a al factor experiencia con el mando.

Respecto al propio simulador, los dos grupos están de acuerdo que la realización de las pruebas dentro del habitáculo de un vehículo les proporcionaba un mayor grado de inmersión y aumenta el factor de realidad, además de una atmósfera más agradable al realizar las pruebas puesto que no se sentían tan expuestos.

## **5. Conclusiones**

El análisis realizado tenía como objetivo la comparación de dos grupos, uno de control ( personas sin discapacidad) y el otro el grupo experimental ( personas con discapacidad) para poder determinar si existe diferencias entre ambos grupos en el uso del simulador. En general, todos los usuarios de los distintos grupos finalizaron las pruebas con mejor o peor éxito. De las observaciones realizadas durante los ensayos, se pudo determinar que el rango de edad es un factor que puede influir en el éxito de las pruebas y que este está relacionado con la experiencia en el uso de joystick.

Por tanto, se puede concluir con respecto a la realización de las pruebas del simulador que la ejecución correcta de las pruebas depende en gran medida de la experiencia del uso del joystick, esta puede haberse obtenido previamente por diversos factores ( uso de los mandos en videoconsolas, herramientas de trabajo o uso en dispositivos de movilidad). Esta habilidad no supone una barrera para el uso del simulador ya que puede ser adquirida sin complejidad con preparación previa y esta puede ser proporcionada por el propio simulador.

Con respecto al mareo, ningún usuario de los dos grupos destacó tener un alto grado de susceptibilidad al mareo, siendo la media del conjunto en general bajo. Tras las pruebas realizadas, ningún usuario presentó algún síntoma relacionado con el mareo. Por tanto, se concluye que el simulador Fiat no provoca mayor grado de mareo con respecto al perfil de susceptibilidad de mareo del usuario. La no variación del mareo supone una gran característica en este tipo de simuladores, pudiendo así evitar la afección de “simulator sickness”. Esto es debido al realismo virtual que ofrece el simulador, a una única pantalla de gran dimensión, puesto que en otros simuladores con varias pantallas pequeñas el usuario no enfoca su vista a un espacio concreto del campo visual provocando distracciones y sensaciones de mareo, y la inmersión en el habitáculo del vehículo permitiendo así engañar al cerebro.

Se determina respecto a la percepción subjetiva de los usuarios que las sensaciones y experiencias que obtiene el usuario son bastante positivas y este hecho ha podido provocar el alto grado de satisfacción con respecto al rendimiento en las pruebas y en el uso del simulador. Son los propios usuarios del grupo experimental quienes apuestan por el uso de simuladores en un futuro cercano para el aprendizaje de la conducción y se muestran interesados en el avance tecnológico de los sistemas de simulación de conducción debido a que consideran el simulador como un entorno amigable que puede ser utilizado como herramienta de aprendizaje con condiciones seguras, además de acortar el proceso de obtención de un permiso especial de conducción. Intentando así, romper las barreras que les alejan de la conducción vial y de una mayor independencia.

Se puede concluir que el simulador de conducción FIAT con el uso del mando joystick es válido para la conducción de personas con movilidad reducida puesto que: tanto el grupo de control como el grupo de personas con movilidad reducida no presentan una diferencia estadística en la media de resultados, no provoca síntomas relacionados con el mareo ni malestar general en los usuarios, la valoración de ambos grupos con respecto al simulador es altamente satisfactoria, se demuestra que el simulador permite al evaluador obtener una visión más completa del usuario y con respecto a estudios anteriores la metodología para la evaluación con simuladores es buena.

Por tanto, el único obstáculo a vencer es la experiencia con el uso del joystick. El periodo de adaptación se puede realizar en el propio simulador, se concluye que el simulador como herramienta de aprendizaje es bastante útil.



Análisis experimental del simulador de  
conducción UPV-DGT para la evaluación de  
conductores con discapacidades severas que  
conducen con Joysticks de  
4 vías

PRESUPUESTO

# PRESUPUESTO

## 1. Necesidad del presupuesto

Se presenta de forma detalla los costes de la realización del trabajo de fin de grado. En este caso se detallan dos capítulos:

- Capítulo 1: Desarrollo del trabajo
- Capítulo 2: Herramientas empleadas

Para los cálculos del presupuesto se tendrá que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Los costes serán expresados en euros €
- Se tomarán dos decimales para las cantidades económicas, redondeando en el caso que sea necesario.

## 2.- Presentación del presupuesto

Desglose de cuadro de precios :

Cap 1: DESARROLLO DEL TRABAJO				
CONCEPTO	UNIDAD BÁSICA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO(€/Ud.)	TOTAL (€)
Planteamiento del problema y análisis de la información	h	80	10	800
Búsqueda de voluntarios para los ensayos.	h	45	5	225
Trabajo en el simulador y extracción de datos	h	60	30	1800
Análisis estadístico	h	45	20	900
Redacción de informe	h	60	20	1200
		290		
Costes indirectos	-	0,02	4925	98,5
			<b>SUBTOTAL 1</b>	<b>5023,5</b>

Cap 2:ELEMENTOS DE SOFTWARE Y HARDWARE				
CONCEPTO	PRECIO(€)	AMORTIZACIÓN(h)	USO(h)	TOTAL (€)
Amortización del software estadístico	1620,77	1650	45	44,2028182
Amortización del ordenador portátil personal	1200	4800	200	50
Amortización Microsoft Office Professional 2013	99	1650	60	3,6
Gastos de transporte, reprografía y llamadas telefónicas	70	-	-	70

Costes indirectos	-	0,02	167,802818	3,35605636
-------------------	---	------	------------	------------

<b>SUBTOTAL 2</b>	<b>171,158875</b>
-------------------	-------------------

El presupuesto total del proyecto:

PRESUPUESTO GENERAL	
SUBTOTAL 1	5023,5
SUBTOTAL 2	171,16
TOTAL SIN IVA	5194,66

IVA	21%
-----	-----

TOTAL CON IVA	5193,45
---------------	---------

El presupuesto total del proyecto es de **5193,45 €**, cinco mil ciento noventa y tres euros y cuarenta y cinco céntimos de euro.



Análisis experimental del simulador de  
conducción UPV-DGT para la evaluación de  
conductores con discapacidades severas que  
conducen con Joysticks de  
4 vías

BIBLIOGRAFÍA

# BIBLIOGRAFÍA DEL TFG

## Referencias bibliográficas:

- [1] Varios autores: IDF-UPV; DGT (2015) Juan F. Dols Ruiz Manuel EDITOR (2015) . Libro descriptivo del protocolo de evaluación de conductores con discapacidad motora utilizado en España. Editorial
- [2] IDF (2006) Manual SERCO Herramienta experimental para la evaluación de conductores con discapacidades motoras. Se citan las siguientes figuras:
- |            |            |            |
|------------|------------|------------|
| Figura 1.3 | Figura 3.0 | Figura 3.6 |
| Figura 2.3 | Figura 3.1 | Figura 3.7 |
| Figura 2.4 | Figura 3.2 | Figura 3.8 |
| Figura 2.5 | Figura 3.3 | Figura 3.9 |
| Figura 2.6 | Figura 3.4 |            |
| Figura 2.7 | Figura 3.5 |            |
- [3] Varios autores: Juan F. Dols, María Felisa Quintanilla (2007) “Asistencia técnica para el desarrollo y evaluación de un procedimiento dirigido a la valoración de las capacidades residuales de conductores de vehículos con limitación de la movilidad y necesidad de adaptaciones” Adquisición y montaje de hardware en el simulador Fase III Informe nº 2.2.2. Se citan las siguientes figuras:
- |              |              |
|--------------|--------------|
| - Tabla 1.1  | - Figura 1.5 |
| - Figura 1.4 | - Figura 1.8 |
- [4] Carot, María Teresa; Clemente, Gonzalo y Sanz, José María, (2013),” Estadística Básica Para Ingeniería”, editorial UPV.

## Referencias electrónicas

- [5] NE (2009) Encuestas sobre Discapacidad, Autonomía personal y situaciones de Dependencia. (EDAD 2008).  
Revista INE <http://www.ine.es/revistas/cifraine/1009.pdf> Se citan las siguientes figuras:
- Figura 1.1 Autor: INE Documento : EDAD-2008  
Figura 1.2 Autor: INE Documento : EDAD-2008
- [6] Documento del MOMA, enlace: [http://www.moma.biz/files/7\\_Transporte\\_para\\_personas\\_con\\_movilidad\\_reducida.pdf](http://www.moma.biz/files/7_Transporte_para_personas_con_movilidad_reducida.pdf)

- [7] Legislación europea (2012) enlace:  
[http://europa.eu/legislation\\_summaries/transport/mobility\\_and\\_passenger\\_rights/l24132\\_en.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/transport/mobility_and_passenger_rights/l24132_en.htm), Se cita :  
*“Persona con Movilidad Reducida, de ahora en adelante PMR”:*  
*cualquier persona cuya movilidad para utilizar un medio de transporte se ve reducida a causa de alguna discapacidad física (sensorial o locomotora, permanente o temporal), discapacidad o impedimento intelectual o por cualquier otra causa de discapacidad o por la edad, y cuya situación precise una atención adecuada y la adaptación a sus necesidades concretas del servicio disponible para todos los pasajeros”.*
- [8] Información de servicio de evaluación setrav. Enlace:  
<http://www.setrav.com/index.php/servicios/evaluacion-de-pmr>
- [9] Artículo del SID (2001) Enlace: <http://sid.usal.es/2426/1-1>
- [10] Reglamento (CE) del Parlamento Europeo (2006) Enlace:  
[http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG\\_CASTELLANO/DIRECCIONES\\_GENERALES/AVIACION\\_CIVIL/INFORMACION/NORMATIVA/NORMATIVA\\_BASICA/USUARIOS/PMR/REG\\_CE\\_11072006\\_F.htm](http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/AVIACION_CIVIL/INFORMACION/NORMATIVA/NORMATIVA_BASICA/USUARIOS/PMR/REG_CE_11072006_F.htm)
- [11] DGT Información de educación vial y personas discapacitadas. Enlace:  
<http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/educacion-vial/recursos-didacticos/personas-con-discapacidad/>
- [12] Respuestas proporcionadas a potenciales usuarios de vehículos adaptados por COCEMFE (2013). Enlace: <http://www.cocemfe.es/portal/index.php/otras-informaciones/324>
- [13] Juan F. Dols Ruiz. Documento “ La Seguridad Vial y las Personas con movilidad reducida. Enlace: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/reducida.pdf>
- [14] UC3M.Documento “comparación de poblaciones con STATGRAPHICS- Intervalos de confianza y contrastes de hipótesis. Enlace:  
[http://www.est.uc3m.es/esp/nueva\\_docencia/leganes/ing\\_telecomunicacion/metodos\\_mejora\\_calidad/memc/doc\\_generica/practicas/guion\\_comparapoblaciones.pdf](http://www.est.uc3m.es/esp/nueva_docencia/leganes/ing_telecomunicacion/metodos_mejora_calidad/memc/doc_generica/practicas/guion_comparapoblaciones.pdf)
- [15] Universidad de Valencia. Video de Youtube acerca de estadística de muestras independientes. Enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=lyhtl2eoV-8>

[16] D.J Barón López; F. Téllez Montiel. Documento de la Universidad de Málaga de bioestadística. Enlace:

<http://www.bioestadistica.uma.es/baron/apuntes/ficheros/cap04.pdf>

[17] Ángel A. Juan; Máximo Sedano; Alicia Vila; Anna López. Documento de la Universitat Oberta e Catalunya sobre el contraste de hipótesis de dos poblaciones. Enlace: [http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/CH\\_2Pob.pdf](http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/CH_2Pob.pdf)

[18] Autor: Statgraphics (2011). Documento para la identificación de valores atípicos y distribución normal. Enlace: <http://www.statgraphics.net/wp-content/uploads/2011/12/tutoriales/Identificacion%20de%20Valores%20Atipicos.pdf>

Figura 4.1

Figura 4.2

[19] Juan Carlos Chicote González; Andrés Soler Valero; Manuel Romero Hernández, Juan Vte. Durá Gil; Manuel Macias Meseguer; Raket Poveda Puente; Jose S. Solaz Sanahuja; Ignacio Bermejo Bosch; Clara Bollaín Pastos, (2007), artículo: “Conducir con joystick un vehículo adaptado”, Repositorio Institucional de la UPV. Enlace: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/38187/Juan\\_Carlos\\_Chicote\\_González%3BSoler%3BManuel\\_Romero\\_Hernández\\_-\\_Conducir\\_con\\_joystick\\_un\\_vehículo\\_ad....pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/38187/Juan_Carlos_Chicote_González%3BSoler%3BManuel_Romero_Hernández_-_Conducir_con_joystick_un_vehículo_ad....pdf?sequence=1)



**Análisis experimental del simulador de  
conducción UPV-DGT para la evaluación de  
conductores con discapacidades severas que  
conducen con Joysticks de  
4 vías**

**ANEXOS**

# ANEXO I

Se adjunta el cuestionario:

CUESTIONARIO PARA LA VALIDACIÓN DEL SIMUL...

file:///Users/javibruna/Desktop/CUESTIONARIO PARA LA...

## CUESTIONARIO PARA LA VALIDACIÓN DEL SIMULADOR DE CONDUCCIÓN SERCO.

\*Obligatorio



### DATOS DE CARÁCTER GENERAL.

Introduzca su DNI: \*

Esta pregunta es obligatoria.

¿Cuál simulador ha utilizado? \*

Marca solo un óvalo.

- SE2RCO (3 monitores)
- UPV-DGT-FIAT (Coche)

Esta pregunta es obligatoria.

¿Ha realizado ya la encuesta con anterioridad? \*

Marca solo un óvalo.

- Sí. Pasa a la pregunta 47.
- No

Esta pregunta es obligatoria.

### Movilidad reducida

¿Presenta usted algún tipo de trastorno que impida la movilidad completa de todas las partes de su cuerpo? \*

Marca solo un óvalo.

- Sí.
- No. Pasa a la pregunta 29.

Esta pregunta es obligatoria.

### DATOS ADICIONALES MOVILIDAD REDUCIDA.

¿Pertenece a alguna asociación? \*

Marca solo un óvalo.

- Sí.
- No.

Esta pregunta es obligatoria.

CUESTIONARIO PARA LA VALIDACIÓN DEL SIMUL...

file:///Users/javibruna/Desktop/CUESTIONARIO PARA LA...

En caso afirmativo, indique cuál:

Esta pregunta es obligatoria.  
¿Posee carné de conducir? \*

Marca solo un óvalo.

- Sí.
- No.

Esta pregunta es obligatoria.

En caso afirmativo, indique la fecha de expedición.

Esta pregunta es obligatoria.

¿Tuvo algún problema legal o técnico a la hora de obtener el permiso de conducir? \*

Marca solo un óvalo.

- Sí.
- No.

Esta pregunta es obligatoria.

¿Qué vehículo conduce?

Esta pregunta es obligatoria.

¿Qué características posee su vehículo?

Selecciona todos los que correspondan.

- Cambio de marchas automático.
- Dirección asistida.
- Elevalunas eléctrico.

Esta pregunta es obligatoria.

¿Su vehículo posee adaptaciones de mandos?

Marca solo un óvalo.

- Sí.
- No.

Esta pregunta es obligatoria.

En caso afirmativo, indique el tipo de adaptaciones:

Esta pregunta es obligatoria.

¿Cuántos años de experiencia posee en la conducción con vehículos adaptados? \*

Esta pregunta es obligatoria.

¿Cuántos años de experiencia posee en la conducción con vehículos sin adaptar? \*

Esta pregunta es obligatoria.

¿Qué distancia media recorre al año? (en kilómetros)

Esta pregunta es obligatoria.

¿Con qué frecuencia conduce?

Marca solo un óvalo.

- Menos de 5 veces por semana.
- Entre 5 y 10 veces por semana.
- Más de 10 veces por semana.

Esta pregunta es obligatoria.

¿Qué modo de transporte alternativo utiliza con mayor frecuencia?

Marca solo un óvalo.

- Autobús.
- Tranvía.
- Taxi.
- Tren.
- Otro:

CUESTIONARIO PARA LA VALIDACIÓN DEL SIMUL...

file:///Users/javibruna/Desktop/CUESTIONARIO PARA LA...

Esta pregunta es obligatoria.

¿Posee restricciones en la conducción recogidas en su carné de conducir?

Marca solo un óvalo.

- Sí.
- No.

Esta pregunta es obligatoria.

En caso afirmativo, indique cuáles:

Esta pregunta es obligatoria.

¿Ha tenido algún tipo de accidente o siniestro con su vehículo adaptado?

Marca solo un óvalo.

- Sí.
- No.

Esta pregunta es obligatoria.

En caso afirmativo, indique el tipo:

Esta pregunta es obligatoria.

¿Cree que la causa del accidente fueron motivadas por la incorrecta adaptación de los mandos en el vehículo?

Marca solo un óvalo.

- Sí.
- No.

Esta pregunta es obligatoria.

## DEFICIENCIAS EN MIEMBROS SUPERIORES.

Marque las que posea:

Selecciona todos los que correspondan.

- Parálisis de la mano derecha.
- Parálisis de la mano izquierda.
- Amputación o agenesia de los dedos de la mano derecha.
- Amputación o agenesia de los dedos de la mano izquierda.
- Amputación o agenesia de la mano derecha completa.
- Amputación o agenesia de la mano izquierda completa.
- Debilidad global en la mano derecha.
- Debilidad global en la mano izquierda.
- Parálisis en el brazo derecho, implicando la imposibilidad de flexión del codo.
- Parálisis en el brazo izquierdo, implicando la imposibilidad de flexión del codo.
- Amputación en el antebrazo derecho.
- Amputación en el antebrazo izquierdo.
- Parálisis del brazo derecho (brazo colgante).
- Parálisis del brazo izquierdo (brazo colgante).
- Amputación en el brazo derecho con muñón con gran porción humeral y hábil, o una agenesia que cumpla las mismas condiciones.
- Amputación en el brazo izquierdo con muñón con gran porción humeral y hábil, o una agenesia que cumpla las mismas condiciones.
- Amputación en el brazo derecho con residuo no apto o sin él.
- Amputación en el brazo izquierdo con residuo no apto o sin él.
- Debilidad global en el brazo derecho.
- Debilidad global en el brazo izquierdo.

Esta pregunta es obligatoria.

## DEFICIENCIAS EN MIEMBROS INFERIORES.

Selecciona todos los que correspondan.

- Distrofia muscular o parálisis del pie derecho.
- Distrofia muscular o parálisis del pie izquierdo.
- Amputación o agenesia en el antepié derecho.
- Amputación o agenesia en el antepié izquierdo.
- Amputación o agenesia en el retropié derecho.
- Amputación o agenesia en el retropié izquierdo.
- Amputación o agenesia a nivel tibial protetizada en la pierna derecha.
- Amputación o agenesia a nivel tibial protetizada en la pierna izquierda.
- Amputación o agenesia a nivel tibial no protetizada en la pierna derecha.
- Amputación o agenesia a nivel tibial no protetizada en la pierna izquierda.
- Amputación o agenesia a nivel femoral protetizada en la pierna derecha.

CUESTIONARIO PARA LA VALIDACIÓN DEL SIMUL...

file:///Users/javibruna/Desktop/CUESTIONARIO PARA LA...

- Amputación o agenesia a nivel femoral protetizada en la pierna izquierda.
- Amputación o agenesia a nivel femoral no protetizada en la pierna derecha.
- Amputación o agenesia a nivel femoral no protetizada en la pierna izquierda.
- Desarticulación de cadera derecha.
- Desarticulación de cadera izquierda.
- Parálisis o debilidad muscular severa de la pierna derecha.
- Parálisis o debilidad muscular severa de la pierna izquierda.
- Parálisis o debilidad muscular severa en ambas piernas.

Esta pregunta es obligatoria.

### EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SUJECCIÓN DE LOS MANDOS ADAPTADOS.

¿Con cuál mano utiliza el joystick?

Marca solo un óvalo.

- Derecha.
- Izquierda.

Esta pregunta es obligatoria.

Señale cuál es el sistema de transmisión más idóneo para usted:

Marca solo un óvalo por fila.

	Mano izquierda	Mano derecha
Transmisión manual	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Transmisión automática	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

No selecciones más de una respuesta por columna.

Escribe una respuesta por fila

Comentarios:

Esta pregunta es obligatoria.

### Tendencia al mareo

#### Cuestionario de antecedentes para la predicción de mareo

¿Tiene carnet de conducir?

Marca solo un óvalo.

- Sí.
- No.

Esta pregunta es obligatoria.

¿Cuál es la frecuencia con la que tiene mareos (aéreos)? \*

Marca solo un óvalo.

- Siempre
- Frecuentemente
- Algunas veces
- Rara vez
- Nunca

Esta pregunta es obligatoria.

¿Cuál es la frecuencia de uso de un dispositivo de realidad virtual?

Esta pregunta es obligatoria.

¿Tiene experiencia a bordo de barcos o buques? \*

Marca solo un óvalo.

- Mucha
- Alguna
- Poca
- Ninguna

Esta pregunta es obligatoria.

¿Con qué frecuencia ha tenido mareos en sus experiencias en el mar? \*

Marca solo un óvalo.

- Siempre
- Frecuentemente
- Algunas veces
- Rara vez
- Nunca

Esta pregunta es obligatoria.

¿Ha tenido mareos en condiciones distintas a las mencionadas? \*

Marca solo un óvalo.



CUESTIONARIO PARA LA VALIDACIÓN DEL SIMUL...

file:///Users/javibruna/Desktop/CUESTIONARIO PARA LA...

	Vómitos	Náuseas	Síntomas estomacales	Salivación excesiva	Mareos	Modorra	Sudoración	Palidez	Vértigo	sobreventilación	Dolor de cabeza	Ninguno
Aeronave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Simulador de vuelo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Montaña Rusa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tiovivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Otras atracciones	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vehículos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Largos viajes en tren o autobús	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Columpios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hamacas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aparatos de gimnasia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Patines	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ascensores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pantallas de cine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Motos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Escribe una respuesta por fila  
¿Qué preferencias suele tener en las situaciones descritas  
Marca solo un óvalo por fila.

	Gusta	Neutro	No gusta
Aeronave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Simulador de vuelo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Montaña rusa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tiovivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vehículos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Largos viajes en tren o autobús	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Columpios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hamacas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aparatos de gimnasia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Patines	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ascensores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pantallas de cine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Motos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Escribe una respuesta por fila

### EVALUACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD AL MAREO

Indique el grado de intensidad (Escala de valoración 1=MUY BAJO || 7= MUY ALTO)  
Durante la sesión  
Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4	5	6	7
Modorra	<input type="radio"/>						
Confusión	<input type="radio"/>						
Fatiga visual	<input type="radio"/>						

CUESTIONARIO PARA LA VALIDACIÓN DEL SIMUL...

file:///Users/javibruna/Desktop/CUESTIONARIO PARA LA...

	1	2	3	4	5	6	7
Debilidad/Desmayo	<input type="radio"/>						
Aburrimiento	<input type="radio"/>						
Eructos	<input type="radio"/>						
Depresión mental	<input type="radio"/>						
Dificultad de enfoque	<input type="radio"/>						
Apetito	<input type="radio"/>						
Fatiga	<input type="radio"/>						
Náuseas	<input type="radio"/>						
Flashbacks visuales	<input type="radio"/>						
Dificultad de concentración	<input type="radio"/>						
Sudoración	<input type="radio"/>						
Visión borrosa	<input type="radio"/>						
Dolor de cabeza	<input type="radio"/>						
Salivación	<input type="radio"/>						
Mareos ( con los ojos abiertos)	<input type="radio"/>						
Mareos ( con los ojos cerrados)	<input type="radio"/>						
Vértigo	<input type="radio"/>						
Malestar estomacal	<input type="radio"/>						
Dificultad para respirar	<input type="radio"/>						
Malestar general	<input type="radio"/>						
Escribe una respuesta por fila Tras la sesión Marca solo un óvalo por fila.							

	1	2	3	4	5	6	7
Modorra	<input type="radio"/>						
Confusión	<input type="radio"/>						
Fatiga visual	<input type="radio"/>						
Debilidad/Desmayo	<input type="radio"/>						
Aburrimiento	<input type="radio"/>						
Eructos	<input type="radio"/>						
Depresión mental	<input type="radio"/>						
Dificultad de enfoque	<input type="radio"/>						
Apetito	<input type="radio"/>						
Fatiga	<input type="radio"/>						
Náuseas	<input type="radio"/>						
Flashbacks visuales	<input type="radio"/>						
Dificultad de concentración	<input type="radio"/>						
Sudoración	<input type="radio"/>						
Visión borrosa	<input type="radio"/>						
Dolor de cabeza	<input type="radio"/>						
Salivación	<input type="radio"/>						
Mareos ( con los ojos abiertos)	<input type="radio"/>						

CUESTIONARIO PARA LA VALIDACIÓN DEL SIMUL...

file:///Users/javibruna/Desktop/CUESTIONARIO PARA LA...

	1	2	3	4	5	6	7
Mareos ( con los ojos cerrados)	<input type="radio"/>						
Vértigo	<input type="radio"/>						
Malestar estomacal	<input type="radio"/>						
Dificultad para respirar	<input type="radio"/>						
Malestar general	<input type="radio"/>						

Escribe una respuesta por fila

### DETERMINACION DE LA CARGA MENTAL DEL CONDUCTOR

1= MUY EN DESACUERDO 7=MUY DE ACUERDO

Se requiere un nivel de actividad mental elevado para realizar la tarea \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

Se requiere un nivel de actividad perceptiva elevado para realizar la tarea \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

Se requiere un nivel de actividad física alto para realizar la tarea \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

La cantidad de presión temporal sentida debido al ritmo de ejecución de la tarea es alto \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

He completado las tareas planteadas por el evaluador correctamente \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

Me he sentido satisfecho con el rendimiento alcanzado al cumplimentar las tareas \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

Me he sentido satisfecho con el rendimiento alcanzado al cumplimentar las tareas

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

Se requiere realizar un elevado esfuerzo físico para conseguir los objetivos de la tarea planteada \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

Se requiere realizar un elevado esfuerzo mental para conseguir los objetivos de la tarea planteada \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

Se requiere realizar un elevado esfuerzo mental para conseguir los objetivos de la tarea planteada

CUESTIONARIO PARA LA VALIDACIÓN DEL SIMUL...

file:///Users/javibruna/Desktop/CUESTIONARIO PARA LA...

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

Me he sentido satisfecho con el nivel de rendimiento alcanzado en la consecución de las tareas \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

Me he sentido inseguro durante la realización de las tareas \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

Me he sentido irritado durante la realización de las tareas \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

Me he sentido estresado durante la realización de las tareas \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

Me he sentido enfadado durante la realización de las tareas \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

Me he sentido seguro durante la realización de las tareas \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

Me he sentido satisfecho durante la realización de las tareas \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

Me he sentido gratificado durante la realización de las tareas \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

Me he sentido relajado durante la realización de las tareas \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

Me he sentido complaciente durante la realización de las tareas \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

¿Qué pareja de factores le ha supuesto mayor variación de carga de trabajo? (Seleccione una opción)

Marca solo un óvalo.

- DEMANDA FÍSICA/ DEMANDA MENTAL
- DEMANDA TEMPORAL/ DEMANDA MENTAL
- RENDIMIENTO/ DEMANDA MENTAL
- NIVEL DE FRUSTRACIÓN/ DEMANDA MENTAL

CUESTIONARIO PARA LA VALIDACIÓN DEL SIMUL...

file:///Users/javibruna/Desktop/CUESTIONARIO PARA LA...

- DEMANDA TEMPORAL/ DEMANDA FÍSICA
- RENDIMIENTO/ DEMANDA FÍSICA
- ESFUERZO/ DEMANDA FÍSICA
- NIVEL DE FRUSTRACIÓN / DEMANDA FÍSICA
- RENDIMIENTO/ DEMANDA TEMPORAL
- ESFUERZO/ DEMANDA TEMPORAL
- NIVEL DE FRUSTRACIÓN/ DEMANDA TEMPORAL
- ESFUERZO/ RENDIMIENTO
- NIVEL DE FRUSTRACIÓN/ RENDIMIENTO
- NIVEL DE FRUSTRACIÓN/ ESFUERZO

Esta pregunta es obligatoria.

## Realismo

### VALORACIÓN DEL REALISMO VIRTUAL DEL SIMULADOR

Indique su nivel de acuerdo con las siguientes afirmaciones 1= MUY EN DESACUERDO 7= MUY DE ACUERDO

Las interacciones con el entorno virtual me parecieron naturales \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

Los objetos visuales contribuyen mucho en la sensación de inmersión en el entorno virtual \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

El sonido y audio contribuyen mucho en la sensación de inmersión en el entorno visual \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

El movimiento de los objetos me parece muy conveniente en el espacio virtual \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

Las experiencias sentidas en el simulador han sido parecidas a las sentidas en la conducción real \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

Fácilmente fui capaz de examinar visualmente el entorno virtual \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

Mis movimientos me parecieron realistas en el espacio virtual \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

El manejo de los mandos del vehículo en el entorno virtual fue bueno \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

El nivel de inmersión en el entorno virtual fue alto \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

CUESTIONARIO PARA LA VALIDACIÓN DEL SIMUL...

file:///Users/javibruna/Desktop/CUESTIONARIO PARA LA...

Esta pregunta es obligatoria.

El retraso experimentado entre las órdenes dadas y el comportamiento del vehículo en el simulador fue alto \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

La adaptación al entorno virtual fue rápida \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

La concentración en las tareas a realizar fue mayor que la concentración en el control de los mandos \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

### Satisfacción del usuario

### EVALUACIÓN DE LA ACEPTACIÓN DEL USUARIO EN EL USO DEL SIMULADOR

Marque con una cruz según valore su experiencia \*

Marca solo un óvalo por fila.

	-2	-1	0	1	2
Útil	<input type="radio"/>				
Agradable	<input type="radio"/>				
Mala	<input type="radio"/>				
Bonita	<input type="radio"/>				
Efectiva	<input type="radio"/>				
Irritante	<input type="radio"/>				
Asistente	<input type="radio"/>				
Indeseable	<input type="radio"/>				
Aumenta alarma	<input type="radio"/>				

Escribe una respuesta por fila

### Indique su nivel de acuerdo con las siguientes afirmaciones

1= MUY EN DESACUERDO || 7= MUY DE ACUERDO

Las interacciones con el entorno virtual le parecieron naturales \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

Los objetos visuales contribuyeron a la sensación de inmersión en el entorno virtual \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

### GRADO DE SATISFACCIÓN DEL USUARIO

1= MUY EN DESACUERDO ||| 7=MUY DE ACUERDO

### SOFTWARE

Comportamiento de otros vehículos fue bueno \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

CUESTIONARIO PARA LA VALIDACIÓN DEL SIMUL...

file:///Users/javibruna/Desktop/CUESTIONARIO PARA LA...

Esta pregunta es obligatoria.  
El comportamiento de otros vehículos fue realista \*  
Marca solo un óvalo.  
1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.  
La aceleración del vehículo fue realista \*  
Marca solo un óvalo.  
1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.  
El frenado del vehículo fue realista \*  
Marca solo un óvalo.  
1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.  
El realismo de la escena simulada en plantilla fue bueno \*  
Marca solo un óvalo.  
1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.  
La elección de la velocidad del vehículo fue adecuada \*  
Marca solo un óvalo.  
1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.  
El mantenimiento de la velocidad del vehículo fue apropiado \*  
Marca solo un óvalo.  
1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.  
El conjunto del software del simulador es bueno \*  
Marca solo un óvalo.  
1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.  
**USABILIDAD \***  
Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4	5	6	7
Conjunto del simulador es bueno	<input type="radio"/>						
Requiere una concentración en exceso para realizar maniobras	<input type="radio"/>						
No surgen problemas al manejar el vehículo	<input type="radio"/>						

Escribe una respuesta por fila

**HARDWARE**

1= MUY EN DESACUERDO || 7=MUY DE ACUERDO

La dirección del vehículo es realista \*  
Marca solo un óvalo.  
1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.  
El joystick es cómodo \*

CUESTIONARIO PARA LA VALIDACIÓN DEL SIMUL...

file:///Users/javibruna/Desktop/CUESTIONARIO PARA LA...

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

La posición del joystick es adecuada \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

El habitáculo es comfortable \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

La fuerza requerida por cualquier mando no es demasiada \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

El conjunto del hardware del simulador es bueno \*

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5 6 7

Esta pregunta es obligatoria.

Deja de rellenar este formulario.

### Grado de satisfacción del usuario

¡¡SÓLO PARA PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA!!

Rellenar

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4	5	6	7
El acelerado de aro es realista	<input type="radio"/>						
La sensibilidad del acelerador de aro es adecuada	<input type="radio"/>						
El pomo del volante está situado adecuadamente	<input type="radio"/>						
El tamaño del pomo del volante es apropiado	<input type="radio"/>						

No selecciones más de una respuesta por columna.

Escribe una respuesta por fila

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google. 8% completado

Con la tecnología de

Google Forms

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

[Informar sobre abusos](#) - [Condiciones del servicio](#) - [Otros términos](#)

[Editar este formulario](#)



## ANEXO II

Ejemplo de informe obtenido en la batería de ensayos del simulador.

# Informe de evaluación de conducción

Javier Bruna Remiro

**SESIÓN 1 - 24/05/2016**



## ***Informe de evaluación de conducción***

Javier Bruna Remiro

---

### **SESIÓN 1 24/05/2016**

#### DATOS DEL USUARIO:

**DNI:**   
**Fecha:** 06/01/1994  
**Nombre:** Javier Bruna Remiro  
**Provincia:** Valencia  
**Población:** Valencia (46020)  
**Dirección:** -  
**Teléfono:** -  
**e-mail:** <no>

#### DISCAPACIDADES:

#### PERMISOS CONDUCCIÓN:

B-2 - 0



## ***Informe de evaluación de conducción***

202107200 Javier Bruna Remiro

---

### **SESIÓN 1 ENSAYO 24/05/2016 9:42:57**

Conducción libre

Conducción libre (Valencia)

-

Comentarios:

-

## ***Informe de evaluación de conducción***

202107200 Javier Bruna Remiro

---

### **SESIÓN 1 ENSAYO 24/05/2016 9:43:55**

Conducción

Prueba de frenada (Distancia de frenado)

-

Comentarios:

-

RESULTADOS:

Velocidad en marca: 104.846 Km/h

Tiempo de frenado: 2.600 segundos

Distancia de frenado: 39.387 metros

Desplazamiento lateral: 0.616 metros

Colisiones: 0 contactos

## **Informe de evaluación de conducción**

Alumno: Javier Bruna Remiro

---

### **SESIÓN 1 ENSAYO 24/05/2016 9:46:10**

Conducción

Prueba de rotonda de radio constante (30 Km/h)

-

Comentarios:

-

RESULTADOS:

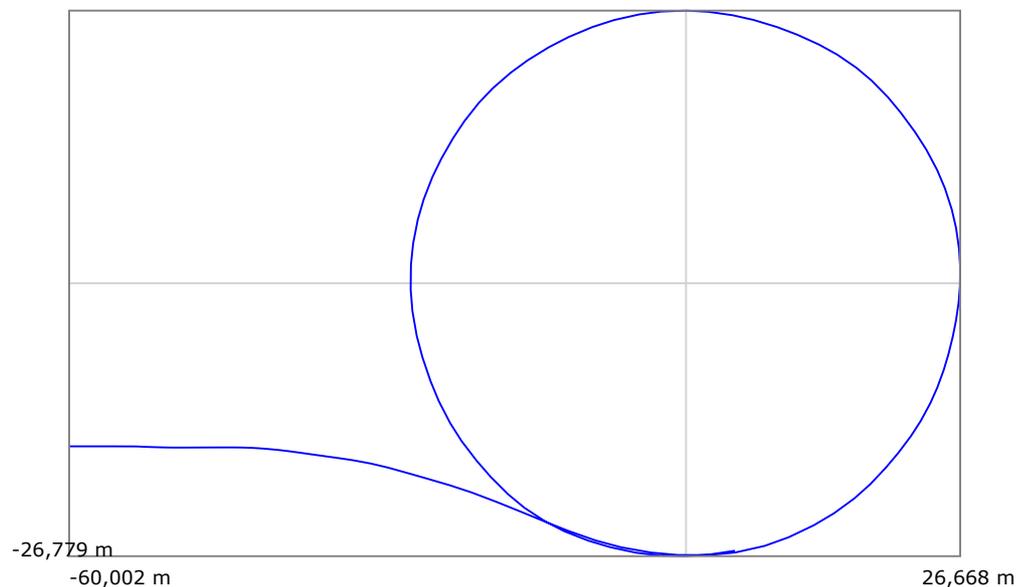
Vueltas realizadas: 1.016 vueltas

Tiempo empleado: 20.067 segundos

Salidas de la curva: 1 veces

COMPLETADA

26,755 m



## **Informe de evaluación de conducción**

Alumno: Javier Bruna Remiro

---

### **SESIÓN 1 ENSAYO 24/05/2016 9:47:45**

Conducción

Prueba de rotonda de radio creciente (30 Km/h)

-

Comentarios:

-

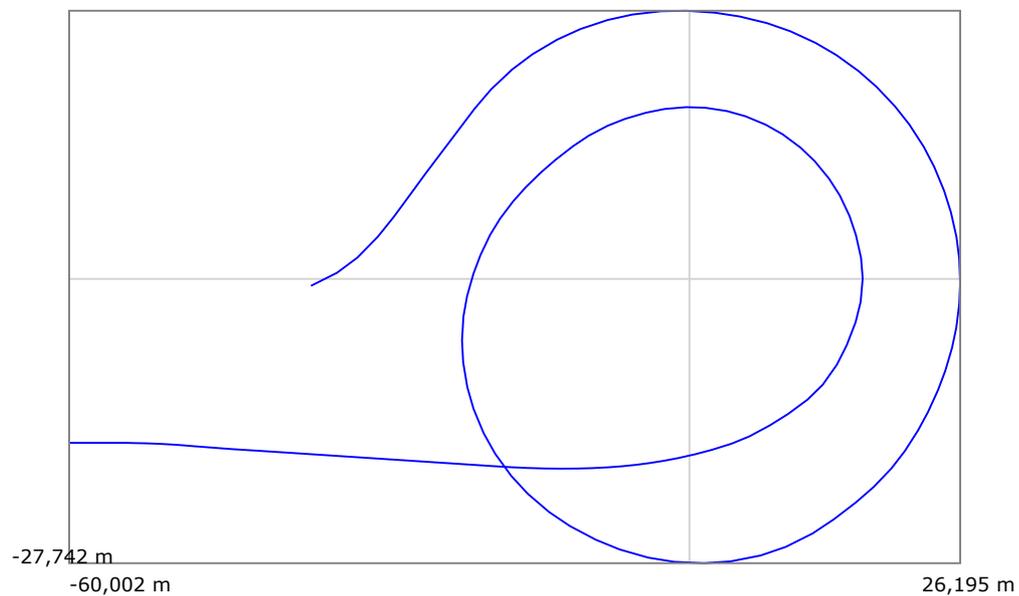
RESULTADOS:

Tiempo empleado: 28.233 segundos

Salidas de la curva: 0 veces

COMPLETADA

26,17 m





## ***Informe de evaluación de conducción***

› Javier Bruna Remiro

---

### **SESIÓN 1 ENSAYO 24/05/2016 9:48:46**

Estacionamiento

Prueba de estacionamiento (en diagonal entre coches[2])

-

Comentarios:

-

RESULTADOS:

Colisiones: 0 contactos

SUPERADA