



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

ESTUDIO NEUROCOGNITIVO DEL JUEGO DE LA CERVEZA

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

CRISTÓBAL ANTONIO PARRAGUEZ CRUZAT

PROFESOR GUÍA:
ANDRÉS MUSALEM SAID

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
RENÉ SAN MARTÍN ULLOA
JUAN PABLO TORRES CEPEDA

SANTIAGO DE CHILE
2019

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL
POR: CRISTÓBAL ANTONIO PARRAGUEZ CRUZAT
FECHA: OCTUBRE 2019
PROF. GUÍA: ANDRÉS MUSALEM SAID

ESTUDIO NEUROCOGNITIVO DEL JUEGO DE LA CERVEZA

La motivación central que guía la presente investigación es el estudio del comportamiento de tomadores de decisión ante escenarios complejos que involucran problemas dinámicos, donde la incertidumbre juega un papel clave en las posibles estrategias óptimas de resolución.

Específicamente, para este estudio se utilizará un juego de simulación llamado "Beer Game" de manejo de stock usado en ambientes universitarios para explicar diversos principios de gestión de la cadena de suministro. Los participantes reciben una demanda semanal de cerveza por parte del público final (aleatoria) y deben decidir cuantas cervezas ordenar al distribuidor.

La investigación demuestra que el participante promedio realiza 10 fijaciones por semana (donde fijación se define como la atención ocular de igual o más de 60 ms dentro de las dimensiones de un área de interés), cada fijación dura en promedio 0.5 segundos y la dilatación pupilar promedio es de 3.94 mm. Adicionalmente, se demuestra que hay un efecto de aprendizaje a medida que avanza el juego lo cual se traduce en un aumento de eficiencia y eficacia en la toma de decisión por parte de los participantes.

Cabe destacar que, considerando backorder el estado en que el stock es negativo y sobrestock el estado en que el stock es positivo, puede concluirse que los jugadores demoran mas en decidir en el primer estado y una posible interpretación es que esta decisión es más delicada en el sentido económico, pues backorder implica mayores costos bajo las especificaciones del juego.

Por otro lado, la dilatación pupilar se ve afectada positiva y significativamente cuando se esta en estado de backorder, esto se asocia a un aumento de la carga cognitiva y a un aumento del nivel de sorpresa ante nuevos estímulos.

Se demuestra que los buenos jugadores podrían tener una mayor capacidad de procesamiento de información que podría traducirse en menores tiempos de juego en el caso de backorder. Los buenos jugadores se demoran menos tanto con sobrestock y backorder, pero particularmente menos con backorder.

Finalmente, se demuestra que existe una fuerte correlación entre la orden y la demanda, lo que sugiere que la heurística del participante promedio esta basada en intentar predecir la demanda a través de la orden.

A mi familia.

Tabla de Contenido

Introducción	1
1. Estado del arte	3
2. Objetivos, Hipótesis, Alcances y Resultados esperados	5
2.1. Objetivos generales y específicos	5
2.1.1. Objetivo general	5
2.1.2. Objetivos específicos	5
2.2. Hipótesis	5
2.3. Alcances	6
2.4. Resultados esperados	6
3. Marco Teórico	7
3.1. Definiciones de conceptos de eyetracking	7
3.1.1. Área de interés	7
3.1.2. Fijación	8
3.1.3. Movimientos sacádicos	8
3.2. Aspectos estadísticos	9
3.2.1. Median Split	9
3.2.2. Test de media	9
3.2.3. Regresión	9
3.3. Juego	9
3.3.1. Beer Game	9
4. Metodología	10
4.1. Recolección de datos	10
4.2. Procesamiento de datos	15
4.3. Selección de la muestra	17
4.4. Definición de variables	17
4.5. Análisis de datos	18
5. Análisis de los datos	19
5.1. Análisis del participante promedio	19
5.2. Efecto del aprendizaje	20
5.3. Análisis descriptivo comportamiento de juego	35
5.4. Backorder vs. Sobrestock	41
5.5. Heterogeneidad de los participantes en su desempeño	48

5.6. Consideración del entrante y de la demanda	56
Conclusión	57
Bibliografía	60
6. Anexos	61
6.1. Anexo 1. Código demanda	61

Índice de Tablas

4.1. Ejemplo tiempos.	16
5.1. Estadística descriptiva variables Eye Tracker.	19
5.2. Regresión fixduration week.	20
5.3. Regresión nfixation week.	21
5.4. Regresión meanfixd week.	23
5.5. Regresión timez1 week.	25
5.6. Regresión timez2 week.	26
5.7. Regresión timez3 week.	27
5.8. Regresión timez4 week.	28
5.9. Regresión timez5 week.	29
5.10. Regresión timez6 week.	30
5.11. Regresión timez7 week.	31
5.12. Regresión timez8 week.	32
5.13. Regresión timez9 week.	33
5.14. Regresión pupdiammean week.	34
5.15. Regresión pupdiammean cycleweek.	35
5.16. Regresión order week.	36
5.17. Regresión incoming delivery week.	37
5.18. Regresión incoming order week.	38
5.19. Regresión shipment week.	39
5.20. Regresión final inventory week.	40
5.21. Test de proporciones.	41
5.22. Test de medias tiempo de fijación en sobrestock y backorder.	42
5.23. Test de medias tiempo de fijación z1 en sobrestock y backorder.	42
5.24. Test de medias tiempo de fijación z2 en sobrestock y backorder.	43
5.25. Test de medias tiempo de fijación z3 en sobrestock y backorder.	43
5.26. Test de medias tiempo de fijación z4 en sobrestock y backorder.	44
5.27. Test de medias tiempo de fijación z5 en sobrestock y backorder.	44
5.28. Test de medias tiempo de fijación z6 en sobrestock y backorder.	45
5.29. Test de medias tiempo de fijación z7 en sobrestock y backorder.	45
5.30. Test de medias tiempo de fijación z8 en sobrestock y backorder.	46
5.31. Test de medias tiempo de fijación z9 en sobrestock y backorder.	46
5.32. Test de medias dilatación pupilar promedio en sobrestock y backorder.	47
5.33. Modelo dilatación pupilar.	47
5.34. Estadística descriptiva cost300.	48

5.35. Test de medias tiempo total buenos y malos jugadores.	49
5.36. Test de medias tiempo total buenos y malos jugadores en backorder.	49
5.37. Tiempo de fijación en backorder.	50
5.38. Tiempo de fijación en sobrestock.	50
5.39. Número de fijaciones entre buenos y malos jugadores.	51
5.40. Tiempo por fijación entre buenos y malos jugadores.	51
5.41. Tiempo de fijación en zona 1 para buenos y malos jugadores.	52
5.42. Tiempo de fijación en zona 2 para buenos y malos jugadores.	52
5.43. Tiempo de fijación en zona 3 para buenos y malos jugadores.	53
5.44. Tiempo de fijación en zona 4 para buenos y malos jugadores.	53
5.45. Tiempo de fijación en zona 5 para buenos y malos jugadores.	54
5.46. Tiempo de fijación en zona 6 para buenos y malos jugadores.	54
5.47. Tiempo de fijación en zona 7 para buenos y malos jugadores.	55
5.48. Tiempo de fijación en zona 8 para buenos y malos jugadores.	55
5.49. Tiempo de fijación en zona 9 para buenos y malos jugadores.	56
5.50. Cost300 median split zona 2.	57

Índice de Ilustraciones

3.1. Zonas de interés en semana de juego.	8
3.2. Zonas de interés.	8
4.1. Tobii T120.	10
4.2. Ejemplo semana de juego.	11
4.3. Distribución de demanda.	12
4.4. Laboratorio.	14
5.1. Fixduration vs week.	20
5.2. Nfixation vs week.	21
5.3. Meanfixd vs week.	22
5.4. Repetitions vs week.	23
5.5. Fixatedzones vs week.	24
5.6. Timez1 vs week.	25
5.7. Timez2 vs week.	26
5.8. Timez3 vs week.	27
5.9. Timez4 vs week.	28
5.10. Timez5 vs week.	29
5.11. Timez6 vs week.	30
5.12. Timez7 vs week.	31
5.13. Timez8 vs week.	32
5.14. Timez9 vs week.	33
5.15. Pupdiammean vs week.	34
5.16. Estadística descriptiva variables de juego.	35
5.17. Order vs week.	36
5.18. Incoming delivery vs week.	37
5.19. Incoming order vs week.	38
5.20. Shipment vs week.	39
5.21. Final inventory vs week.	40
5.22. Correlaciones variables de juego.	41
5.23. Histograma cost300.	48

Introducción

La motivación central que guía la presente investigación es el estudio del comportamiento de tomadores de decisión ante escenarios complejos que involucran problemas dinámicos, donde la incertidumbre juega un papel clave en las posibles estrategias óptimas de resolución.

En pos de lo anterior, esta memoria aborda el problema general de gestión de decisión de inventario (orden de productos ante demanda aleatoria). Las decisiones de inventario han sido ampliamente estudiadas en la literatura, pues entre otras cosas, como afirma Taha H. (2016) el buen manejo de inventario impacta fuertemente en los costos, lo cual juega un rol fundamental en la rentabilidad y eficiencia de una empresa como de las organizaciones públicas.

Específicamente, para este estudio se utilizará un juego de simulación llamado “Beer Game” de manejo de stock usado en ambientes universitarios para explicar diversos principios de gerencia de la cadena de suministro. Los participantes reciben una demanda semanal de cerveza por parte del público final (aleatoria) y deben decidir cuantas cervezas ordenar al distribuidor. Cabe destacar que la orden llega con un desfase de 4 semanas desde la orden.

Sterman J. (1989) experimentó con este juego de la cerveza con estudiantes universitarios mediante tableros donde estos tomaban distintos roles tales como minorista, mayorista, distribuidor y fabricante. Mediante modelos econométricos determinó el efecto de la información recibida por cada participante en su desempeño. En particular, los errores de pronóstico de demanda de los eslabones anteriores de la cadena de suministro se amplifican en los eslabones siguientes (efecto látigo).

Cabe destacar que Sterman no utilizó herramientas neurocognitivas u oculares en su experimento, por lo que el estudio actual pretende extender el trabajo para determinar patrones de atención que tienen relación con diferencias de desempeño de los tomadores de decisión.

Para el experimento asociado a esta memoria, los participantes jugaran una versión modificada (simplificada) del “Beer Game” en la cual solo existirá un rol y este es el de administrador de una botillería. Adicionalmente cabe destacar que la versión modificada del juego usada en la presente investigación posee una característica distinta al juego original, esta es que la

orden del tomador de decisión siempre es aceptada a diferencia del juego original en el que un pedido puede no ser aceptado si el jugador que lo suministra no tiene inventario.

Los datos recolectados a través de dispositivos de Eye Tracking se utilizarán para estudiar el comportamiento ocular de los participantes y en trabajos futuros se pretende utilizar los datos de electro-encefalograma. La relevancia de la investigación radica en aprovechar los datos para encontrar patrones oculares (y en un futuro cerebrales) de buenos y malos tomadores de decisión en distintos escenarios (backorder y sobrestock).

La investigación pretende responder las siguientes dos preguntas:

1. ¿Existen diferencias significativas entre buenos y malos tomadores de decisión en sus patrones de atención?
2. ¿Existen diferencias significativas en los patrones de atención bajo distintos escenarios de decisión?

Considerando backorder el estado en que el stock es negativo y sobrestock el estado en que el stock es positivo, se demuestra que los buenos jugadores podrían tener una mayor capacidad de procesamiento de información que podría traducirse en menores tiempos de juego en el caso de backorder. Los buenos jugadores se demoran menos tanto con sobrestock y backorder, pero particularmente menos con backorder. Adicionalmente, se demuestra que los jugadores demoran más en decidir en backorder y una posible interpretación es que esta decisión es más delicada en el sentido económico, pues backorder implica mayores costos bajo las especificaciones del juego.

El presente informe comienza con el Estado del arte que describe en donde se encuentra el tema tratado antes de la presente investigación. Luego se describen los Objetivos, Hipótesis, Alcances y Resultados esperados. La sección de Marco teórico contiene las principales definiciones para el entendimiento de la Metodología y el Análisis de los datos. Finalmente se exponen las conclusiones de la investigación.

Capítulo 1

Estado del arte

Sterman J. (1989) experimentó con el juego de la cerveza con estudiantes universitarios mediante tableros donde estos tomaban distintos roles tales como minorista, mayorista, distribuidor y fabricante.

Mediante modelos econométricos determinó el efecto de la información en el desempeño de los tomadores de decisión, es decir, el recibir información errónea proveniente del eslabón previo en la cadena productiva afecta sucesivamente el entendimiento de la demanda y por lo tanto en si esta es suplida o no (los tomadores de decisión tienden a no entender que las ordenes que realizan llegan en una cantidad de semanas dependiendo del rol, por lo que subestiman o sobrestiman la demanda).

Lo anterior da directrices estadísticas para el análisis de datos y así probar preguntas de interés para la investigación. Cabe destacar que Sterman en su investigación no consideró tecnología que le permitiera capturar datos de atención ocular, por lo cual, la investigación actual pretende extender su trabajo, y así, determinar patrones de atención que tienen relación con diferencias de desempeño de los tomadores de decisión. Adicionalmente se destaca que la versión modificada del juego usada en la presente investigación posee características distintas al juego original, pues en esta solo hay un rol para el participante, que es el de retailer final, y además, que la orden del tomador de decisión siempre es aceptada y este solo debe preocuparse de intentar predecir el comportamiento a 4 semanas desde la orden.

Schweitzer M. y Cachon G. (2000) estudiaron el comportamiento y estrategias de tomadores de decisión frente a un juego en base al problema del vendedor de diarios que consistía en predecir la demanda con desfase de un periodo para evitar sobrestock o backorder y así maximizar la utilidad. Dividieron la investigación en dos, una prueba con demanda uniforme y otra con una demanda que variaba de forma dramática (muy baja o muy alta). Schweitzer M. y Cachon G. concluyeron que la estrategia de los participantes es minimizar la diferencia entre lo demandado y lo que se pide periodo a periodo, además de que estos no son sensibles a entrenamiento y feedback. La investigación actual se diferencia en que todos los

participantes enfrentan el mismo juego que presenta tanto demanda uniforme como de alta frecuencia en distintos periodos y no solo estudia el comportamiento mediante la decisión de orden sino también en la atención ocular que prestan los participantes durante el experimento.

Barlat Y. y Ozevin M. (2004) experimentaron con juegos de simulación de manejo de inventario en donde variaron distintas características como la demanda, orden mínima y el tiempo de rezago desde la orden. Mediante análisis estadístico de ANOVA determinaron que las variables de interés sí afectan en la performance de los tomadores de decisión y en su comportamiento durante el juego de simulación. En particular, los cambios bruscos de demanda afectan la estrategia de ordenes de los jugadores que se vuelven no-lineales y oscilantes afectando el desempeño. Adicionalmente, cambios en la orden mínima no provocan grandes cambios en el desempeño, a diferencia de la variación del tiempo de rezago que si provoca cambios notorios en la capacidad de predicción de la demanda y por lo tanto en la performance. Cabe destacar que la investigación actual se diferencia del trabajo de Barlat Y. y Ozevin M. pues, en la presente investigación, además de medir el efecto del cambio aleatorio de la demanda en el desempeño, también se estudian los patrones de atención de los participantes.

Meissner M., Musalem A., Huber J. (2016) mediante el uso de Eye Tracker estudiaron como el proceso de análisis conjunto (una técnica de investigación de mercados para medir preferencias de los consumidores) toma menos tiempo y es más preciso mediante la práctica. Lo anterior da directrices de estudio de comportamiento ocular mediante Eye Tracker que pueden usarse en la investigación actual ya que se testeara si los tomadores de decisión a medida que avanza el juego son capaces de tomar decisiones en menor tiempo y de mejor forma minimizando el costo acumulado. La presente investigación a diferencia de este trabajo considera el estudio de como la práctica afecta en el tiempo de toma de decisión de orden de inventario, una decisión no relacionada a las preferencias de un consumidor, sino a la minimización de costos de inventario.

Capítulo 2

Objetivos, Hipótesis, Alcances y Resultados esperados

2.1. Objetivos generales y específicos

2.1.1. Objetivo general

El objetivo general de la investigación es estudiar el comportamiento de tomadores de decisión en el contexto de decisiones de inventario.

2.1.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos de la investigación son:

- Estudiar los factores de comportamiento y atención que afectan en el desempeño de tomadores de decisión.
- Estudiar la selectividad de los tomadores de decisión en distintos estados del juego.
- Estudiar el aprendizaje de los tomadores de decisión en distintos estados del juego.
- Estudiar las diferencias de atención de los tomadores de decisión en distintos estados del juego.
- Identificar estrategias y heurísticas de los tomadores de decisión.

2.2. Hipótesis

Las hipótesis de esta investigación son:

- Los jugadores en promedio concentran la mayor cantidad de su tiempo observando la demanda.

- En promedio cada semana el tiempo de fijación disminuye. Lo anterior sugiere un aprendizaje por parte de los tomadores de decisión. En promedio disminuyen el número de fijaciones por semana y el tiempo promedio de cada fijación.
- A medida que avanza el juego los tomadores de decisión mejoran su memoria, es decir, disminuyen las repeticiones de zonas que se visitan ocularmente durante una semana de juego.
- Aumenta la selectividad de los participantes, es decir que la cantidad de zonas que son visitadas al menos una vez durante una semana disminuye.
- Con backorder la decisión requiere más tiempo que con sobrestock.
- La dilatación pupilar se ve afectada positivamente cuando se esta en estado de backorder.
- Los buenos jugadores tienen mayor capacidad de procesamiento de información que se traduce en menores tiempos de juego en el caso de backorder.
- Los buenos jugadores se demoran menos tanto bajo sobrestock como backorder.
- Existe una fuerte correlación entre la orden y la demanda, lo que sugiere que la heurística del participante promedio esta basada en intentar predecir la demanda a través de la orden.

2.3. Alcances

Los alcances de esta investigación son:

- Solo se utilizarán datos experimentales, es decir, ningún dato externo al del muestreo de la investigación.
- La presente tesis tiene como intención principal la investigación.

2.4. Resultados esperados

Los resultados esperados de esta investigación son:

- Descripción del estado del arte basado en el análisis de literatura asociada.
- Diseño e implementación de un muestreo para la recolección de datos.
- Análisis descriptivo del tomador de decisión promedio.
- Análisis inferencial y econométrico del comportamiento de los tomadores de decisión según su performance.
- Análisis inferencial y econométrico del comportamiento de los tomadores de decisión

según el estado de juego (sobrestock o backorder).

Capítulo 3

Marco Teórico

3.1. Definiciones de conceptos de eyetracking

3.1.1. Área de interés

Sección de la pantalla para la cual se realizarán mediciones específicas de movimientos oculares (por ejemplo, número de fijaciones). En el caso de esta memoria, tal como se muestra en las Figuras 3.1 y 3.2, se definen de formar rectangular de tal forma que cada zona tiene altura de $1280/3$ pixeles y un ancho de $1024/3$ pixeles. Aplicando esta definición se obtienen las siguientes zonas:

- Zona 1: Stock Inicial.
- Zona 2: Entrante.
- Zona 3: Demanda.
- Zona 4: Venta.
- Zona 5: Stock Final.
- Zona 6: Costo.
- Zona 7: Orden.
- Zona 8: Vacía Izquierda.
- Zona 9: Vacía Derecha.

Stock Inicial	Entrante	Demanda
15	0	4
Venta	Stock Final	Costo
4	11	5.5
	Orden	

Figura 3.1: Zonas de interés en semana de juego.

Zona 1	Zona 2	Zona 3
Zona 4	Zona 5	Zona 6
Zona 8	Zona 7	Zona 9

Figura 3.2: Zonas de interés.

3.1.2. Fijación

En esta memoria se considera fijación a la atención ocular de igual o más de 60 ms dentro de las dimensiones de un área de interés, para cada participante y semana.

3.1.3. Movimientos sacádicos

Se considera movimiento sacádico a un movimiento rápido de ojos. Cabe destacar que para esta investigación un movimiento rápido de ojos es cualquier ventana de tiempo acumulada

en una zona de interés de menos de 60 ms.

3.2. Aspectos estadísticos

3.2.1. Median Split

Método de separación de datos que consiste en separar aquellos que están por sobre y bajo la mediana.

3.2.2. Test de media

Técnica estadística que permite decidir si es razonable mantener la hipótesis de que la media tiene cierto valor.

3.2.3. Regresión

Modelo matemático que permite aproximar la dependencia de una variable en particular con una o más variables independientes.

3.3. Juego

3.3.1. Beer Game

El Beer Game es un juego de simulación de producción y distribución industrial desarrollado en el MIT para enseñar a los estudiantes de administración diversos principios de gerencia de la cadena de suministro (Sternan 1989). En este juego existen 4 roles: minorista, mayorista, distribuidor y fábrica (denotados por R, W, D y F). Cada semana de juego, los clientes ordenan cerveza al minorista, y este, pide cerveza al mayorista. Del mismo modo, el mayorista ordena y recibe cerveza del distribuidor, quien a su vez ordena y recibe cerveza de la fábrica. La fábrica produce la cerveza.

En cada etapa hay retrasos en el envío y recepción de pedidos (estos retrasos representan el tiempo requerido para recibir, procesar, enviar y entregar pedidos). El objetivo de los jugadores es minimizar los costos totales de la empresa. Los costos unitarios de inventario son de dos tipos, por sobrestock son 0.5 y por backorder son 1. Sobrestock corresponde a periodos en el que el inventario es positivo. Mientras que backorder se refiere a estados en el que el inventario es negativo.

Capítulo 4

Metodología

La presente investigación se divide en cinco grandes etapas:

- Recolección de datos.
- Procesamiento de datos
- Selección de la muestra
- Definición de variables.
- Análisis de datos.

4.1. Recolección de datos

Para la recolección de datos se diseña e implementa un muestreo que utiliza la técnica Eye Tracking mediante Tobii T120, tecnología utilizada para el seguimiento del movimiento ocular dentro de las dimensiones de una pantalla. Este aparato es capaz cada cierto intervalo de tiempo (120 veces por segundo) de entregar la dilatación pupilar y las coordenadas cartesianas de donde se encuentra la atención ocular.



Figura 4.1: Tobii T120.

Los participantes juegan una versión modificada del “Beer Game” mientras son capturados datos de dilatación pupilar y movimiento ocular. Como se mencionó anteriormente, el “Beer Game” es un juego de simulación de manejo de stock usado en ambientes universitarios para explicar empíricamente diversos principios de gerencia de la cadena de suministros. Para el experimento asociado a la investigación, los participantes jugaran una versión modificada del “Beer Game” en el cual solo existirá un rol y este es el de administrador de una botillería. Los participantes reciben una demanda semanal de cerveza por parte del público final y deben decidir cuantas cervezas ordenar al distribuidor. Cabe destacar que la orden llega en 4 semanas desde que la solicitud es hecha. Todas las semanas del juego los participantes enfrentan una pantalla como la siguiente:

Stock Inicial	Entrante	Demanda
15	0	4
Venta	Stock Final	Costo
4	11	5.5
Orden		

Figura 4.2: Ejemplo semana de juego.

- Stock inicial representa la cantidad de botellas que se poseen al inicio de la semana.
- Entrante representa la cantidad ordenada hace 4 semanas atrás y que está disponible desde este periodo para satisfacer la demanda.
- Demanda representa la cantidad necesitada esa semana por el público final. Esta es aleatoria y su código se encuentra en Anexo 1. En la Figura 4.3 puede apreciarse el gráfico de la demanda con su mínimo, máximo y media.

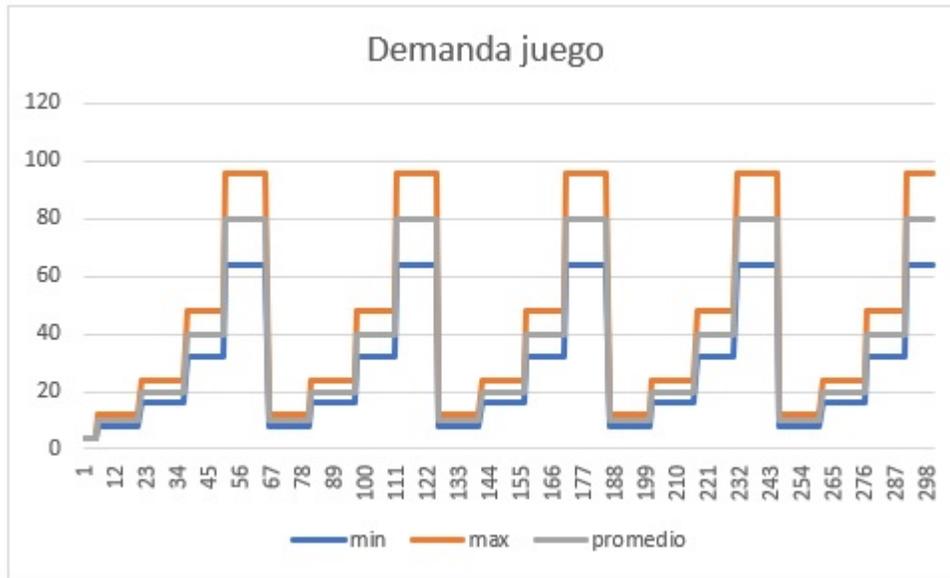


Figura 4.3: Distribución de demanda.

- Venta representa la cantidad que es suplida de acuerdo al stock inicial + entrante.
- Stock final representa la cantidad de botellas al finalizar la semana según la fórmula:

$$\text{stock final}_T = \text{stock inicial}_T + \sum_{t=1}^T \text{entrante}_t - \text{demanda}_t$$

Notar que el stock final puede tomar valores negativos cuando el stock disponible para satisfacer la demanda sea insuficiente. Cuando sea positivo, el participante se encontrará en una situación de sobrestock, mientras que cuando sea negativo, estará en backorder.

- Costo representa el costo acumulado por sobrestock y backorder (0.5 por cada unidad en sobrestock y 1 por backorder).
- Orden representa la cantidad de inventario solicitada y que se entregará en 4 semanas más.

Antes de comenzar el muestreo definitivo se realizó un periodo de pruebas durante dos semanas para encontrar posibles fallas del juego y practicar el protocolo de muestreo. Lo anterior implicó modificaciones mínimas del juego, entre ellas eliminar la posibilidad de realizar ordenes negativas e instrucciones poco claras.

El estudio contempla un total de 40 participantes, todos mayores de edad, estudiantes de Ingeniería de la Universidad de Chile. Los participantes tienen entre 18 y 25 años, con un número similar de hombres y mujeres. Para el reclutamiento de ellos se utilizó la plataforma u-cursos.

Se utilizaron los siguientes requisitos para incluir un participante en el estudio:

No haber cursado el ramo Gestión de Operaciones II: El ramo en cuestión muestra como ejemplo un juego con características similares al juego a realizar. Debido a que el conocimiento previo daría una ventaja comparativa relevante a los participantes, se optó por evitar su participación. Bajo este criterio se excluyeron 46 peticiones de reclutamiento.

No poseer antecedentes de patologías de carácter electro-neuronales: La presencia de enfermedades como epilepsia alteran los datos de registro del electroencefalograma. Bajo este criterio se excluyeron 0 peticiones de reclutamiento, pues ningún interesado manifestó algún tipo de patología de carácter electro-neuronal.

No tener patologías oculares incompatibles con el juego o el lector de movimientos oculares: Por ejemplo, el uso de lentes obstruye la correcta lectura del lector de movimientos oculares. También presentan problemas la falta de un ojo, ceguera parcial o total, estrabismo, entre otros. Bajo este criterio se excluyeron 7 peticiones de reclutamiento.

Una vez citados los participantes deben leer y firmar un consentimiento informado el cual explica a grandes rasgos el experimento y autoriza al equipo investigador a usar los datos recolectados por los aparatos antes mencionados, esta fase dura aproximadamente 10 minutos.

Inicialmente los participantes ingresan a una habitación que cuenta con aislamiento lumínico para evitar interferencias al Eye Tracker, adicionalmente, se les pide apagar su celular y retirar artículos de metal como aros para evitar interferencias al EEG.



Figura 4.4: Laboratorio.

En esta habitación (ver Figura 4.4) los participantes comienzan con la práctica del juego luego de leer las instrucciones que consisten en una breve explicación con ejemplos y definiciones. La práctica consiste en una versión truncada del juego que se usará en la investigación que considera solo las primeras 20 semanas de este. Los participantes pueden jugar las rondas de práctica hasta que entiendan la mecánica del juego y luego de esto, al señalar a los examinadores que ya no quieren seguir practicando se procede a colocar el gorro de electrodos junto con el gel conductor para proseguir con la calibración de los aparatos medidores, esta fase dura aproximadamente 20 minutos.

Al terminar la calibración, el participante es dejado solo en la sala para jugar 300 rondas del “Beergame” (aproximadamente 60 minutos de juego).

Una vez terminado el juego los examinadores retiran el gorro de electrodos para que el participante conteste una encuesta socioeconómica y reciba su pago de acuerdo al puntaje obtenido en el juego.

Los datos recolectados son de 4 tipos:

- Datos conductuales: Datos ingresados por los tomadores de decisión y el tiempo de toma de decisión en cada iteración. Estos datos son numéricos y entre ellos se encuentran los valores semana a semana de entrante, demanda, venta, stock final, costo y orden.

- Datos oculares: Datos de movimientos oculares de los participantes durante el juego. Estos datos contienen coordenadas cartesianas, capturadas cada 8.3 milisegundos, de la atención de los participantes durante cada semana de juego.
- Datos neurocognitivos: Datos obtenidos mediante electroencefalograma para evaluar la reacción cerebral frente a estímulos. Estos datos contienen información de actividad neuronal en distintas áreas del cerebro.
- Datos socioeconómicos y otros descriptores: Datos obtenidos al final del experimento mediante encuesta. Estos datos contienen información de sobre edad, ingresos, nivel educacional, sexo, comuna, grupo familiar y experiencia en actividades relacionadas con gestión de operaciones.

4.2. Procesamiento de datos

Los datos capturados por el Eye Tracker entregan información en promedio cada $\frac{1000}{120} = 8,3$ milisegundos. Cada observación indica:

- El instante (marca de tiempo) de la medición.
- Una coordenada horizontal y vertical en la pantalla que está observando el participante (el origen corresponde al centro de la pantalla).
- La dilatación pupilar del ojo izquierdo y del ojo derecho del participante.

Estos datos son procesados usando el software STATA. A partir de las coordenadas de posición ocular capturadas por el Eye Tracker se asignan mediciones a las distintas áreas de interés de acuerdo con la definición explicada en el marco teórico. Con las marcas de tiempo entregadas por el Eye Tracker se definen las fijaciones asociadas a las distintas zonas por semana para cada participante de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- Se identifican secuencias de observaciones consecutivas que corresponden a una misma zona de interés para cada participante y semana de juego.
- Para cada una de esas secuencias, se calcula la cantidad de tiempo transcurrido entre la primera y la última observación.
- Cuando la secuencia siguiente corresponda al mismo participante, se asigna la mitad del tiempo transcurrido entre estas 2 secuencias a cada secuencia.

Este procedimiento se ilustra con el siguiente ejemplo:

week	postime	posx	posy	participante	zona
2	372087	-374.34	175	1	5
2	372095	-364.6	222.3	1	2
2	372103	-242.68	254.44	1	2
2	372111	-183.58	276.92	1	2
2	372120	-151.82	278.16	1	2
2	372128	-118.23	278.47	1	2
2	372136	-177.72	278.01	1	2
2	372145	-175.01	273.77	1	2
2	372153	-166.03	273.48	1	2
2	372161	-128.67	265.15	1	2
2	372170	-16.38	273.93	1	2
2	372178	-158.92	280.78	1	2
2	372186	-151.89	277.31	1	2
2	372194	-184.72	275.21	1	2
2	372203	-184.97	272.07	1	2
2	372220	-194.69	277.66	1	2
2	372228	-188.83	277.03	1	2
2	372236	-198.12	263.06	1	2
2	372244	-448.08	264.68	1	2
2	372253	-104.94	269.71	1	2
2	372261	-188.5	272.42	1	1

Tabla 4.1: Ejemplo tiempos.

Siguiendo el procedimiento planteado anteriormente y observándose la Tabla 4.1 puede decirse que:

- Se identifica una secuencia de observaciones consecutivas para el participante 1, semana 2 y zona 2.
- Puede notarse que entre la primera y ultima observación sin cambiar de participante, semana y zona hay acumulados $372253-372095=158$ ms.
- Como nos mantenemos en el mismo participante, la acumulación de tiempo del participante 1 en la semana 2 a la zona 2 debe ser corregida asignando $(372095-372087)/2=4$ ms y $(372261-372253)/2=4$ ms adicionales, es decir en total se acumuló 166 ms.

Consistente con la definición entregada en el marco teórico, se considera como fijación a las secuencias de observaciones consecutivas a una misma zona de interés del mismo participante y en la misma semana de juego que acumulen al menos 60 ms.

Luego de identificar fijaciones, se verifica si hay outliers o datos anómalos. Se consideran como outliers fijaciones extremadamente prolongadas. En particular, se descartan fijaciones de más de 20 segundos, las cuales representan menos del 1% de los datos.

Por otro lado, se consideran como datos anómalos:

- Marcas de tiempo negativas, pues las marcas de tiempo por definición siempre deben ser mayores iguales a 0.
- Marcas de tiempo consecutivas decrecientes, pues no es posible que una marca de tiempo sea menor a su marca anterior.

4.3. Selección de la muestra

Para el análisis de datos se consideró a participantes con datos de movimientos oculares para al menos un 90 % de las semanas del juego (270 de 300 semanas). Este filtro tiene como consecuencia pasar de una muestra de 40 a 34 participantes.

Adicionalmente, para cada participante solo se consideran semanas con al menos una fijación en alguna zona de interés. Finalmente, cuando se observa al menos una fijación de un participante en una semana, se excluyen aquellas semanas con fijaciones a una zona que acumulen más de 20 segundos, por ser excesivamente prolongadas. Esto elimina un 0.1 % de las semanas.

4.4. Definición de variables

A continuación, se definen las variables que se utilizaran en el análisis:

- week: Semana de juego.
- pupdiammean: Media de la dilatación pupilar por semana y participante.
- timezX: Tiempo de fijación acumulado por semana y participante en la zona X (donde $X \in \{1, 2, \dots, 9\}$).
- nfixation: Número de fijaciones por semana y participante.
- fixduration: Tiempo total de fijación acumulado por semana.
- meanfixd: Variable generada mediante el ratio $\text{fixduration}/\text{nfixation}$, es decir, la duración promedio de cada fijación por semana y participante.
- availablestock: Cantidad de cerveza que posee un jugador al principio de una semana.
- incomingorder: Cantidad de cerveza ordenada 4 semanas atrás por el participante.
- incomingdelivery: Cantidad de cerveza demandada por el público final.
- shipment: Cantidad de cerveza enviada al público final.

- finalinventory: Cantidad de cerveza que posee el participante al final de una semana.
- cost300: Costo acumulado hasta la semana 300 de juego.
- order: Cantidad de cerveza ordenada por un participante en una semana.
- sobre: Variable dummy que vale 1 si se encuentra en sobrestock, 0 si no.
- back: Variable dummy que vale 1 si se encuentra en backorder, 0 si no.
- zero: Variable dummy que vale 1 si se encuentra en stock final igual 0, 0 si no.
- orpos: Variable dummy que vale 1 si se encuentra en orden positiva, 0 si no.
- fixatedzones: Variable que indica la cantidad de zonas visitadas al menos una vez durante una semana de juego.
- repetitions: Diferencia entre nfixation y fixatedzones.

4.5. Análisis de datos

Posteriormente, mediante estadística descriptiva, test estadísticos y modelos econométricos se procede a analizar el comportamiento ocular de los participantes en escenarios de backorder y sobrestock, como también cuando los jugadores tienen buen o mal performance en el juego según un criterio que se detallara en la sección 5 de análisis de datos.

Capítulo 5

Análisis de los datos

5.1. Análisis del participante promedio

En esta sección se realizará un análisis de datos comenzando con estadísticos descriptivos para caracterizar el participante y semana promedio. Luego se analizarán diferencias entre escenarios de backorder y sobrestock, para luego continuar el análisis dividiendo entre buenos y malos tomadores de decisión según su performance en el juego (por ejemplo, median split para el costo final obtenido en el juego). Adicionalmente se realizará un análisis de la dilatación pupilar siguiendo un esquema análogo al que se usará para las fijaciones.

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
fixduration	10,040	5013.58	4003.051	62.5	52131
pup_diam_m~n	10,040	3.937503	.6901764	.1867242	6.651186
nfixation	10,040	10.06753	7.729	1	89
timez1	10,040	145.9418	548.1495	0	15776
timez2	10,040	640.3834	995.786	0	15430
timez3	10,040	1112.462	1184.112	0	15053
timez4	10,040	67.22201	356.5446	0	19967.5
timez5	10,040	1737.17	1622.671	0	16846
timez6	10,040	502.61	855.2252	0	14266.5
timez7	10,040	773.9723	1166.368	0	14676
timez8	10,040	5.293426	102.6742	0	6903.5
timez9	10,040	28.52555	200.32	0	5917

Tabla 5.1: Estadística descriptiva variables Eye Tracker.

La Tabla 5.1 presenta estadísticos descriptivos para las fijaciones de los participantes. A partir de esta tabla, se observa que el participante promedio realiza 10 fijaciones por semana, cada fijación dura en promedio 0.5 segundos y la dilatación pupilar promedio es de 3.94 mm.

El participante promedio concentra la mayor parte de su tiempo de fijaciones en las áreas de interés stock final (1.7 segundos) y demanda (1.1 segundos).

5.2. Efecto del aprendizaje

La Figura 5.1 y la regresión lineal de la Tabla 5.2 muestran como el tiempo de fijación promedio disminuye semana a semana.

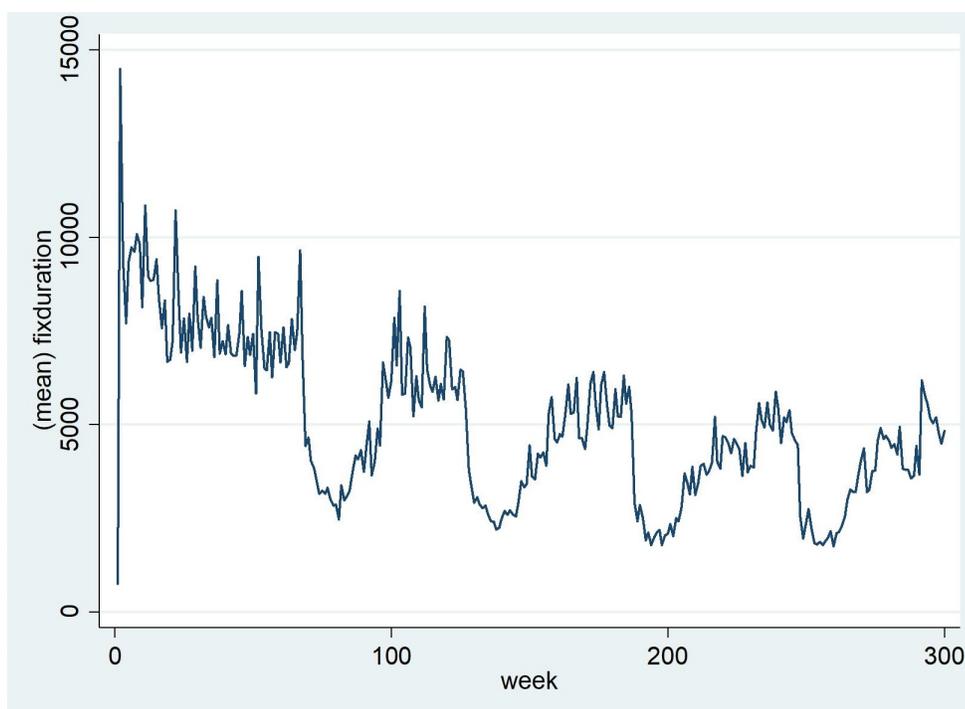


Figura 5.1: Fixduration vs week.

```
. reg fixduration week, robust
```

```
Linear regression               Number of obs   =       300
                               F(1, 298)       =      144.60
                               Prob > F              =       0.0000
                               R-squared             =       0.3737
                               Root MSE         =      1681.9
```

fixduration	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
week	-14.95295	1.243486	-12.03	0.000	-17.40008	-12.50583
_cons	7269.185	235.5133	30.87	0.000	6805.705	7732.664

Tabla 5.2: Regresión fixduration week.

Como se observa en la Tabla 5.2, en promedio cada semana el tiempo de fijación disminuye significativamente en 15 ms. Lo anterior sugiere un aprendizaje por parte de los tomadores de decisión. Ante lo anterior hay al menos dos explicaciones alternativas: i) La disminución del tiempo de fijación proviene de una disminución del número promedio de fijaciones por semana; o ii) la disminución del tiempo de fijación se debe a una disminución del tiempo promedio de fijación. La Figura 5.2 muestra que el número promedio de fijaciones por semana tiende a disminuir a medida que avanza el juego.

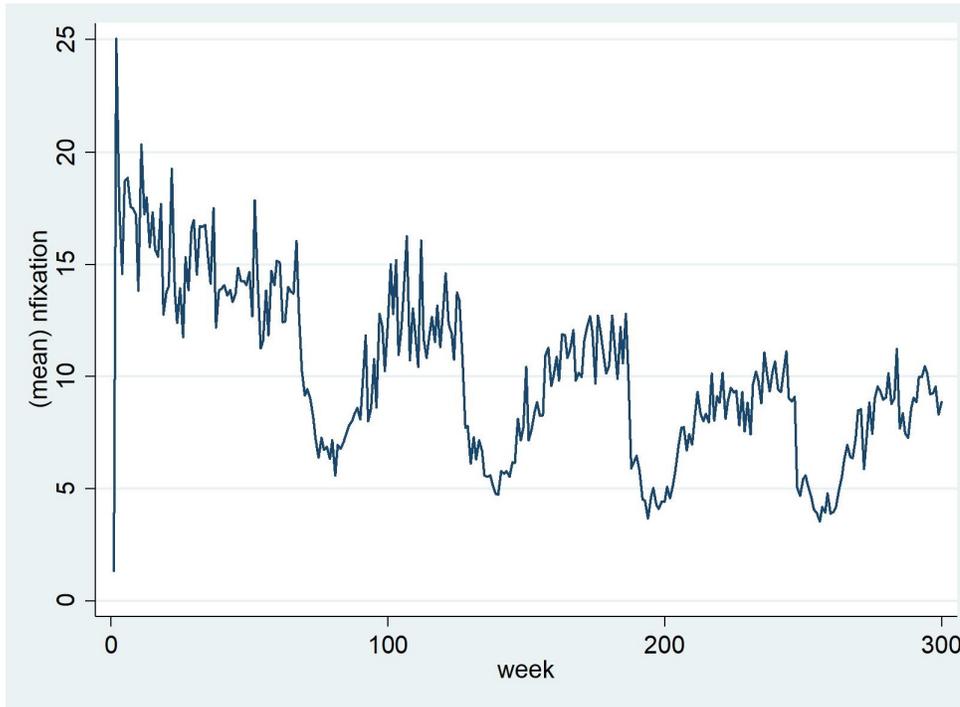


Figura 5.2: Nfixation vs week.

Al considerar una regresión lineal del número de fijaciones promedio como función del número de semana, se obtienen los siguientes resultados:

```
. reg nfixation week, robust
```

```
Linear regression                               Number of obs   =       300
                                                F(1, 298)      =      163.20
                                                Prob > F       =       0.0000
                                                R-squared     =       0.3908
                                                Root MSE     =       2.9482
```

nfixation	Robust			t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.					
week	-.0271754	.0021272	-12.78	0.000	-.0313617	-.0229892	
_cons	14.16567	.4032127	35.13	0.000	13.37216	14.95917	

Tabla 5.3: Regresión nfixation week.

Como puede observarse en la Tabla 5.3, en promedio cada aproximadamente 37 semanas el número de fijaciones promedio disminuye en 1. Lo anterior sugiere que a medida que avanza el juego los tomadores de decisión son más eficientes al requerir un menor número de fijaciones para tomar una decisión de inventario.

En términos de la duración promedio de fijación, tal como muestra la Figura 5.3, esta se mantiene prácticamente constante semana a semana.

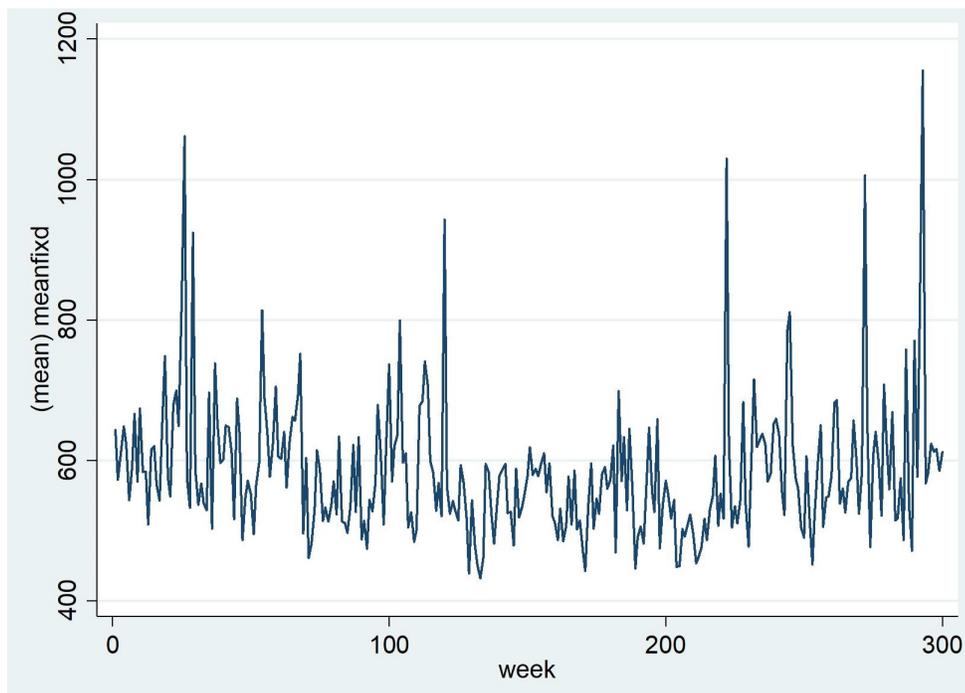


Figura 5.3: Meanfixd vs week.

Esto se puede confirmar con la regresión de la Tabla 5.4, que muestra un coeficiente pequeño y no significativo para la variable week como predictor de la duración promedio de cada fijación.

```
. reg meanfixd week, robust
```

```
Linear regression               Number of obs   =       300
                               F(1, 298)          =       0.73
                               Prob > F           =     0.3936
                               R-squared          =     0.0033
                               Root MSE       =     97.872
```

meanfixd	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
week	-.0645362	.0755363	-0.85	0.394	-.2131883	.084116
_cons	593.2604	11.82748	50.16	0.000	569.9845	616.5364

Tabla 5.4: Regresión meanfixd week.

Como posible razón de lo anterior se postula que mejora la memoria de los participantes, es decir, que disminuyen las repeticiones de zonas que se visitan ocularmente durante una semana de juego. Por otro lado, también se postula que aumenta la selectividad de los participantes, es decir que la cantidad de zonas que son visitadas al menos una vez durante una semana disminuye.

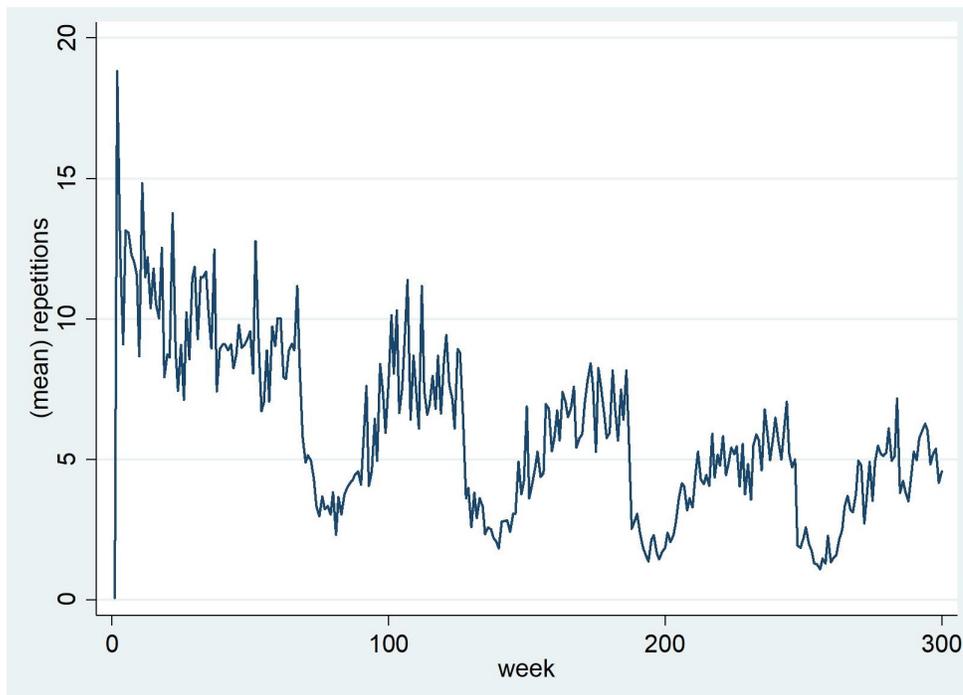


Figura 5.4: Repetitions vs week.

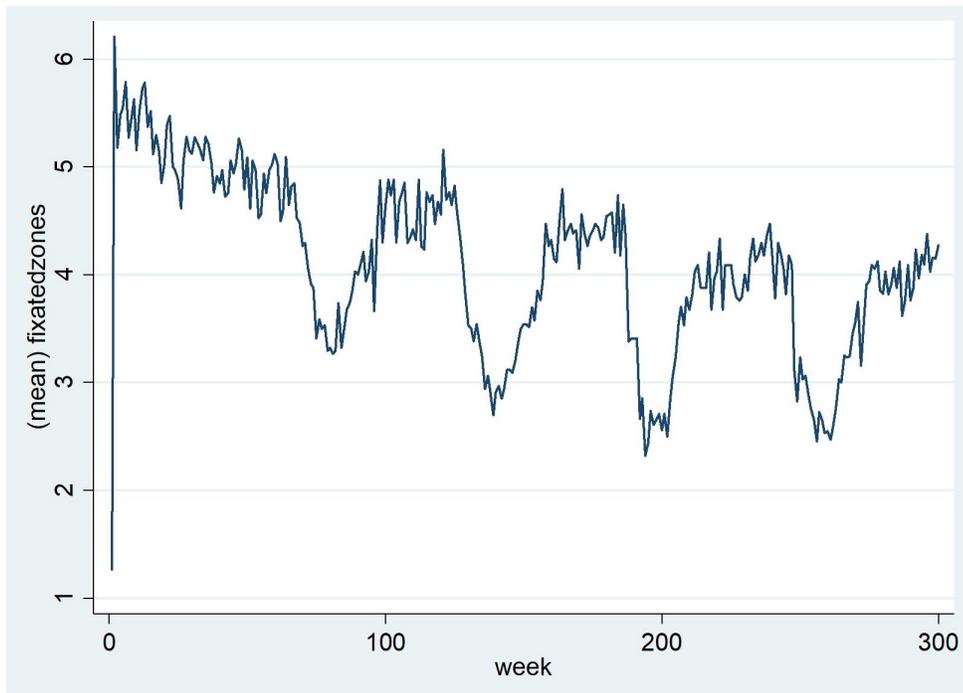


Figura 5.5: Fixatedzones vs week.

Como se observa en las Figuras 5.4 y 5.5 disminuye tanto el número de repeticiones como la cantidad de zonas que son visitadas al menos una vez por semana. Es decir, se concluye que mejora la memoria y la selectividad de los participantes a medida que avanza el juego.

Adicionalmente, para determinar el aporte de cada zona de interés en la disminución de tiempo de fijación se considera un análisis desglosado por zona:

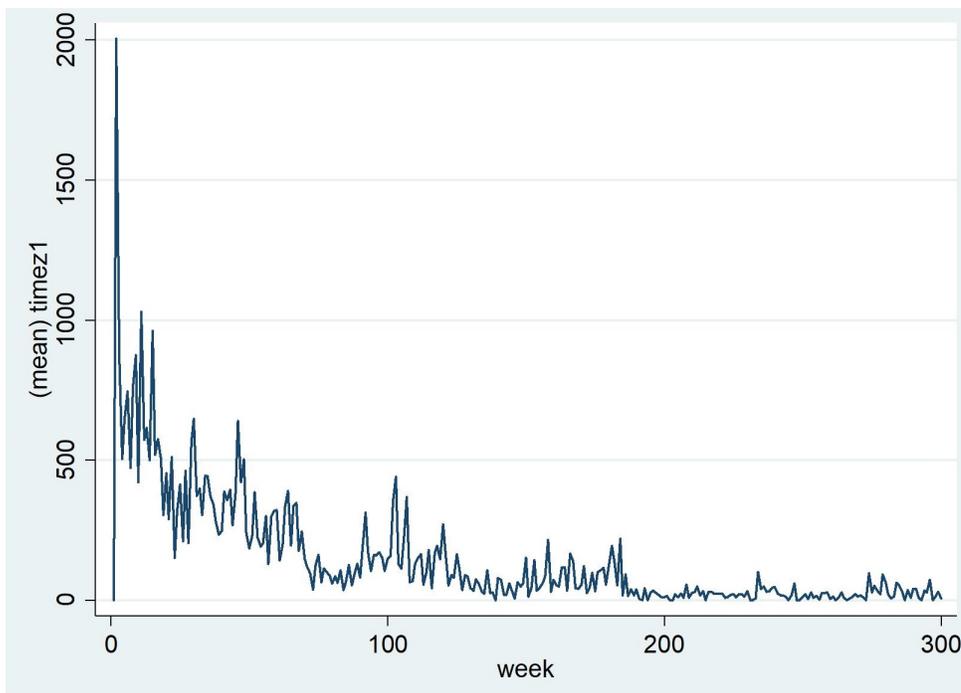


Figura 5.6: Timez1 vs week.

```
. reg timez1 week, robust
```

```
Linear regression                Number of obs   =       300
                                F(1, 298)       =       116.08
                                Prob > F             =       0.0000
                                R-squared            =       0.4551
                                Root MSE         =       155.97
```

timez1	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
week	-1.640568	.1522696	-10.77	0.000	-1.940228	-1.340908
_cons	393.4368	30.64911	12.84	0.000	333.1207	453.7529

Tabla 5.5: Regresión timez1 week.

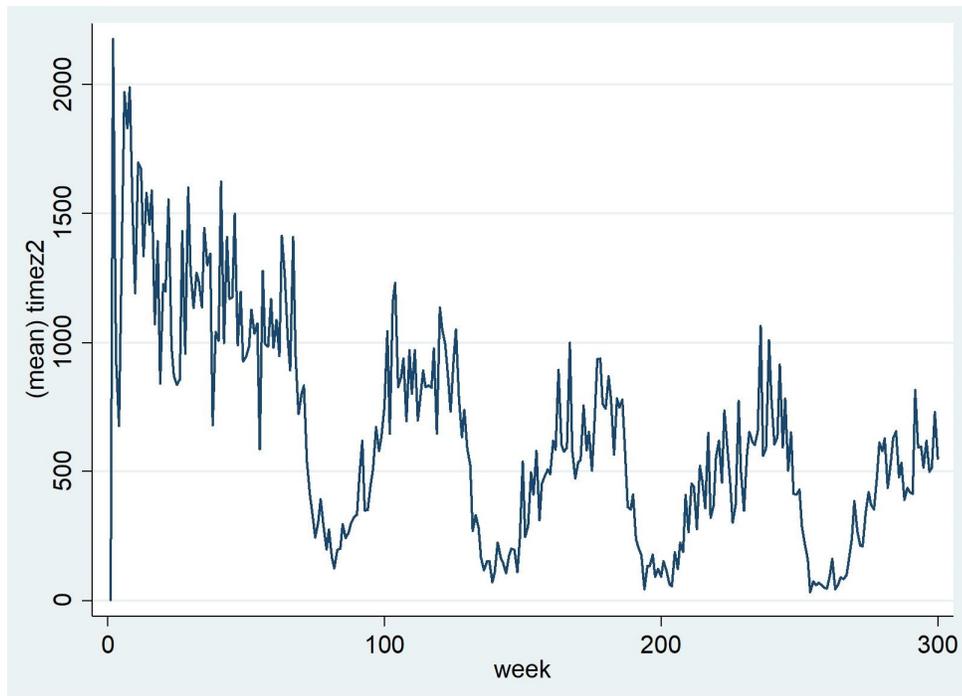


Figura 5.7: Timez2 vs week.

```
. reg timez2 week, robust
```

```
Linear regression                Number of obs   =       300
                                F(1, 298)       =      139.82
                                Prob > F             =       0.0000
                                R-squared            =       0.3671
                                Root MSE         =      336.16
```

timez2	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
week	-2.946263	.2491661	-11.82	0.000	-3.436611	-2.455915
_cons	1084.785	47.94969	22.62	0.000	990.4221	1179.148

Tabla 5.6: Regresión timez2 week.

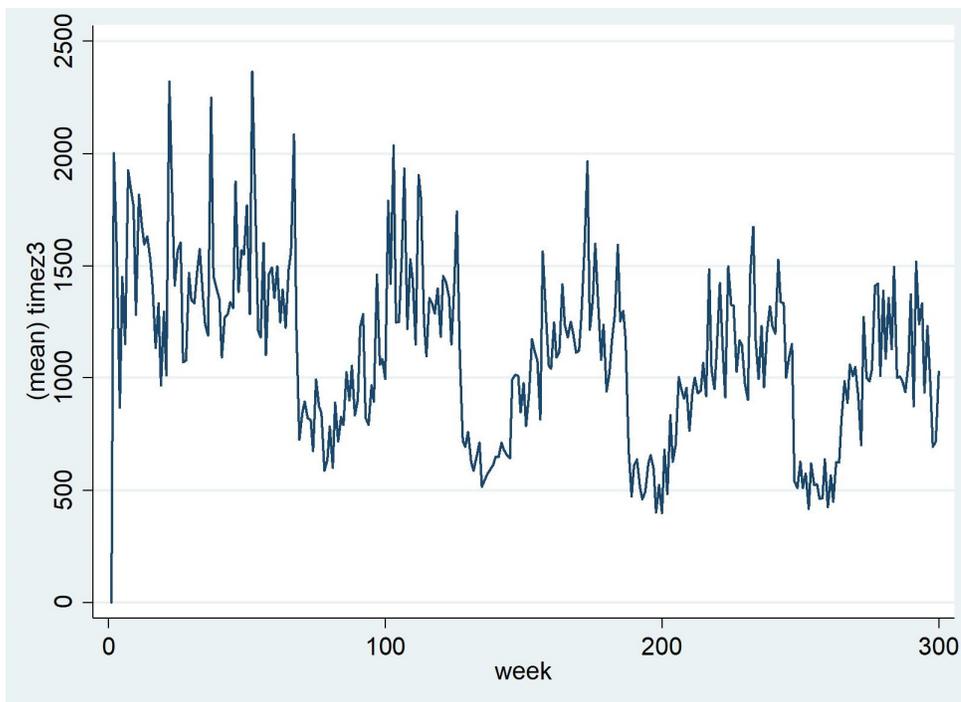


Figura 5.8: Timez3 vs week.

```
. reg timez3 week, robust
```

```
Linear regression                Number of obs   =       300
                                F(1, 298)      =       46.06
                                Prob > F            =       0.0000
                                R-squared           =       0.1392
                                Root MSE        =       359.98
```

timez3	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
week	-1.665741	.2454419	-6.79	0.000	-2.14876	-1.182722
_cons	1363.16	45.42443	30.01	0.000	1273.766	1452.553

Tabla 5.7: Regresión timez3 week.

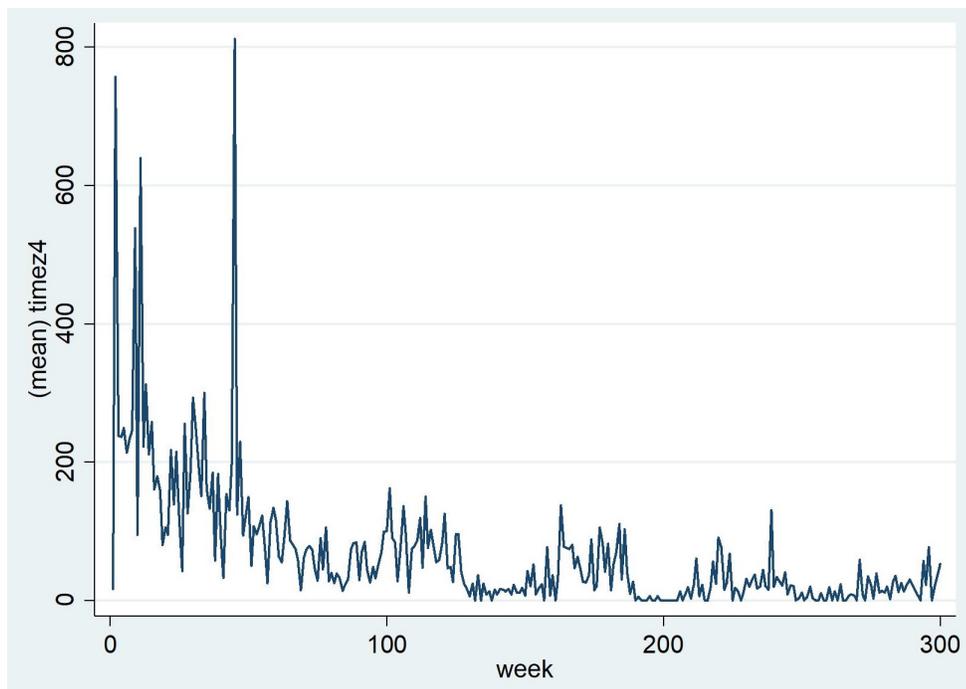


Figura 5.9: Timez4 vs week.

```
. reg timez4 week, robust
```

```
Linear regression                Number of obs   =       300
                                F(1, 298)       =       77.49
                                Prob > F            =       0.0000
                                R-squared           =       0.3298
                                Root MSE       =       80.016
```

timez4	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
week	-.6459214	.0733761	-8.80	0.000	-.7903224	-.5015203
_cons	164.7036	15.0557	10.94	0.000	135.0747	194.3326

Tabla 5.8: Regresión timez4 week.

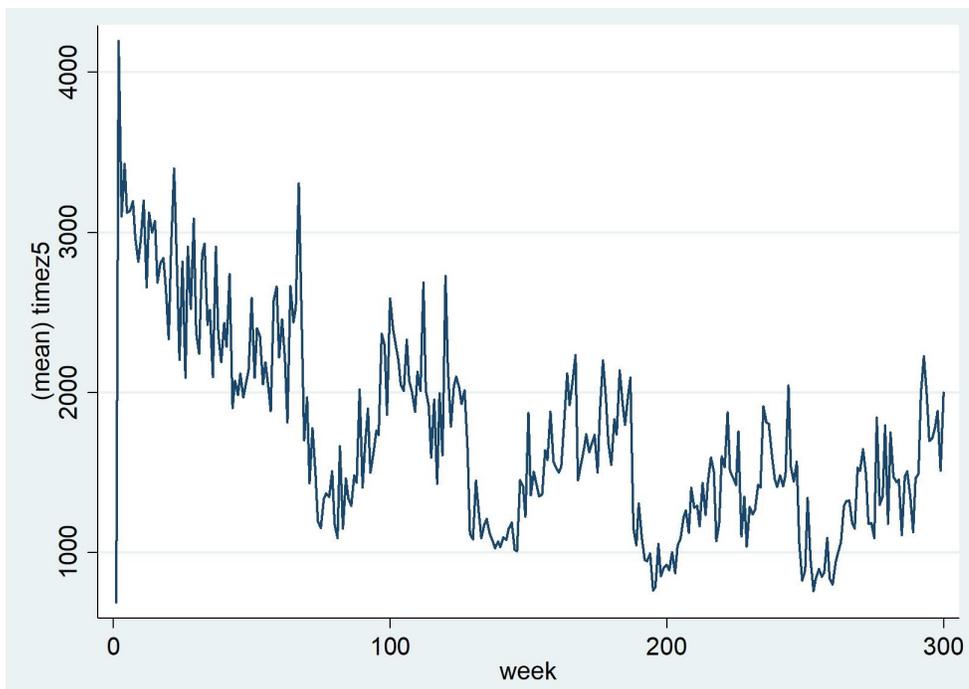


Figura 5.10: Timez5 vs week.

```
. reg timez5 week, robust
```

```
Linear regression                Number of obs   =       300
                                F(1, 298)       =      167.84
                                Prob > F             =       0.0000
                                R-squared            =       0.4275
                                Root MSE        =       470.2
```

timez5	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
week	-4.67574	.3609171	-12.96	0.000	-5.386009	-3.965471
_cons	2442.718	66.52	36.72	0.000	2311.809	2573.626

Tabla 5.9: Regresión timez5 week.

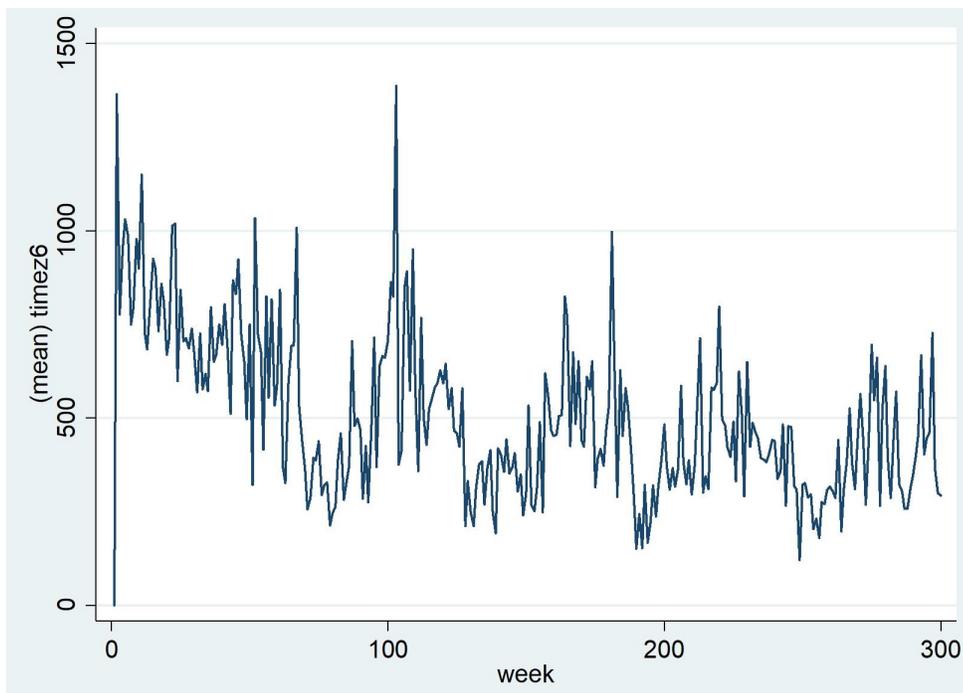


Figura 5.11: Timez6 vs week.

```
. reg timez6 week, robust
```

```
Linear regression                Number of obs   =       300
                                F(1, 298)       =       95.48
                                Prob > F             =       0.0000
                                R-squared            =       0.2625
                                Root MSE         =       188.4
```

timez6	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
week	-1.293543	.1323773	-9.77	0.000	-1.554055	-1.03303
_cons	697.5733	25.92001	26.91	0.000	646.5638	748.5827

Tabla 5.10: Regresión timez6 week.

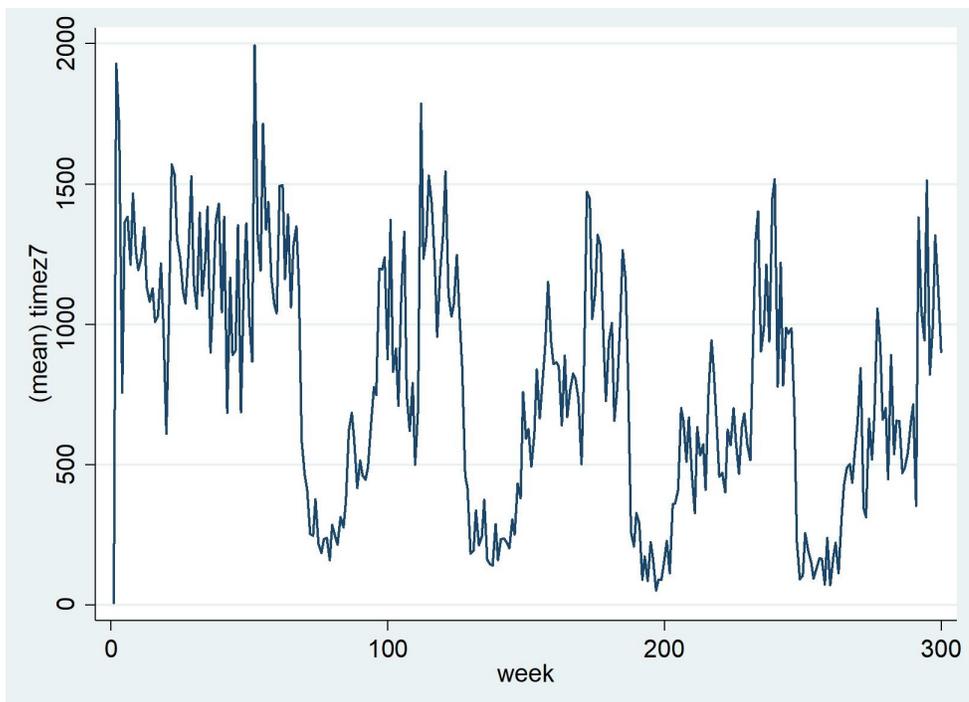


Figura 5.12: Timez7 vs week.

```
. reg timez7 week, robust
```

```
Linear regression                Number of obs   =       300
                                F(1, 298)       =       53.74
                                Prob > F            =       0.0000
                                R-squared           =       0.1518
                                Root MSE        =       402.62
```

timez7	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
week	-1.960495	.2674298	-7.33	0.000	-2.486785	-1.434204
_cons	1070.036	47.35097	22.60	0.000	976.8518	1163.221

Tabla 5.11: Regresión timez7 week.

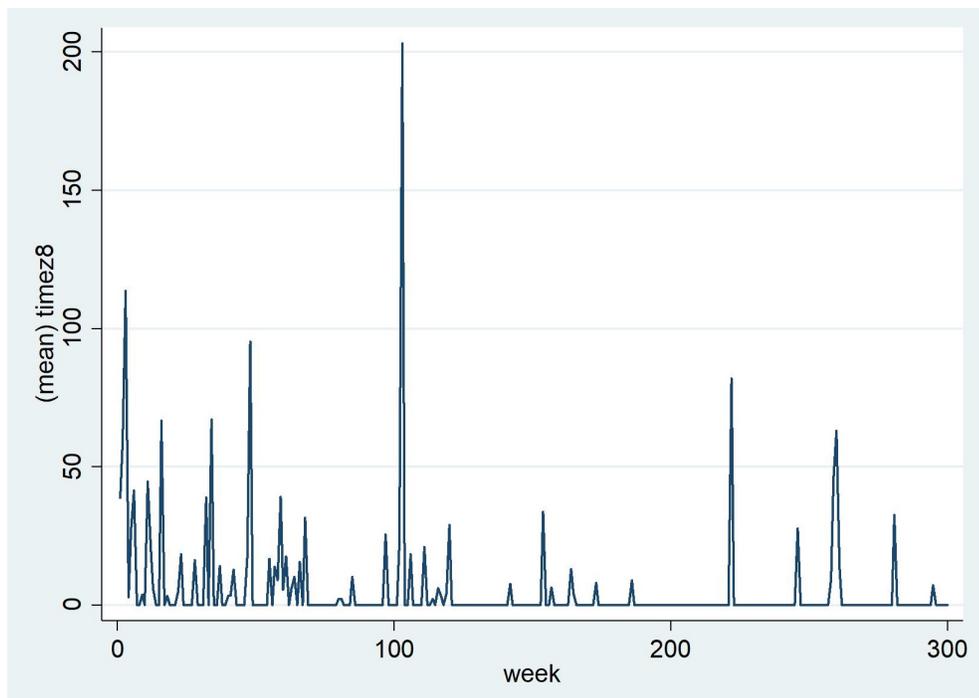


Figura 5.13: Timez8 vs week.

```
. reg timez8 week, robust
```

```
Linear regression                Number of obs   =       300
                                F(1, 298)       =       10.95
                                Prob > F           =       0.0010
                                R-squared          =       0.0410
                                Root MSE       =       17.904
```

timez8	Robust				
	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
week	-.0426078	.0128735	-3.31	0.001	-.0679424 - .0172733
_cons	11.72794	2.679597	4.38	0.000	6.454612 17.00127

Tabla 5.12: Regresión timez8 week.

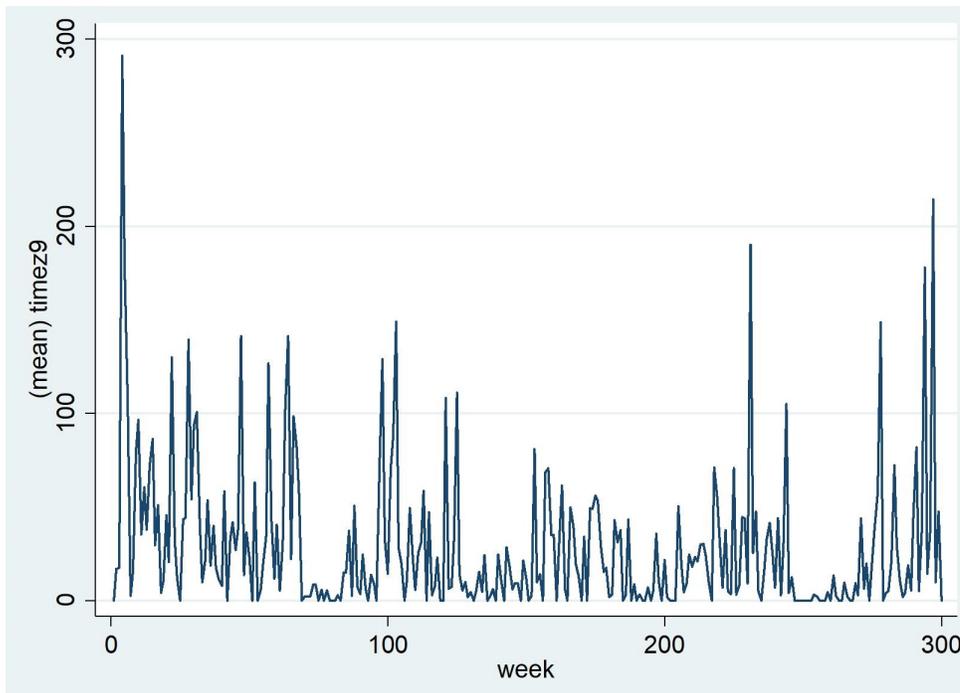


Figura 5.14: Timez9 vs week.

```
. reg timez9 week, robust
```

```
Linear regression                Number of obs   =       300
                                F(1, 298)      =       6.00
                                Prob > F           =       0.0148
                                R-squared          =       0.0324
                                Root MSE       =       38.993
```

timez9	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
week	-.0820737	.0334954	-2.45	0.015	-.1479913	-.0161561
_cons	41.0443	5.842059	7.03	0.000	29.54738	52.54122

Tabla 5.13: Regresión timez9 week.

Observando las Figuras 5.6-5.14 y las Tablas 5.5-5.13 puede notarse que todas las caídas de tiempo son significativas y que los mayores aportes a la disminución del tiempo de fijación para la persona promedio semana a semana los aportan la zona 2 y 5.

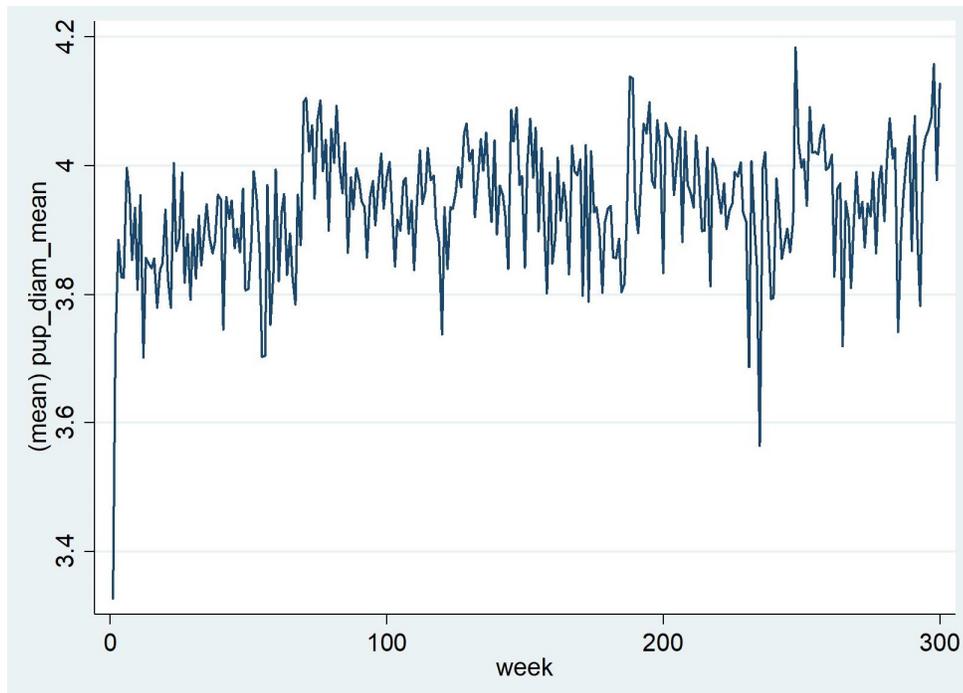


Figura 5.15: Pupdiammean vs week.

Sobre las dilataciones pupilares puede notarse en la Figura 5.15 que en promedio se mantienen relativamente constantes a medida que avanza el juego.

```
. reg pup_diam_mean week, robust
```

```
Linear regression               Number of obs   =       300
                               F(1, 298)       =       19.50
                               Prob > F              =       0.0000
                               R-squared             =       0.0764
                               Root MSE         =       .0955
```

pup_diam_m~n	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
week	.0003162	.0000716	4.42	0.000	.0001753 .0004571
_cons	3.889619	.0124186	313.21	0.000	3.86518 3.914058

Tabla 5.14: Regresión pupdiammean week.

En la Tabla 5.14, puede notarse que dado el valor del coeficiente de la variable week (en mm/semana), aproximadamente cada 300 semanas (duración total del juego) hay un aumento de menos de 0.1 mm en la dilatación pupilar promedio. Sin embargo, al inspeccionar en mayor detalle la Figura 5.15 se aprecian fluctuaciones cíclicas que se conjetura que están relacionadas a los cambios de demanda. Para verificar esta conjetura, se construye una nueva variable,

cycleweek que mide cuantas semanas han transcurrido en el juego desde el último cambio de ciclo de demanda (se considera ciclo de demanda a cada una de las 5 secuencias de demandas uniformes que puede observarse en Anexo 1 y en la Figura 4.3). Al hacer una regresión lineal (Tabla 5.15) entre la dilatación pupilar promedio y cycleweek se aprecia un coeficiente negativo y significativo. Lo cual implica que mientras más tiempo ha transcurrido desde el último cambio de ciclo, menor es la dilatación pupilar.

Linear regression		Number of obs	=	11,155
		F(1, 11153)	=	8.49
		Prob > F	=	0.0036
		R-squared	=	0.0008
		Root MSE	=	.73422

pup_diam_m~n	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
cycleweek	-.001155	.0003965	-2.91	0.004	-.0019321	-.0003779
_cons	3.966486	.0135843	291.99	0.000	3.939859	3.993114

Tabla 5.15: Regresión pupdiammean cycleweek.

5.3. Análisis descriptivo comportamiento de juego

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
order	10,040	37.28884	42.11168	0	399
available_~k	10,040	81.15309	149.1653	-477	692
incoming_d~y	10,040	36.19452	41.48665	0	399
incoming_o~r	10,040	36.31554	27.14931	4	96
shipment	10,040	17.70996	35.62366	-406	96
final_inve~y	10,040	81.03207	149.4809	-477	692
cost300	10,040	20523.68	4196.208	14202.5	30894.5
sobre	10,040	.6808765	.4661602	0	1
back	10,040	.3136454	.4639972	0	1
zero	10,040	.0054781	.0738148	0	1
orpos	10,040	.7105578	.4535261	0	1

Figura 5.16: Estadística descriptiva variables de juego.

La Tabla 5.16 muestra estadísticos descriptivos respecto a las variables que miden las condiciones enfrentadas por los participantes en cada semana y sus decisiones. Se observa que en una semana promedio, un participante comienza con 81 unidades de stock inicial, recibe un despacho (entrante) de 36 unidades y una demanda de 36 unidades. Bajo estas

condiciones realiza una orden en promedio de 37 unidades y acumula un costo promedio de 68.4 ($= \frac{20524}{300}$).

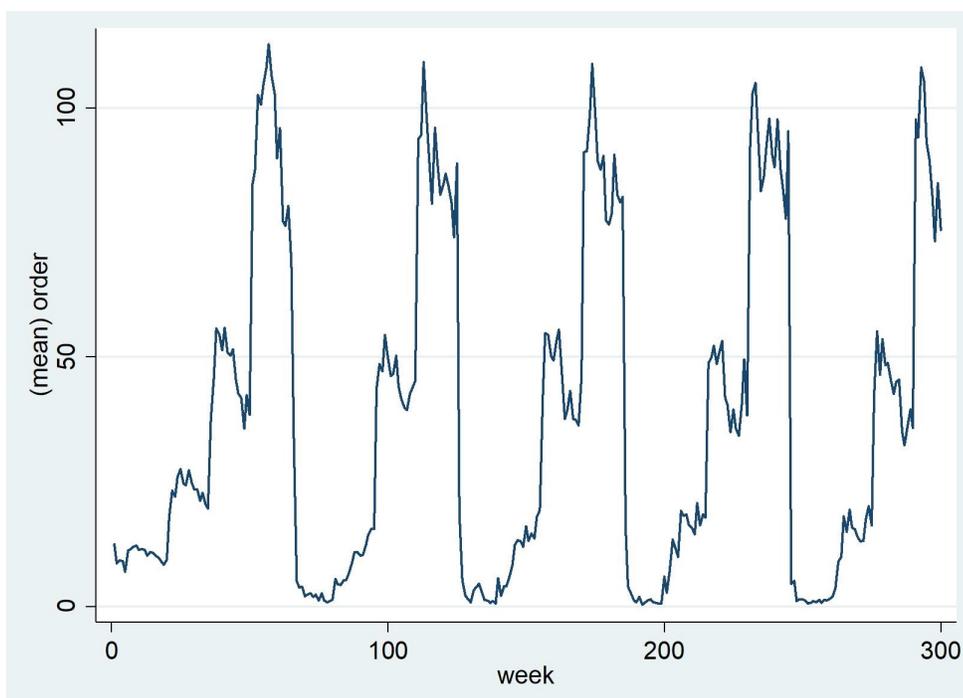


Figura 5.17: Order vs week.

```
. reg order week, robust
```

Linear regression

```
Number of obs   =    300
F(1, 298)       =    4.58
Prob > F        =    0.0332
R-squared       =    0.0133
Root MSE       =   33.655
```

order	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
week	.0450361	.0210436	2.14	0.033	.0036233	.0864489
_cons	30.52824	3.548456	8.60	0.000	23.54503	37.51144

Tabla 5.16: Regresión order week.

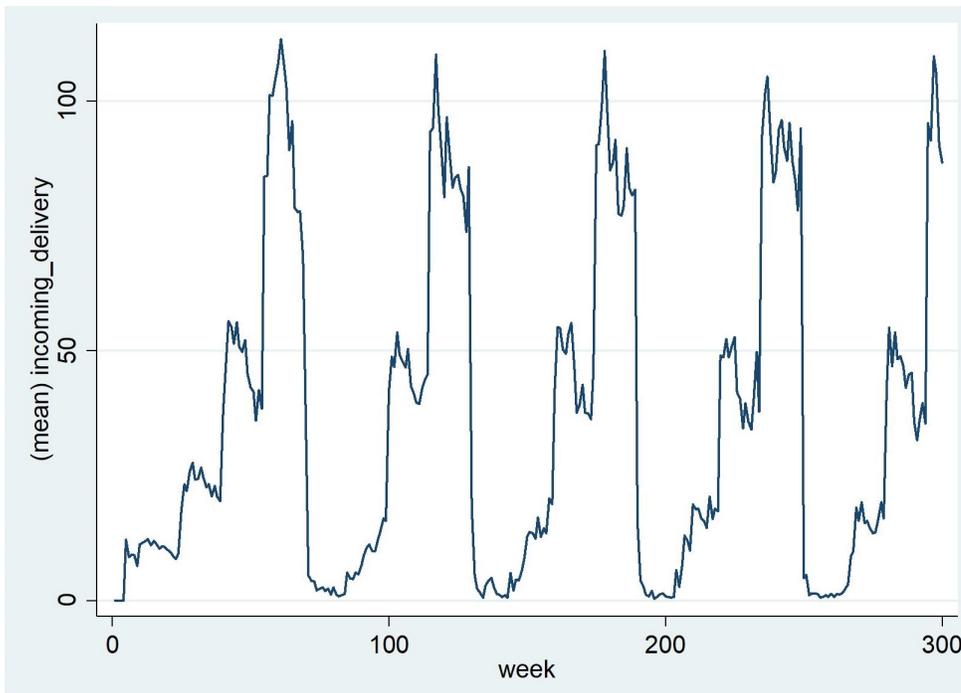


Figura 5.18: Incoming delivery vs week.

```
. reg incoming_delivery week, robust
```

```
Linear regression                Number of obs   =       300
                                F(1, 298)       =        4.34
                                Prob > F             =       0.0381
                                R-squared            =       0.0126
                                Root MSE         =       33.467
```

incoming_d~y	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
week	.0434634	.0208655	2.08	0.038	.0024009	.0845259
_cons	29.646	3.523437	8.41	0.000	22.71203	36.57997

Tabla 5.17: Regresión incoming delivery week.

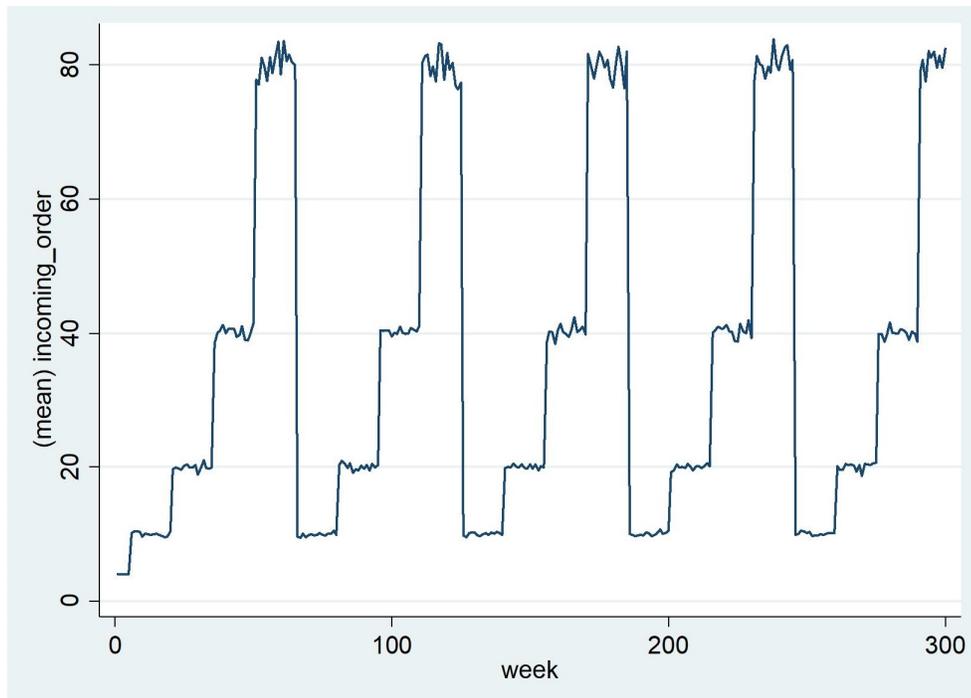


Figura 5.19: Incoming order vs week.

```
. reg incoming_order week, robust
```

```
Linear regression                               Number of obs   =       300
                                                F(1, 298)      =       10.87
                                                Prob > F        =       0.0011
                                                R-squared      =       0.0318
                                                Root MSE     =       26.292
```

incoming_order	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
week	.0547982	.0166229	3.30	0.001	.0220851 .0875113
_cons	28.0567	2.826292	9.93	0.000	22.49468 33.61873

Tabla 5.18: Regresión incoming order week.

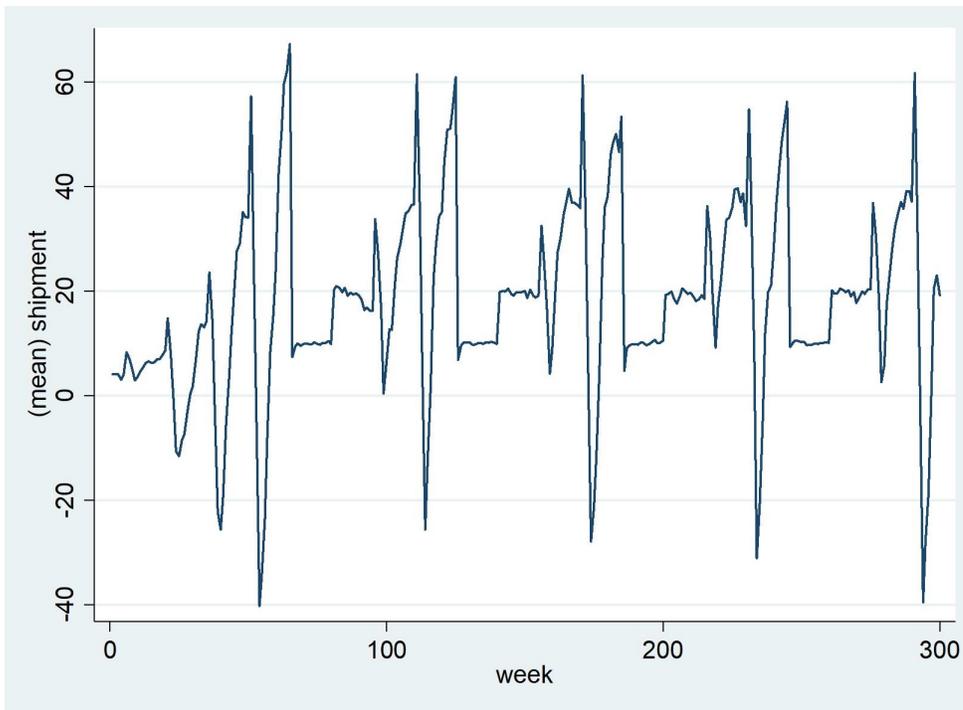


Figura 5.20: Shipment vs week.

```
. reg shipment week, robust
```

Linear regression

```
Number of obs   =      300
F(1, 298)       =      12.70
Prob > F        =      0.0004
R-squared       =      0.0425
Root MSE       =      17.596
```

shipment	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
week	.0426505	.0119661	3.56	0.000	.0191017	.0661993
_cons	11.20229	2.042973	5.48	0.000	7.181804	15.22277

Tabla 5.19: Regresión shipment week.

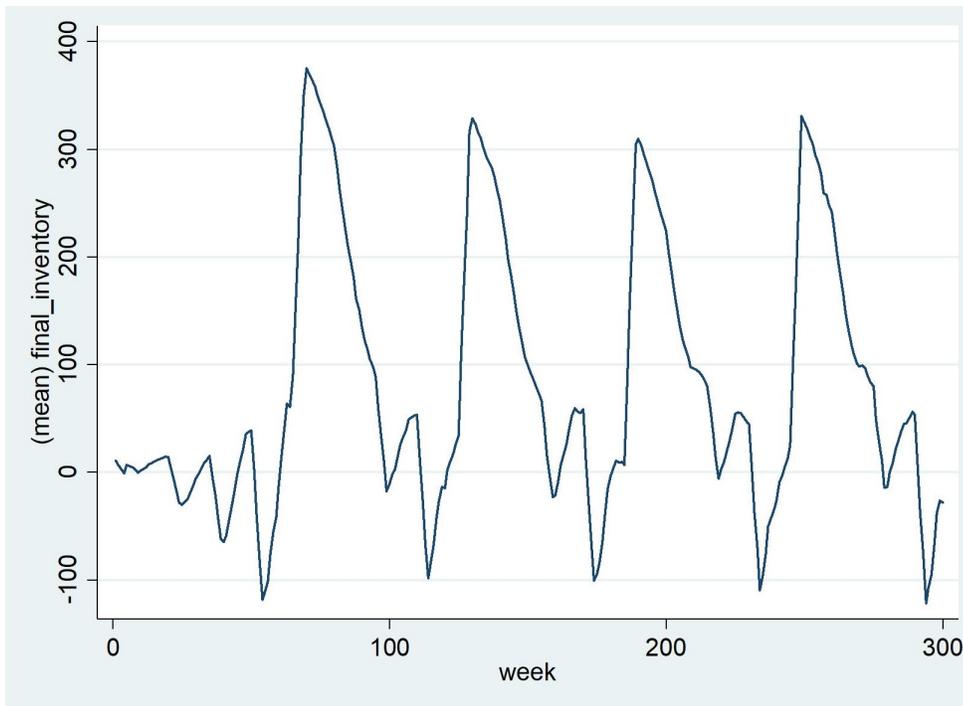


Figura 5.21: Final inventory vs week.

```
. reg final_inventory week, robust
```

```
Linear regression                Number of obs   =       300
                                F(1, 298)       =         3.05
                                Prob > F             =       0.0816
                                R-squared            =       0.0087
                                Root MSE         =      122.98
```

final_inve~y	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
week	.1322975	.0757199	1.75	0.082	-.0167161	.281311
_cons	60.64584	13.39734	4.53	0.000	34.28046	87.01122

Tabla 5.20: Regresión final inventory week.

En las Figuras 5.17-5.21 y Tablas 5.16-5.20 se observa estacionalidad en la orden, stock inicial, entrante, demanda e inventario final. Lo anterior obedece en gran parte a la forma en que está programada la demanda (Anexo 1). Esto último puede verificarse con la alta correlación expuesta en la primera columna de la Tabla 5.22 entre la demanda (incomingorder) y las variables antes mencionadas.

	incomi~r	order	incomi~y	shipment	final_~y	availa~k
incoming_o~r	1.0000					
order	0.7920	1.0000				
incoming_d~y	0.5845	0.4788	1.0000			
shipment	0.1290	-0.0531	0.1636	1.0000		
final_inve~y	-0.5525	-0.5752	-0.2632	0.2779	1.0000	
available_~k	-0.5328	-0.5644	-0.4375	0.2562	0.9736	1.0000

Figura 5.22: Correlaciones variables de juego.

5.4. Backorder vs. Sobrestock

La decisión de orden puede ser entendida como un proceso de 2 etapas:

1. Decidir si la orden será mayor que 0.
2. En caso de que la orden sea mayor que 0, definir valor de la orden.

Se considera como hipótesis que ante un escenario de backorder la decisión del participante puede ser "distinta". En el caso de backorder la primera decisión puede ser más obvia, ya que necesariamente para revertir la situación se necesita ordenar cantidades mayores que 0.

Two-sample test of proportions						0: Number of obs =	3149
						1: Number of obs =	6836
Variable	Mean	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]		
0	.9561766	.0036478			.9490269	.9633262	
1	.5955237	.005936			.5838893	.6071581	
diff	.3606529	.0069673			.3469972	.3743085	
	under Ho:	.00978	36.88	0.000			
diff = prop(0) - prop(1)						z = 36.8765	
Ho: diff = 0							
Ha: diff < 0		Ha: diff != 0		Ha: diff > 0			
Pr(Z < z) = 1.0000		Pr(Z < z) = 0.0000		Pr(Z > z) = 0.0000			

Tabla 5.21: Test de proporciones.

Efectivamente, como puede notarse en la Tabla 5.21, se verifica que la $\mathbb{P}(\text{orden} > 0 | \text{backorder}) > \mathbb{P}(\text{orden} > 0 | \text{sobrestock})$:

$$95.6\% \text{ vs. } 59.6\%, z=36.9, p<0.0001$$

Esto sugiere que la primera etapa debería generar menos dudas para los participantes en el caso de un backorder. Uno podría esperar que el tiempo de fijaciones totales fuera por lo

tanto más corto bajo backorder.

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	3,149	6436.669	76.27123	4280.033	6287.122	6586.215
1	6,836	4335.717	44.20761	3655.09	4249.056	4422.378
combined	9,985	4998.301	39.87345	3984.353	4920.141	5076.461
diff		2100.952	83.19956		1937.864	2264.039

diff = mean(0) - mean(1) t = 25.2520
 Ho: diff = 0 degrees of freedom = 9983

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0
 Pr(T < t) = 1.0000 Pr(|T| > |t|) = 0.0000 Pr(T > t) = 0.0000

Tabla 5.22: Test de medias tiempo de fijación en sobrestock y backorder.

Sin embargo, como puede observarse en la Tabla 5.22, con backorder la decisión requiere más tiempo que con sobrestock (tiempo promedio 6.4 (tpototal) segundos con backorder vs 4.3 (tpototal) bajo sobrestock, t-stat=25.2520, $p < 0.0001$). Esto podría ser consistente con la hipótesis de que bajo backorder la decisión tiene mayores consecuencias económicas pues se está aumentando en mayor medida el costo total en este estado que en sobrestock (1 vs. 0.5 por unidad) y por lo tanto el participante dedica un mayor tiempo a tomar una buena decisión. Este tiempo adicional de fijaciones bajo backorder podría provenir de aumentos uniformes en todas las zonas de interés.

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	3,149	193.4147	11.19527	628.2335	171.464	215.3655
1	6,836	121.8108	5.798608	479.4296	110.4437	133.1779
combined	9,985	144.3927	5.322891	531.8898	133.9588	154.8267
diff		71.60395	11.43348		49.19202	94.01589

diff = mean(0) - mean(1) t = 6.2627
 Ho: diff = 0 degrees of freedom = 9983

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0
 Pr(T < t) = 1.0000 Pr(|T| > |t|) = 0.0000 Pr(T > t) = 0.0000

Tabla 5.23: Test de medias tiempo de fijación z1 en sobrestock y backorder.

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	3,149	917.2964	20.31823	1140.177	877.4581	957.1348
1	6,836	508.8093	10.7408	888.0502	487.754	529.8646
combined	9,985	637.6352	9.936315	992.8859	618.158	657.1123
diff		408.4871	20.99049		367.3415	449.6327

diff = mean(0) - mean(1) t = 19.4606
 Ho: diff = 0 degrees of freedom = 9983

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0
 Pr(T < t) = 1.0000 Pr(|T| > |t|) = 0.0000 Pr(T > t) = 0.0000

Tabla 5.24: Test de medias tiempo de fijación z2 en sobrestock y backorder.

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	3,149	1286.15	24.57603	1379.107	1237.963	1334.337
1	6,836	1028.661	12.94338	1070.16	1003.288	1054.034
combined	9,985	1109.866	11.83272	1182.385	1086.672	1133.061
diff		257.4891	25.33565		207.8261	307.152

diff = mean(0) - mean(1) t = 10.1631
 Ho: diff = 0 degrees of freedom = 9983

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0
 Pr(T < t) = 1.0000 Pr(|T| > |t|) = 0.0000 Pr(T > t) = 0.0000

Tabla 5.25: Test de medias tiempo de fijación z3 en sobrestock y backorder.

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	3,149	90.26262	7.344047	412.1182	75.86302	104.6622
1	6,836	55.78248	3.9563	327.1073	48.0269	63.53805
combined	9,985	66.65658	3.567219	356.4542	59.66412	73.64905
diff		34.48015	7.669605		19.44617	49.51412

diff = mean(0) - mean(1) t = 4.4957
 Ho: diff = 0 degrees of freedom = 9983

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0
 Pr(T < t) = 1.0000 Pr(|T| > |t|) = 0.0000 Pr(T > t) = 0.0000

Tabla 5.26: Test de medias tiempo de fijación z4 en sobrestock y backorder.

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	3,149	2128.893	33.33165	1870.437	2063.539	2194.247
1	6,836	1552.445	17.53638	1449.91	1518.068	1586.821
combined	9,985	1734.241	16.18013	1616.799	1702.525	1765.957
diff		576.4485	34.34161		509.132	643.765

diff = mean(0) - mean(1) t = 16.7857
 Ho: diff = 0 degrees of freedom = 9983

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0
 Pr(T < t) = 1.0000 Pr(|T| > |t|) = 0.0000 Pr(T > t) = 0.0000

Tabla 5.27: Test de medias tiempo de fijación z5 en sobrestock y backorder.

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	3,149	599.5191	17.00333	954.1581	566.1803	632.8578
1	6,836	454.4917	9.541656	788.9052	435.787	473.1963
combined	9,985	500.2294	8.477919	847.1558	483.611	516.8478
diff		145.0274	18.18834		109.3746	180.6802

diff = mean(0) - mean(1) t = 7.9736
Ho: diff = 0 degrees of freedom = 9983

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0
Pr(T < t) = 1.0000 Pr(|T| > |t|) = 0.0000 Pr(T > t) = 0.0000

Tabla 5.28: Test de medias tiempo de fijación z6 en sobrestock y backorder.

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	3,149	1170.484	24.68516	1385.231	1122.083	1218.884
1	6,836	587.6488	12.05813	996.9675	564.0112	611.2865
combined	9,985	771.4592	11.66563	1165.688	748.5922	794.3262
diff		582.8348	24.41971		534.9672	630.7024

diff = mean(0) - mean(1) t = 23.8674
Ho: diff = 0 degrees of freedom = 9983

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0
Pr(T < t) = 1.0000 Pr(|T| > |t|) = 0.0000 Pr(T > t) = 0.0000

Tabla 5.29: Test de medias tiempo de fijación z7 en sobrestock y backorder.

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	3,149	8.166402	2.601573	145.9898	3.065451	13.26735
1	6,836	4.01258	.9100793	75.24545	2.228542	5.796619
combined	9,985	5.322584	1.030332	102.9559	3.302926	7.342242
diff		4.153822	2.217089		-.1921203	8.499763

diff = mean(0) - mean(1) t = 1.8735
Ho: diff = 0 degrees of freedom = 9983

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0
Pr(T < t) = 0.9695 Pr(|T| > |t|) = 0.0610 Pr(T > t) = 0.0305

Tabla 5.30: Test de medias tiempo de fijación z8 en sobrestock y backorder.

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	3,149	42.48253	4.665902	261.8315	33.33402	51.63105
1	6,836	22.05581	1.987777	164.3496	18.15915	25.95247
combined	9,985	28.49785	2.006437	200.4931	24.56483	32.43087
diff		20.42673	4.313409		11.97158	28.88188

diff = mean(0) - mean(1) t = 4.7356
Ho: diff = 0 degrees of freedom = 9983

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0
Pr(T < t) = 1.0000 Pr(|T| > |t|) = 0.0000 Pr(T > t) = 0.0000

Tabla 5.31: Test de medias tiempo de fijación z9 en sobrestock y backorder.

Sin embargo, como se observa en las Tablas 5.23-5.31, pese a que todas las zonas exhiben un aumento significativo de atención, los mayores aumentos se observan en orden (0.58s), stockfinal (0.58s) y demanda (0.26s). El aumento de atención en orden es consistente con un mayor tiempo dedicado a tomar una buena decisión. El aumento de atención en stock final es esperable dado que esta métrica (que es negativa en el caso de backorder) determina la magnitud de los costos acumulados en ese periodo. El aumento de atención en demanda también es esperable, porque el participante motivado por volver a niveles de inventario cercanos a cero debe prestar atención a la demanda para estimar cuanto inventario requerirá en periodos futuros.

```

. ttest pup_diam_mean if zero==0 & filter==1, by(sobre)

Two-sample t test with equal variances

+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| Group | Obs | Mean | Std. Err. | Std. Dev. | [95% Conf. Interval] |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| 0 | 3,149 | 3.980951 | .0136532 | .7661614 | 3.954181 | 4.007722 |
| 1 | 6,836 | 3.916708 | .0078713 | .6508028 | 3.901278 | 3.932139 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| combined | 9,985 | 3.936969 | .006904 | .6898785 | 3.923436 | 3.950502 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| diff | | .0642431 | .0148448 | | .0351444 | .0933419 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

diff = mean(0) - mean(1)                                t = 4.3277
Ho: diff = 0                                           degrees of freedom = 9983

Ha: diff < 0                                           Ha: diff != 0                                           Ha: diff > 0
Pr(T < t) = 1.0000                                     Pr(|T| > |t|) = 0.0000                                     Pr(T > t) = 0.0000

```

Tabla 5.32: Test de medias dilatación pupilar promedio en sobrestock y backorder.

Como muestra la Tabla 5.32, en backorder la dilatación pupilar es significativamente mayor con una diferencia de 0,06mm. Esta variación puede deberse a diferencias de atención y cambios en el estado de alerta de los participantes, pues en backorder, tal como ya se señaló, los costos son mayores.

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	9,985
Model	2547.88737	38	67.0496677	F(38, 9946)	=	302.60
Residual	2203.82178	9,946	.221578703	Prob > F	=	0.0000
Total	4751.70915	9,984	.475932407	R-squared	=	0.5362
				Adj R-squared	=	0.5344
				Root MSE	=	.47072

pup_diam_mean	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
back	-.1040427	.029735	-3.50	0.000	-.1623293 - .0457561
week	.0002607	.000007	3.72	0.000	.0001234 .000398
cycleweek	-.0013933	.0003491	-3.99	0.000	-.0020776 -.000709
backcycleweek	.0015986	.0007203	2.22	0.026	.0001867 .0030104
backweek	.0001543	.0001188	1.30	0.194	-.0000786 .0003873

Tabla 5.33: Modelo dilatación pupilar.

Como puede observarse en la Tabla 5.33, la dilatación pupilar se ve afectada negativa y significativamente cuando se esta en estado de backorder. Tal como indica Van der Wel P. y Van Steenbergen H. (2018) la dilatación pupilar se asocia al aumento de la carga cognitiva y al aumento del nivel de sorpresa ante nuevos estímulos.

5.5. Heterogeneidad de los participantes en su desempeño

Después de haber analizado al participante promedio, se analiza la heterogeneidad entre participantes.

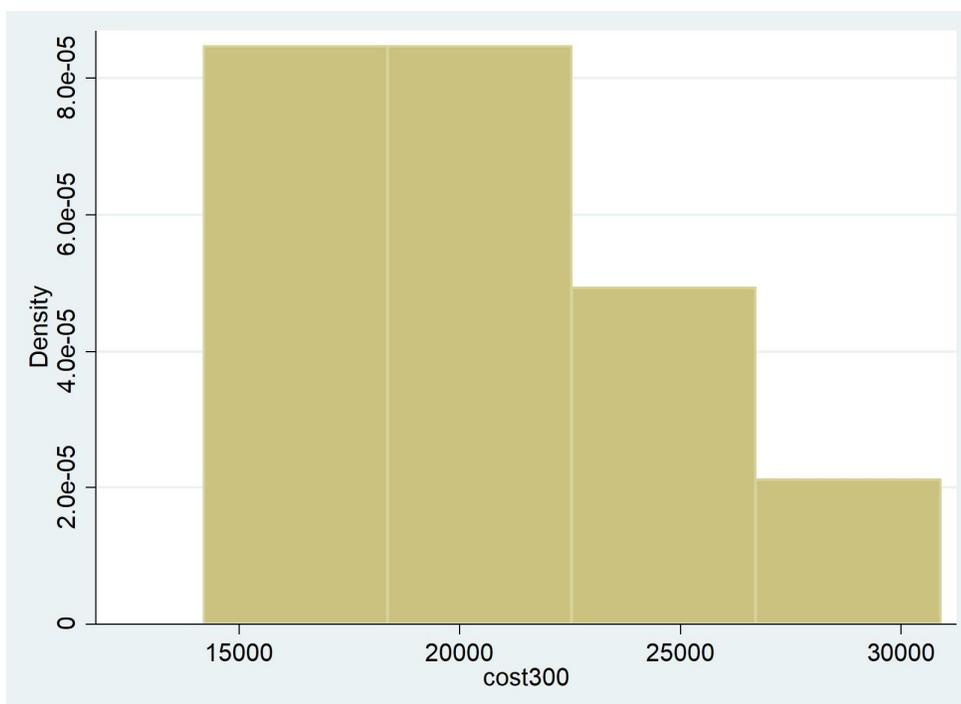


Figura 5.23: Histograma cost300.

variable	N	min	p1	p5	p10	p50	p90	p95	p99	max	mean
cost300	34	14202.5	14202.5	14816.5	15735	20469.75	26257	28742	30894.5	30894.5	20548.16

Tabla 5.34: Estadística descriptiva cost300.

Como se observa en la Figura 5.23 y Tabla 5.34, existen diferencias importantes en el desempeño de los distintos jugadores. Es de interés estudiar si estas diferencias están relacionadas a los patrones de atención exhibidos por los participantes. Para esto, en una primera instancia, para diferenciar entre buenos y malos jugadores se considera un Median Split considerando el costo final de juego.

Una hipótesis respecto a esta heterogeneidad es que proviene de diferencias entre participantes respecto a la dedicación que le asignan a esta tarea. Si así fuese, uno esperaría que los buenos jugadores exhiban un mayor tiempo total de juego, número de fijaciones y/o tiempo promedio de fijaciones.

Una hipótesis alternativa es que la heterogeneidad no proviene de diferencias respecto a la dedicación sino más bien a diferencias intrínsecas de los participantes. Por ejemplo, los buenos jugadores podrían tener una mayor capacidad de procesamiento de información que podría traducirse en menores tiempos de juego y fijaciones.

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	5,203	5599.267	60.1535	4338.982	5481.341	5717.193
1	4,695	5491.618	62.63665	4291.867	5368.821	5614.415
combined	9,898	5548.205	43.39	4316.815	5463.152	5633.258
diff		107.6494	86.89218		-62.67702	277.9757

diff = mean(0) - mean(1) t = 1.2389
 Ho: diff = 0 degrees of freedom = 9896

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0
 Pr(T < t) = 0.8923 Pr(|T| > |t|) = 0.2154 Pr(T > t) = 0.1077

Tabla 5.35: Test de medias tiempo total buenos y malos jugadores.

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	1,511	7393.958	123.4697	4799.463	7151.767	7636.148
1	1,576	6829.257	112.8441	4479.784	6607.916	7050.598
combined	3,087	7105.662	83.63531	4646.843	6941.676	7269.649
diff		564.7007	167.0257		237.2079	892.1934

diff = mean(0) - mean(1) t = 3.3809
 Ho: diff = 0 degrees of freedom = 3085

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0
 Pr(T < t) = 0.9996 Pr(|T| > |t|) = 0.0007 Pr(T > t) = 0.0004

Tabla 5.36: Test de medias tiempo total buenos y malos jugadores en backorder.

En términos de tiempo total de juego, no existen diferencias significativas entre buenos y malos jugadores (Tabla 5.35). Sin embargo, al analizar solo aquellas semanas con backorder, se encuentra una diferencia significativa tal que los buenos jugadores se demoran menos que los malos jugadores (7.4s vs. 6.8s, $t=3.3809$, Tabla 5.36). Por lo tanto, se concluye que los

buenos jugadores podrían tener una mayor capacidad de procesamiento de información que podría traducirse en menores tiempos de juego en el caso de backorder.

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	1,544	6837.998	113.8914	4475.224	6614.6	7061.397
1	1,605	6050.592	101.0288	4047.463	5852.429	6248.754
combined	3,149	6436.669	76.27123	4280.033	6287.122	6586.215
diff		787.4065	151.9484		489.4785	1085.334

diff = mean(0) - mean(1) t = 5.1821
 Ho: diff = 0 degrees of freedom = 3147

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0
 Pr(T < t) = 1.0000 Pr(|T| > |t|) = 0.0000 Pr(T > t) = 0.0000

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0
 Pr(T < t) = 1.0000 Pr(|T| > |t|) = 0.0000 Pr(T > t) = 0.0000

Tabla 5.37: Tiempo de fijación en backorder.

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	3,727	4505.665	59.81677	3651.764	4388.389	4622.942
1	3,109	4131.987	65.44737	3649.241	4003.662	4260.311
combined	6,836	4335.717	44.20761	3655.09	4249.056	4422.378
diff		373.6786	88.6701		199.8576	547.4996

diff = mean(0) - mean(1) t = 4.2143
 Ho: diff = 0 degrees of freedom = 6834

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0
 Pr(T < t) = 1.0000 Pr(|T| > |t|) = 0.0000 Pr(T > t) = 0.0000

Tabla 5.38: Tiempo de fijación en sobrestock.

En términos de tiempos de fijación, hay diferencias significativas entre buenos y malos jugadores, tanto en backorder (6.1s vs. 6.8s diferencia 0.79s, Tabla 5.37) como en sobrestock (4.1s vs. 4.5s diferencia 0.37s, Tabla 5.38).

Considerando los resultados de tiempo total y de tiempo de fijaciones, se concluye que los buenos jugadores no son significativamente más rápidos en términos de tiempo total (ver Tabla 5.35), pero sí lo son en términos de tiempos de fijaciones (ver Tablas 5.37 y 5.38). Es decir, el ahorro en tiempo de fijaciones se compensa con un mayor tiempo en movimientos sacádicos o potencialmente en atención a objetos fuera de la pantalla (por ejemplo, teclado). Un mayor tiempo en movimientos sacádicos podría originarse por transiciones entre zonas más distantes entre sí, pero se espera que esto sea marginal.

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	5,291	9.725383	.0988013	7.186734	9.531691	9.919074
1	4,749	10.44873	.1200879	8.275617	10.2133	10.68415
combined	10,040	10.06753	.0771359	7.729	9.916328	10.21873
diff		-.7233433	.154336		-1.025873	-.4208139

diff = mean(0) - mean(1) t = -4.6868
 Ho: diff = 0 degrees of freedom = 10038

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0
 Pr(T < t) = 0.0000 Pr(|T| > |t|) = 0.0000 Pr(T > t) = 1.0000

Tabla 5.39: Número de fijaciones entre buenos y malos jugadores.

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	5,291	629.6916	8.211851	597.3239	613.593	645.7903
1	4,749	531.6924	6.784475	467.5384	518.3917	544.9931
combined	10,040	583.3372	5.409435	542.0243	572.7337	593.9408
diff		97.99924	10.79097		76.84678	119.1517

diff = mean(0) - mean(1) t = 9.0816
 Ho: diff = 0 degrees of freedom = 10038

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0
 Pr(T < t) = 1.0000 Pr(|T| > |t|) = 0.0000 Pr(T > t) = 0.0000

Tabla 5.40: Tiempo por fijación entre buenos y malos jugadores.

Sin embargo, pese a que el tiempo total de fijaciones de los buenos jugadores es menor, exhiben un número significativamente mayor de fijaciones (10.4 vs. 9.7, $t=-4.6868$, Tabla

5.39). Esto implica que los buenos jugadores gastan menos tiempo por cada fijación, y esto se verifica con un test de medias (0.53s vs. 0.63s $t=9.0816$, Tabla 5.40).

Adicionalmente, se presume que los buenos jugadores son más selectivos a la hora de elegir donde usar su tiempo de fijación.

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	5,291	155.5127	7.624343	554.5891	140.5658	170.4595
1	4,749	135.2787	7.846757	540.7435	119.8954	150.662
combined	10,040	145.9418	5.470565	548.1495	135.2184	156.6652
diff		20.23397	10.95579		-1.241573	41.70952

diff = mean(0) - mean(1) t = 1.8469
Ho: diff = 0 degrees of freedom = 10038

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0
Pr(T < t) = 0.9676 Pr(|T| > |t|) = 0.0648 Pr(T > t) = 0.0324

Tabla 5.41: Tiempo de fijación en zona 1 para buenos y malos jugadores.

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	5,291	684.2318	14.57396	1060.099	655.6608	712.8028
1	4,749	591.5305	13.29924	916.4904	565.4579	617.6032
combined	10,040	640.3834	9.938004	995.786	620.9029	659.8638
diff		92.70128	19.88451		53.72365	131.6789

diff = mean(0) - mean(1) t = 4.6620
Ho: diff = 0 degrees of freedom = 10038

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0
Pr(T < t) = 1.0000 Pr(|T| > |t|) = 0.0000 Pr(T > t) = 0.0000

Tabla 5.42: Tiempo de fijación en zona 2 para buenos y malos jugadores.

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	5,291	1093.612	16.18397	1177.21	1061.885	1125.339
1	4,749	1133.462	17.29033	1191.528	1099.565	1167.359
combined	10,040	1112.462	11.81751	1184.112	1089.297	1135.626
diff		-39.84993	23.66738		-86.24273	6.542879

diff = mean(0) - mean(1) t = -1.6837
 Ho: diff = 0 degrees of freedom = 10038

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0
 Pr(T < t) = 0.0461 Pr(|T| > |t|) = 0.0923 Pr(T > t) = 0.9539

Tabla 5.43: Tiempo de fijación en zona 3 para buenos y malos jugadores.

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	5,291	72.04753	5.454452	396.7528	61.35456	82.74051
1	4,749	61.84576	4.433589	305.5319	53.15387	70.53765
combined	10,040	67.22201	3.558337	356.5446	60.24696	74.19706
diff		10.20178	7.126694		-3.767971	24.17152

diff = mean(0) - mean(1) t = 1.4315
 Ho: diff = 0 degrees of freedom = 10038

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0
 Pr(T < t) = 0.9238 Pr(|T| > |t|) = 0.1523 Pr(T > t) = 0.0762

Tabla 5.44: Tiempo de fijación en zona 4 para buenos y malos jugadores.

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	5,291	1908.314	23.94112	1741.46	1861.379	1955.248
1	4,749	1546.495	21.12528	1455.806	1505.079	1587.91
combined	10,040	1737.17	16.19435	1622.671	1705.426	1768.915
diff		361.8188	32.23596		298.6299	425.0078

diff = mean(0) - mean(1) t = 11.2241
 Ho: diff = 0 degrees of freedom = 10038

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0
 Pr(T < t) = 1.0000 Pr(|T| > |t|) = 0.0000 Pr(T > t) = 0.0000

Tabla 5.45: Tiempo de fijación en zona 5 para buenos y malos jugadores.

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	5,291	505.0756	12.27956	893.2061	481.0026	529.1486
1	4,749	499.8629	11.76704	810.9021	476.7941	522.9318
combined	10,040	502.61	8.535199	855.2252	485.8793	519.3407
diff		5.212682	17.0961		-28.2991	38.72446

diff = mean(0) - mean(1) t = 0.3049
 Ho: diff = 0 degrees of freedom = 10038

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0
 Pr(T < t) = 0.6198 Pr(|T| > |t|) = 0.7604 Pr(T > t) = 0.3802

Tabla 5.46: Tiempo de fijación en zona 6 para buenos y malos jugadores.

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	5,291	755.9014	15.73366	1144.455	725.057	786.7459
1	4,749	794.1055	17.26969	1190.106	760.2489	827.9621
combined	10,040	773.9723	11.64043	1166.368	751.1547	796.7898
diff		-38.20406	23.31289		-83.902	7.493882

diff = mean(0) - mean(1) t = -1.6388
Ho: diff = 0 degrees of freedom = 10038

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0
Pr(T < t) = 0.0506 Pr(|T| > |t|) = 0.1013 Pr(T > t) = 0.9494

Tabla 5.47: Tiempo de fijación en zona 7 para buenos y malos jugadores.

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	5,291	6.295691	1.682255	122.366	2.997777	9.593605
1	4,749	4.176774	1.086347	74.86343	2.04703	6.306518
combined	10,040	5.293426	1.024695	102.6742	3.28482	7.302033
diff		2.118917	2.052375		-1.90415	6.141983

diff = mean(0) - mean(1) t = 1.0324
Ho: diff = 0 degrees of freedom = 10038

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0
Pr(T < t) = 0.8491 Pr(|T| > |t|) = 0.3019 Pr(T > t) = 0.1509

Tabla 5.48: Tiempo de fijación en zona 8 para buenos y malos jugadores.

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	5,291	22.47222	2.675683	194.6272	17.22678	27.71766
1	4,749	35.26974	2.993475	206.2893	29.40114	41.13834
combined	10,040	28.52555	1.999206	200.32	24.6067	32.44439
diff		-12.79752	4.002412		-20.64305	-4.951994

diff = mean(0) - mean(1) t = -3.1975
 Ho: diff = 0 degrees of freedom = 10038

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0
 Pr(T < t) = 0.0007 Pr(|T| > |t|) = 0.0014 Pr(T > t) = 0.9993

Tabla 5.49: Tiempo de fijación en zona 9 para buenos y malos jugadores.

Adicionalmente, como se observa en la Tablas 5.41-5.49, por zona, se verifica para todas las zonas excepto las zonas 3 (demanda), 7 (orden) y 9 (vacío) un menor tiempo de fijaciones para los buenos jugadores. Es decir, los buenos jugadores ahorran tiempo de fijaciones respecto a los malos jugadores en casi todas las zonas excepto en la demanda y orden. El mayor ahorro se observa en la zona 5 (stock final, 0.36 segundos), esto es interesante pues evidencia que los buenos jugadores poseen una atención más selectiva que los malos jugadores.

5.6. Consideración del entrante y de la demanda

Dado que en la literatura se señala que el mal entendimiento del entrante, y por lo tanto del desfase de 4 semanas entre la orden y la llegada de esta, provoca costos más altos por stock (Serman J., 1989) se separan los participantes según el tiempo promedio de fijación en la zona 2 (entrante) mediante su mediana (median split).

Two-sample t test with equal variances

Group	Obs	Mean	Std. Err.	Std. Dev.	[95% Conf. Interval]	
0	17	20197.65	923.1396	3806.202	18240.68	22154.62
1	17	20898.68	1158.011	4774.603	18443.8	23353.55
combined	34	20548.16	731.7119	4266.577	19059.48	22036.84
diff		-701.0294	1480.938		-3717.601	2315.542

diff = mean(0) - mean(1) t = -0.4734
 Ho: diff = 0 degrees of freedom = 32

Ha: diff < 0 Ha: diff != 0 Ha: diff > 0
 Pr(T < t) = 0.3196 Pr(|T| > |t|) = 0.6392 Pr(T > t) = 0.6804

Tabla 5.50: Cost300 median split zona 2.

En la Tabla 5.50 puede observarse que no existen diferencias significativas de costo total (costo semana 300) entre los dos grupos (pvalue 0.64, t=-0.47).

Conclusión

De la presente investigación se puede concluir que el participante promedio realiza 10 fijaciones por semana, cada fijación dura en promedio 0,5 segundos y la dilatación pupilar promedio es de 3,94 mm. Por otro lado, el participante promedio concentra la mayor parte de su tiempo de fijaciones en las áreas de interés stock final (1.7 segundos) y demanda (1.1 segundos).

Adicionalmente, puede concluirse que en promedio cada semana el tiempo de fijación disminuye aproximadamente en 15 ms. Lo anterior sugiere un aprendizaje por parte de los tomadores de decisión. Esta disminución proviene de una disminución del número de fijaciones por semana y una disminución del tiempo promedio de fijación. También, se evidencia una mejora en la memoria de los participantes, es decir, disminuyen las repeticiones de zonas que se visitan ocularmente durante una semana de juego. Cabe destacar que durante el desarrollo del experimento aumenta la selectividad de los participantes, es decir que la cantidad de zonas que son visitadas al menos una vez durante una semana disminuye.

Con respecto a los distintos estados del juego, se evidencia que con backorder la decisión requiere más tiempo que con sobrestock. Además, la dilatación pupilar se ve afectada positiva y significativamente cuando se está en estado de backorder, esto se asocia a un aumento de la carga cognitiva y a un aumento del nivel de sorpresa ante nuevos estímulos.

Los buenos jugadores podrían tener una mayor capacidad de procesamiento de información que podría traducirse en menores tiempos de juego en el caso de backorder. Por otro lado, se demoran menos tanto con sobrestock y backorder, pero particularmente menos con backorder.

Finalmente, se evidencia que existe una fuerte correlación entre la orden y la demanda, lo que sugiere que la heurística del participante promedio está basada en intentar predecir la demanda a través de la orden.

Bibliografía

- [1] HUBER J., MEISSNER M., MUSALEM A., *Eye Tracking Reveals Processes That Enable Conjoint Choices to Become Increasingly Efficient with Practice*. Journal of Marketing Research. 2015.
- [2] TORRES J., SAN MARTIN R. *Neurocognitive sources of misperception of feedbacks in inventory management decisions*. Seminario Interno FEN. 2017.
- [3] STERMAN J. *Modeling Managerial Behavior: Misperceptions of Feedback in a Dynamic Decision Making Experiment*. Management Science, Vol 35, No. 3. 1989.
- [4] CARTER HILL R. *Principles of Econometrics 4th Edition*. 2011.
- [5] TAHA H. *Operations Research: An Introduction 10th Edition*. 2016.
- [6] DEVORE J. *Probability and Statistics for Engineering and the Sciences 8th Edition*. 2011.
- [7] HEIZER J., RENDER B. *Principios de administración de operaciones 7ma Edición*. 1996.
- [8] LEE J., RITZMAN K. *Administración de operaciones: estrategia y análisis*. 2000.
- [9] EVERETT E. *Administración de la producción y las operaciones: conceptos, modelos y funcionamiento*. 1991.
- [10] HERBERT P. *Foundations of inventory management*. 2000.
- [11] AXSÄTER S. *Inventory Control (International Series in Operations Research and Management Science)*. 2015.
- [12] MUCKSTADT J., SAPRA A. *Principles of Inventory Management (Springer Series in Operations Research and Financial Engineering)*. 2010.
- [13] MUCKSTADT J., SAPRA A. *Principles of Inventory Management (Springer Series in Operations Research and Financial Engineering)*. 2010.
- [14] LAVÍN C., SAN MARTÍN R., ROSALES E. *Pupil dilation signals uncertainty and surprise in a learning gambling task*. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. 2013.
- [15] ACKERE A., REIMERLARSEN E., MORECROFT J. *Systems thinking and business pro-*

- cess redesign: An application to the beer game.* 1993.
- [16] KIMBROUGH D., ZHONG F. *Computers play the beer game: can artificial agents manage supply chains?*. 2002.
- [17] WEDEL M., SMITH R. PIETERS R. *Eye Tracking for Visual Marketing.* 2008.
- [18] EDALIA M., YASARCANB H. *A Mathematical Model of the Beer Game.* 2014.
- [19] CHEN F., SAMROENGAJA R. *The Stationary Beer Game.* 1999.
- [20] DIAZ F. *Evaluación de eficiencia y precisión en el contexto de decisiones repetidas basado en datos de eye-tracking.* 2017.
- [21] SCHWEITZTER M., CACHON G. *Decision Bias in the Newsvendor Problem with a Known Demand Distribution: Experimental Evidence.* 2000.
- [22] BARLAT Y., OZEVIN M. *Analysis of Stock Management Gaming Experiments and Alternative Ordering Formulations.* 2004.
- [23] BARLAT Y., OZEVIN M. *Analysis of Stock Management Gaming Experiments and Alternative Ordering Formulations.* 2004.
- [24] VAN DER WEL P., VAN STEENBERGEN H. *Pupil dilation as an index of effort in cognitive control tasks: A review.* 2018.

Capítulo 6

Anexos

6.1. Anexo 1. Código demanda

```
begin
  int demand;
  #Estimacion OutFlow
  #Ciclo 1
  if iteration <= 5 then
    demand = 4; #random(3,5);
  elseif iteration >= 6 && iteration < 21 then
    demand = random(8,12);
  elseif iteration >= 21 && iteration < 36 then
    demand = random(16,24);
  elseif iteration >= 36 && iteration < 51 then
    demand = random(32,48);
  elseif iteration >= 51 && iteration < 66 then
    demand = random(64,96);
  #Ciclo 2
  elseif iteration >= 66 && iteration < 81 then
    demand = random(8,12);
  elseif iteration >= 81 && iteration < 96 then
    demand = random(16,24);
  elseif iteration >= 96 && iteration < 111 then
    demand = random(32,48);
  elseif iteration >= 111 && iteration < 126 then
    demand = random(64,96);
  #Ciclo 3
  elseif iteration >= 126 && iteration < 141 then
    demand = random(8,12);
  elseif iteration >= 141 && iteration < 156 then
    demand = random(16,24);
  elseif iteration >= 156 && iteration < 171 then
```

```

        demand = random(32,48);
    elseif iteration >= 171 && iteration < 186 then
        demand = random(64,96);
#Ciclo 4
elseif iteration >= 186 && iteration < 201 then
    demand = random(8,12);
    elseif iteration >= 201 && iteration < 216 then
        demand = random(16,24);
    elseif iteration >= 216 && iteration < 231 then
        demand = random(32,48);
    elseif iteration >= 231 && iteration < 246 then
        demand = random(64,96);
#Ciclo 5
elseif iteration >= 246 && iteration < 261 then
    demand = random(8,12);
    elseif iteration >= 261 && iteration < 276 then
        demand = random(16,24);
    elseif iteration >= 276 && iteration < 291 then
        demand = random(32,48);
    elseif iteration >= 291 then
        demand = random(64,96);
end;
return demand;
end;

```