



Universidad del Valle

Instituto de psicología

Trabajo de grado

**ROL DE LA EXPERIENCIA CORPORAL Y HÁPTICA EN LOS TIPOS DE
NAVEGACIÓN EN EL ESPACIO CIRCUNDANTE EN PERSONAS CON
DISCAPACIDAD VISUAL**

Proyecto de Tesis para Optar al Grado de Psicólogo

Mateo Belalcazar

Código. 1423012

Directora: Yenny Otálora, PhD.

Santiago de Cali, Colombia 2019

Tabla de Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. JUSTIFICACIÓN	3
2.1. Antecedentes del problema.....	3
2.2. Contribución.....	4
2.3. Formulación del problema.....	5
2.3.1. Pregunta de investigación.....	6
2.3.2. Objetivos de investigación.	6
3. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	8
3.1. Cognición espacial.....	8
3.1.1. Representaciones espaciales: Marcos de referencia.....	9
3.1.2. Mapas cognitivos.	10
3.1.3. La habilidad de navegación.....	11
3.2. Cognición en personas con discapacidad visual	14
3.3. Navegación espacial en personas con discapacidad visual.....	18
3.4. Conclusiones de la revisión bibliográfica	28
4. MARCO TEÓRICO	30
4.1. Modelos de navegación y representación espacial	30
4.1.1. El modelo de representación métrica del espacio.....	31
4.1.2. El modelo de integración de patrones.....	31
4.2. Cognición corpórea: La acción como contenido espacial.....	32
4.3. Aprendizaje espacial, representaciones espaciales y wayfinding.....	33
5. METODOLOGÍA	35
5.1. Tipo de estudio	35
5.2. Población.....	35
5.2.1. Muestra.....	35
5.2.2. Características sociodemográficas de la muestra.....	36
5.2.3. Criterios de inclusión y exclusión.....	37
5.2.4. Selección de los sujetos a los grupos	38
5.3. Formas de recolección de la información	39
5.4. Diseño experimental	41
5.4.1. Hipótesis:.....	43

5.4.2.	Medidas.....	48
5.5.	Protocolo de aplicación.....	49
5.6.	Modelo de análisis	50
5.6.1.	Procedimiento de análisis de datos	51
5.7.	Consideraciones éticas.....	52
6.	RESULTADOS	54
6.1.	Error de posición (E).....	54
6.1.1.	Organización forma.....	54
6.1.2.	Organización tamaño	55
6.1.3.	Organización forma y organización tamaño	56
6.1.4.	Condición visual, organización forma y organización tamaño.....	57
6.1.5.	Modalidades sensoriales.....	58
6.1.6.	Modalidades sensoriales, organización forma y organización tamaño	60
6.2.	Error de estimación (D)	60
6.2.1.	Organización forma.....	62
6.2.2.	Organización tamaño	62
6.2.3.	Organización forma y organización tamaño	64
6.2.4.	Modalidades sensoriales.....	65
6.2.5.	Modalidades sensoriales, organización forma y organización tamaño	66
6.3.	Tiempo de recorrido (R)	66
6.4.	Pruebas de hipótesis 1 y 2.	67
6.5.	Correlación error de posición y error de estimación-orientación	70
7.	DISCUSIÓN	71
7.1.	Información sensorial	72
7.1.1.	Información sensorial: Variable control.....	76
7.2.	Información geométrica.....	77
7.2.1.	Información geométrica: Tamaño del recorrido.....	78
7.2.2.	Información geométrica: Forma del recorrido	80
7.2.3.	Información geométrica: Tamaño y forma del espacio	81
7.2.4.	Información geométrica: Error de estimación	83
8.	CONCLUSIONES.....	84
9.	REFERENCIAS.....	90

Lista de tablas y figuras

Tablas

Tabla 1 Cuadro resumen principales estudios.....	24
Tabla 2 Variables trabajadas en navegación según el tipo de ambiente.	27
Tabla 3 Distribución de la muestra según sus características	36
Tabla 4 Distribución la media y desviación estándar según sus características sociodemográficas.....	38
Tabla 5 Objetivos de investigación y fases del trabajo de investigación	39
Tabla 6 Operacionalización del experimento.....	41
Tabla 7 Valor de cada variable independiente.	42
Tabla 8 Tipos de intentos de los participantes.	43
Tabla 9 Relación entre modalidad sensorial y forma de navegación.....	45
Tabla 10 Relaciones trabajadas en ambos sistemas representacionales.....	47
Tabla 11 Mediciones durante el experimento	48
Tabla 12 Aproximaciones del análisis	51
Tabla 13 Desempeños de los participantes en organización forma y organización tamaño.	57
Tabla 14 Desempeños de los participantes según modalidad sensorial	59
Tabla 15 Medias y desviaciones estándar en ambos grupos según organización forma.....	62
Tabla 16 Media y desviación estándar	65
Tabla 17 Desempeños de los participantes según la modalidad sensorial	66
Tabla 18 Forma de navegación esperada y observada según la información sensorial.	75
Tabla 19 Tipo de representación espacial en cada medida	83

Figuras

Figura 1 Triángulos y recorridos del paradigma de completación de triángulos.....	40
Figura 2. Error de posición según forma.....	55
Figura 3. Representación variable error de estimación basado en orientación	61
Figura 4. Error de estimación según el tamaño.	63
Figura 5. Tiempo recorrido según el tamaño.....	67
Figura 6. Error de posición y error de estimación en las modalidades sensoriales	72
Figura 7. Error de posición según la condición visual y el tipo acción.	77
Figura 8. Error de posición y error de estimación por orientación en ambos grupos	79
Figura 9. La información geométrica dada según la forma.	81
Figura 10. Recorrido en condiciones de ausencia de objetos.....	88

RESUMEN

El presente trabajo buscó explorar la navegación por referentes y navegación por estimación en humanos utilizando modalidades sensoriales poco exploradas en la literatura, como lo son el tacto, las acciones corporales y la información kinestésico/vestibular. Para esto se desarrolló un diseño experimental mediante el paradigma de completación de triángulos y se tomó como unidad de análisis la habilidad de personas con discapacidad visual y en condiciones visuales normales para llegar al punto de origen y estimar su orientación. Se desarrollaron ANOVAS y pruebas t en una muestra de 28 participantes, 14 en condiciones de discapacidad visual y 14 en condiciones visuales normales. Los resultados del experimento dieron como conclusión que la información táctil y de acciones corporales puede ser integrada a la navegación por estimación; de igual forma, que las personas en condición de discapacidad visual son más sensibles para utilizar la información geométrica del espacio y codificar sus propiedades geométricas a razón de ángulos y distancias.

Palabras clave: Navegación por estimación, navegación por referentes, discapacidad visual, cognición corporeizada, modalidades sensoriales, tacto, acciones corporales.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Valle, al centro de investigaciones en Psicología, Cognición y Cultura, al grupo de investigación en cognición científica y matemática, a la profesora Yenny Otálora, al profesor y papá Jhon Gregory Belalcazar, al Hospital Universitario del Valle, a todos

1. INTRODUCCIÓN

Plantearse cómo los organismos vivos se desplazan por el medio parece una pregunta superflua, no obstante, como fenómeno de estudio adquiere significado cuando se pone en perspectiva la complejidad de procesos que le permiten a un organismo la habilidad de navegar. El fenómeno de navegación nos remite a la habilidad de desplazarnos, a su vez, de cómo representamos el mundo, sus objetos y de cómo inferimos sobre ellos para interactuar con lo que llamamos realidad.

La navegación espacial es un proceso cognitivo que se enmarca en el dominio de la cognición espacial y que comúnmente se ha estudiado en el campo de las ciencias cognitivas. Los modelos teóricos e investigaciones previas se han centrado en definir el tipo de *aprendizaje espacial* que guía el proceso de navegación, es decir, comprender cómo un organismo interactúa a través de sus sentidos con el entorno, elaborando representaciones y organizando esas representaciones en formas de conocimiento. En relación a estos tipos de aprendizaje espacial Dolins y Mitchell (2010) consideran que existen cuatro formas que guían la navegación: A. Navegación por estimación [Dead reckoning], B. Navegación a partir de señales [Beaconing], C. Navegación basada en rutas [Routes], D. Navegación basada en mapas cognitivos [Surveys].

Referente a la conducta de navegación Golledge, Jacobson, Kitchin, y Blades (2000) discriminan la conducta de navegación guiada acompañada de representaciones espaciales del entorno y la conducta de navegación en un proceso de locomoción de un punto a otro. Asimismo, la navegación guiada comúnmente conocida por wayfinding, implica el razonamiento y aprendizaje espacial del lugar por el cual se desplaza, permitiéndole a las personas habilidades como estimar lugares, direcciones y posiciones de los objetos a los cuales

se desconoce; por el contrario, el acto de locomoción no implica este tipo de razonamiento, más bien es el acto motor guiado a nivel perceptivo sobre un lugar.

Por otro parte, los modelos para explicar la navegación humana enfatizan en el rol de la visión en la construcción de representaciones del espacio, pero, ¿Qué sucede cuando los organismos vivos no cuentan con la posibilidad de acceder a su entorno a través de la visión? El presente trabajo de grado tiene como propósito estudiar cómo los seres humanos llevan a cabo el proceso de aprendizaje espacial en ausencia de percepción visual, tomando especial énfasis en las formas de interacción que tiene un organismo con su entorno, rescatando la manera en que el cuerpo, el sentido del tacto (A través del contacto con objetos) y la ejecución de acciones inciden en el proceso de navegación. Para esto se realizó un experimento de navegación espacial en un espacio de escala media, abarcando la navegación basada en el cómputo de desplazamiento en ángulos y distancias del propio cuerpo “Dead reckoning” y la navegación a partir de claves sensoriales (cues) y puntos de referencia (landmarks) “Beaconing”.

Por otra parte, este trabajo de grado fue apoyado por la convocatoria interna para la creación de semilleros de ciencia de la Universidad del Valle (2018) y el Centro de investigaciones en Psicología, Cognición y Cultura. En relación al título de este trabajo de grado, éste tuvo que ser cambiado por razones administrativas a petición del comité de investigaciones del Hospital Universitario del Valle, y por consiguiente del comité de ética del mismo hospital. El nombre formal del trabajo de grado pasó a ser Rol de la experiencia corporal y háptica en los tipos de navegación en el espacio circundante en personas con discapacidad visual.

2. JUSTIFICACIÓN

2.1. Antecedentes del problema

La habilidad de navegación se refiere al uso de estrategias de desplazamiento, ya sea en las formas de exploración de un organismo (Collett y Graham, 2010), en las formas de aprendizaje espacial (Dolins y Mitchell, 2010) o en la toma de decisiones espaciales (Schinazi, Thrash y Chebat, 2016). Normalmente estas estrategias se han estudiado caracterizando las formas de representación espacial que le permiten a los seres vivos desplazarse, por medio del aprendizaje de patrones (PI), del uso de claves sensoriales (cues) o puntos de referencia (landmarks), el establecimiento de rutas y de mapas cognitivos del espacio.

En el estudio de elaboración de rutas y mapas cognitivos, entre personas con discapacidad visual y ausencia de discapacidad visual, se ha reportado que las personas con discapacidad visual tienden a elaborar rutas para guiar sus desplazamientos, mientras que las personas videntes por el contrario tienden a elaborar mapas cognitivos. Además, los desempeños de las personas con discapacidad visual en la elaboración de mapas cognitivos tienden a ser menos exactos en comparación con los desempeños de personas videntes (Chiesa, Schmidt, Tinti y Cornoldi, 2017; Raz, Striem, Pundak, Orlov y Zohary, 2007; Schmidt, Tinti, Fantino, Mammarella y Cornoldi, 2013).

En la misma línea, pocos estudios se han centrado en el aprendizaje por estimación de personas con discapacidad visual, y cuando se ha estudiado el uso de claves sensoriales y puntos de referencia en navegación basada en claves, se ha reportado que las personas con discapacidad visual tienden a configurar sus representaciones de manera egocéntrica, es decir estableciendo las relaciones de lo “representado” a partir de ellos, con desempeños más bajos en el uso de

representaciones alocentricas, cuando las relaciones son entre objetos (Bodily, Daniel, , & Sturz, 2012; Chiesaa, Schmidta, Tintia y Cornoldi, 2017; Cobo y otros, 2015).

Muchos de estos hallazgos se ponen en perspectiva al comprender la cognición de personas con discapacidad visual, incluyendo sus condiciones y posibilidades. Por ejemplo, se sabe que las personas con discapacidad visual poseen mejores desempeños que personas videntes en tareas de memoria serial (Pasqualottoa, Lama y Proulx, 2013; Raz y otros, 2007) , en el uso de inferencias relacionales (Puche y Orozco, 2004) o incluso en procesos básicos de discriminación y reconocimiento de objetos a través de la audición y el tacto (Nilsson y Schenkman, 2015), entre otros hallazgos.

2.2. Contribución

La contribución de esta investigación, por tanto, radica en que buscará la comprensión de la habilidad de navegación en personas con discapacidad visual desde una perspectiva cognitiva y, en el proceso, elucidar otras formas de experiencia sensorial, como lo es el sentido del tacto, de la propiocepción, entre otros; que permiten a personas con discapacidad visual moldear la realidad y adaptarse al entorno. Estas cuestiones suponen el punto de partida y de relevancia de este trabajo de grado, donde no se pretende estudiar la navegación humana desde el problema de ausencia de experiencia visual, ni del rol de la experiencia auditiva en el proceso (Schmidt y otros, 2013; Occelli y otros, 2008) sino de cómo otras formas de experiencia sensitiva y motora se integran en el proceso de aprendizaje espacial. Así, podrá contribuir en el diseño de espacios de aprendizaje y desarrollo más comprensivos con nuestra cognición, donde personas videntes y con discapacidad visual se desempeñan continuamente. Además, sus hallazgos podrían contribuir en el desarrollo de tecnologías y sistemas inteligentes poniendo en perspectiva otras modalidades sensoriales, como lo es la háptica y corporal, para guiar el proceso de navegación.

2.3. Formulación del problema

Las investigaciones en navegación espacial se han realizado tomando como punto de referencia la cognición de personas videntes, es decir, explicar la conducta de navegación desde la perspectiva visual y auditiva. El punto de discusión y por tanto, de explicación, se ha centrado en las modalidades sensoriales de naturaleza perceptiva constante, que en plano perceptivo permiten el seguimiento de los objetos a distancia como lo son la visión o la audición, dotando de una perspectiva global el paisaje que se le presenta a las personas, pero ¿qué ocurre con modalidades sensoriales que requieren de un contacto directo, o por el contrario, mantener las interacciones con las cosas a través de representaciones espaciales y/o de memoria de trabajo para lograr una constancia con los estímulos del medio?

El problema de investigación se centró en explorar y caracterizar la relación entre contenido táctil, de acciones y kinestésico/vestibular en la navegación por estimación y referentes con el propósito de explorar el uso de modalidades sensoriales para guiar la navegación humana en ausencia de información visual y auditiva y contribuir en la exploración del papel que juegan las modalidades sensoriales que requieren una interacción directa con el medio para el aprendizaje y codificación de representaciones espaciales. Así, la investigación utilizó una tarea de navegación espacial adaptando el paradigma de completación de triángulos; durante el experimento se vendó a las personas en condiciones visuales normales con el objetivo de observar directamente el proceso por el cual integraban la información sensorial del tacto y de las acciones corporales, y asegurar que sus desempeños en el experimento no correspondieran a su capacidad para observar los estímulos y así desarrollar otro tipo de navegación. Además, en el lugar del experimento no hubo ningún tipo de información auditiva, más allá de las consignas que el investigador le daba a cada participante entre intentos.

En función del problema de investigación Moser, Moser y McNaughton (2017) sostienen que: “hoy en día se reconoce generalmente el papel de la integración de patrones como un rol fundamental en la codificación de información espacial en la formación hipocampal, no obstante existe controversia sobre si la integración de patrones es el determinante primario de las células de lugar y de red, o si por el contrario juega un papel equitativo o subordinado a la integración de información de estímulos externos”. Así, el propósito de investigación apunta a contribuir en la comprensión del proceso por el cual la información de modalidades sensoriales como el tacto, las acciones corporales y la información kinestésico/vestibular ayudan en la elaboración de representaciones espaciales utilizando el contenido del espacio para desplazarse por el medio (Xu, Reiger y Newcombe, 2017; Hermer y Spelke, 1996).

2.3.1. Pregunta de investigación.

¿Cómo se aprehende y utiliza la información sensorial y geométrica en el proceso de navegación espacial guiada por representaciones espaciales de personas videntes e invidentes a través de estimaciones y de puntos de referencia?

2.3.2. Objetivos de investigación.

2.3.2.1. *Objetivo general.*

Caracterizar la manera en que la información sensorial y geométrica se integran en el proceso de aprendizaje guiado por representaciones espaciales de personas videntes e invidentes a través de la navegación por estimación y por referentes.

2.3.2.2. ***Objetivos específicos.***

1. Explorar el papel de la modalidad kinestésica/vestibular, táctil y de acciones en la navegación basada en estimación y navegación basada en referentes de personas videntes e invidentes.
2. Explorar el papel de la organización y tamaño del espacio en la formación de representaciones espaciales en la navegación basada en estimación y navegación basada en referentes de personas videntes e invidentes.

3. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

Este capítulo busca fundamentar el diseño experimental y sentido del trabajo. Para esto, se desarrollara una revisión de los principales hallazgos y conocimientos que se tienen sobre el dominio de la navegación espacial y los procesos cognitivos básicos de personas con discapacidad visual, tomando la siguiente estructura: (1) El campo de la cognición espacial, presentando de manera general los hallazgos y formas de estudio; (2) procesos relacionados con la cognición espacial, abordando el caso especial de las personas con discapacidad visual para una comprensión de su condición; (3) tópico de navegación espacial en personas con discapacidad visual, mostrando el estado actual de investigaciones en el tema, las maneras en que se ha acercado al problema y evidencia al respecto; y, (4) el estado actual de la investigación en estos tópicos, rescatando las limitaciones y vacíos que se han encontrado en la literatura.

3.1. Cognición espacial

La cognición espacial puede definirse como el conjunto de procesos, habilidades, representaciones, estrategias y mecanismos que le permiten a los seres vivos interactuar con el espacio. El abordaje conceptual del problema del espacio desde una perspectiva cognitiva y neuronal implica tomar como unidad de análisis el conjunto de representaciones, estructuras y sistemas perceptivos que le permiten a un organismo utilizar información espacial, sensorial y de acciones. A continuación, se presenta un bosquejo general de los temas principales de investigación en cognición espacial, enfocándose en las habilidades de: Representación espacial, mapas cognitivos y navegación.

3.1.1. Representaciones espaciales: Marcos de referencia.

Los marcos de referencia constituyen el conjunto de representaciones internas que los organismos utilizan para representar las propiedades del espacio y así actuar en el mundo (Dolins y Mitchell, 2010); Wickens y otros (2005) citados por Dolins y Mitchell, 2010) sostienen que “un marco de referencia es un proceso activo: Como la información es percibida o codificada, y cómo esto afecta la manera en que la información es usada en estrategias espaciales, en la actualización de las decisiones inmediatas (en navegación, por ejemplo), y en la creación de una base organizativa para el comportamiento espacial futuro”. En otras palabras, el proceso de construcción de representaciones incide en la conducta de los individuos, especialmente en la configuración de las relaciones de los objetos representados.

Del mismo modo, existe un consenso entre los autores en caracterizar los marcos de referencia bajo dos modalidades cualitativamente diferentes, tomando como criterio la perspectiva desde la cual los organismos establecen las relaciones entre los objetos representados (Dolins y Mitchell, 2010; Schmidt y otros, 2013; Schinazi y otros, 2016); Así, estas modalidades son clasificadas en representaciones *alocéntricas* cuando las relaciones entre objetos y localizaciones son definidas y representadas según la posición de los mismos, independientemente del punto de vista del observador (Klatzky, 1998; citado por (Dolins y Mitchell, 2010) y en representaciones *egocéntricas* cuando las relaciones se basan y construyen según la posición del observador, tomando como punto de vista el propio cuerpo del organismo (Dolins y Mitchell, 2010).

Estas formas de representación constituyen la base para las habilidades espaciales como recurso que permite y que determina las diversas formas de navegación; Por ejemplo, las representaciones egocéntricas desde el propio organismo permiten la navegación basada en

estimación, mientras que la navegación basada en puntos de referencia, considerando el punto de vista de diversos objetos en un espacio permiten la creación de rutas.

3.1.2. Mapas cognitivos.

Las primeras aproximaciones al estudio de la cognición espacial en humanos se atribuyen al psicólogo Edward Tolman (1948), quien propuso el concepto de mapas cognitivos a través del estudio de como ratas y humanos aprenden información espacial y la organizan en representaciones. Downs y Stea (1973 citados por Kitchin, 1994) plantean que un mapa cognitivo es un proceso compuesto de transformaciones psicológicas, principalmente en el almacenamiento, codificación y recuperación de información de posiciones. En los primeros estudios, la evidencia en roedores y humanos sugiere la formación de representaciones espaciales organizadas de forma coherente en lo que se denomina mapa cognitivo (O'Keefe y Nadel, 1978; Sutherland y Dyck, 1984; Tolman, 1948). Además, el concepto de mapa cognitivo constituye una de las formas de navegación más compleja (Schinazi, 2016) , dado que el organismo construye una representación “amodal” del espacio a partir de la integración de diversas representaciones tanto egocéntricas como alocéntricas.

En la profundización del estudio de la representación de mapas cognitivos se desarrollaron modelos representacionales sobre cómo las personas construían en sistemas de coordenadas sus entornos cercanos, en especial sobre sus ciudades de origen (Goldstein, 2010; Kitchin y Robert, 1994). Estos estudios nacieron por el interés de saber cómo las personas se desplazaban en espacios de gran tamaño, empezando con Lynch (1960) al preguntarse por la creación de mapas cognitivos a partir de sendas “nodos, puntos salientes donde confluyen varios trayectos, e incluso límites, regiones cercadas, entre otros elementos” (Lynch, 1960).

Desde otro punto de interés, O'Keefe y Nadel (1978) presentaron un modelo neurocognitivo para sustentar la existencia de mapas cognitivos en el sistema nervioso, mostrando evidencia de diferentes tipos de células en la formación hipocampal encargadas de codificar fisiológicamente información espacial del entorno (células de lugar, en red, de límite, de orientación, entre otras) trabajando entre sí para llevar un registro de los desplazamientos que llevan los animales por su entorno (O'Keefe, 2014).

3.1.3. La habilidad de navegación.

La navegación como habilidad rescata algunos puntos principales de discusión: (1) Desde una perspectiva cognitiva y neuronal, la navegación es una de las habilidades más complejas en cognición espacial, entendiendo por “complejo” el hecho de que integra otras habilidades espaciales en su manera de operar, como lo es el escalamiento, las representaciones geométricas, la orientación, entre otras; y, además, (2) un campo amplio de estudio en las ramas de la biología, la antropología, ingenierías, entre otras, dada su gran importancia para la subsistencia de los organismos, al guiar el desplazamiento de un ser vivo por el mundo: En su experiencia diaria, para cumplir alguna meta predeterminada, o interactuar con objetos u otros organismos vivos; (3) En la misma línea, la habilidad de navegación tiene un componente evolutivo ya que, su desarrollo histórico tiene unas bases biológicas que lo han explicado como el mecanismo por el cual muchos seres vivos sobreviven, recorren largas distancias, recogen alimento, entre otras.

Ahora bien, tomando una perspectiva teórica, la habilidad de navegación espacial ha sido estudiada en diversas ramas de la ciencia, por la tanto su aproximación y conceptualización depende del enfoque estudiado que la caracteriza, no obstante, existe cierto consenso en relación con lo que se entiende por navegación. Por ejemplo, desde la psicología cognitiva Montello

(2006 citado por Schinazi y otros, 2016), la definen como proceso de toma de decisiones espaciales (decision-making) relacionados con la acción sobre el mundo. Así los autores señalan una distinción entre (1) locomoción (locomotion) y (2) navegación guiada por representaciones (wayfinding), siendo el primer concepto la navegación por el entorno a través de la respuesta inmediata a estímulos, en su mayoría con representaciones egocéntricas. El segundo es un proceso que implica razonamiento, no sólo sobre los estímulos y representaciones inmediatas, sino también sobre los entornos remotos y objetos próximos a través de representaciones.

En la misma línea, desde el campo de la cognición animal, Dolins y Mitchell (2010) plantean la navegación como la capacidad que tienen los organismos para responder a lo que ellos perciben como espacio a través de estrategias conductuales. Además, señalan que esta percepción del espacio es guiada a través de representaciones espaciales internas y externas del entorno, que no necesariamente tienen una correspondencia uno a uno con el mundo físico. Finalmente, desde las ciencias del cerebro, la navegación se entiende como proceso de codificación cerebral, con células especializadas para codificar la información relativa al entorno y un complejo sistema de entradas sensoriales que guían el proceso (O'Keefe, 2014; O'Keefe y Nadel, 1978).

Como objeto de estudio, la navegación espacial se aborda a partir del proceso de aprendizaje de conocimiento espacial, concepto que hace referencia a la forma en la cual la información del entorno es representada y usada por los organismos para desplazarse a través de él. Existen múltiples modelos de navegación, no obstante todos concuerdan en cuatro etapas, fases, momentos o tipos de aprendizaje espacial, tomando como criterio el tipo de representaciones espaciales y sus relaciones. Estas son: (1) Navegación basada en estimación, como la habilidad para computar y dirigir el desplazamiento utilizando la información de

distancia y dirección del propio desplazamiento, (2) navegación a partir de señales, en la cual el organismo utiliza claves sensoriales [cues] o referencias espaciales [landmark] para ser representadas y guiar su desplazamiento. (3) Rutas (Routes), la cual corresponde al proceso en el cual un organismo elabora secuencias de claves [cues] o de referencias espaciales [landmark] organizados de manera serial para guiar el desplazamiento, incluyendo el propio cuerpo. (4) Mapas cognitivos, el cual hace referencia al aprendizaje que se da cuando se codifica la información en representaciones totalmente alocentricas, conocido comúnmente como mapa cognitivo; esta última forma de aprendizaje es la más compleja de todas e involucra, en ocasiones una dimensión simbólica a través del uso de convenciones (Dolins y Mitchell, 2010).

Las variaciones entre los modelos de navegación espacial, como se señaló anteriormente, concuerdan en el reconocimiento de cuatro formas de aprendizaje espacial; no obstante, estos difieren en la forma en que cada tipo de aprendizaje es entendido. Por ejemplo, algunos autores las proponen como un proceso lineal entre cada tipo de aprendizaje espacial, con etapas cualitativamente diferentes en un “marco de referencia discreto” (Golledge, 1978; Shemyakin, 1962; Siegel y White, 1975, citados por Schinazi y otros, 2016), como un proceso lineal con etapas cuantitativamente diferentes en un “marco de referencia continuo” (Schinazi y otros, 2016), o por el contrario, como momentos independientes entre sí, los cuales surgen según la necesidad, apareciendo simultáneamente en ocasiones (Dolins y Mitchell, 2010). También como estrategias de codificación y representación espacial en función del objetivo, así también han sido clasificadas en estrategias locales, cuando el organismo relaciona puntos de referencia provistos en un mapa cognitivo para buscar su propia trayectoria, independientemente de su punto de vista; o como estrategias de ruta, cuando las representaciones no necesariamente se basan en la información de puntos de referencia, sino en “un espectro de rutinas desde la simple

estimación y puntos de referencia, hasta acciones secuenciales mucho más complejas” (O’Keefe y Nadel, 1978; citado por Moser, Moser y McNaughton, 2017).

Como últimas consideraciones señalamos algunas variables no mencionadas que se ven implicadas en el estudio de la navegación. Schinazi (2008) propone una distinción de tres criterios para definir el tamaño del “espacio” en un paradigma experimental de navegación: (1) Escala pequeña (micro-space) cuando el ambiente de la tarea no requiere un completo desplazamiento y uso del cuerpo, (2) escala mediana (meso-space) cuando el espacio es más amplio que el propio observador, pero aun así puede ser “aprehendido” desde un solo punto de vista y (3) escala grande (large-scale) cuando el espacio necesita múltiples puntos de vista para ser “aprehendido”. Otros autores definen estos dos últimos criterios (2 y 3) como vista y entorno respectivamente (Pingel y Schinazi, 2014; Wolbers y Wiener, 2014).

3.2. Cognición en personas con discapacidad visual

En este apartado se aborda lo que se sabe sobre la cognición de personas con discapacidad visual, específicamente sus procesos cognitivos básicos. En estudios de atención, se ha reportado que la población de con discapacidad visual posee tiempos de respuesta más rápidos y mejores desempeños en las tareas usadas que la población sin discapacidad visual. Por ejemplo, Pigeon, C. y Marin-Lamellet, C. (2015) compararon los desempeños de personas invidentes tempranos, es decir, personas que adquirieron su condición de ceguera desde el momento del nacimiento; con discapacidad visual tardíos, personas que adquirieron su condición a lo largo de su vida y personas con visión, en tareas de diversos tipos de atención. Los autores encontraron que las personas invidentes tempranos eran más rápidos que personas videntes en pruebas de atención selectiva. De igual forma encontraron diferencias significativas en pruebas de atención sostenida entre personas videntes y con discapacidad visual, con mejores

resultados en el grupo con discapacidad visual, resultados reportados por Collignon y otros. (2006) y Collignon and De Volder (2009).

En estudios de memoria, Pasqualottoa, Lama y Proulx (2013) investigaron el impacto de ausencia de experiencia visual sobre la memoria semántica utilizando un paradigma de memorias falsas en sujetos de mediana edad, buscando corroborar evidencia de estudios previos que sostenían que invidentes congénitos (tempranos) sin experiencia visual poseían habilidades verbales y habilidades de memoria superiores. Los autores, encontraron que existía un efecto de la experiencia visual tanto en el tamaño como en la confiabilidad de la memoria semántica y, posiblemente, en el monitoreo de la memoria episódica, que puede ser el resultado del reclutamiento más fuerte de las áreas visuales no utilizadas del cerebro (Pasqualottoa, Lama y Proulx, 2013). En la misma línea Sathiana y Stilla (2010) y Sadato y otros (2002) reportan resultados similares, donde las áreas visuales primarias de personas con discapacidad visual se veían activadas en tareas de memoria y percepción auditiva y táctil.

Por otro lado, otros autores estudiaron la memoria serial de personas con discapacidad visual bajo el supuesto de que esta forma de memoria se ve implicada directamente en la creación de representaciones secuenciales usadas en la navegación. Por ejemplo, Raz y otros (2007) en un estudio de revisión teórica y empírico tuvieron como objetivo responder ¿Por qué las personas con discapacidad visual tienen ventajas específicas en la adquisición de memoria serial? Los autores se aproximaron a la pregunta a través del abordaje de 19 sujetos con discapacidad visual congénitos, siguiendo una muestra pareada; utilizaron dos tipos de tareas (de ítems y de series), en las cuales se encontró que los sujetos con discapacidad visual recordaban entre un 20 y 35% más de palabras que sus pares. De igual forma, los sujetos con discapacidad visual recordaban más palabras ordenadas en una secuencia (85%-135%) que sus pares videntes.

Cuando se aborda el problema de la percepción, específicamente en tareas auditivas, se ha estudiado el efecto del procesamiento auditivo en la codificación de factores espaciales en personas videntes y con discapacidad visual. Occelli y otros (2008) emplearon una tarea de orientación espacial a través de la presentación de estímulos auditivos y táctiles los cuales los sujetos tenían que reconocer, discriminando si estos eran diferentes o iguales, si la posición desde donde se emitía variaba o por el contrario permanecía constante, o la congruencia o incongruencia de los mismos. Los autores reportaron que el desempeño de las personas videntes no se veía afectado por la posición relativa del estímulo, es decir, si este era emitido desde una posición cercana a otro punto de origen, por el contrario, el desempeño de las personas con discapacidad visual se veía influenciado por este, siendo capaces de reconocer la diferencia. En función de estos resultados, los autores concluyen que las personas con discapacidad visual son, en general, más sensibles a la separación espacial a través de estímulos auditivos y táctiles (Occelli y otros, 2008).

En un estudio teórico Hötting y Röder (2009) problematizaron sobre los distintos niveles involucrados en el proceso de percepción auditiva. Como hipótesis se preguntaron si el procesamiento multimodal de estímulos auditivos es innatista, o por el contrario si esté respondía en mayor medida a la experiencia sensorial de los individuos, tomando el momento de pérdida de la visión como unidad de análisis. Los autores citando a (Rammsayer, 1992; Muchniket y otros, 1991; Stevens y Weaver, 2005) sostienen que existe evidencia de una mejor capacidad en personas con discapacidad visual para discriminar estímulos auditivos presentados en intervalos, al igual que la elaboración de juicios temporales frente a este tipo de estímulo.

Ahora bien, en estudios en los que se indagó sobre el procesamiento táctil, Withagen y otros (2012) compararon el desempeño de: Niños videntes y con discapacidad visual, adultos

ciegos de nacimiento y tardíos, y adultos en condiciones normales, en tareas de reconocimiento táctil. Su investigación partía de los hallazgos de Lederman y Klatzky (1987), quienes sostienen que la información visual y hápticas tenían diferentes sistemas de codificación de patrones, y que la codificación háptica implicaba procesos exploratorios a través del peso, forma, volumen, textura y exactitud. Los autores (Withagena y otros, 2012) se dirigieron a la influencia de la edad, reportando que: (a) Los adultos mostraron mejor precisión y velocidad que los niños, tanto para videntes como para con discapacidad visual, lo cual supone según los autores que los niños “necesitan más redundancia en su procesamiento de la información” (Withagena y otros, 2012), (b) para los grupos de videntes y con discapacidad visual, se encontraron mejores desempeños para discriminar propiedades hápticas en el grupo de discapacidad visual, no obstante no encontraron diferencias en la exactitud del reconocimiento de los objetos. (c) Cuando se incluyeron sesiones de entrenamiento, la diferencia del desempeño entre videntes y con discapacidad visual no se veía afectada, resultado que observaron tanto en niños como adultos. (d) Con la dimensión de peso y textura, los tiempos de respuesta de los niños disminuyeron, además la precisión no mejoró después de repetir el experimento (Withagena y otros, 2012).

Además, se ha encontrado que al comparar los resultados de niños videntes y con discapacidad visual en situaciones de resolución de problemas manipulativas, los niños con discapacidad visual muestran un mejor desempeño en los problemas que exigen el uso de inferencias inductivas y relacionales que los niños videntes (Puche y Orozco, 2004). En la misma línea, cuando las situaciones implicaban el uso de información verbal que condicionaba la resolución de la tarea, para ambos casos (videntes y con discapacidad visual) el funcionamiento

era mejor, no obstante en el caso de los niños con discapacidad visual, las autoras reportan que el desempeño era ligeramente superior.

En general, como se presentó, la mayoría de los autores reportan desempeños relativamente mejores en personas con discapacidad visual en tareas de: a. Memoria serial, b. percepción auditiva y c. percepción táctil, en especial cuando las tareas requieren discriminar objetos a partir de este tipo de estímulos, lo que no necesariamente se ve implicado en el reconocimiento de los objetos como tal. Además, frente al uso de memoria serial, sus resultados podrían correlacionarse con las formas de reconstruir un lugar o un objeto a partir de estas dos formas de experiencia sensorial, que en ocasiones no permite una aproximación global, es decir, de todas las características de un objeto en un solo momento, sino que requiere de su “reconocimiento” segmentado.

3.3. Navegación espacial en personas con discapacidad visual.

En el primer apartado sobre navegación se presentó una síntesis de lo que comúnmente se entiende y estudia por navegación. En este apartado se situará en el caso de los procesos de navegación espacial de la población de con discapacidad visual, tomando como criterio: Tipo de aprendizaje espacial y paradigma metodológico. Existe una discusión sobre las formas de aprendizaje espacial en con discapacidad visual a la hora de utilizar puntos de referencia, rutas o mapas cognitivos para codificar información espacial. Como señala Cornoldi y otros (2017), diversos autores reportan mejores resultados por parte de personas con discapacidad visual a la hora de utilizar representaciones en rutas, mientras que las personas videntes tienen a codificar a través de mapas cognitivos. En relación a estos hallazgos se discute el uso representaciones egocéntricas o alocentricas según la condición sensorial de los individuos, por ejemplo Schinazi y otros (2016) sostienen que existe una tendencia a asociar con discapacidad visual con

egocentrismo, pero los autores aún no distinguen si el egocentrismo en ciegos es el resultado de los aspectos del diseño experimental, lo cual plantea como la modalidad sensorial juega un papel preponderante en la tendencia a escoger una forma de aprendizaje y forma de representación espacial por encima de otra.

Retomando a Raz y otros (2007), los autores ejemplifican este debate señalando los supuestos teóricos y la evidencia al respecto sobre la cual se ha trabajado memoria serial en personas con discapacidad visual . Los autores sostiene que se sabe que las personas videntes codifican la información espacial de manera “global”, basándose en representaciones externas, principalmente mapas cognitivos, mientras que en el caso de personas con discapacidad visual la información tiende a codificarse secuencialmente basado en rutas (Raz y otros, 2007); en relación a esto soportan evidencia tal como las estrategias de personas con discapacidad visual en retención de información auditiva, en donde principalmente se caracterizan por una ordenación espacial de la información, por ejemplo: “El tercer ítem sobre la izquierda”. Bajo estos supuestos, Raz y otros (2007) proponen como explicación a los mejores desempeños en memoria serial de personas con discapacidad visual como un caso de “la práctica hace la perfección”, argumentando el uso constante de estrategias de ordenación serial en cada circunstancia de la vida de ellos dada su condición de falta de visión.

Bajo esta mirada, en el estudio de la navegación espacial a través de la representación de puntos de referencia los investigadores se preguntan por el rol de referentes geométricos y no geométricos en la formación de representaciones que guían la navegación en personas con discapacidad visual, comparando sus desempeños con los de personas videntes. Por ejemplo, Chiesaa, Schmidta, Tintia y Cornoldi (2017) examinaron el aprendizaje de puntos de referencia de un pueblo usando tareas de punteo, en donde los participantes tenían que desplazarse a través

de un mapa tridimensional utilizando su tacto mientras eran guiados verbalmente por los experimentadores en rutas de desplazamiento. Los autores reportaron desempeños menos precisos de los participantes con discapacidad visual, especialmente en errores cuando se les preguntaba cambiando la perspectiva de la representación, especialmente en ángulos de 180° grados. Los autores sostienen que sus resultados van en misma línea con otros estudios que sugieren que la condición de ceguera afecta la habilidad de tratar con información espacial (Cattaneo et al., 2008; Ruggiero et al., 2009; Ruggiero et al., 2012).

Por otro lado, Cobo y otros (2015) llevaron a cabo un estudio donde indagaron sobre las diferencias entre exploración de distancia y de proximidad en la conducta humana. Los autores utilizaron un paradigma de exploración aproximada, en donde los sujetos, con discapacidad visual y videntes, navegaban a través de un espacio virtual con obstáculos. El entorno estaba configurado para brindar información cada vez que las personas (avatars) pasaban cerca de obstáculos mientras caminaban a lo largo del ambiente. La tarea permitía la exploración bajo dos condiciones: De proximidad o a distancia (feedback sin necesidad de caminar a lo largo del ambiente, como retroalimentación sonora, sonidos en 2D y 3D), al igual que tres situaciones de exploración diferentes: Aproximaciones egocéntricas, allocéntricas y de orientación. A partir del desempeño de los sujetos con la exploración del entorno virtual, los autores sostienen que las personas con discapacidad visual tienden a relacionarse con el entorno utilizando sus ideas preconcebidas de la estructura de una sala, por ejemplo, las cuatro paredes de una sala. De igual forma, sostienen que la exploración a distancia se asocia con mejor efectividad en la resolución de este tipo de tareas.

Ahora bien, Schmidt y otros (2013) indagaron sobre la generación de imágenes mentales y aprendizaje espacial en condición de ceguera utilizando una tarea de descripción verbal. En

esta se describieron verbalmente entornos variando la estructura en que estos eran presentados, ya fuera a través de rutas o mapas cognitivos. La tarea constaba de dos etapas, en la primera se les describía el terreno en ambas condiciones (rutas y mapas cognitivos), y en la segunda se les pedía reconstruir el terreno descrito en un panel de madera con una rejilla dibujada sobre él, y bordes superiores e inferiores cubiertos por velcro; cada terreno se completaba con 13 referencias (landmarks), los cuales tenían que posicionar basándose en las descripciones que se les daban, y además, la resolución de un cuestionario de falso o verdadero sobre las descripciones presentadas; también les preguntaba por la estrategia que los participantes emplearon: Si memorizaron, si intentaron imaginar la posición de referencias en el espacio, u otras estrategias.

Los autores reportaron que: (a) Los participantes con discapacidad visual se desempeñaron significativamente peor que los sujetos videntes, no solo en los surveys, sino también en la condición de ruta. (b) Ambos grupos se desempeñaron peor en la ruta que en la condición de survey. (c) El uso de estrategias de representación primo por encima de estrategia de memoria. En relación al resultado 1. Los autores sugieren que sus hallazgos no iban en relación con lo que se reporta en la literatura, en donde se sostiene que la creación de modelos mentales es más fácil para con discapacidad visual desde una perspectiva de rutas (Noordzij y Postma, 2005; Noordzij y otros, 2006 citados por Schmidt y otros, 2013). Frente a esto, es posible asumir que quizás el formato de presentación de la información, en este caso a través de descripciones verbales, incide directamente en la manera en que las personas organizan sus representaciones, basándose en la naturaleza de las descripciones verbales de la tarea, las cuales a priori ya estaban organizadas alocentricamente y egocentricamente.

En estudios que indagaban sobre el uso de rutas, Almeida, Martins y Lima (2015) tenían como objetivo analizar las estrategias búsqueda en el espacio que personas con discapacidad visual usan a la hora de interactuar con un mapa táctil. Como paradigma metodológico utilizaron un mapa táctil sobre el cual llevaron a cabo un experimento de dos etapas; en la primera etapa de aprendizaje, los participantes se familiarizaron con el mapa táctil, y la segunda etapa consistió en la realización del curso de ruta planeado. Durante esta etapa se medía la relación entre el movimiento de los dedos y la decisión de orientación.

Los autores reportaron dos tipos de estrategias las cuales interfirieron en los procesos de **planificación y ejecución** de las rutas: (a) Rastreo por rutas o (b) por percepción del entorno como una totalidad. De igual forma reportaron dos **estrategias de lectura háptica** (a) quienes desarrollaron una idea general del espacio, con las propiedades estructurales y relaciones entre los objetos, o (b) quienes con un conocimiento segmentado del entorno empezaron a tomar decisiones espaciales basados en su memoria. Para la **organización del mapa** identificaron tres estrategias diferentes: (a) Lectura el mapa (“reading the map”) como lectura del mapa en orden de tamaño y textura, (b) tramo de ruta para el desempeño de lectura cuando tenían la intención de representar una ruta en un patrón, y (c) rastreo del diseño del entorno (Tracing the environment layout), cuando leían el mapa en su totalidad. Los autores, reportaron por ejemplo, que quienes utilizaron el reconocimiento de rutas (b. tramo de ruta) desarrollaban una idea ordenada del espacio de una perspectiva panorámica guiados a través de los puntos de referencia, lo cual facilitaba la toma de decisiones espaciales punto de decisión. Quienes no utilizaban ninguna de las tres estrategias en cuestión, tendían a desarrollar formas de conocimiento del entorno como un todo fragmentado (Almeida, Martins y Lima, 2015).

Por su parte Bodily y otros (2012) realizaron un estudio experimental donde buscaban indagar qué tanta presencia o ausencia existe de navegación a partir de referentes y navegación basada en estimación en personas videntes. Los autores llevaron a cabo un experimento de tres fases utilizando como ambiente una interfaz de navegación virtual. En la primera fase los participantes se familiarizaron con el ambiente virtual, navegando a través de él en búsqueda de “esferas” de colores. Durante la segunda fase los participantes debían resolver una tarea de “triangle-completion”, la cual consistía en completar un trayecto de navegación en forma de triángulo siguiendo el principio de búsqueda de la primera fase, para finalmente devolverse al punto inicial; en cada una varían las claves y sus posiciones. Finalmente, en una tercera fase, se les pedía a los participantes desplazarse a lo largo del trayecto, introduciendo valor de precisión según el grado de cercanía al que llegaban con los puntos blancos, variando las condiciones entre cada intento y segmento.

En relación a las variables propiamente trabajadas, los autores controlaban las claves presentadas (ausencia o presencia), cambios en las claves presentadas a lo largo de un segmento del trayecto: variación tanto en contenido, posición como rotación. Frente a los resultados, los autores se centraron en estimar la media de error para cada una de las condiciones, reportando la influencia de ambas condiciones (ausencia o presencia de claves), en las cual tanto el proceso de beaconing como de dead reckoning se expresaba en humanos, por ejemplo, en las situaciones donde había ausencia de claves, los participantes eran capaces de encontrar y dirigirse al punto de inicio, o incluso retornar a los anteriores puntos; en relación a esto, sugieren cómo los humanos median la discrepancia entre de claves espaciales para determinar la dirección, mezclando estrategias y formas de aprendizaje.

Finalmente retomando a Schinazi, Thrash y Chebat (2016), los autores proponen que en la investigación de las habilidades de personas con discapacidad visual se debe de indagar la relación entre las estrategias de navegación y el desempeño de navegación. Ellos argumentan que para investigar la población de con discapacidad visual se debe poner en consideración sus necesidades y características como grupo, especialmente en la manera como comúnmente se emparejan las estrategias entre videntes e con discapacidad visual , tomando a las personas con visión como punto de referencia para comparar sus desempeños. Dos argumentos constituyen esta afirmación, por un lado son las pocas investigaciones llevadas a cabo con personas con discapacidad visual (Holscher y otros, 2006; Shinazi, 2008; Rieser y otros, 1993 citados por Schinazi, 2016), y por otro lado, la evidencia demuestra que los desempeños en tareas espaciales están fuertemente asociados a la estrategia elegida, independientemente de si son videntes o con discapacidad visual (Schinazi, Thrash y Chebat, 2016).

Tabla 1
Cuadro resumen principales estudios

Autor	Población	Tipo de ambiente	Modalidad sensorial implicada	Forma de aprendizaje espacial	Procedimiento	Variables
Chen y otros (2015)	-Videntes -12 Participantes - Normalidad visión	-Realidad virtual inmersiva. -Escala mediana.	-Visual	-Dead reckoning - Locomoción	-No reportan consignas. -En cada intento los participantes aparecían en un ambiente cerrado en dirección de 0°. Luego, aparecía un anuncio en rojo, al cual tenían que llegar, y cada vez que llegaban a uno, aparecía otro de diferente color. Al	-Expansión y compresión del ambiente en cuadrados y rectángulos : 1. 5 x 5 a 7 x 7 m, 2. 7 x 7 a 5 x 7 y 3. 5 x 7 a 7 x 7. - Puntos de referencia parcialmente visibles rodeando las paredes del recinto para proporcionar indicaciones de orientación: Cactus, iglesia, torre de agua y árbol.

llegar al punto final, los participante tenían que devolverse al primer punto, es decir el rojo.						
Chiesa, Schmidta, Tintia, Cornoldi z(2017)	y 38 participant es, 19 con discapacida d visual de nacimiento y 19 videntes vendados	Mapa tridimension al de un pueblo -Escala pequeña.	-Tacto	Beaconin g y rutas - Wayfindi ng	En un primer momento se les presentaba el mapa y se les invitaba a explorar a través de él. Posterior a esto se les aplicaba dos tareas, en la primera tareas (alocentrica), ellos tenían que imaginarse desplazándose de un landmark a otro. En la segunda, los participantes fueron invitados a señalar los puntos de referencia desde su propia posición con el mapa que tenían delante, y luego se les pidió que hicieran lo mismo de forma contra alineada. Finalmente, se invitó a los participantes a especificar la estrategia que habían utilizado para memorizar el itinerario y la localización de los puntos de referencia y realizar las tareas.	-Posición de los landmarks -Construcción de representaciones egocéntricas del pueblo -Construcción de representaciones allo céntricas del pueblo.
Cobo y otros (2015)	con discapacida d visual y videntes	Espacio virtual inmersivo con obstáculos. -Escala mediana.	Retroali mentació n multimod al:estímul os táctiles y auditiv os	- Beaconin g - Locomoc ión	Los participantes tenían que navegar a través de un entorno virtual con objetos. El entorno estaba configurado para brindar información cada vez que las personas (avatars) pasaban cerca de obstáculos mientras caminaban a lo largo del ambiente.	-Exploración bajo dos condiciones: de proximidad o a distancia -Situaciones de exploración diferentes: Egocéntricas, alocentricas y de orientación. -Representación virtual y física del entorno explorado.

Schmidt y otros (2013)	25 Con discapacidad visual	-Relato verbal. -Escala grande.	- Audición -Tacto	-Rutas y surveys - Wayfinding	Se describieron verbalmente entornos variando la estructura en que estos eran presentados, ya fuera a través de rutas: o surveys.	-Reconstruir el terreno descrito en un panel de madera con una rejilla dibujada sobre él -Cuestionario de falso o verdadero sobre las descripciones presentadas. -Estrategia utilizada
Almeida, Martins y Lima (2015)	12 con discapacidad visual con características iguales y 12 videntes vendados.	-Mapa táctil 3D -Escala grande.	Tacto	-Rutas y surveys - Wayfinding	Consigna: Como meta se les planteó el entendimiento de la información presentada en alto relieve. -Experimento de dos etapas; en la primera etapa de aprendizaje, los participantes se familiarizaron con el mapa, adicionalmente se presentaba en Braille el significado de los objetos de la ruta. ; la segunda etapa consistió en la realización del curso de ruta planeado.	-Estrategias: Representación y aprendizaje espacial -Estrategias de lectura del mapa: identificación de landmarks, reconocimiento de rutas o conocimiento del área en cuestión
Bodily y otros (2012)	20 hombres videntes	-Interfaz de navegación virtual -Escala mediana.	-Visual - Kinestesia	- Beaconing y dead reckonin - Locomotion	Navegación a través de un entorno visual. Paradigma de “triangle-completion”, en la cual los participantes debían llegar a unos puntos rojos para finalmente devolverse al punto de inicio. Para desplazarse de un punto a otro se les indicaba en un primer momento con “puntos rojos” el lugar al cual ir, posterior a esto en un segundo momento no.	-Landmarks: ausencia, presencia o cambios. -Integración de patrones (PI)
Newcombe, Huttenlocher, Drummey y Wiley (1998)	Niños de 2 años	-Espacio físico cerrado. -Escala pequeña.	-Visión	-Dead reckonin y beaconin g	Los niños buscaban un objeto luego de que fueran movidos al otro lado del espacio.	Dos grupos de niños: Uno con acceso a claves externas visuales, el otro con las claves externas visuales ocultas.

					- Locomoción			
Xiao, Mou y McNamara(2009)	Videntes (estudiantes universitarios)	Espacio físico: Diseño regular de Mou (2006) -Escala pequeña	-Visión	-Beaconing	Los participantes aprendían la localización de objetos mientras se paraban en la periferia de un objeto irregular, luego eran vendados y se les pedía que localizarán un objeto (punto) determinado.	-La variable dependiente fue la locomoción. -Las variables independientes fueron: Condición de base, donde se mantenían en la posición inicial, condición de actualización, en la cual los participantes se giraban hacia un nuevo punto y condición de desorientación, en la cual los participantes giraban hasta que fueran desorientados.		

Nota: Síntesis de la forma que comúnmente se ha trabajado la habilidad de navegación. Cada columna resume las aproximaciones experimentales al objeto de estudio, es decir, la manera en que se operacionalizan, controlan las variables, por ejemplo, el tipo de ambiente, la modalidad sensorial y forma de aprendizaje que se estaba trabajando. La decisión de tomar estos conceptos como puntos de partida surgen de la revisión bibliográfica realizada.

La Tabla 2 presenta una síntesis de los tipos de demandas cognitivas y unidades de análisis en estudios de navegación humana. A su vez, caracteriza la configuración del tipo de espacio utilizado en los paradigmas experimentales en navegación humana.

Tabla 2
Variables trabajadas en navegación según el tipo de ambiente.

Tipo de espacio		Modalidad sensorial implicada	Forma de aprendizaje espacial	Modalidad de navegación
Espacios físicos	-Abiertos	-Visión -Audición -Tacto -Kinestesia -Vestibular	-Dead reckoning -Beaconing -Rutas -Surveys	-Locomoción -Wayfinding
	-Cerrados -Exploración próxima -Exploración distancia			
Espacios virtuales	-Inmersivos	-Visión -Audición	-Dead reckoning -Beaconing -Rutas -Surveys	-Locomoción -Wayfinding
	-Interfaces -Exploración próxima -Exploración a distancia			

Mapas	-En 3D. -EN 2D -Con interferencia simbólica.	-Visión -Tacto -Kinestesia	-Beaconing -Rutas -Surveys	-Locomoción -Wayfinding
Descripciones semánticas	-Presentación verbal -Presentación escrita	-Visión -Audición	-Beaconing -Rutas -Surveys	-Wayfinding

Nota: Esquema analítico de las variables y conceptos trabajados en cada paradigma de investigación tomando como punto de referencia el tipo de ambiente espacial en la tarea.

3.4. Conclusiones de la revisión bibliográfica

En este apartado se ha presentado el panorama de investigación en navegación espacial, principalmente en personas con discapacidad visual. En relación a ello se ha llegado a las siguientes conclusiones: (1) Existen pocos estudios que se enfoquen en el dead reckoning como forma de aprendizaje espacial en personas con discapacidad visual, (2) los problemas de investigación se han centrado principalmente en definir la naturaleza de las representaciones alocéntricas y egocéntricas, bien sea si estas se organizan de manera serial, en rutas, o por el contrario de manera general, en surveys. (3) La manera en que comúnmente se operacionaliza la navegación espacial es en función del error de desempeño, centrándose en los aciertos y los errores de los participantes según el tipo de aprendizaje espacial, de claves sensoriales y de puntos de referencia en el espacio del experimento, siendo así pocos investigadores se han enfocado en indagar por el rol de los sentidos más allá de una perspectiva de carencia, (4) y aún menos en la integración de otras formas de percepción como la experiencia corporal y táctil en el proceso de navegación, sin aludir a ellas exclusivamente en su dimensión perceptiva; (5) de igual forma los propósitos de investigación se han centrado en tomar la ausencia de experiencia visual como premisa conceptual, hecho que se ve reflejado en los modelos de navegación que parten de la visión como la principal entrada de información sensorial, (Kerr, 1983),

(Brambring, 1976) (Cleaves y Royal, 1976) Dodds (1983), (Coluccia, Mammarella y Cornoldi, 2009); (Blanco y Travieso, 2003); (Pasqualotto, 2003); (Newell, 2007) citados por Schinazi y otros (2016). (6) Además, en relación a las estrategias de representación, búsqueda y exploración del espacio, se ha indagado por la incidencia de procesos cognitivos asociados como la memoria, el uso de símbolos (convenciones, lectura Braille), en el proceso de navegación. (7) Finalmente, una última conclusión es el grado de estructuración de los experimentos, cuyas tareas al menos en las investigaciones trabajadas, centran su estudio en una sola manera de resolución ideal, a veces tomando como parámetro el desempeño de personas videntes, y no permite la comprensión de patrones emergentes o las posibilidades de otros sentidos en la habilidad de navegar.

4. MARCO TEÓRICO

El presente trabajo se centra en el dominio de la cognición espacial, tomando como objeto de estudio la navegación humana en la conducta de wayfinding. Para esto encuentra sus bases epistemológicas en las ciencias cognitivas, especialmente en el diseño experimental (Campbell y Stanley, 1995; Corbetta, 2003) y el análisis cognitivo de tareas (Otálora, 2018).

A continuación, se desarrollarán los modelos de cognición espacial que fundamentan conceptualmente el diseño experimental y nutrirán la interpretación de los resultados, con especial énfasis en las formas de representación espacial y el contenido del medio circundante, que guían la conducta de navegación por representaciones.

4.1. Modelos de navegación y representación espacial

La navegación espacial ocurre a través de la formación de representaciones espaciales y por tanto del aprendizaje espacial. Estas representaciones son siempre de tipo aloécnicas o egocéntricas, y son construidas utilizando el contenido no geométrico del espacio y sus propiedades geométricas (Xu, Y., Regier, T., & Newcombe, N. S. 2017; Hermer, L., & Spelke, E., 1996). Este contenido, que es percibido por los órganos sensoriales a razón de tacto, visión, audición y otros no tan conocidos, se codifica por medio del sistema nervioso central, donde las células de posición, de dirección, de lugar y de red son la última etapa del proceso en la formación hipocámpal del cerebro (Moser, Moser y McNaughton 2017).

Bajo esta premisa, un modelo de cognición espacial para explicar la navegación utiliza la información del espacio para construir representaciones en ambos marcos de referencia, así el modelo de navegación por representaciones métricas aparece cuando un organismo navega a través de referentes, rutas y mapas utilizando representaciones aloécnicas; por el contrario, el

modelo de integración de patrones explica la navegación por estimación, utilizando representaciones egocéntricas.

4.1.1. El modelo de representación métrica del espacio

El modelo de representación métrica propone la codificación de puntos de *referencia relacionados geoméricamente* entre sí como el mecanismo para *guiar el desplazamiento* de un individuo por el entorno (Garber y Dolins, 2010).

La información espacial codificada métricamente bajo este modelo responde a las propiedades euclidianas que definen el espacio: Ángulo, distancia y posición (O'Keefe y Nadel, 1978; Tolman, 1932 citados por Garber y Dolins, 2010).

En los caso de presencia de objetos, el modelo de representación métrica sostiene que las personas utilizan las relaciones de *distancia y dirección* para estimar la *posición* de los objetos en una representación alocéntrica, así estos son codificados en un sistema de coordenadas que los organismos usan para desplazarse por el espacio, permitiéndoles estimar direcciones, seguir trayectorias, entre otros, lo que en palabras de Garber y Dolins (2010) es entendido como “generar conductas espaciales flexibles y altamente precisas, viajes novedosos en rutas cuando se mueven entre distintas metas (Gallistel, 1990; Muller y otros, 1996; Nadel, 1990; O'Keefe y Nadel, 1978; Tolman, 1932) citados por Garber y Dolins, 2010).

4.1.2. El modelo de integración de patrones.

En los casos de ausencia de objetos y por tanto de estímulos sensoriales externos, el modelo de integración de patrones (PI) propone el monitoreo de la distancia y dirección de los desplazamientos propios como el mecanismo por el cual un organismo dirige su desplazamiento. Utilizando la información kinestésica, vestibular y las acciones motoras, el sistema aprende

patrones de desplazamiento en términos de coordenadas, que implica información métrica y posicional de su propia trayectoria sobre el tiempo (Collett y Graham, 2010).

El mecanismo de monitoreo surge en la actualización de información previa y actual, en un acumulador que mantiene y estima información (Collett y Graham, 2010). Este mecanismo acumulador codifica información posicional mencionada del propio organismo en **representaciones egocéntricas** en el paso a paso para una meta específica, lo cual implica el uso de memoria de trabajo en el desempeño del proceso.

4.2. Cognición corpórea: La acción como contenido espacial.

Tomando una perspectiva ontológica la concepción de teorías en cognición espacial clasifican el contenido del espacio en *contenido geométrico* y *contenido no geométrico*, como se detalló anteriormente, este contenido es transducido en representaciones espaciales que guían el proceso. En un marco epistemológico de cognición corporeizada, se propone el *uso de acciones y gestos* en el espacio de la situación como otra posibilidad del contenido a ser representado espacialmente.

El modelo de cognición extendida (Clark y Chalmers, 1998), teoría con raíces ontológicas y epistemológicas en la cognición corpórea, debate los límites de lo entendible por sistema cognitivo, rechazando el supuesto de una visión dualista e in-continua entre mente-ambiente, mente-cuerpo, y proponiendo la cognición como fundada en la relación entre un sistema y su entorno (Fong y otros, 2003 citado por Dawson, 2014).

En otras palabras, el sistema cognitivo ha de ser entendido según los elementos que lo determinan, siendo el caso de las acciones y gestos expresiones directas sobre el medio que lo transforman y que por tanto, son otra forma de contenido a ser representados espacialmente dentro del sistema. Para Arnau y otros (2014) el sistema cognitivo es un sistema

externalizado donde el grado de “acoplamiento” de sus partes determina la funcionalidad del mismo “Todos los componentes en el sistema juegan un papel causal activo, y ellos juntos gobiernan la conducta en la misma vía que la cognición usualmente lo hace” (Clark y Chalmers, 1998).

Al entender la acción motora como una *propiedad funcional* del sistema, que se acopla en el mismo y que se encarga de integrar los elementos del mundo material con los componentes del cerebro, el cuerpo se convierte en un componente autónomo adaptativo (Di Paolo y Thompson, 2014). En conclusión, las acciones y gestos son otra forma de contenido para elaborar representaciones espaciales y guiar la conducta por representaciones (wayfinding).

4.3. Aprendizaje espacial, representaciones espaciales y wayfinding

La conducta de navegación, cuestión de interés de este trabajo de grado puede ser estudiada a través de la habilidad de la personas para retornar al punto de origen, lo cual es comúnmente conocido por wayfinding. Golledge y otros (2000) describen esta habilidad como “el proceso de búsqueda de caminos requiere la capacidad de conocer los orígenes y buscar un destino que nunca antes se haya visitado y sobre el que se sepa poco”. Al respecto, la conducta de búsqueda y retorno requiere realizar los procesos de representación anteriormente descritos en cada modelo, bien sea por contenido sensorial, por información geométrica o por acciones. Estas representaciones y sus propiedades pueden ser observadas en la capacidad del individuo para:

“determinar los *ángulos de giro* en la secuencia apropiada, para *recordar longitudes* y números de segmentos, para especificar la *dirección* del movimiento a lo largo de un segmento o entre los ángulos de giro, para diferenciar entre las indicaciones en ruta y fuera de ruta que dominan el conocimiento de la *posición actual*, para mantener la orientación, para *estimar la ubicación* en base a la información sobre puntos de referencia

distantes, y para incrustar un curso dentro de un marco de referencia particular” Golledge y otros (2000).

5. METODOLOGÍA

5.1. Tipo de estudio

El presente trabajo es un estudio cuantitativo, de diseño cuasi-experimental y transversal, de alcance exploratorio, tomando como método de recolección de datos una adaptación de la tarea de completación de triángulos.

5.2. Población

El grupo poblacional estuvo conformado por personas videntes y con discapacidad visual tipo ceguera del Valle del Cauca, Colombia. La prevalencia de personas con discapacidad visual en el mundo se estima a 13 millones de personas, siendo el 8% de estas tipo ceguera (agudeza visual inferior a 3/60), con una prevalencia entre 36 y 37 millones de personas en el mundo (Ceguera y discapacidad visual, 2018; Bourne, Flaxman y otros, 2017). Frente al total de la población con ceguera mundial, se estima que un 80% de esta son mayores de 50 años de edad, mayoritariamente hombres (Leasher, 2014 citado por Ministerio de Salud de Colombia, 2016). En el caso de Colombia, se estima que para el Valle del Cauca la prevalencia de ceguera es de 0,09 para una población de 4.6 millones de personas que habitan en la región (Ministerio de Salud de Colombia, 2016).

5.2.1. Muestra.

La muestra estuvo conformado por: Grupo experimental y grupo control. Se tuvo acceso a la población de con discapacidad visual a través de la Unidad de Rehabilitación del Hospital Universitario del Valle (HUV), institución que sometió a evaluación el proyecto junto al comité de Ética de la Universidad del Valle y tras haber recibido ambas aprobaciones se dio inicio al

proceso de recolección. El experimentador leyó el consentimiento a cada participante antes de iniciar el experimento.

El grupo experimental contó con la participación de 14 personas en condición de discapacidad visual tipo ceguera de la unidad de rehabilitación del Hospital Universitario del Valle y el grupo control de 14 personas videntes con condiciones visuales estándar de la ciudad de Cali, los cuales fueron pareados tomando como referencia el grupo experimental.

5.2.2. Características sociodemográficas de la muestra

Se llevó un registro de los participantes para garantizar la homogeneidad de los grupos según su: 1. Grado de escolaridad y años de escolaridad, 2. tipo de condición visual y causas, 3. género, 4. Edad y 5. Años desde pérdida de la visión. Esto se realizó a través de un reporte oficial dado por la institución HUV y de un cuestionario sociodemográfico aplicado a cada participante. Todos los participantes provenían de nivel socioeconómico medio-bajo y de variados grupos étnicos. A continuación la Tabla 3 presenta los descriptivos de los participantes que participaron de este estudio.

Tabla 3

Distribución de la muestra según sus características

Grupo experimental: Discapacidad visual				Grupo control: No discapacidad visual		
Años	Sexo	Años estudio	Años pérdida visión	Años	Sexo	Años estudio
22	Hombre	6	6	53	Hombre	18
24	Hombre	12	10	25	Hombre	15
26	Hombre	11	6	23	Hombre	16
33	Mujer	13	18	26	Mujer	12
33	Mujer	18	1	52	Mujer	18
39	Hombre	17	3	54	Hombre	20
43	Hombre	11	2	34	Mujer	20
49	Hombre	11	10	23	Hombre	11
50	Mujer	20	6	41	Hombre	16

51	Hombre	11	3	24	Mujer	13
52	Hombre	8	7	26	Hombre	11
58	Hombre	11	5	55	Hombre	15
58	Mujer	19	3	54	Hombre	19
59	Hombre	9	10	58	Hombre	11

5.2.3. Criterios de inclusión y exclusión.

Como *criterio de inclusión* todos los participantes tenían que ser de la ciudad de Cali, se trabajó con un rango de edad de sujetos entre los 20 y 60 años de edad. En el caso del grupo experimental, debían ser diagnosticados con ceguera visual (Ceguera y discapacidad visual, 2018); para el caso del grupo control, cada uno debía cumplir con unas características sociodemográficas similares en materia de Edad y Años de escolaridad con el grupo experimental, buscando homogeneidad entre ambos grupos.

Como criterios de exclusión, se tomó el grado de percepción visual de los participantes, excluyendo de la muestra los participantes que fueron reportados por la institución con condición de discapacidad visual moderada y grave. También se tomó como criterio de exclusión trastornos neuropsicológicos o cualquier otra forma de problema cognitivo o de movilidad, especialmente aquellos participantes que fueron reportados por la unidad de rehabilitación con afectaciones en memoria de trabajo, percepción y atención.

Dada las condiciones de la población de personas con discapacidad visual al que se dirigió el estudio, se tomó como criterio de exclusión el momento de aparición de la discapacidad visual, así se excluyó de la muestra personas con ceguera congénita, dada la dificultad para encontrar este tipo de personas, su prevalencia y condiciones de estudio (Ministerio de Salud, 2016).

El tamaño de una muestra ideal para la población de ciegos en el mundo es de 267 personas, no obstante se trabajó con un muestra de 14 sujetos con discapacidad visual tomando como referencia: 1. La literatura de trabajo con personas en condición de ceguera, en los cuales se trabajan con muestra entre 10 y 15 personas por las condiciones poco accesibles en materia de movilidad, autonomía e interés; 2. las características de la población, que para el Valle del Cauca se estima en 470 mil personas y se contó con una base de 300 personas en condición de discapacidad visual, de las cuales la gran mayoría eran personas con discapacidad moderada o Grave, pocos de tipo ceguera.

Tabla 4

Distribución la media y desviación estándar según sus características sociodemográficas

	Discapacidad visual		No discapacidad visual	
	M	SD	M	SD
Edad	42	13,1	39	14,4
Años escolaridad	12	4,2	15	3,3

Nota: Con el objetivo de homogeneizar el grupo control con respecto al grupo experimental, se corrieron pruebas t student para muestras independientes para corroborar que no hubo diferencias significativas entre ambos grupos (Edad: $t= 1,006$, $p= .3$; Años escolaridad: $t=-1,911$, $p= .067$)

5.2.4. Selección de los sujetos a los grupos

La selección de los sujetos a los grupos para el grupo experimental fue a través de las bases de datos de la sala de rehabilitación visual del HUV que contaba con un aproximado de 300 pacientes de los últimos 5 años (2014-2019). Se seleccionó y llamó a los participantes utilizando un muestreo aleatorio simple, cuando las personas, o no cumplían con los criterios, o no estaban interesados, se proseguía a seleccionar otra persona hasta conformar la muestra estimada.

Para el grupo control se utilizó como criterio de selección la elección de participantes por conveniencia, buscando sujetos que cumplieran con las características sociodemográficas de edad y años de escolaridad del grupo experimental.

5.3. Formas de recolección de la información

El método del estudio constó de dos fases: 1. Diseño y análisis de tareas y 2. Diseño experimental. La tabla 5 sintetiza la relación entre: Objetivos de investigación, fases del estudio y tareas cognitivas.

Tabla 5
Objetivos de investigación y fases del trabajo de investigación

Objetivos de investigación	Fases
<i>Diseñar tareas de navegación espacial que permitan observar la integración de la experiencia corporal y háptica en el proceso de navegación espacial bajo diferentes circunstancias.</i>	Fase 1: Análisis cognitivo de tareas (ACT)
- Explorar el papel de la modalidad kinestésica, táctil y de acciones en la navegación basada en estimación de personas videntes e con discapacidad visual. - Explorar el papel de la organización del espacio en la formación de representaciones espaciales de puntos de referencia y claves sensoriales a través del contacto con objetos.	Fase 2: Tarea de completación de triángulos (adaptación de Arleo y Rondi-reig, 2010; Golledge y otros, 1993; Bodily y otros, 2012).

En la *fase 1* análisis de tareas. Para esto se llevaron a cabo análisis cognitivos de tareas (ACT) basándose en la revisión de Golledge y otros (2000), sobre los paradigmas de estudio de la navegación espacial en humanos. Se estudió la navegación dirigida por representaciones (wayfinding), en la cual un organismo requiere la habilidad de conocer su punto de origen y buscar un destino el cual se conoce pero que podría ser hallado.

La situación responde a una adaptación del paradigma de completación de triángulos empleado en el estudio de la navegación basada en estimación por diversos autores (Bodily y otros, 2012; Golledge y otros, 2000; Golledge y otros, 1993; Foo y otros, 2005, 2007). La tarea consiste en guiar al participante por un trayecto de dos segmentos, para que este finalmente llegue al punto de inicio de manera autónoma. Cada uno de los trayectos es dado por la intersección de tres lados formando un tipo de triángulo. La Figura 1 presenta los triángulos que siguieron los sujetos en su recorrido, el tamaño de los ángulos de cada triángulos y los lugares donde se posicionaron los objetos según el intento.

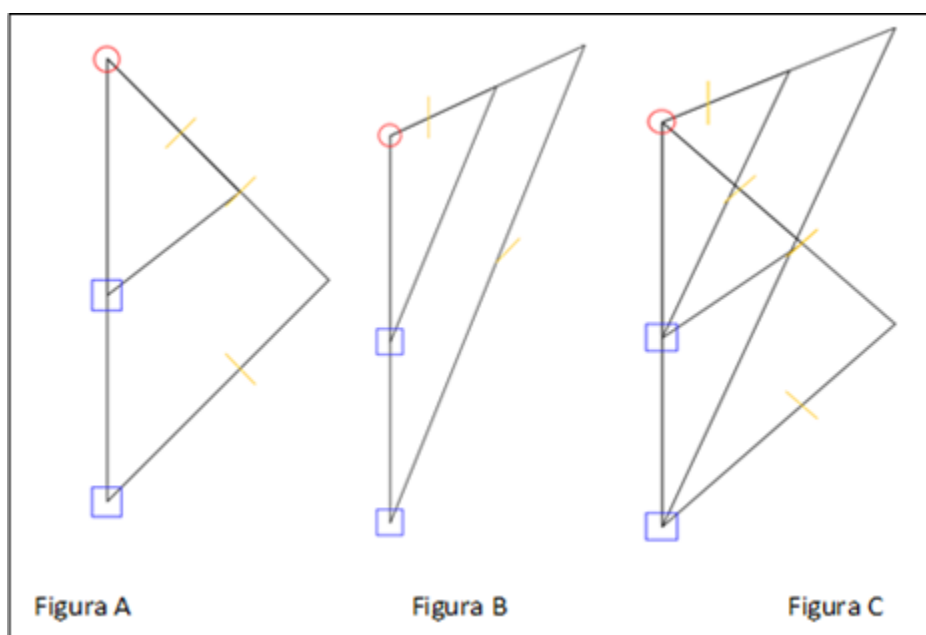


Figura 1 Triángulos y recorridos del paradigma de completación de triángulos

Nota: Tipos de recorrido realizados por las personas. La figura A representa los triángulos agudos (A), la figura B los triángulos obtusos (B), mientras que la figura C representa la organización del lugar para todos los tipos de recorrido. Las líneas amarillas representan los lugares en los cuales se posicionaron los objetos, los círculos rojos indican el punto de origen desde el cual comenzaba cada intento, mientras que los cuadrados azules indican el punto de retorno, lugar desde el cual cada participante tenía que llegar al punto de origen.

La Tabla 6 presenta la demanda cognitiva y objetivo del experimento en función de: *habilidad* de navegación estudiada y la naturaleza del proceso empleado de aprendizaje espacial (Golledge y otros, 2000).

Tabla 6

Operacionalización del experimento.

Tarea de investigación usada	Adaptación del paradigma experimental de completación de triángulos
Tipo de aprendizaje espacial	-Navegación basada en estimación. -Navegación basada en referentes.
Tipo de modalidad sensorial.	-Información vestibular y kinestésica -Información táctil -Acciones
Unidad de análisis	Retorno al punto de origen para: • Longitudes. • Ángulos. • Posiciones.
Naturaleza del proceso	Requiere la actualización espacial para estimar la distancia y dirección requerida para devolverse directamente al punto de origen.
Contenido y naturaleza de la representación	- Representación de patrones de desplazamiento de forma egocéntrica -Representación métrica de landmarks tanto egocéntrica como alocéntrica.

5.4. Diseño experimental

El experimento tiene como objetivo medir el desempeño de personas videntes y con discapacidad visual, para retornar a un punto de origen al representar el espacio en sus variables euclidianas tomando como información sensorial la recibida a través del tacto, vestíbulo y kinestésica.

La estructura del experimento toma como variables independientes el tipo de organización del espacio según forma (OF), el tipo de organización del espacio según tamaño (OT) y la modalidad sensorial (M) implicada en el intento (Ver Tabla 7). El tipo de organización del espacio según forma (OF) como variable toma como conceptos la *forma* del triángulo en: Triángulos agudos y triángulos obtusos. El tipo de organización del espacio según tamaño (OT) como variable toma como conceptos los recorridos finales con una longitud de 2 metros y 4 metros respectivamente. La modalidad sensorial (M) relaciona el tipo de información sensorial que el participante tuvo durante el intento y la forma de navegación que esto supone, siendo: La información interna (vestibular y kinestésica) una navegación por estimación y la información externa (Táctil-contacto, kinestésica/háptica- Acción) una navegación basada en referentes.

Tabla 7

Valor de cada variable independiente.

Variables independientes	Valores de la variable			
Organización según forma	A: Triángulo agudo organización del espacio con todos sus ángulos menores de 45°,		B: Triángulo obtuso tipo 1. Organización del espacio con uno de sus ángulos mayor a 90°	
Organización según tamaño	1: Lado de retorno con una longitud de 2 m y objeto.		2: Lado de retorno con una longitud de 4 m y objetos.	
Modalidad sensorial	a: Ausencia de objeto, los participantes resuelven la situación utilizando información sensorial interna en un espacio vacío	t: Ausencia de objetos/Acción sin objeto, condición experimental de control: Los participantes resuelven la situación utilizando información sensorial interna en un espacio vacío realizando acciones sin objetos.	c: Presencia de objetos/Contacto, los participantes resuelven la situación utilizando información sensorial interna y externa (tacto) en un espacio con objetos, entrando sólo en contacto con ellos.	p: Presencia de objetos/Acción, los participantes resuelven la situación utilizando información sensorial interna y externa (háptica) en un espacio con objetos, realizando acciones con ellos.

La relación entre las variables OF, OF y M para cada intento da lugar a las condiciones experimentales de la tarea. Cada una de estas condiciones son expresadas en los intentos del participante, por ejemplo, cada participante tuvo que resolver la condición *A1a*, al igual que la condición *B2t*. La Tabla 8 presenta todos los intentos llevados a cabo por los participantes.

Tabla 8

Tipos de intentos de los participantes.

Formato de aplicación	Ausencia de objetos	Ausencia de objetos/acción	Presencia de objetos/contactos	Presencia de objetos/acción
A1	A1a	A1t	A1c	A1p
A2	A2a	A2t	A2c	A2p
B1	B1a	B1t	B1c	B1p
B2	B2a	B2t	B2c	B2p

5.4.1. Hipótesis:

1. Formas de navegación y modalidad sensorial implicada (M)

En lo relativo a las formas de navegación según la modalidad sensorial, como se planteó en el objetivo específico 1, se proponen las siguientes hipótesis experimentales:

- Hipótesis alternativa 1: El desempeño de ambos grupos de participantes en los intentos de navegación basada en referentes (Contacto con objetos y acción con objetos), será superior en comparación al desempeño de navegación por estimación (Ausencia de objeto)

La literatura plantea una relación ordenada al contrastar el desempeño de personas videntes entre la navegación basada en estimación y la navegación basada en referentes. Siempre se ha evidenciado que las personas, bien sean videntes o invidentes tienen mejores desempeños en navegación por referentes que en estimación cuando se presentan estímulos auditivos, o sea el caso, estímulos visuales. Este tipo de investigaciones son llevadas a cabo tomando modalidad sensoriales de naturaleza constante en la información que se capta como punto de comparación, por tanto, la primera hipótesis busca poner a prueba si esta relación ordenada se mantienen en ambos grupos de personas cuando la navegación por referentes se da a través de contacto con objetos y acciones corporales, modalidades sensoriales que necesariamente implican un contacto directo con los estímulos del medio.

La hipótesis 2 tiene un carácter exploratorio, surge como conjetura qué tipo de acoplamiento tienen las representaciones de acciones en el proceso de aprendizaje espacial, y si estas implican una naturaleza distinta a las representaciones elaboradas sirvan como puntos de referencia para las personas. Ahora bien, la hipótesis 2 se plantea para ser observada en ambos grupos, principalmente para ver si la relación se acepta independientemente de la condición visual, o sí por el contrario estas dos formas de modalidades sensoriales dependen de ello. Siendo así, se postula que:

- Hipótesis alternativa 2: En el desempeño de los participantes con discapacidad visual en los intentos de navegación basada en referentes, las condiciones de acción con objetos tendrán un desempeño superior que las condiciones de contacto con objetos.

La evidencia y aporta de los planteamientos del paradigma de la cognición extendida sostienen que existen relaciones de paridad y acoplamiento entre cada uno de los elementos que interactúan dentro de un sistema al cual se les es llamado cognitivo. Bajo estos supuestos, cada

elemento se ve “acoplado” en la totalidad del sistema extendido cumpliendo una relación, una funcionalidad y consecuencias con el propio agente. Para el caso de las acciones realizadas por el propio cuerpo, estas no solo cumplen un rol dentro de un dominio motor de la conducta de las persona, sino que a su vez son embebidas dentro del sistema en la formación de representaciones verbales, simbólicas, entre otras las espaciales. De igual forma, algunos autores han propuesto el gesto y la acción como mecanismo que apoyan el aprendizaje (Goldin-meadow y otros, 2018;), incluyendo el dominio motor “se ha demostrado que la experiencia motora da forma al aprendizaje en una variedad de dominios (por ejemplo, Glenberg y otros, 2007; Smith 2005; Sommerville y otros, 2005; Wiedenbauer y Jansen-Osmann 2008 citados por Novack y Goldin-Meadow 2015).

La Tabla 9 muestra la relación entre modalidad sensorial (M) y forma de navegación trabajada en el experimento, incluyendo el tipo de información sensorial que el participante recibió durante la tarea.

Tabla 9
Relación entre modalidad sensorial y forma de navegación.

Forma de navegación	Modalidad sensorial (M)	Tipo de Información
Navegación por estimación	Ausencia de objeto (a)	Vestibular y kinestésica
Navegación basada en referentes	Presencia de objetos/Contacto (c)	Vestibular, kinestésica y táctil.
	Presencia de objetos/Acción (p)	Vestibular, kinestésica y de acción.

2. Formas de navegación y organización del espacio (O)

Como tercera y cuarta hipótesis se plantea que la estructura del espacio, entendida en la manera en cómo está organizado en términos de vértices, distancias y ángulos, incidirá en el

proceso de navegación. Esta relación de correspondencia según el tipo de tamaño y de tipo de forma afectara por igual a los participantes independientemente de la condición visual, es decir, se espera que ambos grupos se vean afectados por el tipo de tamaño y tipo de forma que tenga el espacio, no obstante, también se espera que las personas con discapacidad visual sean mejores para discriminar este tipo de información y poder usarlo para navegar.

- Hipótesis alternativa 3: El desempeño de los participantes en los intentos para tipo de triángulos de dos metros (A1-B1) será superior que los intentos para tipo de triángulo 4 metros (A2-B2).

- Hipótesis 4: El desempeño de los participantes en los intentos para tipo de triángulos agudos (A1-A2) será superior que los intentos para tipo de triángulos obtuso (B1-B2).

La investigación en torno a la navegación espacial ha indagado sobre el rol de la organización del espacio en la formación de representaciones. Se sabe que el proceso de aprendizaje espacial ocurre a través de la codificación métrica de la información del espacio en propiedades geométricas tales como lo son los ángulos, las distancias y las direcciones entre puntos de referencia (O'Keefe y Nadel, 1978; Tolman, 1932) citados por (Garber y Dolins, 2010).

Algunos autores han propuesto dos sistemas diferentes (Ver Tabla 10) que tienen como objetivo capturar las relaciones geométricas de un objeto (Derdikman & Moser, 2010; Doeller, Barry, & Burgess, 2010; Doeller, King, & Burgess, 2008; Kourtzi & Kanwisher, 2001; Mishkin & Ungerleider, 1982) citados por Huang y Spelke (2014). El primer sistema codifica la información de la distancia y dirección, lo que permite guiar procesos de orientación,

navegación, entre otros. Por otro lado, el segundo sistema codifica información de longitud y ángulo, permitiéndoles a las personas el reconocimiento de las formas de los objetos.

Tabla 10

Relaciones trabajadas en ambos sistemas representacionales.

	Sistema de navegación	Sistema geométrico de reconocimiento de objetos
Tipo de sistema		
	Distancia y dirección: Posición	Longitud y ángulo: Forma

Ambos sistemas han sido estudiados desde una perspectiva del desarrollo cognitivo, donde el punto de discusión se ha centrado en delimitar claramente bajo qué condiciones emerge cada uno, es decir, bajo qué características de la situación las personas utilizan un sistema de posición o un sistema de forma. Las hipótesis 3 y 4 van en la misma dirección; en relación a la hipótesis 3, se espera que el tamaño del espacio tenga una relación directa con la representación de las personas, y por tanto en el desempeño; dado que las condiciones para los tamaños de 2 metros suponen una escala de espacio medio, mientras que los tamaños de 4 metros un a escala de espacio grande, estos últimos suponen más carga cognitivo para ser representados (Wolbers y Wiener, 2014; Pingel y Schinazi, 2014; Schinazi, 2008).

Para la hipótesis 4, la relación se espera en función de la forma del lugar. La forma del lugar toma las modalidades de triángulos agudos, equiláteros con todos sus ángulos de 45° , mientras que los triángulos obtusos tienen un lado con un ángulo mayor de 90° , que en este caso fueron de 115° . La hipótesis 4 tiene un carácter exploratorio, siendo así si esta llegará a ser aceptada, significa: (1) que las formas de representación durante la tarea permitieron codificar los ángulos y por tanto de la forma del recorrido y (2) que las organizaciones simétricas, con una

configuración de sus ángulos más similares, les permitirá a las personas estimar la dirección con más precisión.

5.4.2. Medidas.

Las variables dependientes del experimento se operacionalizaron bajo la *habilidad de retorno*, así la Tabla 11 esquematiza la relación entre variables y medidas tomadas durante el experimento.

Tabla 11
Mediciones durante el experimento

	Variables dependientes	Sentido euclidiano	Medidas/Unidades	Unidad de medida
E	Error de posición	Longitud.	Diferencia entre punto de origen (X) y punto de retorno del participante.	Centímetros
D	Error de estimación	Angulo.	Diferencia entre ángulo ideal desde el último trayecto y el punto de origen y la dirección estimada por los participantes.	Grados
T	Trayectoria	Posición.	Trayectoria recorrida en el último segmento de la ruta codificando las pisadas del participante cada dos pasos. La codificación se realizó en una representación a escala del espacio del trayecto, utilizando las coordenadas en el Eje X y en el Eje Y como punto de referencia.	Coordenadas en X y Y
R	Duración recorrido	Tiempo.	Tiempo total que le tomó al participante completar el último segmento de la ruta.	Segundos y milisegundos

Cada una de las variables trabajadas responde a dos supuestos: La forma en que se trabaja desde la literatura especializada y las tres variables esenciales explicadas en el modelo de representación métrica del espacio como lo es el modelo de integración de patrones.

Controles: Se controló la presencia de información sonora dentro del lugar; todos los participantes fueron vendados, después del primer intento se le indicaba al participante que todos los puntos de origen serían el mismo. Todos los participantes realizaron el experimento en un salón prestado por el centro de investigaciones en psicología, cognición y cultura.

Procedimiento: Los participantes realizaron 16 intentos en total. El orden de presentación de cada intento fue aleatorizado por participante. Para cada uno de los intentos se posicionó al participante en el punto de origen (X), con dirección al punto de retorno (Ver Figura 1), y se le indicó:

Usted se encuentra posicionado en el punto de origen. Lo guiaré a través de una ruta, para que finalmente usted vuelva al punto de origen.

Al llegar al punto C se le pidió al participante: *Señale hacia qué dirección cree usted que se encuentra el punto de origen.* Finalmente, se le pide que retorne al punto de origen.

Al finalizar cada intento por participante se le ubicó nuevamente en el punto, en dirección hacia el punto de retorno y se procedió al siguiente intento. A los participantes no se les dio retroalimentación de su desempeño.

Según la condición experimental se indicó a los participantes antes de comenzar cada intento:

1. Ausencia de objetos, consigna: *no habrá objetos;*
2. Ausencia de objetos/Acción, consigna: *no habrá objetos, pero usted tendrá que realizar una acción cuando yo se lo indique;*
3. presencia de objetos/contacto, consigna: *usted debe de entrar en contacto con los objetos, pero no podrá usarlos;*
4. presencia de objetos/acción, consigna: *usted debe de realizar una acción con cada uno de los objetos.*

5.5. Protocolo de aplicación

Para cada uno de los participantes se realizaron las siguientes acciones:

1. Se leyó el consentimiento informado y se indicó que sería enviado por correo.

2. Posteriormente, a cada participante se presentó el cuestionario sobre información sociodemográfica.

3. Cada participante desarrolló el experimento. Los intentos por participante fueron aleatorizados. Una vez el participante terminará el intento, se llevaba al punto de origen y se le orientaba hacia el punto de retorno respectivo del siguiente intento.

4. Se procedió a recolectar los datos de las medidas. Para la variable E se marcó los puntos de llegada de los participantes en el piso con trozos de cinta marcados por intento; para la variable D se pegó un pliego de cartulina de tal forma que no pudiera ser detectado en el piso y con ayuda de una regla cada vez que el participante señalaba se marcaba en el piso el intento; para la variable T se marcó la trayectoria de los participantes para cada intento siguiendo su recorrido y marcando en el piso cada dos pasos del pie derecho; para la variable R se contabilizó con un cronómetro el tiempo desde que inició el recorrido para el intento y hace explícito su llegada al punto de origen.

5.6. Modelo de análisis

El modelo de análisis se construyó a partir de la relación entre la variable sociodemográfica de condición visual, la forma de organización del espacio y las modalidades sensoriales del intento. El objetivo del análisis fue cruzar todas las posibles condiciones entre las variables mencionadas, para así poder responder las hipótesis planteadas. La Tabla 12 sintetiza el modelo de análisis mostrando los posibles cruces entre variables.

Tabla 12
Aproximaciones del análisis

Comparación de variables independientes	Hipótesis trabajadas	Objetivo:
Contenido sensorial: Modalidades sensoriales (M)	Hipótesis alternativa 1	Comparación de medias de las variables dependientes E, D y R según:
	Hipótesis alternativa 2	- Modalidad sensorial (M) - condición visual y Modalidad sensorial (M).
Contenido geométrico: Organización tamaño (OT)	Hipótesis alternativa 3	Comparación de medias de las variables dependientes E, D y R según:
		- Organización tamaño - Condición visual y organización tamaño.
Contenido geométrico: Organización forma (OF)	Hipótesis alternativa 4	Comparación de medias de las variables dependientes E, D y R según:
		- Organización forma - Condición visual y organización forma
Contenido geométrico: Organización tamaño (OT) y organización forma (OF)	Hipótesis alternativa 3 y 4	Comparación de medias de las variables dependientes E, D y R según:
		- Organización del espacio (O) - Condición visual y organización del espacio (O)

5.6.1. Procedimiento de análisis de datos

El proceso de análisis se dividió en dos partes: Corroborar el comportamiento de los datos y análisis inferenciales. Para la primera parte (1) se descartaron los valores atípicos de los sujetos en cada uno de los intentos tomando como criterio los desempeños que estuvieron 3 veces por

encima del último cuartil en un diagrama de caja, es decir, los valores atípicos extremos.

Posterior a esto, se realizaron las pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, tomando de esta última el valor de significancia $> .05$ como criterio de exclusión de las variables en las pruebas de significancia, por su sensibilidad a conjuntos de datos de una muestra menor a 30.

En la segunda parte (2) del análisis se corrieron ANOVAS para varios factores y con medidas repetidas en las medidas de Error de posición (E), error de estimación (D) y tiempo de recorrido(R). Todos los factores intra sujeto de organización tamaño (OT), organización forma (OF) y modalidad sensorial (M) se contrastaron con la variable inter sujeto de condición visual. A su vez, como pruebas post hoc se corrieron pruebas t student mediante simulación de muestreo.

5.7. Consideraciones éticas

Se hizo uso de consentimiento informado, tomando como referencia la ley 1090 de 2006 de la constitución de Colombia, la revisión del comité de ética del HUV y del comité de ética de la Universidad del Valle. En los casos de los participantes con discapacidad visual se les indicó que esté sería enviado a su correo; para las personas que lo solicitaron impreso, se les entregó una copia en braille.

Se les indicó a todos los participantes que su información personal sería reservada y tratada con códigos a los cuales solo el personal del proyecto tendría acceso. Que toda la información de vídeo y fotográfica recogida solo sería usada para eventos académicos y solo si ellos lo permitían.

Con respecto a los riesgos potenciales de la investigación, la participación en el proyecto no tuvo ninguna implicación clínica, de intervención o de otra índole. Los beneficios de

participar de la investigación, los cuales serían de 1) de carácter conceptual en la medida que se busca conocer cómo funciona la cognición espacial en personas con discapacidad visual, y 2) prácticos, en la medida en que el conocimiento derivado de este estudio se utilizará para posteriormente generar principios y modelos de diseño de ambientes de aprendizaje favorables para personas con discapacidad visual así como estrategias de intervención educativa y clínicas para entornos de la vida cotidiana, que incluye escuelas, museos y bibliotecas.

Se les indicó a los participantes como fue el proceso para llegar a ellos, es decir, llegar a sus números telefónicos explicando el tipo de actividad que se iba a realizar, como se había obtenido su información personal y quien supervisaba el proyecto.

6. RESULTADOS

6.1. Error de posición (E)

Para la variable dependiente error de posición se realizó un ANOVA factorial de medidas repetidas 2 (Condición visual: Discapacidad visual y No discapacidad visual) x 2 (Organización forma: Triángulo agudo y triángulo obtuso) x 2 (Organización tamaño: 2 metros y 4 metros) x 4 (Modalidad sensorial: ausencia de objetos, acción sin objetos, acción con objetos y contacto con objetos).

6.1.1. Organización forma

Se encontraron diferencias significativas en la variable organización forma ($F=5,608$, $p=.028$), así para todos los participantes los triángulos agudos resultaron más difíciles con respecto a los triángulos obtusos (Triángulos agudos, $M=84$, $SD=6,9$ y Triángulos obtusos, $M=76$, $SD=5,9$). La interacción entre los factores condición visual y organización forma no arrojó diferencias significativas ($F=3,491$, $p=.076$). A pesar de esto, se observaron mejores desempeños y mayor homogeneidad en la variable organización forma en los participantes del grupo discapacidad visual que en el grupo no discapacidad visual (Figura 2).

Se realizó una prueba t student mediante simulación de muestreo para comparar las medias de todas las personas para los valores de organización forma y se encontraron diferencias significativas ($t=2,990$, $p=.046$).

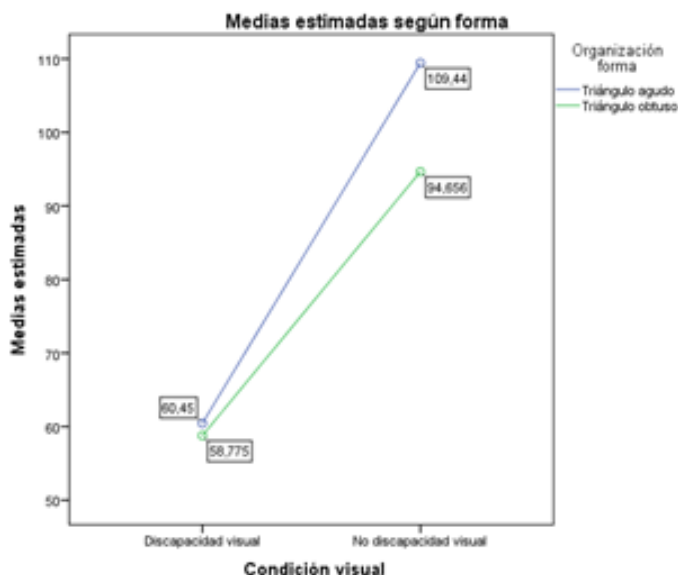


Figura 2. Error de posición según forma.

6.1.2. Organización tamaño

En la variable organización tamaño se encontraron diferencias significativas entre los recorridos de 2 metros y los recorridos de 4 metros ($F=27,419$, $p= .000$). Para todos los participantes, los triángulos con recorridos de 2 metros ($M=68$, $SD= 38,5$) resultaron más fáciles que los triángulos con recorridos de 4 metros ($M=116$, $SD=64,2$). Se colapsó la variable condición visual y se realizó una prueba t mediante simulación de muestreo para el total de participantes con el objetivo de observar si había diferencias significativas entre los triángulos de 2 metros y los triángulos de 4 metros. Se encontró una diferencia significativa entre ambos tipos de tamaño ($t= -5,81$, $p= .004$).

La interacción condición versus organización tamaño no evidenció diferencias significativas ($F=3,605$, $p= .071$). A pesar de esto, los estadísticos descriptivos muestran que el desempeño de los participantes con discapacidad visual tendió a ser mejor en ambos recorridos

(2 metros: $M=46$, $SD= 8,1$; 4 metros: $M=72$, $SD=14,1$), que el de los participantes del grupo no discapacidad visual (2 metros: $M=71$, $SD= 7,4$; 4 metros: $M=132$, $SD=12,9$).

6.1.3. Organización forma y organización tamaño

Los análisis muestran diferencias significativas en la interacción entre los factores organización forma y organización tamaño ($F=11,462$, $p= .003$). En esta interacción los triángulos agudos de 2 metros ($M=53$, $SD= 4,8$) resultaron más fáciles que los triángulos agudos de 4 metros ($M=116$, $SD=11,4$) y los triángulos obtusos de 2 metros ($M=64$, $SD= 6,9$) resultaron más fáciles que los triángulos obtusos de 4 metros ($M=88$, $SD=9,4$). En los efectos simples entre triángulos agudos de 2 metros ($M=53$, $SD= 4,8$) y los triángulos obtusos de 2 metros ($M=64$, $SD= 6,9$) no se observaron diferencias con respecto a la organización forma, mientras que los triángulos agudos de 4 metros ($M=116$, $SD=11,4$) y los triángulos obtusos de 4 metros ($M=88$, $SD=9,4$) sí, siendo los primeros más difíciles.

Finalmente, en ambos grupos hubo más homogeneidad en los triángulos obtusos (2 metros: $M=64$, $SD= 6,9$; 4 metros: $M=88$, $SD=9,4$) que en los triángulos agudos (2 metros: $M=53$, $SD= 4,8$; 4 metros: $M=116$, $SD=11,4$).

Se realizaron dos pruebas t mediante simulación de muestreo sin discriminar la condición visual, que corroboraron las interacciones entre los valores de organización forma y organización tamaño descritas anteriormente. En la primera prueba t se comparó por organización tamaño, es decir, triángulos de igual forma diferentes tamaño (Triángulo agudo-2m vs triángulo agudo-4m; triángulo obtuso-2m vs triángulo obtuso-4m). Al respecto se encontraron diferencias significativas entre los triángulos agudos de 2 metros y los triángulos agudos de 4 metros ($t=-5,087$, $p=.002$) y también entre los triángulos obtusos de 2 metros y los triángulos obtusos de 4 metros ($t=-2,894$, $p= .014$).

En la segunda prueba t se comparó por organización forma, siendo triángulos de igual tamaño y diferente forma (Triángulo agudo-2m vs triángulo obtuso-2m; triángulo agudo-4m vs triángulo obtuso-4m). Ahora bien, no se encontraron diferencias significativas entre los triángulos agudo-2m y triángulos obtusos-2m ($t = -.398$, $p > .05$), aspecto que si se observa entre los triángulos agudos-4m y los triángulos obtusos-4m ($t = 3.247$, $p = .006$).

6.1.4. Condición visual, organización forma y organización tamaño

La interacción condición visual, organización forma y organización tamaño resultó significativa ($F = 8.502$, $p = .009$). La Tabla 13 muestra los descriptivos para estas tres variables. Las personas con discapacidad visual fueron más eficientes que las personas en el grupo no discapacidad visual para encontrar el punto de origen en todas las variables. Para entrar en detalle, en ambos grupos de participantes, los triángulos de 2 metros fueron más fáciles que los triángulos de 4 metros. Sin embargo, en las personas con discapacidad visual las diferencias en sus desempeños sólo se observan con respecto al factor organización tamaño independientemente de la organización forma (Triángulo agudo-2m: $M = 42$, $SD = 7.1$; Triángulo obtuso-2m: $M = 47$, $SD = 16.8$ VS Triángulo agudo-4m: $M = 74$, $SD = 16.8$ y Triángulo obtuso-4m: $M = 70$, $SD = 14$). Por el contrario, las personas en el grupo no discapacidad visual su desempeño se vio afectado por ambos factores, tanto en organización tamaño como en organización forma (Triángulo agudo-2m: $M = 60$, $SD = 6.4$; Triángulo obtuso-2m: $M = 81$, $SD = 9.3$; Triángulo agudo-4m: $M = 157$, $SD = 15.4$; Triángulo obtuso-4m: $M = 107$, $SD = 12.7$).

Tabla 13*Desempeños de los participantes en organización forma y organización tamaño.*

Condición visual	Organización Forma	Organización Tamaño	M	SD
Discapacidad visual	Triángulos agudos	2 metros	46,275	7,101
		4 metros	74,625	16,897
	Triángulos obtusos	2 metros	47,250	10,213
		4 metros	70,300	14,006
No discapacidad visual	Triángulos agudos	2 metros	60,938	6,482
		4 metros	157,938	15,425
	Triángulos obtusos	2 metros	81,708	9,323
		4 metros	107,604	12,786

6.1.5. Modalidades sensoriales

Los resultados evidenciaron diferencias significativas en el factor modalidad sensorial ($F=3,072$, $p=.034$) (Modalidad: Ausencia de objetos, acción sin objetos, acción con objetos y contacto con objetos). Todos los participantes tuvieron más dificultad para encontrar el punto de origen en la modalidad acción sin objetos ($M=90$, $SD= 8,4$); por el contrario, la modalidad contacto con objetos fue más fácil para ambos grupos ($M=71$, $SD=8,3$); por otro lado, no se observan diferencias entre ausencia de objetos ($M=80$, $SD=7$) y acción con objetos ($M=80$, $SD=7,2$).

La interacción condición visual vs modalidad sensorial no arrojó diferencias significativas ($F= 1,004$, $p= .397$). A pesar de esto, se observó una tendencia en las personas con

discapacidad visual para ser más eficientes al encontrar el punto de origen en todas las modalidades sensorial en comparación de las personas sin discapacidad visual (Ver Tabla 14). Con el objetivo de discriminar qué valores dentro de la modalidad sensorial eran significativos en el desempeño de encontrar el punto de origen (E), se colapsaron las variables de organización forma y organización tamaño discriminando la modalidad sensorial y se encontraron diferencias significativas entre las modalidades sensoriales de acción sin objetos ($M=87$, $SD=58,6$) y acción con objetos ($M=73$, $SD=54,4$) para las personas con discapacidad visual (prueba t, $p=.016$), y acción sin objetos versus contacto para ambos grupos (prueba t, grupo discapacidad visual $p=.074$, $M=87$, $SD=58,6$; grupo no discapacidad visual $p=.049$, $M=67$, $SD=43,1$).

Tabla 14

Desempeños de los participantes según modalidad sensorial

Condición	Modalidad sensorial	M	SD
Discapacidad visual	Ausencia de objetos	56,950	10,476
	Acción sin objetos	69,350	12,500
	Acción con objetos	58,875	10,669
	Contacto con objetos	53,275	12,287
No discapacidad visual	Ausencia de objetos	103,313	9,563
	Acción sin objetos	112,104	11,411
	Acción con objetos	102,958	9,739
	Contacto con objetos	89,813	11,217

6.1.6. Modalidades sensoriales, organización forma y organización tamaño.

No se encontraron diferencias significativas entre el factor modalidad sensorial y organización tamaño entre ambos grupos, ($F= 2,221$, $p= .095$). Tampoco se observaron diferencias en la interacción entre los factores de modalidades sensoriales y organización forma para ambos grupos obtuvo un valor ($F=0,44$, $p=.725$). Con respecto a la variable intersujeto condición visual, no hubo interacciones entre condición visual vs modalidad sensorial vs organización tamaño, ni condición visual vs modalidad sensorial vs organización forma.

En las interacciones de tres o más factores, tampoco se encontraron diferencias significativas en la interacción organización forma, organización tamaño, modalidad visual ($F= 0,673$ $p= .572$); aspecto que se sostuvo en la interacción condición visual, organización forma, organización tamaño, modalidad visual ($F=0,885$, $p= .454$).

6.2. Error de estimación (D)

Para la variable dependiente error de estimación se corrió un ANOVA factorial de medidas repetidas 2 (Discapacidad visual y No discapacidad visual) x 2 (Organización forma: Triángulo agudo y triángulo obtuso) x 2 (Organización tamaño: 2 metros y 4 metros) x 4 (Modalidad sensorial: Ausencia de objetos, acción sin objetos, acción con objetos y contacto con objetos).

Los resultados generales de cada uno de los valores de los factores no mostraron diferencias significativas en sus interacciones (todas las $p > 0.1$). Por esta razón, en lugar de centrar sólo el análisis en los grados de desviación de la estimación ideal, se decidió incluir dentro la orientación que los participantes tomaron cuando debían señalar hacia el punto de origen. Esta orientación hacia el punto de origen indicó la magnitud con respecto al punto de

origen, es decir en cuanto se habían equivocado y también hacia qué dirección lo habían hecho, siendo los valores negativos la orientación hacia dentro del triángulo y los valores positivos orientaciones ajenas al triángulo.

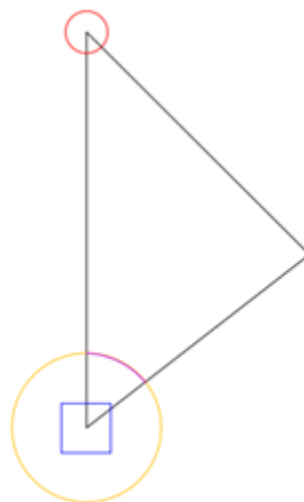


Figura 3. Representación variable error de estimación basado en orientación

Según se puede ver en la Figura 4, el círculo rojo y el cuadrado azul representan el punto de origen y punto de retorno respectivamente. El segmento de circunferencia amarillo representa las orientaciones que podían tomar valor positivo con respecto al ángulo ideal, por el contrario, el segmento morado las orientaciones de valor negativo hacia el triángulo recorrido.

Siendo así, se realizó para la variable dependiente error de estimación-orientación un ANOVA factorial de medidas repetidas 2 (Discapacidad visual y No discapacidad visual) x 2 (Organización forma: Triángulo agudo y triángulo obtuso) x 2 (Organización tamaño: 2 metros y 4 metros) x 4 (Modalidad sensorial: Ausencia de objetos, acción sin objetos, acción con objetos y contacto con objetos).

6.2.1. Organización forma

La medida de error de estimación-orientación supuso el desempeño de los participantes para calcular la orientación hacia el punto de origen. Se encontró que el factor organización forma tuvo diferencias significativas ($F=4,866$, $p=.041$). Así, todos los participantes tendían a orientarse hacia el interior del triángulo según su organización forma, teniendo los triángulos obtusos ($M=-2,4$, $SD=2,3$) un mayor sesgo hacia el punto de origen, con respecto la orientación en los triángulos agudos ($M=-6,8$, $SD=3,1$).

En la interacción condición visual vs organización forma no se hallaron diferencias significativas ($F=0,218$, $p=.647$). La Tabla 15 muestra los desempeños de los participantes, donde ambos grupos tendían a orientarse hacia el interior del triángulo, independientemente de su organización forma.

Tabla 15

Medias y desviaciones estándar en ambos grupos según organización forma.

Condición	Organización según forma	M	SD
Discapacidad visual	Triángulos agudos	-4,297	4,230
	Triángulos obtusos	-1,328	3,450
No discapacidad visual	Triángulos agudos	-9,389	3,988
	Triángulos obtusos	-3,597	3,252

6.2.2. Organización tamaño

Ahora bien, el factor organización tamaño tuvo diferencias significativas en el total de la muestra ($F=8,517$, $p=.009$). En los tamaños de 2 metros, los participantes tendían a orientarse

hacia el punto de origen directamente, tomando valores positivos y negativos ($M = .4$, $SD = 2,3$), mientras que en los tamaños de 4 metros, las personas tenían un sesgo de orientación hacia el interior del triángulo ($M = -9$, $SD = 2,9$). Se realizó una prueba t mediante simulación de muestreo para observar si habían diferencias entre los triángulos de 2 metros y de 4 metros en el total de la muestra, encontrando diferencias significativas que corroboran la relación descrita ($t = 3,635$, $p = .002$)

En la interacción entre los factores condición visual y organización tamaño no se hallaron diferencias significativas ($F = 2,551$, $p = .128$). La Gráfica 4 muestra la relación presentada por los análisis, donde ambos grupos tuvieron un comportamiento similar al ser influenciados por la organización tamaño, orientándose hacia el interior del triángulo, especialmente en los triángulos de 2 metros donde no se aprecian diferencias entre grupos.

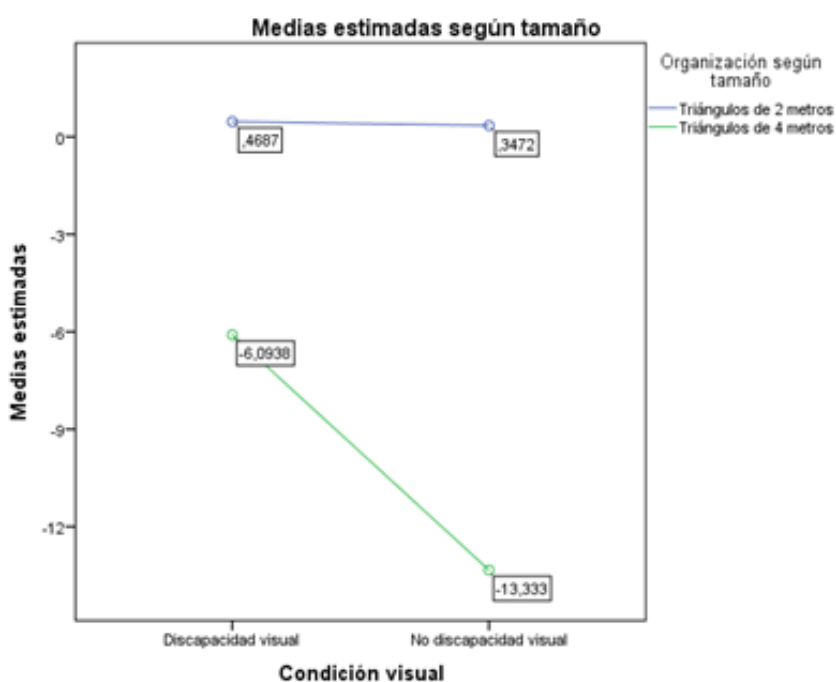


Figura 4. Error de estimación según el tamaño.

6.2.3. Organización forma y organización tamaño

Para las interacciones entre los factores organización forma y organización tamaño no encontraron diferencias significativas ($F=0,618$, $p=.44$). En las interacciones condición visual, organización forma y organización tamaño sí se hallaron diferencias significativas ($F=3,523$, $p=.08$). Las personas con discapacidad visual tendían a orientarse hacia el interior del triángulo en las condiciones de 4 metros (Triángulos agudos de 4 metros: $M=-8$, $SD=5,1$; Triángulos obtusos de 4 metros: $M=-3$, $SD=5$) y en las condiciones de 2 metros directamente hacia el punto de origen (Triángulos agudos de 2 metros: $M=.2$, $SD=4,6$; Triángulos obtusos de 2 metros: $M=.6$, $SD=4$). Las personas en el grupo no discapacidad visual tenían un sesgo hacía hacia el interior del triángulo en los triángulos agudos de 4 metros ($M=-13$, $SD=4,8$) y los triángulos obtusos de 4 metros ($M=-13$, $SD=4,7$). Por el contrario, en los triángulos agudos de 2 metros la tendencia hacia el interior del triángulo la mantenían ($M=-5$, $SD=4,3$) pero, en los triángulos obtusos de 2 metros lo hacían hacia el exterior del triángulo ($M=6$, $SD=3,7$).

En referencia a estas relaciones, en las personas con discapacidad visual las diferencias en sus desempeños sólo se observan con respecto al factor organización tamaño independientemente de la organización forma, por el contrario las personas en el grupo no discapacidad visual su desempeño se vio afectado por ambos factores en los tamaños de 2 metros, mientras que en los tamaños de 4 metros se comportaron parecido a las personas con discapacidad visual (Ver Tabla 16).

Tabla 16
Media y desviación estándar

Condición	Organización Forma	Organización Tamaño	M	SD
Discapacidad visual	Triángulos agudos	2 metros	,250	4,610
		4 metros	-8,844	5,168
	Triángulos obtusos	2 metros	,688	4,022
		4 metros	-3,344	5,085
No discapacidad visual	Triángulos agudos	2 metros	-5,639	4,346
		4 metros	-13,139	4,873
	Triángulos obtusos	2 metros	6,333	3,792
		4 metros	-13,528	4,794

6.2.4. Modalidades sensoriales

Para el factor modalidades sensoriales no se encontraron diferencias significativas ($F=1,005$, $p= .398$). Con respecto al desempeño de los participantes, todos tendían a orientarse hacia la forma triángulo (Ver Tabla 17). En la interacción condición visual y modalidades sensoriales no se encontraron diferencias significativas ($F=0,261$, $p= .853$), tampoco en la interacción condición visual, modalidades sensoriales y organización forma ($F=1,681$, $p= 0,182$) ni en la interacción condición visual, modalidades sensoriales y organización tamaño ($F=1,681$, $p= 0,182$) ($F=0,928$ $p= .433$).

Tabla 17
Desempeños de los participantes según la modalidad sensorial

Modalidad sensorial	Media	Error estándar
Ausencia de objetos	-,776	2,891
Acción sin objetos	-5,542	3,422
Acción con objetos	-5,613	3,647
Contacto con objetos	-6,681	1,915

6.2.5. Modalidades sensoriales, organización forma y organización tamaño.

En las interacciones de los factores organización forma, organización tamaño y modalidades sensoriales no hubo diferencias significativas se encontraron diferencias significativas ($F= 2,193$, $p= .099$). En las interacciones de los factores condición visual, organización forma, organización tamaño y modalidades tampoco hubo diferencias significativas ($F=0,527$, $p= .665$).

6.3. Tiempo de recorrido (R)

Para la variable dependiente tiempo de recorrido se realizó un ANOVA factorial de medidas repetidas 2 (Discapacidad visual y No discapacidad visual) x 2 (Organización forma: Triángulo agudo y triángulo obtuso) x 2 (Organización tamaño: 2 metros y 4 metros) x 4 (Modalidad sensorial: Ausencia de objetos, acción sin objetos, acción con objetos y contacto con objetos).

En función de la variable tiempo de recorrido, sólo se encontraron diferencias significativas para el factor organización según su tamaño ($F=22,309$, $p= .00$). Al respecto, se corrió una prueba t para discriminar su efecto sobre ambos grupos y se encontraron diferencias

significativas del valor por igual (Grupo experimental $p = .028$; grupo control $p = .004$). La Figura 5. muestra las medias de tiempo en el último trayecto según el tamaño, en el cual se observa que en los tamaños de 2 metros las personas les tomaba en promedio 9 segundos resolver la situación ($M = 9,8$, $SD = .4$) y en los tamaños de 4 metros mayor tiempo ($M = 10$, $SD = .5$).

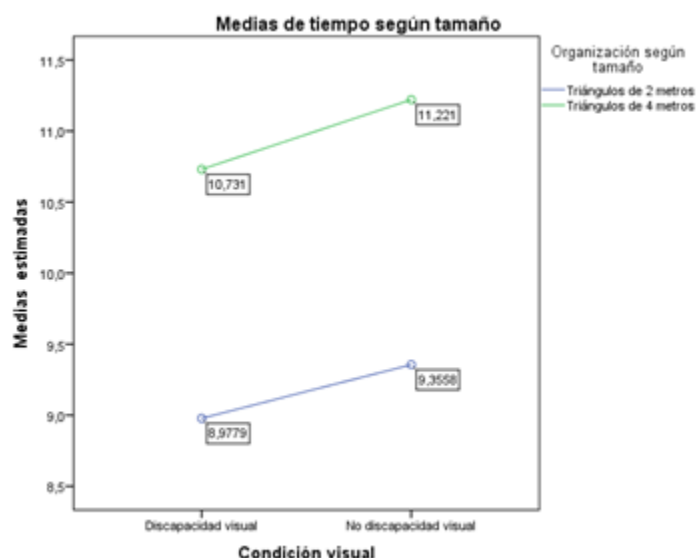


Figura 5. Tiempo recorrido según el tamaño

6.4. Pruebas de hipótesis 1 y 2.

Con el objetivo de responder la hipótesis 1, se colapsaron los valores de las modalidades sensoriales de acuerdo al tipo de navegación que suponía, así las modalidades de acciones con objetos y contacto con objetos se colapsaron bajo la navegación por referentes y la modalidad sensorial de ausencia de objetos suponía la navegación por estimación. Posterior a este procedimiento, para la variable dependiente error de posición se corrió un ANOVA factorial de medidas repetidas 2 (Discapacidad visual y No discapacidad visual) x 2 (Organización forma: Triángulo agudo y triángulo obtuso) x 2 (Organización tamaño: 2 metros y 4 metros) x 2 (Modalidad sensorial: Navegación por referentes y Navegación por estimación)

Los resultados generales no mostraron diferencias significativas en el factor modalidad sensorial ($F = .1$, $p = .739$). Las personas para la navegación por referentes ($M=85$, $SD= 7,5$) y navegación por estimación ($M= 83$, $SD=8$) tuvieron desempeños parecidos. De igual forma, no hubo diferencias significativas en la interacción condición visual y modalidad sensorial ($F = .04$, $p = .8$). Si bien no se encontraron diferencias significativas, sí se observan diferentes desempeños en ambos grupos donde las personas con discapacidad visual en la navegación por referentes ($M=64$, $SD=11,1$) y por estimación ($M=63$, $SD=11,8$) son mejores que los no discapacidad visual en ambas formas de navegación (Navegación por referentes: $M=107$, $SD= 10,2$; Navegación por estimación: $M=102$, $SD=10,9$).

Ahora bien, para los factores de organización forma y organización tamaño se encontraron diferencias significativas (Organización tamaño: $F=21,21$, $p = .0$; Organización forma: $F=5,2$, $p = .031$). En función de los factores condición visual vs organización tamaño ($F=4,6$, $p = .42$) y condición visual vs organización forma ($F=6,6$, $p = .17$) también las hubo. Los resultados muestran la tendencia presentada en el ANOVA factorial $2 \times 2 \times 4$ desarrollado para cada una de las modalidades sensoriales (Ver anexo 1.).

Para la variable dependiente error de estimación se realizó el mismo procedimiento, primero se colapsaron los valores de las modalidades sensoriales de acuerdo al tipo de navegación que suponía y se realizó un ANOVA factorial de medidas repetidas 2 (Discapacidad visual y No discapacidad visual) $\times 2$ (Organización forma: Triángulo agudo y triángulo obtuso) $\times 2$ (Organización tamaño: 2 metros y 4 metros) $\times 2$ (Modalidad sensorial: Navegación por referentes y Navegación por estimación).

Los resultados generales no mostraron diferencias significativas en el factor modalidad sensorial ($F = .7$, $p = .3$). Las personas para la navegación por referentes ($M=-2,7$, $SD= 2,8$) y

navegación por estimación ($M = -5,4$, $SD = 2,5$) tuvieron desempeños parecidos. De igual forma, no hubo diferencias significativas en la interacción condición visual y modalidad sensorial ($F = .4$, $p = .5$). Al observar los descriptivos, no se evidencian diferencias entre ambos grupos; de igual forma ambos se comportaron de la misma manera para las formas de navegación.

(Discapacidad: Navegación por referentes $M = -3,7$, $SD = 4,2$ y Navegación por estimación $M = -4,2$, $SD = 3,7$; No discapacidad: Navegación por referentes $M = -1,8$, $SD = 3,8$ y Navegación por estimación $M = -6,6$, $SD = 3,3$).

Ahora bien, para los factores de organización forma no se encontraron diferencias significativas ($F = 4,1$, $p = .05$). Tampoco las hubo en la interacción de los factores condición visual y organización forma ($F = 2$, $p = .16$). Por otro lado, si bien no hubo diferencias significativas entre los factores condición visual y organización tamaño ($F = 1,15$, $p = .29$), si las hubo en el factor organización tamaño en el total de la muestra ($F = 8,85$, $p = .007$). Los descriptivos nos señalan que los tamaños de 2 eran más sencillos que los tamaños de 4 metros (2 metros: $M = .3$, $SD = 2,8$; 4 metros: $M = -8,5$, $SD = 2,5$).

Con el objetivo de responder la hipótesis 2, en la variable dependiente error de posición se realizó un ANOVA factorial de medidas repetidas 2 (Discapacidad visual y No discapacidad visual) x 2 (Organización forma: Triángulo agudo y triángulo obtuso) x 2 (Organización tamaño: 2 metros y 4 metros) x 2 (Modalidad sensorial: Acción con objetos y contacto con objetos).

Los resultados generales no mostraron diferencias significativas en el factor modalidad sensorial ($F = 2,7$, $p = .1$). Las personas en las modalidades sensoriales de acción con objetos ($M = 84$, $SD = 8,2$) y contacto ($M = 73$, $SD = 8,4$) tuvieron desempeños parecidos. De igual forma, no hubo diferencias significativas en la interacción condición visual y modalidad sensorial ($F =$

.64, $p = .4$). Si bien no se encontraron diferencias significativas, sí se observan diferentes desempeños en ambos grupos donde las personas con discapacidad son mejores que los no discapacidad visual en ambas modalidades sensoriales (Discapacidad visual: Acciones con objetos: $M=58$, $SD=12$ y contacto con objetos $M=53$, $SD=12$; No discapacidad visual: Acciones con objetos: $M=110$, $SD=10$ y contacto con objetos $M=94$, $SD=11$)

Ahora bien, para los factores de organización forma no se encontraron diferencias significativas ($F=4$, $p = .058$). En función de la interacción entre los factores condición visual vs organización forma si las hubo ($F=10,8$, $p = .004$). En el caso del factor tamaño, la relación fue diferente, dado que si hubo diferencias significativas para el factor tamaño en toda la muestra ($F=15,06$, $p = .001$), pero no según la condición visual ($F=1,975$, $p = .17$)

Finalmente, en la variable dependiente error de estimación se realizó un ANOVA factorial de medidas repetidas 2 (Discapacidad visual y No discapacidad visual) x 2 (Organización forma: Triángulo agudo y triángulo obtuso) x 2 (Organización tamaño: 2 metros y 4 metros) x 2 (Modalidad sensorial: Acción con objetos y contacto con objetos). En este caso, ninguna de las interacciones entre los factores intersujeto o intrasujeto tuvieron diferencias significativas.

6.5. Correlación error de posición y error de estimación-orientación

Además, dentro del análisis se realizó una prueba de correlación lineal entre las variables de error de posición y de error de estimación-orientación. La prueba tenía como objetivo comparar si las personas durante el experimento seguían la dirección que señalaban a la hora de retornar al punto de origen. La prueba se llevó a cabo tomando todos los valores de los participantes en cada intento. Los resultados no mostraron correlaciones significativas para el total de la muestra, tampoco al discriminar condición visual en ambos grupos.

7. DISCUSIÓN

El objetivo del trabajo de grado fue caracterizar la manera en que la experiencia kinestésica, táctil y de acciones se integra en el proceso de aprendizaje espacial guiada por representaciones espaciales de personas videntes y con discapacidad visual a través de la navegación por estimación y por referentes. En este estudio se encontró que la información geométrica del espacio fue preponderante en la explicación de cómo los participantes elaboraron representaciones para resolver la tarea de completación de triángulos. Por el contrario, la información sensorial visto desde el tacto y las acciones corporales, no lograron explicar por sí sólo el proceso de navegación de las personas. Si bien la información sensorial tuvo un papel en la conducta de búsqueda del punto de origen, esta no presentó diferencias entre los dos grupos de condición visual como se preveía y tampoco se destacaron tipos de modalidades sensoriales por encima de otras durante el experimento (Ver Figura 6). A pesar de esto, en los factores de información geométrica sí se encontraron diferencias significativas que explicaran las diferencias evidentes entre los grupos para la medida de error de posición y error de estimación-orientación, siendo las personas con discapacidad visual más eficientes para encontrar y orientarse hacia el punto de origen.

Bajo este marco general de los resultados hallados, el presente capítulo desarrollará las discusiones generales por tipo de información dentro del espacio -geométrica o sensorial- y discusiones específicas por los valores que tomaron las variables independientes durante el experimento.

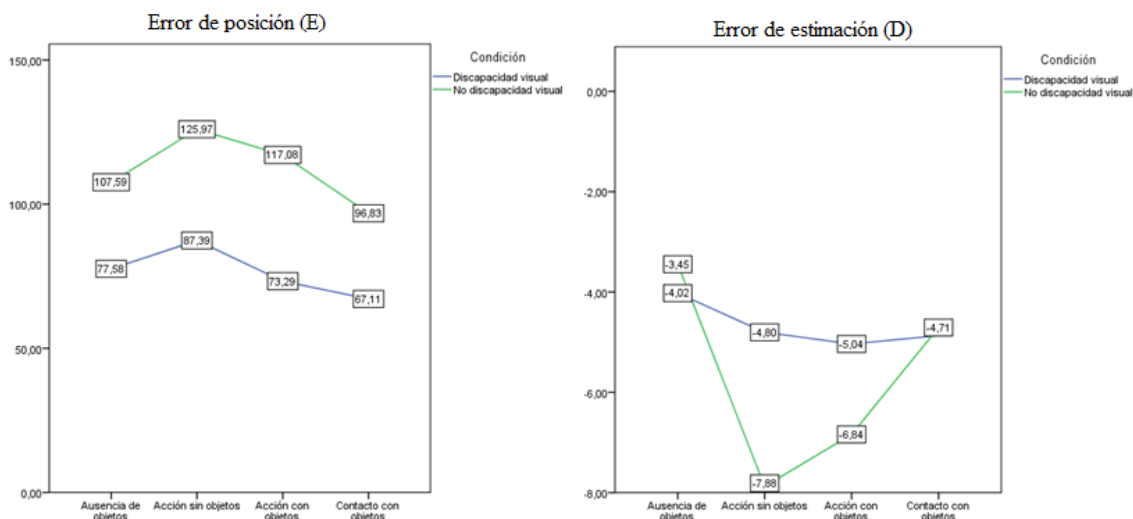


Figura 6. Error de posición y error de estimación en las modalidades sensoriales

7.1. Información sensorial

Para entender los hallazgos de las modalidades sensoriales trabajadas en el experimento, es importante tomar como punto de discusión el debate sobre qué es la información sensorial externa e interna del organismo (Clark y Chalmers, 1998). Por una parte, la información de estímulos externos de carácter visual y auditivo permiten un contacto constante con los objetos, no sólo a nivel perceptivo en el seguimiento del estímulo, sino también en la formación de puntos de referencia de representaciones espaciales (Garber y Dolins, 2010; Nadel, 1990; O'Keefe y Nadel, 1978; Tolman, 1932). Sin embargo, en el experimento trabajado, la información sensorial recibida por el cuerpo si bien es información externa, ésta no es constante: El sentido del tacto y de las propias acciones como información sensorial necesitan la interacción directa con los objetos, y el seguimiento del objeto sólo se consigue representacionalmente en la memoria, a través de la memoria de trabajo y en el registro de la memoria serial de los eventos (Raz y otros, 2007; Dolins y Mitchell, 2010).

Ahora bien, tomando como precedente la naturaleza de las modalidades sensoriales según sus posibilidades y limitaciones, durante el experimento se procedió a vendar los ojos a cada uno de los participantes. El punto de discusión de este criterio procedimental era controlar el acceso a la información visual de los participantes en condiciones visuales normales y así negar la posibilidad de que durante el experimento, estos resolvieran la situación utilizando la información de la posición de los objetos en un plano perceptivo, lo cual, según el diseño experimental, supondría una forma de navegación y proceso cognitivo diferente al objeto de estudio. En el mismo sentido, el objetivo principal era caracterizar dos formas de información del medio que fueron trabajadas bajo modalidades sensoriales de carácter directo, es decir, que necesariamente implican el contacto con los objetos del medio y la elaboración de una representación de ellos; así, dejar abierta la posibilidad de la información auditiva y visual durante el experimento limitaría el alcance de los resultados.

Finalmente, otro punto importante de la decisión tomada de vendar a los participantes independientemente de su condición visual, fue controlar la posible amenaza a la validez interna del experimento, en función de la incomodidad que suponía tener los ojos vendados. Por tanto, la decisión de vendar a todos los participantes tenía como objetivo garantizar durante el experimento que en lo posible, los participantes tuvieran las mismas condiciones para desarrollar el experimento y así, las diferencias operacionalizadas en el diseño experimental fueran las únicas necesarias para explicar sus desempeños.

Ahora bien, durante la tarea de completación de triángulos, la información sensorial del espacio visto a través del tacto, de las acciones con objetos y de las acciones sin objetos, no se diferenció de la información interna (Vestibular y kinestésico), lo cual supone que la representación elaborada bajo esta modalidades no fue suficiente para que los participantes

codificaran puntos de *referencia relacionados geoméricamente* que lograran guiar la navegación bajo la propuesta de la navegación por referentes (Garber y Dolins, 2010) y, por el contrario, estas modalidades sensoriales se codificaron en representaciones espaciales propias de la integración de patrones; por lo tanto, los participantes navegaron por estimación en cada uno de los intentos para encontrar el punto de origen.

El principal argumento para esta interpretación, es que el sistema cognitivo tomó la información dada por estas modalidades sensoriales como coordenadas de su propio desplazamiento, en un marco de referencia egocéntrico con respecto a su propia trayectoria y los elementos presentes en ella (Collett y Graham, 2010). Así los participantes tuvieran discapacidad visual o no discapacidad visual utilizaron la información sensorial externa brindada por el experimento para codificar su propia trayectoria a razón de distancia y dirección tomada. Este tipo de comportamientos se ha visto en gran cantidad de animales, quienes navegando por estimación y bajo condiciones de obstáculos, utilizan representaciones egocéntricas en un complejo sistema de integración de patrones para desplazarse por el espacio (Gallistel, 2007; Collett y Graham, 2010).

La Tabla 18. muestra la forma de navegación esperada y observada según la información sensorial. Estos hallazgos ponen en duda la integración de patrones como un sistema de navegación exclusivo de información sensorial interna, trabajada por autores bajo las modalidades sensoriales vestibular/ kinestésica, y abre las puertas a la interacción del sentido del tacto y del uso de acciones como mecanismos que posiblemente dialoguen con un sistema de codificación de patrones, propio de la navegación por estimación en humanos.

Tabla 18

Forma de navegación esperada y observada según la información sensorial.

Modalidades sensoriales	Forma de navegación esperada	Forma de navegación observada
Información vestibular y kinestésica	Navegación por estimación	
Información del tacto	Navegación por referentes	Navegación por estimación
Información de acciones		

Respecto a la hipótesis 2, se esperaba que la información sensorial adquirida mediante acciones lograra diferenciarse y mejorar la conducta de navegación de las personas sobre la información recibida por el tacto. Esta hipótesis no se aceptó, pero el resultado hallado es significativo dentro de un marco de explicación corporeizado:

1. Al no diferenciarse de la información táctil y kinestésica/vestibular para guiar la conducta de desplazamiento, se cumple el postulado de que este tipo de modalidades sensoriales pueden ser codificadas por el sistema cognitivo como contenido espacial. Según Clark y Chalmers (1998), “todos los componentes en el sistema juegan un papel causal activo, y ellos juntos gobiernan la conducta en la misma vía que la cognición usualmente lo hace” (p. 8). En este sentido, es relevante la evidencia porque soporta los hallazgos en materia de codificación fisiológica de trayectorias en la formación hipocampal, poniendo en perspectiva dos formas de contenido sensorial corporal útiles en la formación de representaciones espaciales.
2. Se encontró evidencia de cómo las acciones corporales, bien sea en forma de representaciones o información sensorial, son significativas para explicar la navegación por estimación en humanos. Este aspecto es poco trabajado en la literatura, en donde se atribuye la información sensorial externa al proceso de formación de representaciones

alocéntricas propias de formas de navegación por referentes, rutas y mapas cognitivos.

Esta asunción no implica que la información sensorial de acciones corporales sea exclusiva de la navegación por estimación, más bien bajo ciertas condiciones puede ser usada en este tipo de navegación.

7.1.1. Información sensorial: Variable control

Aunque el análisis de varianza no demostró un efecto entre condición visual y modalidad sensorial, las estadísticas descriptivas mostraron como tendencia que las personas con discapacidad visual tienen mejores desempeños para encontrar el punto de origen (E) en los intentos donde tenían que realizar acciones con objetos que en los intentos donde realizaban acciones sin objetos; en contraste, las personas sin discapacidad visual, no presentaron diferencias en estas dos modalidades sensoriales (acción con objetos y acción sin objetos) (Ver Figura 7).

Esta tendencia, que se mantiene para un grupo y no para el otro, nos remite al tipo de experiencia que tienen las personas invidentes con su entorno, donde el grado de retroalimentación y de información obtenida por el uso de acciones resulta relevante como contenido a ser representado espacialmente (Fong & otros, 2003; citado por Dawson, 2014). En conclusión, las personas con discapacidad visual tienen más facilidad para explotar la información de acciones con objetos para representar las distancias del lugar y la posición de llegada, mientras que las personas videntes no logran discriminar diferencias entre ambas modalidades.

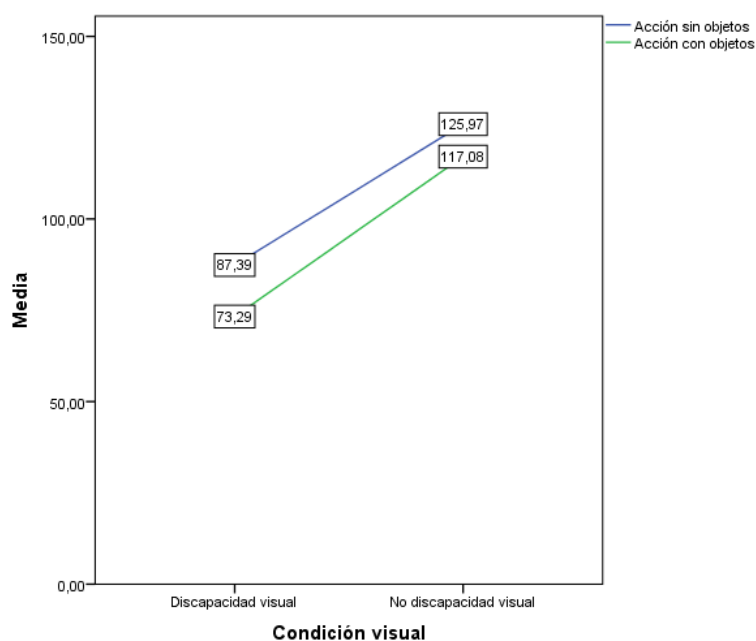


Figura 7. Error de posición según la condición visual y el tipo acción.

7.2. Información geométrica

La información geométrica del espacio, tanto en la forma como en el tamaño si logró explicar los desempeños de los participantes en el proceso de construcción de representaciones para guiar la navegación y estimar la dirección hacia el punto de origen. Este hecho, sumado al desarrollo de las modalidades sensoriales durante el experimento, permite suponer que las representaciones espaciales estuvieron basadas en contenido geométrico codificado por integración de patrones, que en gran parte es el proceso de la navegación por estimación llevado a cabo al dar seguimiento a las coordenadas de desplazamiento de la misma persona (Collett y Graham, 2010). Ahora bien, ¿qué explica las diferencias halladas entre los participantes con discapacidad visual y sin discapacidad visual? Al parecer, la manera en que cada grupo usó la

información dotada de contenido geométrico explica estas diferencias. A continuación, se presentarán las razones que llevan a apoyar esta interpretación.

7.2.1. Información geométrica: Tamaño del recorrido

El tamaño del espacio como factor individual afectó significativamente el desempeño de los participantes, tanto para encontrar el punto de origen, como para estimar su dirección-orientación, independientemente de la condición visual y por tanto, de la experiencia visual previa. Se observó que la información de distancia influyó en la capacidad de los participantes para encontrar el punto de origen. Ahora bien, esta influencia se encontró para el tamaño de 2 metros como información espacial, el cual supuso menos dificultad de ser representado en relaciones de distancia/posición que el tamaño 4 metros (Ver Gráfica 9). Frente a esto hecho, la cantidad de distancia recorrida fue la variable que influyó en el sistema cognitivo, pues a mayor cantidad de información, mayor probabilidad de errar en la estimación de la posición; así, el área a representar demandaba más cognitivamente en los tamaños de 4 metros que en los tamaños de 2 metros. Frente a este hecho, se acepta la hipótesis alternativa 3: El desempeño de todos los participantes en los intentos para tipo de triángulos de dos metros (A1-B1) será superior que los intentos para tipo de triángulo cuatro metros (A2-B2).

En la misma línea para el error de estimación-orientación, se observaron diferencias significativas para estimar la dirección según el tipo de tamaño, resultando los intentos con tamaño de 4 metros más difíciles en comparación con los intentos de 2 metros. La variable de organización tamaño influyó en la estimación, de la misma manera en que influyó en la posición, lo cual aporta más evidencia al supuesto de una navegación por estimación, pues la

dirección tomada por el organismo se vio influida por el tamaño del recorrido, variable importante en la integración de patrones mediante la codificación de distancia/dirección.

Otro aspecto a rescatar es que en ambos tamaños, se encontró una mayor homogeneidad en el grupo con discapacidad visual en las dos medidas de estimación-orientación y posición, mientras que en el grupo sin discapacidad visual se observó más variación en ambas medidas. Las personas con discapacidad visual tuvieron una navegación no sólo más precisa, sino también más eficiente, en otras palabras, un sistema mejor adaptado para trabajar con el contenido de la distancia y así poder representarlo (Ver Figura 8). Este hecho aporta más evidencia a los hallazgos en materia de adaptación del sistema cognitivo de personas con discapacidad visual, quienes, bajo condiciones de ausencia de experiencia visual, presentan mejores desempeños en otras habilidades (por ejemplo, la discriminación táctil (Nilsson y Schenkman, 2015), el reconocimiento de objetos, las inferencias de relaciones, estimar posiciones mediante el sonido, entre otras) .

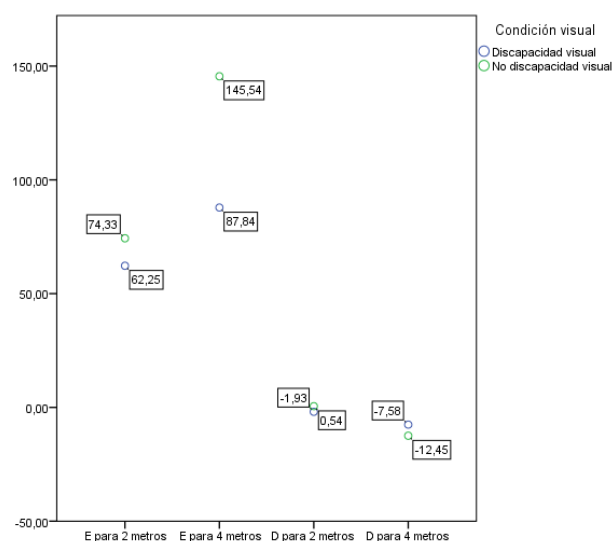


Figura 8. Error de posición y error de estimación por orientación en ambos grupos

7.2.2. Información geométrica: Forma del recorrido

La forma del espacio como factor individual afectó significativamente el desempeño de los participantes, tanto para encontrar el punto de origen, como para estimar su dirección. En este caso, la condición visual no jugó un papel importante en la diferencia hallada; no obstante, en todos los sujetos, los triángulos obtusos resultaron más fáciles, tanto para estimar la dirección hacia el punto de origen, como para encontrar su posición. Partiendo de los supuestos trabajados sobre el modelo de integración de patrones, que explica la navegación en la codificación propia de *dirección* y *distancia* para estimar posición, los hallazgos encontrados en estos dos desempeños nos permiten inferir que para los participantes fue más fácil elaborar una representación egocéntrica del trayecto si este tenía la configuración de un triángulo obtuso, porque los valores de la suma interna de los ángulos de este tipo de triángulos eran más fáciles de ser reconocidos, y por tanto, de estimar una posición con respecto a ellos. En otras palabras, los triángulos obtusos poseían características salientes en sus ángulos que influyeron en las estimaciones. En los trayectos de triángulos agudos se le daba al participante la información en el ángulo $A=45^\circ$ y en ángulo $B=90^\circ$, para estimar un ángulo C de 45° , los trayectos de triángulos obtusos le entregaban a los participante un ángulo $A=115^\circ$ y $B=43^\circ$, para estimar un ángulo C de otros 22° , mucho menor que en los intentos agudos.

Finalmente, los resultados permiten rechazar la hipótesis 4: El desempeño de los participantes en los intentos para tipo de triángulos agudos (A1-A2) será superior que los intentos para tipo de triángulos obtuso (B1-B2), donde se concluye que para construir representaciones egocéntricas del espacio según su forma, mayor diferencia en los ángulos aportan más información para que un sistema de dirección/distancia las use en una navegación por estimación. Con respecto a la hipótesis 4, se esperaba que los triángulos agudos serían más fáciles dada su consistencia de igualdad en los ángulos, no obstante, fue la diferencia el factor explicativo.

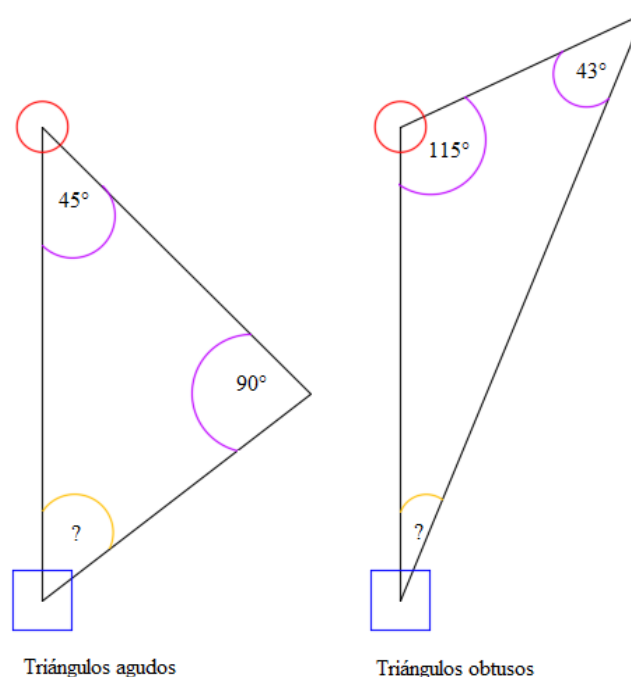


Figura 9. La información geométrica dada según la forma.

Nota: Los círculos rojos y los cuadrados azules representan los puntos de origen y puntos de retorno respectivamente. Los segmentos de circunferencia morado representan los ángulos que se le daban al participante a través del recorrido, por el contrario, los segmentos amarillos los ángulos a estimar en la representación interna.

7.2.3. Información geométrica: Tamaño y forma del espacio

El hecho de que las variables referidas a la información geométrica -organización tamaño y organización forma- en todas sus interacciones, y no la información sensorial lograrán explicar las diferencias entre grupos, nos da más razones para asumir que la navegación llevada a cabo por los participantes en el experimento fue de estimación. Principalmente porque el modelo de integración de patrones parte del supuesto de una codificación métrica y euclidiana del espacio mediante la integración de patrones de desplazamiento propio (Collett y Graham, 2010). En el experimento llevado a cabo fue la relación entre los dos tipos de contenido geométrico el factor diferenciador para explicar los desempeños de los participantes durante el experimento. Las

personas con discapacidad visual mostraron diferencias en sus desempeños sólo con respecto al factor organización tamaño independientemente de la organización forma, mientras las personas sin discapacidad visual vieron afectado su desempeño en ambos factores, tanto en organización tamaño como en organización forma.

Desde un marco de referencia de navegación por integración de patrones, podemos suponer que las relaciones de contenido geométrico en su forma y tamaño fueron codificadas en representaciones espaciales que ambos grupos de personas utilizaban para resolver el experimento. En el caso de las personas con discapacidad visual, la codificación de la trayectoria propia mediante la distancia recorrida y las direcciones tomadas fueron más precisas para ambos tipos de triángulos, así la forma de trayecto lograba ser representada y usada para estimar la posición del punto de origen. Para las personas sin discapacidad visual este seguimiento y representación de la trayectoria presentaba más dificultad dependiendo de la forma, así en los recorridos de 2 metros eran más fáciles los triángulos agudos y en los recorridos de 4 metros los triángulos obtusos.

Siendo así, las personas con discapacidad visual fueron más sensibles para reconocer las formas de los triángulos y codificar precisamente sus ángulos; por esta razón, el tamaño del recorrido explicó las diferencias entre los mismos invidentes. Por el contrario, las personas sin discapacidad visual pudieron reconocer las formas, como bien la evidencia a lo largo del capítulo lo demuestra, pero tuvieron dificultades para codificar los ángulos tomados en el recorrido y por lo tanto, les costó más codificar tamaño (distancia recorrida) y ángulo (direcciones tomadas) en una integración de patrones de desplazamiento.

Otro aspecto que apoya más esta interpretación, es la manera en que las personas sin discapacidad visual se orientaban en los triángulos agudos y obtusos de 2 metros, dado que en el

primer tipo de triángulo, su orientación iba hacia el interior del recorrido, por el contrario, cuando el triángulo era obtuso, no lograban estimar correctamente la orientación y apuntaban hacia el exterior del triángulo.

7.2.4. Información geométrica: Error de estimación

Ahora bien, ¿qué explica las diferentes interacciones en los factores para la medida de error de estimación para sólo ángulo? En el caso de los ángulos, no se encontró evidencia de que algún factor interactuaba para que las personas construyeran una representación del espacio. Esta evidencia nos sugiere que la estimación de la dirección no fue necesaria en el experimento, dado que este tipo de conductas implican un sistema de representaciones alocéntricas (Klatzky, 1998; Schmidt y otros, 2013; Schinazi y otros, 2016) y las personas por el contrario utilizaron durante el experimento un sistema de referencia de representaciones egocéntricas, propio de la codificación de las direcciones tomadas (Ver Tabla 19). En este sentido, como se ha señalado, las personas codificaban la información de las direcciones tomadas durante el trayecto en un marco de referencia del desplazamiento propio y utilizando la información sensorial dada como recurso cognitivo para mantener esta representación.

Tabla 19

Tipo de representación espacial en cada medida

Variables independientes	Variables dependientes/medidas		
	Error de posición	Error de estimación-orientación	Error de estimación
Contenido sensorial	Representaciones egocéntricas		Representaciones alocéntricas.
Contenido geométrico			

8. CONCLUSIONES

A continuación, se presentará el apartado de conclusiones, tomando como estructura del capítulo la relación entre objetivos de investigación, hipótesis experimentales y resultados.

Frente al objetivo 1 se encontró evidencia sobre cómo la información geométrica y no geométrica del espacio se integraba en la navegación de personas con discapacidad visual bajo condiciones experimentales. El aspecto más importante fueron los hallazgos preliminares en torno al rol de la información táctil y de acciones en el proceso de navegación por estimación, dado que arrojan evidencia sobre el proceso de integración de patrones bajo condiciones poco exploradas en la literatura y que normalmente no se consideran en los modelos explicativos de la navegación por estimación, comúnmente atribuida exclusivamente a información sensorial interna. Siendo así, el presente estudio encontró evidencia que pone en duda los límites entre información sensorial interna y externa, más aún da elementos para explicar aspectos poco explorados y posiblemente definitorios en la conducta de navegación de personas con discapacidad visual, de quienes se reporta mejores desempeños en las formas de navegación por estimación y rutas (Cornoldi y otros, 2017; Schmidt y otros, 2013; Schinazi y otros, 2016; Bodily y otros, 2012; Almeida, Martins y Lima, 2015). En otras palabras, los desempeños reportados en la literatura para la población de personas con discapacidad visual, pueden ser mejor explicados si se tiene en cuenta la forma como se integran el tacto y las acciones corporales a la experiencia de navegación por estimación, que posiblemente sea el elemento que les permite mejores y más homogéneos desempeños.

Con respecto a las hipótesis 1 y 2, estas se rechazan dado que no se encontró evidencia que permitiera comparar ambas formas de navegación, al observar durante el experimento exclusivamente la navegación por estimación. No obstante, en la presente investigación los

hallazgos sobre la información geométrica y la integración de modalidades sensoriales externas al proceso de integración de patrones aportan evidencia a la discusión actual planteada por los premio nobel de fisiología 2014, quienes se cuestionan cómo ocurre la integración de la información sensorial recibida por el sistema nervioso en la codificación de mapas cognitivos, llevada a cabo por la formación hipocampal (Moser, Moser y McNaughton, 2017; Hartly, Lever, Burgess y O'keefe, 2013)

Frente al objetivo 2 se encontró evidencia sobre cómo ocurre el proceso de integración de patrones a partir de la información geométrica del espacio. El sistema de codificación de distancia/dirección del propio recorrido fue el mecanismo que las personas usaron para estimar el punto de origen y su dirección. La información del tamaño y de la forma no influyó de la misma manera en ambos grupos, así las personas con discapacidad visual podían integrar las variables principales del sistema de integración de patrones para responder de manera más precisa y homogénea en el experimento. Si bien las personas sin discapacidad visual podían utilizar este mismo sistema, su capacidad para desarrollarlo en el experimento era más limitada, porque no lograban integrar los aspectos de la forma y el tamaño eficientemente, arrojando mayor variabilidad en sus desempeños.

Con respecto a las hipótesis 3, se encontró que ambos grupos de personas se veían afectados por el tamaño del lugar, así la cantidad de información codificada en términos de distancia recorrida influyó en el proceso de construcción de representaciones egocéntricas de los participantes. Además, este hallazgo demostró que el tamaño del espacio no solo es información espacial a ser representada, sino a su vez un factor que interactúa con la forma del espacio, al menos en el proceso de navegación por estimación.

En el mismo sentido, se encontró que la forma del espacio en sus ángulos es información geométrica que afecta el proceso de integración de patrones, específicamente en el seguimiento que las personas hacían de las direcciones tomadas, no obstante, se rechaza la hipótesis 4 donde se esperaba que la igualdad de los ángulos sería el factor que importaba para codificar las direcciones tomadas, y fue la diferencia en los ángulos el aspecto que explicó los mejores desempeños de ambos grupos en los triángulos obtusos.

Finalmente, la conclusión sobre las diferencias entre personas con discapacidad visual y personas sin discapacidad visual va dirigida a la forma de navegación por estimación. Como bien se sostuvo a lo largo de la discusión, las personas con discapacidad visual mostraban mejores resultados para encontrar el punto de origen y estimar su dirección hacia el. Estos hallazgos nos muestran cómo las personas con discapacidad en ausencia de percepción visual, han desarrollado su capacidad para utilizar toda la información geométrica, táctil, kinestésico/ vestibular y de acciones de manera más eficiente que personas sin discapacidad visual que cuentan con el mismo sistema de integración de patrones. En este sentido, los resultados nos presentan que, si bien la navegación por estimación en la integración de patrones ocurre tanto en personas videntes como invidentes, son estos últimos quienes sacan más beneficio para desplazarse por el espacio en ausencia de información sonora y visual.

Con respecto a los alcances y limitaciones del estudio, la información sensorial vista a través del tacto y las acciones corporales necesita ser mejor estudiada para comprender cómo es representada por las personas en marcos de referencia espacial que guían la navegación. Principalmente porque hay poca evidencia en materia de navegación de este tipo, en ausencia de mapas, y es posible que la forma en que se operacionalizan estos sentidos en el diseño haya jugado un papel en la ausencia de una conducta de navegación por referentes en el experimento.

Ahora bien, con respecto a la representatividad de las características sociodemográficas de la muestra, se corrieron dos pruebas t para corroborar la homogeneidad del grupo experimental y del grupo control, en las cuales no se encontraron diferencias con respecto a la edad y años de escolaridad. De igual forma, se realizaron ANCOVAS para observar las interacciones de todas las variables sociodemográficas de las muestras con las variables independientes. Al respecto, solo se encontraron interacciones en la variable dependiente de error de estimación-orientación entre los factores de organización forma y años de escolaridad trabajados en rangos cada 5 años. Una posible interpretación es que tener un mayor número de años de escolaridad implica ganancias en el conocimiento formal sobre las propiedades geométricas, que podría explicar porque no habría diferencias entre personas con discapacidad visual y no discapacidad visual.

Por otra parte, la variable dependiente trayectoria recorrida no fue trabajada durante este experimento, dada la demanda de formación en matemática y complejidad de analizar cualitativamente 448 trayectorias recorridas por los participantes bajo los factores trabajados en este proyecto (Figura 10). La Figura muestra las trayectorias recorridas por los todos los participantes, donde se observa que los participantes con discapacidad visual tienen recorridos más homogéneos entre intentos para las condiciones de ausencia de objetos, mientras que los participantes sin discapacidad visual abarcan más espacio, tienen trayectorias más variadas y llegan puntos más distantes con respecto al punto de origen.

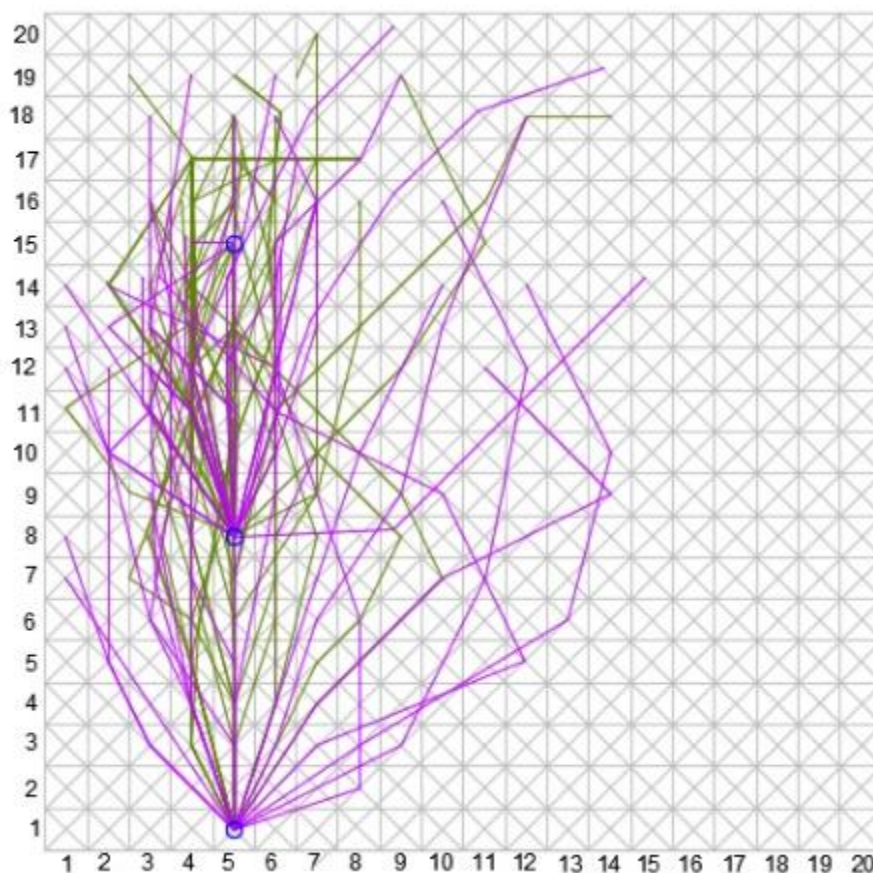


Figura 10. Recorrido en condiciones de ausencia de objetos

La figura 10, muestra el recorrido de los participantes para las condiciones de ausencia. La cuadrilla es una representación métrica del espacio del experimento a una escala de 25 cm por cada cuadrado. En el eje Y y eje X están plasmado los posibles puntos de recorrido de los participantes por trayectoria. Las circunferencias azules representan los puntos de origen y de retorno. Las líneas verdes representan los participantes con discapacidad visual, mientras que las moradas los participantes sin discapacidad visual.

En este sentido, se propone como un problema de investigación futuro abordar las trayectorias de las personas en este tipo de paradigma experimental, tomando en consideración las estrategias de

resolución que las personas adoptan y, principalmente, observar directamente el proceso de integración de patrones sobre el tiempo.

9. REFERENCIAS

- Aizawa, K. (2014) Extended cognition. *The Routledge handbook of embodied cognition*. Routledge. 31-39.
- Arnau, E., Estany, A., González del Solar, R., & Sturm, T. (2014). The extended cognition thesis: Its significance for the philosophy of (cognitive) science. *Philosophical Psychology*, 27(1), 1-18.
- Bodily, K. D., Daniel, T. A., & Sturz, B. R. (2012). The roles of beaconing and dead reckoning in human virtual navigation. *Learning and Motivation*, 43(1), 14-23.
- Bourne, R. R., Flaxman, S. R., Braithwaite, T., Cicinelli, M. V., Das, A., Jonas, J. B., ... & Naidoo, K. (2017). Magnitude, temporal trends, and projections of the global prevalence of blindness and distance and near vision impairment: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Global Health*, 5(9), e888-e897.
- Clark, A., & Chalmers, D. (1998). The extended mind. *analysis*, 58(1), 7-19.
- Cadavid, S., Beato, M. S., & Fernandez, Á. (2012). Falso reconocimiento en listas DRM con tres palabras críticas: Asociación directa vs. Inversa. *Psicológica*, 33(1).
- Chiesa, S., Schmidt, S., Tinti, C., & Cornoldi, C. (2017). Allocentric and contra-aligned spatial representations of a town environment in blind people. *Acta Psychologica*, 180, 8-15.
- Ceguera y discapacidad visual. (2018). Organización Mundial de la Salud: Organización Mundial de la Salud, ceguera y discapacidad visual (<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>).
- Chen, X., He, Q., Kelly, J. W., Fiete, I. R., & McNamara, T. P. (2015). Bias in human path integration is predicted by properties of grid cells. *Current Biology*, 25(13), 1771-1776.
- Cobo, A., Guerrón, N. E., Martín, C., del Pozo, F., & Serrano, J. J. (2017). Differences between blind people's cognitive maps after proximity and distant exploration of virtual environments. *Computers in Human Behavior*, 77, 294-308.
- Corbetta, P. (2003). *Social research: Theory, methods and techniques*. Sage.
- Schmidt, S., Tinti, C., Fantino, M., Mammarella, I. C., & Cornoldi, C. (2013). Spatial representations in blind people: The role of strategies and mobility skills. *Acta psychologica*, 142(1), 43-50.
- Collett, T. y Graham, P. (2010) The visually guided routes of ants. En *Spatial cognition, spatial perception: Mapping the self and space*. Cambridge, University press 117-151

- Collignon, O., & De Volder, A. G. (2009). Further evidence that congenitally blind participants react faster to auditory and tactile spatial targets. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 63(4), 287.
- Dawson, M (2014) Embedded and situated cognition. *The Routledge handbook of embodied cognition*. Routledge. 59-68
- Di Paolo, E. A., & Thompson, E. (2014). The enactive approach.
- de Bruin, L., & Michael, J. (2017). Prediction error minimization: Implications for embodied cognition and the extended mind hypothesis. *Brain and cognition*, 112, 58-63.
- Dolins, F. y Mitchell, R. (2010) Spatial cognition, spatial perception: Mapping the self and space. Cambridge, University press
- Frick, A., & Newcombe, N. S. (2012). Getting the big picture: Development of spatial scaling abilities. *Cognitive Development*, 27(3), 270-282.
- Garber, P. y Dolins, F. (2010) Examining spatial cognitive strategies in small-scale and large-scale in tamarin monkeys. En *Spatial cognition, spatial perception: Mapping the self and space*. Cambridge, University press
- Golledge, R. G., Jacobson, R. D., Kitchin, R., & Blades, M. (2000). Cognitive maps, spatial abilities, and human wayfinding. *Geographical review of Japan, Series B.*, 73(2), 93-104.
- Goldstein, E. (2010). *Cognitive psychology: Connecting mind, research and everyday experience*. Nelson Education.
- Congdon, E. L., Novack, M. A., & Goldin-Meadow, S. (2018). Gesture in experimental studies: How videotape technology can advance psychological theory. *Organizational Research Methods*, 21(2), 489-499.
- Hartley, T., Lever, C., Burgess, N., & O'Keefe, J. (2014). Space in the brain: how the hippocampal formation supports spatial cognition. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 369(1635), 20120510. Connecting mind, research and everyday experience. Nelson Education.
- Huang, Y., & Spelke, E. S. (2015). Core knowledge and the emergence of symbols: The case of maps. *Journal of Cognition and Development*, 16(1), 81-96.
- Havas, D. A., Glenberg, A. M., & Rinck, M. (2007). Emotion simulation during language comprehension. *Psychonomic bulletin & review*, 14(3), 436-441.
- Hegedus, S. (2013). Young children investigating advanced mathematical concepts with haptic technologies: Future design perspectives. *The Mathematics Enthusiast*, 10(1/2), 87.

- Hermer, L., & Spelke, E. (1996). Modularity and development: The case of spatial reorientation. *Cognition*, 61(3), 195-232.
- Hötting, K., & Röder, B. (2009). Auditory and auditory-tactile processing in congenitally blind humans. *Hearing research*, 258(1), 165-174.
- Kitchin, R. M. (1994). Cognitive maps: What are they and why study them?. *Journal of environmental psychology*, 14(1), 1-19.
- Lederman, S. J., & Klatzky, R. L. (1987). Hand movements: A window into haptic object recognition. *Cognitive psychology*, 19(3), 342-368.
- Lynch, K. (1960). *The image of the city* (Vol. 11). MIT press.
- Malafouris, L. (2013). *How things shape the mind*. MIT Press.
- Martins, L. B., & Lima, F. J. (2015). Analysis of Wayfinding Strategies of Blind People Using Tactile Maps. *Procedia Manufacturing*, 3, 6020-6027.
- Moser, E. I., Moser, M. B., & McNoughton, B. L. (2017). Spatial representation in the hippocampal formation: a history. *Nature neuroscience*, 20(11), 1448.
- Ministerio de salud: Informe discapacidad visual (2016). Ministerio de salud de Colombia.
- Meyer, B. D. (1995). Natural and quasi-experiments in economics. *Journal of business & economic statistics*, 13(2), 151-161.
- Nadel, L. (1990). Varieties of spatial cognition. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 608(1), 613-636.
- Newcombe, N., Huttenlocher, J., Drummey, A. B., & Wiley, J. G. (1998). The development of spatial location coding: Place learning and dead reckoning in the second and third years. *Cognitive Development*, 13(2), 185-200.
- Nilsson, M. E., & Schenkman, B. N. (2016). Blind people are more sensitive than sighted people to binaural sound-location cues, particularly inter-aural level differences. *Hearing research*, 332, 223-232.
- O'keefe, J., & Nadel, L. (1978). *The hippocampus as a cognitive map*. Oxford: Clarendon Press.
- Occelli, V., Spence, C., & Zampini, M. (2008). Audiotactile temporal order judgments in sighted and blind individuals. *Neuropsychologia*, 46(11), 2845-2850.
- Orozco, B., Puche, R., Millán, R., & Rojas, T. (2004). Inferencia, comprensión de textos narrativos y formación de herramientas científicas en niños con discapacidad visual. Santiago de Cali.

- Pasqualotto, A., Lam, J. S., & Proulx, M. J. (2013). Congenital blindness improves semantic and episodic memory. *Behavioural brain research*, 244, 162-165.
- Pigeon, C., & Marin-Lamellet, C. (2015). Evaluation of the attentional capacities and working memory of early and late blind persons. *Acta psychologica*, 155, 1-7.
- Pingel, T. J., & Schinazi, V. R. (2014). The relationship between scale and strategy in search-based wayfinding. *Cartographic Perspectives*, (77), 33-45.
- Poirier, C., Collignon, O., Scheiber, C., Renier, L., Vanlierde, A., Tranduy, D., ... & De Volder, A. G. (2006). Auditory motion perception activates visual motion areas in early blind subjects. *Neuroimage*, 31(1), 279-285.
- Raz, N., Striem, E., Pundak, G., Orlov, T., & Zohary, E. (2007). Superior serial memory in the blind: a case of cognitive compensatory adjustment. *Current Biology*, 17(13), 1129-1133.
- Sadato, N., Okada, T., Honda, M., & Yonekura, Y. (2002). Critical period for cross-modal plasticity in blind humans: a functional MRI study. *Neuroimage*, 16(2), 389-400. ISO 690
- Sathian, K., & Stilla, R. (2010). Cross-modal plasticity of tactile perception in blindness. *Restorative neurology and neuroscience*, 28(2), 271-281. ISO 690
- Schinazi, V. R., Thrash, T., & Chebat, D. R. (2016). Spatial navigation by congenitally blind individuals. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 7(1), 37-58.
- Schmidt, S., Tinti, C., Fantino, M., Mammarella, I. C., & Cornoldi, C. (2013). Spatial representations in blind people: The role of strategies and mobility skills. *Acta psychologica*, 142(1), 43-50.
- Tolman, E. C. (1948). Cognitive maps in rats and men. *Psychological review*, 55(4), 189.
- Wang, R. F., & Spelke, E. S. (2000). Updating egocentric representations in human navigation. *Cognition*, 77(3), 215-250.
- Wolbers, T., & Wiener, J. M. (2014). Challenges for identifying the neural mechanisms that support spatial navigation: the impact of spatial scale. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 571.
- Withagen, A., Kappers, A. M., Vervloed, M. P., Knoors, H., & Verhoeven, L. (2012). Haptic object matching by blind and sighted adults and children. *Acta psychologica*, 139(2), 261-271. ISO 690
- Wolbers, T., & Wiener, J. M. (2014). Challenges for identifying the neural mechanisms that support spatial navigation: the impact of spatial scale. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 8.
- Xiao, C., Mou, W., & McNamara, T. P. (2009). Use of self-to-object and object-to-object spatial relations in locomotion. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35(5), 1137.

Xu, Y., Regier, T., & Newcombe, N. S. (2017). An adaptive cue combination model of human spatial reorientation. *Cognition*, 163, 56-66.