



Master Oficial en Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en la Ingeniería

Universidad de las Palmas de Gran Canaria

Trabajo para la asignatura: Sistemas autónomos inteligentes

Métodos de navegación local: Una comparación entre el algoritmo VFH y ND

Autor: Sergio Marrero Marrero

Tutor de la asignatura:
Antonio Carlos Domínguez Brito

Índice

1. Introducción	2
2. Objetivos y desarrollo	2
3. Análisis de los distintos parámetros	2
3.1. Parámetros para VFH+	2
3.2. ND+	3
4. Experimentación	3
4.1. Presentación de las imágenes	3
4.2. Experimento 1: Escenario 1 con valores por defecto	4
4.2.1. Experimento 1. Algoritmo ND	4
4.2.2. Experimento 1. Algoritmo VFH	4
4.2.3. Conclusiones	5
4.3. Experimento 2: Escenario 1 variando el parámetro de distancia de seguridad . .	9
4.3.1. Experimento 2. Algoritmo ND	9
4.3.2. Experimento 2. Algoritmo VFH	9
4.3.3. Conclusiones	10
4.4. Experimento 3: Escenario 2 variando el parámetro velocidad máxima traslacional	14
4.4.1. Experimento 2. Algoritmo ND	14
4.4.2. Experimento 2. Algoritmo VFH	14
4.4.3. Conclusiones	14
4.4.4. ND	15
4.4.5. VFH	17
5. Conclusiones	19

1. Introducción

El contexto de este documento es la asignatura Sistemas Autónomos Inteligentes del Máster Oficial de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería (SIANI)(año académico 2015/2016). En este documento se lleva a cabo una comparativa entre los algoritmos de evitación de obstáculos ND y VFH.

2. Objetivos y desarrollo

Se trata de realizar un estudio práctico comparativo de los algoritmos de evitación de obstáculos VFH+ y ND+. Para ello se utilizará las implementaciones de los algoritmos de evitación de obstáculos VFH+ y ND+ incluidas en el proyecto Player/Stage. Se deberán comparar ambas implementaciones utilizando el entorno simulado proporcionado por el fichero *everything.cfg* también incluido en la distribución de Player/Stage, para realizar dicho estudio. En los ficheros *vfh.cfg* y *nd.cfg* encontrará un ejemplo de como incluir cada uno de los algoritmos de evitación para su uso en un entorno simulado en Stage con objeto de utilizarlos en *everything.cfg*.

Se deberán realizar las siguientes tareas:

1. Configurar ambos algoritmos con objeto de buscar el mejor comportamiento en la navegación, para ello verifique qué parámetros es posible configurar para cada uno de los métodos en el driver correspondiente en que está implementado en Player/Stage. Esta información está disponible en la web del proyecto Player/Stage.
2. Trate de normalizar las pruebas de ambos algoritmos con objeto de sentar las bases de una comparativa *justa* entre ambos algoritmos, con la finalidad de grabar las trayectorias seguidas durante la evitación de obstáculos, al salvar en un log las sesiones de simulación durante las pruebas.
3. Con objeto de comparar y estudiar el comportamiento de cada algoritmo, realice una representación en el tiempo de las velocidades comandadas y las aceleraciones, así como la distancia a los obstáculos más cercanos. ¿Qué conclusiones obtiene?. Descríbalas y argumentelas.

3. Análisis de los distintos parámetros

Para ambos algoritmos se da una serie de recomendaciones acerca de los parámetros que se deberían manipular. Se tratará brevemente sobre este aspecto a continuación:

3.1. Parámetros para VFH+

Se recomienda utilizar los parámetros por defecto y en todo caso experimentar con los siguientes:

- *safety_dist_0ms*: Este parámetro determina lo que podrá acercarse el robot a un obstáculo mientras esta girando (alrededor de una esquina, por ejemplo). Por defecto: 0,1 m
- *free_space_cutoff_0ms* : Este parámetro determina lo que podrá acercarse el robot a un obstáculo en la dirección del movimiento, antes de comenzar a ejecutar órdenes orientadas a evitarlo. Por defecto: 2000000,0 (adimensional) . Se debe tener en cuenta que cuanto mayor es su valor, mas se acerca el robot al obstáculo antes de comenzar a evitarlo.

- *max_speed* : Máxima velocidad permitida para el robot. Por defecto: 0,2 m/s
- *max_turnrate_0ms* : Máxima velocidad de giro permitida para el robot cuando sólo gira. Por defecto: 40 deg/sec
- *max_turnrate_1ms* : Máxima velocidad de giro permitida para el robot cuando se desplaza a 1m/s. Por defecto: idéntica *amax_turnrate_1ms*

3.2. ND+

Se recomienda utilizar los parámetros por defecto en Player/Stage. En todo caso experimentar con:

- *avoid_dist*: Parámetro a la que comienza la evitación de obstáculos. Por defecto: 0,5m
- *safety_dist*: Parámetro que incorpora una distancia adicional alrededor del robot. Por defecto: 0,0m
- *max_speed*: Máxima velocidad tanto traslacional como rotacional permitida para el robot. Por defecto: [0,3 45,0] (*m/sdeg/s*)
- *min_speed*: Mínima velocidad tanto traslacional como rotacional permitida para el robot. Por defecto: [0,05 10,0] (*m/sdeg/s*)

4. Experimentación

Se realizaron tres experimentos diferentes. En el primero se planteo un recorrido utilizando los parámetros por defecto. En el segundo, utilizando el mismo escenario, se varió el valor de *safety_dist* para ambos algoritmos. Finalmente se prueba en un escenario nuevo un aumento de la velocidad máxima admitida.

4.1. Presentación de las imágenes

Debido a que todos los experimentos se presentan de manera idéntica, se presentará a continuación el experimento número uno para el algoritmo ND. El resto de experimentos obedecen al mismo formato.

En la Figura 1 se observa la trayectoria seguida por el sistema autónomo utilizando un algoritmo de evitación de obstáculos ND. Se observa que consigue llegar al objetivo sin dificultades.

En la Figura 2 se observa un diagrama de la distancia más cercana al robot. El eje de ordenadas está expresado en metros y el eje de abscisas representa al tiempo. Se debe tener en cuenta que las unidades para el tiempo son las distintas captaciones de información que estaban programadas en el robot. Debido a que esto es constante para todos los experimentos, no se consideró necesario hacer las conversiones pertinentes a segundos.

La Figura 3 monitoriza el módulo de la velocidad traslacional experimentada por el vehículo autónomo (subfigura superior). El eje de ordenadas está en *m/s* y el de abscisas el tiempo (idéntico al explicado arriba). La subimagen inferior muestra el módulo de la aceleración. El eje de ordenadas viene expresado en *m/s²*.

La Figura 4 monitoriza el módulo de la velocidad angular comandada a los motores (subfigura superior). El eje de ordenadas está en *deg/s* y el de abscisas el tiempo (idéntico al explicado arriba). La imagen inferior muestra la aceleración angular. El eje de ordenadas viene expresado en *deg/s²*.

4.2. Experimento 1: Escenario 1 con valores por defecto

Se utiliza como escenario el mostrado en la figura 1. El recorrido que se propone comienza en lado izquierdo del pasillo central de la habitación, (posición de START) hasta la altura de la sexta habitación comenzando a contar por la izquierda. A lo largo del camino se han colocado tres obstáculos diferentes, que tendrán que ser sorteados por robot. Los obstáculos están colocados de menor a mayor dificultad, con el ánimo de comprobar diferentes comportamientos del robot.

4.2.1. Experimento 1. Algoritmo ND

- Se observaron buenos resultados utilizando este algoritmo.
- Se observa en la Figura 2 que la distancia mínima a la que se llega a percibir un objeto es inferior a 0,5 m. No se observan oscilaciones bruscas en esta gráfica, siendo esto un indicador de que no hay vibraciones impertinentes.
- Se observan unos diagramas cinemáticos bastante suaves y con pocas oscilaciones. Lo cual indica un camino sin vibraciones.
- El momento de mayor dificultad (obstáculo 3, posición de abscisa en el intervalo [300, 500].) es sobrepasado con éxito. Esta conclusión se extrae de lo siguiente:
 - Observando la figura 3 (en el entorno mencionado) se aprecia una disminución bastante suave de la velocidad traslacional, sin vibraciones y sin llegar nunca a detener el movimiento. La aceleración se mantiene en valores bajos.
 - Observando la figura 4 en el intervalo mencionado se observa un aumento de la velocidad angular, sin vibraciones. La aceleración angular se mantiene en valores bajos.

4.2.2. Experimento 1. Algoritmo VFH

- Se observaron buenos resultados en los primeros dos obstáculos y no tan buenos resultados en el último obstáculo.
- Se observa en la Figura 6 que la distancia mínima a la que se llega a percibir un objeto es inferior a 0,5m. En el intervalo mencionado anteriormente, se observan vibraciones, indicando esto cierta confusión a la hora de establecer un rumbo al GOAL.
- Se observan unos diagramas cinemáticos bastante suaves al principio, de hecho prácticamente a velocidad máxima constante. A diferencia del ND, en el cual se percibieron ciertas correcciones en la velocidad en este no pareció mostrar sensibilidad cinemática a la hora de esquivar los obstáculos 1 y 2.
- En el tercer obstáculo intervalo [300, 500].) el robot diferencial tuvo serias dificultades para llegar el objetivo. Esta conclusión se extrae de lo siguiente:
 - Observando la figura 3 en el entorno mencionado se observa una disminución de la velocidad lineal, acompañada esta de excesivas vibraciones. La aceleración se mantiene en valores bajos pero con vibraciones.
 - Observando la figura 4 en el intervalo mencionado se observa un aumento de la velocidad angular, también acompañada esta de excesivas vibraciones. La aceleración angular asciende a valores bastante altos (en comparación con el ND).

4.2.3. Conclusiones

Ambos algoritmo consiguen llegar al GOAL propuesto. Sin embargo, después de analizar las gráficas se observa que el algoritmo ND consigue llegar al objetivo GOAL con mayor eficacia.

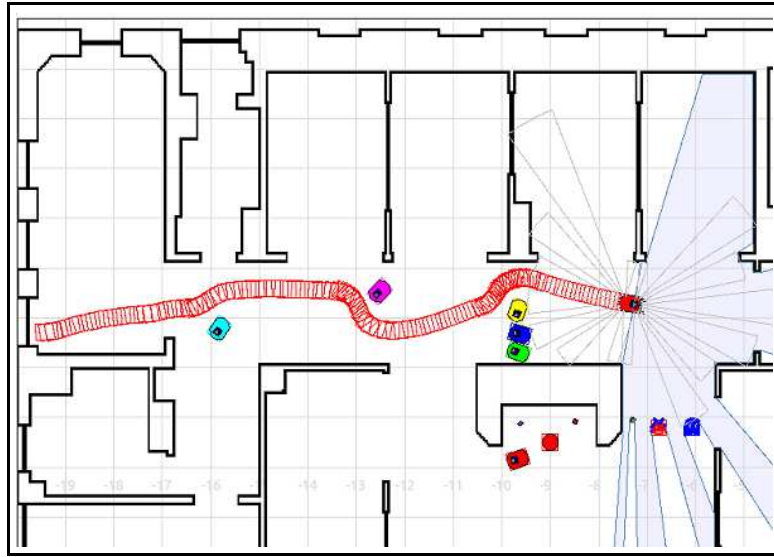


Figura 1: Escenario y trayectoria del experimento 1 con algoritmo ND

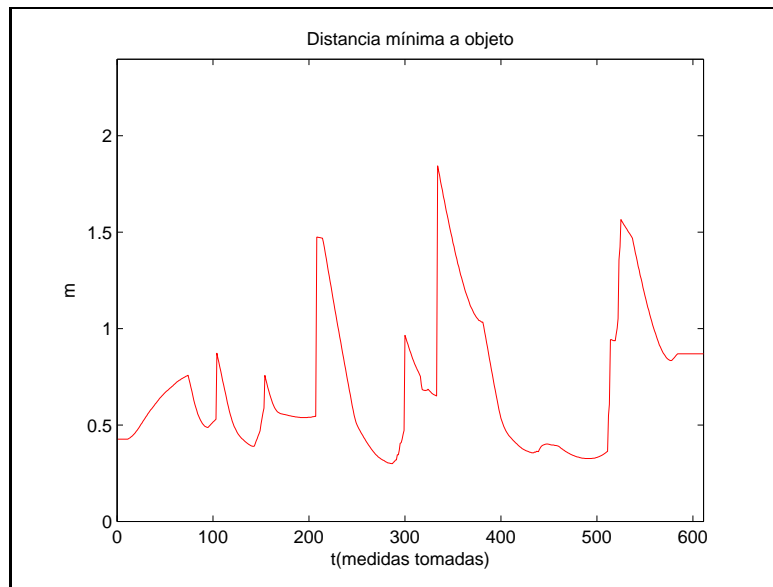


Figura 2: Distancia mínima a objetos detectadas a lo largo del recorrido. Algoritmo ND con valores por defecto

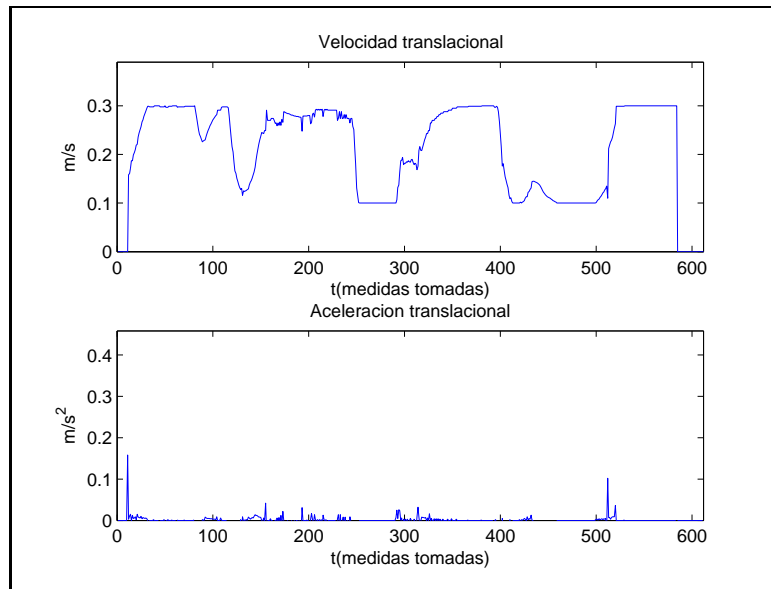


Figura 3: Velocidad y aceleración de traslación experimentadas en el robot usando el algoritmo ND con valores por defecto

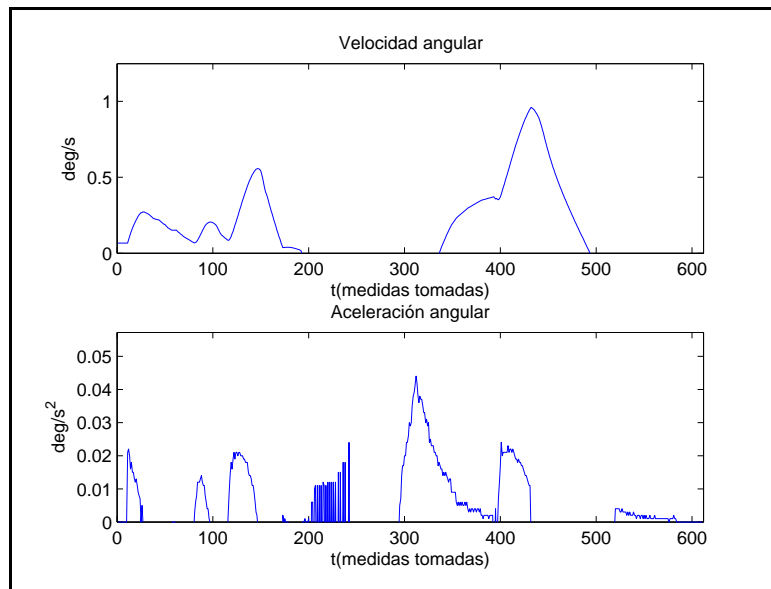


Figura 4: Velocidad y aceleración angular experimentadas en el robot usando el algoritmo ND con valores por defecto

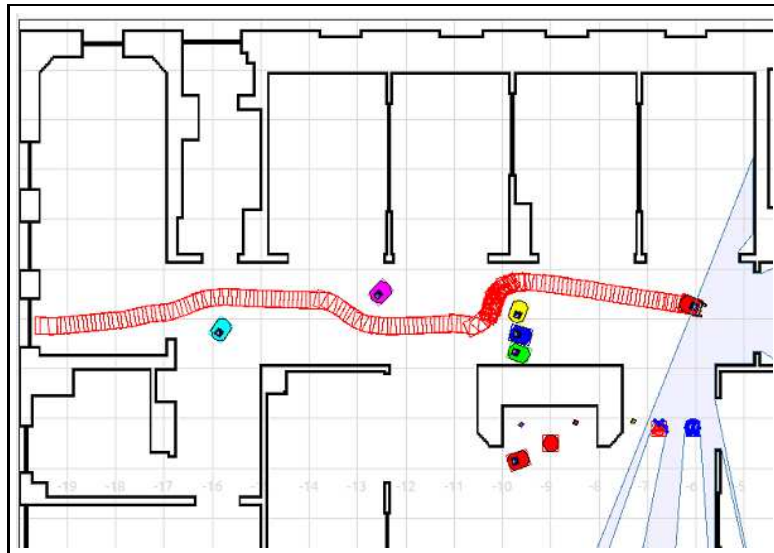


Figura 5: Escenario y trayectoria del experimento 1 con algoritmo VFH

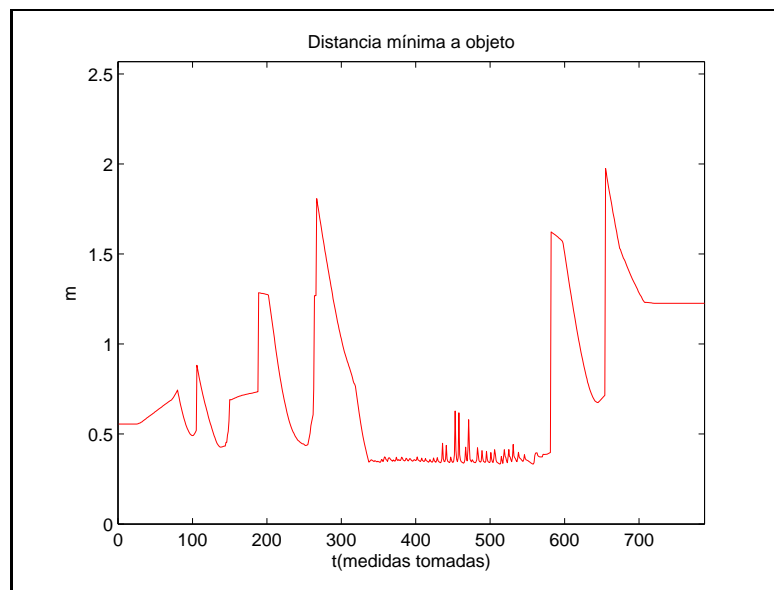


Figura 6: Distancia mínima a objetos detectadas a lo largo del recorrido. Algoritmo VFH con valores por defecto

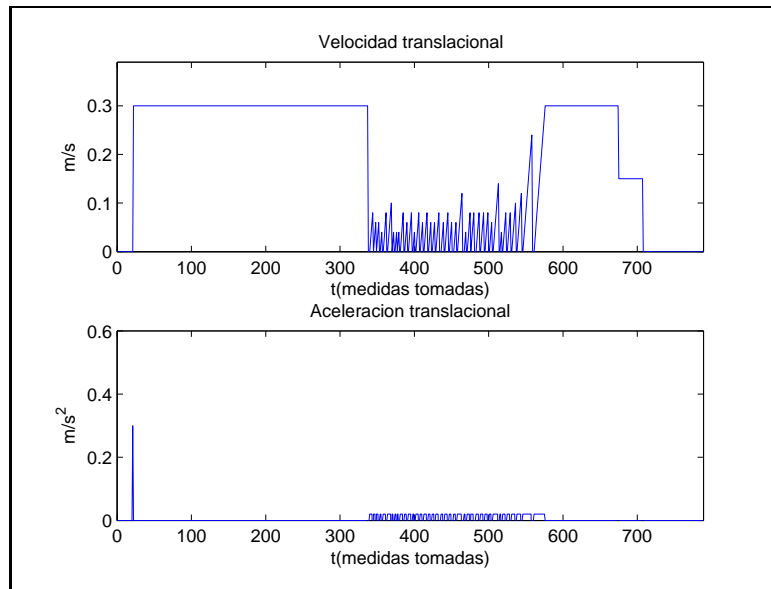


Figura 7: Velocidad y aceleración de traslación experimentadas en el robot usando el algoritmo VFH con valores por defecto

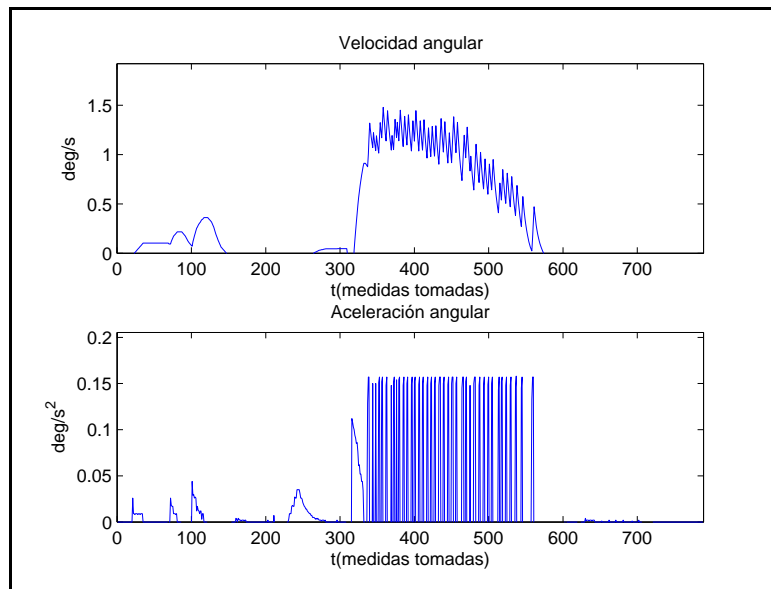


Figura 8: Velocidad y aceleración angular experimentadas en el robot usando el algoritmo ND con valores por defecto

4.3. Experimento 2: Escenario 1 variando el parámetro de distancia de seguridad

Se utiliza como escenario el mismo que en el experimento anterior. El recorrido que se propone es el mismo, con los mismo obstáculos. Se propone ahora hacer el siguiente cambio en los parámetros.

- Algoritmo VFH: Por defecto: $\text{safety_dist}=0.1\text{m}$. Se cambia a $\text{safety_dist}=0,2\text{ m}$
- Algoritmo ND: Por defecto: $\text{safety_dist}=0,0\text{ m}$. Se cambia a $\text{safety_dist}=0,2\text{ m}$

También se probaron otros valores, pero estos resultaron lo más interesantes de analizar.

4.3.1. Experimento 2. Algoritmo ND

- Se observaron buenos resultados utilizando este algoritmo, pero los resultados son algo peores que en la prueba anterior.
- Se observa en la Figura 10 que la distancia mínima a la que se llega a percibir un objeto es inferior a $0,5\text{m}$. No se observan oscilaciones bruscas.
- Se observan unos resultados bastante peores que con los parámetros por defecto. El robot está sometido a más vibraciones.
- El momento de mayor dificultad (obstáculo 3, posición de abscisa en el intervalo $[300, 500]$.) es sobrepasado con algunos sobresaltos. Esta conclusión se extrae de lo siguiente:
 - Observando la figura 11 en el entorno mencionado se observa una disminución que la velocidad llega a alcanzar el valor de cero, es decir, el robot necesita pararse para corregir su posición.
- Observando la figura 12 en el intervalo mencionado se observa un aumento de la velocidad angular, sin vibraciones. En el momento en el que la velocidad angular llega al máximo, coincide con el momento en el que la velocidad lineal llega a cero. Las aceleraciones angulares se mantienen en valores razonables. No se perciben vibraciones ni una mala cinemática angular.

4.3.2. Experimento 2. Algoritmo VFH

- No se consiguió llegar al objetivo propuesto. El primer obstáculo es esquivado sin dificultad. En el segundo obstáculo no es capaz de encontrar un camino y desvía su dirección hacia la habitación superior, quedan atrapado en esta. Cabe decir que se le dejó suficiente tiempo para retomar la ruta, sin embargo no supo restablecer el camino.
- Se observa en la Figura 14 que la distancia mínima a la que se llega a percibir un objeto es inferior a $0,5\text{m}$. El diagrama está plagado de oscilaciones, significando indecisión a la hora de establecer la ruta.
- Se observan golpes bruscos en esta gráfica. Esto indica que el algoritmo queda atrapado entre una tendencia a establecer la ruta hacia el objetivo y por otro lado, una incapacidad de sortear un obstáculo, el cual, al interponerse entre el y la ruta, provoca una reacción en el sentido contrario. Debe tenerse en cuenta que la principal característica de este experimento es que se ha aumentado la zona de seguridad del robot, provocando que se disparen reacciones de evitación prematuramente.

- Como es de esperar, los diagramas cinemáticos, tanto lineal como angular, muestran numerosas oscilaciones.

4.3.3. Conclusiones

Solamente el algoritmo ND consigue llegar al objetivo. Aunque los resultados que se obtuvieron fueron peores que los anteriores, el robot supo sortear eficientemente los obstáculos y llegar a GOAL. El algoritmo VFH no consigue llegar al objetivo planteado. Se extrae como conclusión de este apartado que ND vuelve a presentar mejores resultados que VFH.

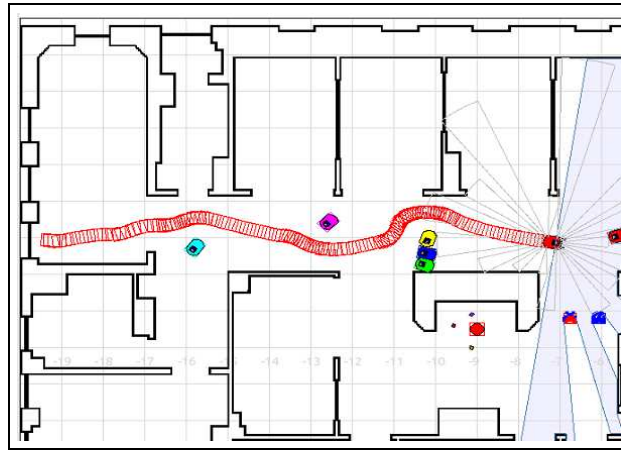


Figura 9: Escenario y trayectoria del experimento 2 con algoritmo ND

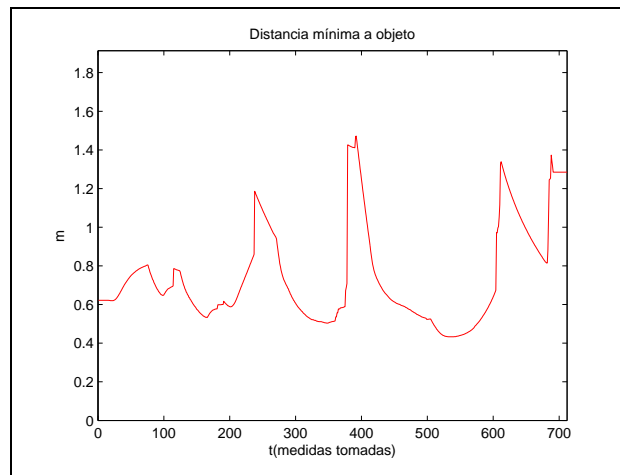


Figura 10: Distancia mínima a objetos detectados a lo largo del recorrido en el experimento 2. Algoritmo ND

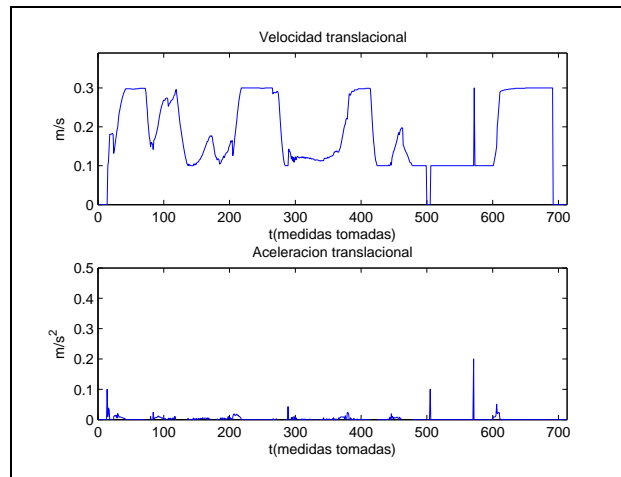


Figura 11: Velocidad y aceleración de traslación del experimento 2 usando el algoritmo ND

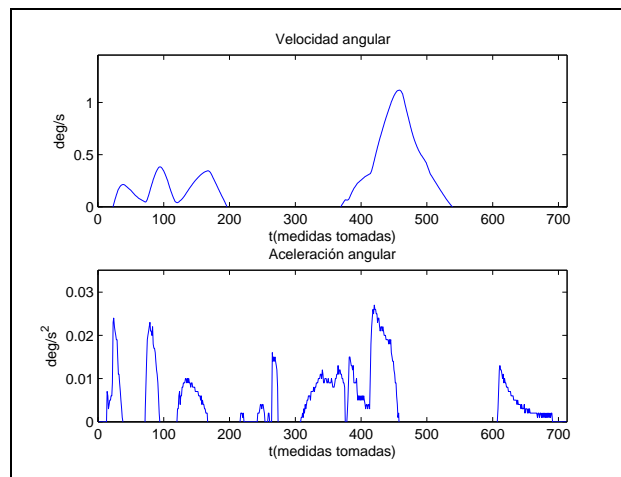


Figura 12: Velocidad y aceleración angular del experimento 2 usando el algoritmo ND

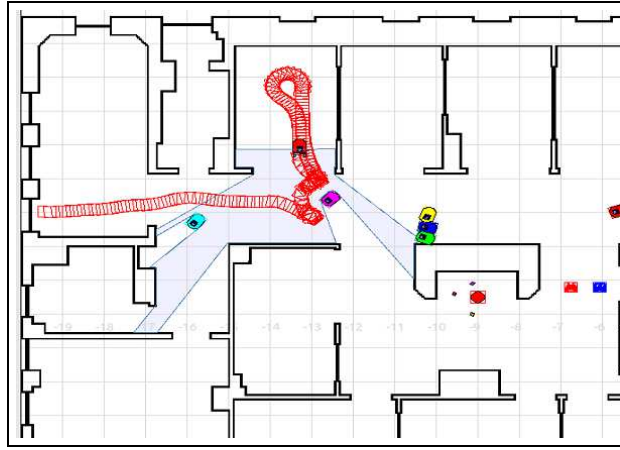


Figura 13: Escenario y trayectoria del experimento 2 con algoritmo VFH

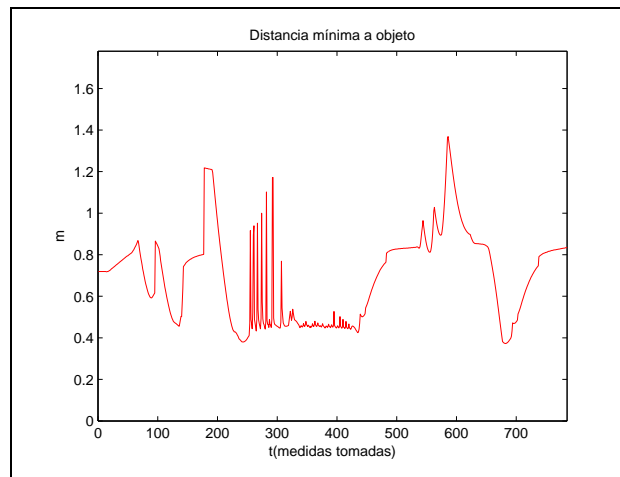


Figura 14: Distancia mínima a objetos detectados a lo largo del recorrido en el experimento 2. Algoritmo VFH

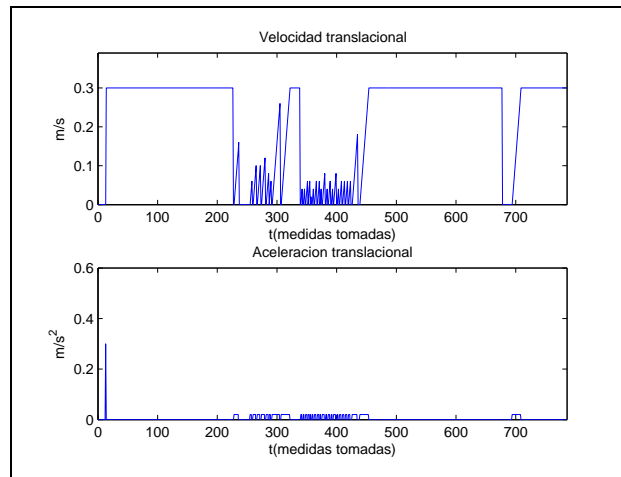


Figura 15: Velocidad y aceleración de traslación del experimento 2 usando el algoritmo VFH

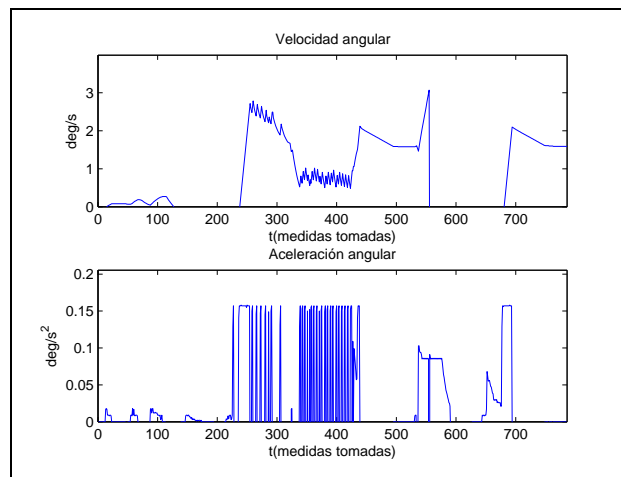


Figura 16: Velocidad y aceleración angular del experimento 2 usando el algoritmo VFH

4.4. Experimento 3: Escenario 2 variando el parámetro velocidad máxima traslacional

Se quiere probar en este experimento la cinemática del robot cuando se establece como velocidad máxima un valor que aproximadamente triplica al que viene por defecto. Se pasa de 0,3 m/s a 1m/s. Para ello se ha cambiado el escenario, tal y como muestra la Figura 18.

4.4.1. Experimento 3. Algoritmo ND

- Se observaron buenos resultados utilizando este algoritmo. El robot pudo alcanzar la velocidad máxima en las zonas en las que no había obstáculos y disminuir esta misma en las zonas en las que había estrechamientos.
- Se observa en la Figura 18 que la distancia mínima a la que se llega a percibir un objeto es inferior a 0,4m. Además no se perciben oscilaciones. Indicador de que el robot es capaz de establecer un rumbo certero.
- Las Figuras 19 y 20 respaldan el primer item.

4.4.2. Experimento 3. Algoritmo VFH

- Se consiguió llegar al objetivo, pero con ciertas dificultades. En la Figura 21 se observan serias dificultades a la hora de sobrepasar el segundo obstáculo.
- Se observa en la Figura 14 que la distancia mínima a la que se llega a percibir un objeto es inferior a 0,5m. En este caso hay algunas oscilaciones, indicando dificultades para establecer un rumbo certero.
- Las dificultades mostradas en las Figuras 24 y 23 están relacionadas con el obstáculo dos.

4.4.3. Conclusiones

Ambos algoritmos resuelve el problema planteado. Sin embargo el algoritmo ND no muestra dificultades, sino mas bien todo lo contrario. El algoritmo VFH muestra serias dificultades para llegar al objetivo.

4.4.4. ND

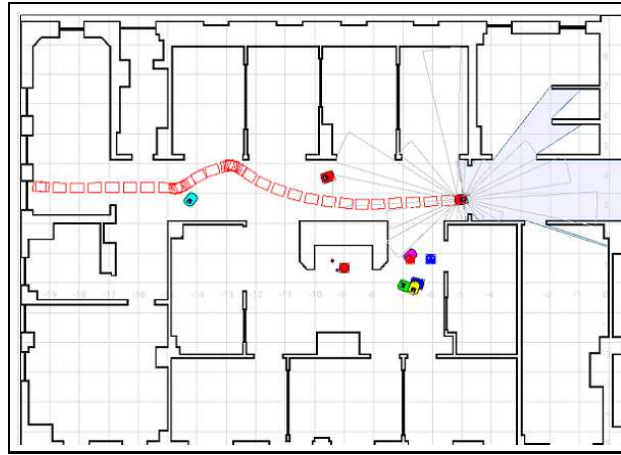


Figura 17: Escenario y trayectoria del experimento 3 con algoritmo ND

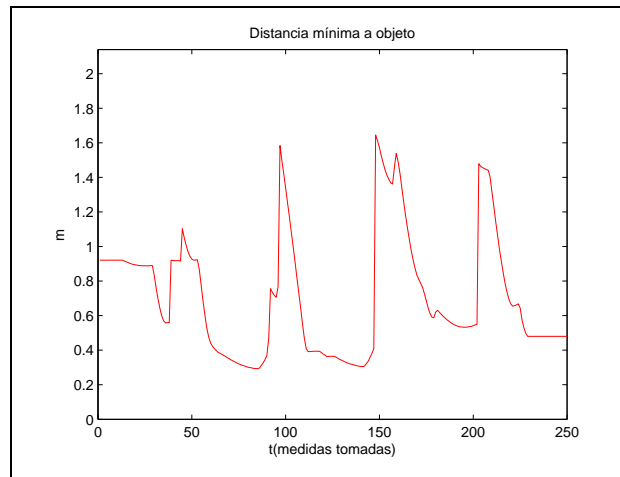


Figura 18: Distancia mínima a objetos detectados a lo largo del recorrido en el experimento 3. Algoritmo ND

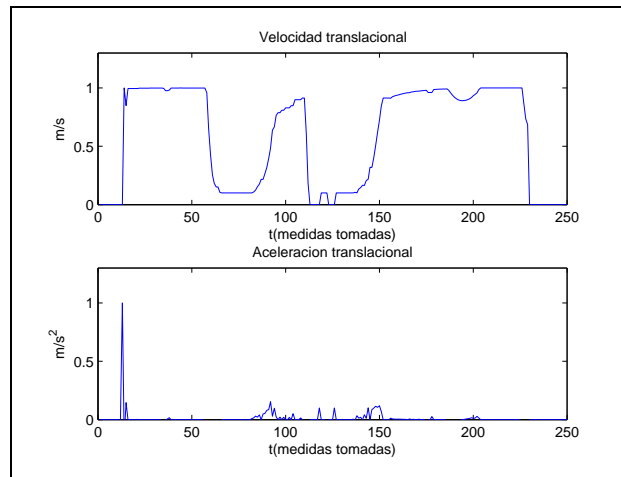


Figura 19: Velocidad y aceleración de traslación del experimento 3 usando el algoritmo ND

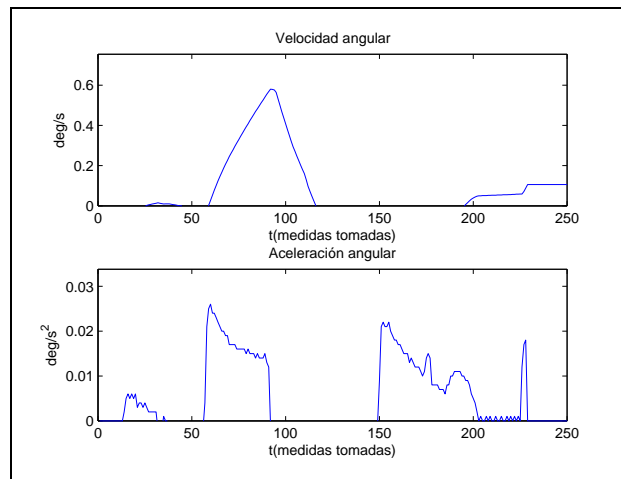


Figura 20: Velocidad y aceleración angular del experimento 3 usando el algoritmo ND

4.4.5. VFH

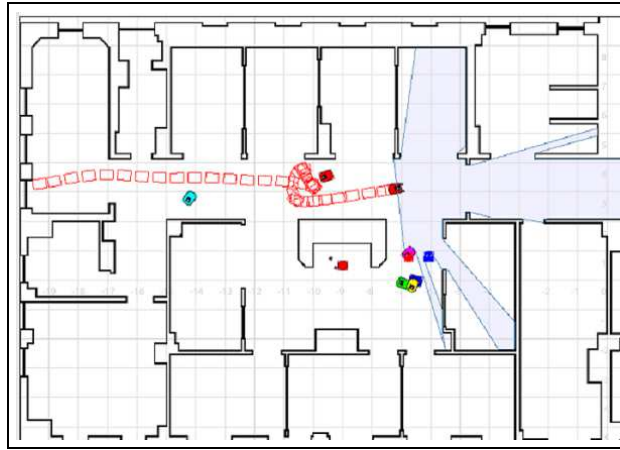


Figura 21: Escenario y trayectoria del experimento 3 con algoritmo VFH

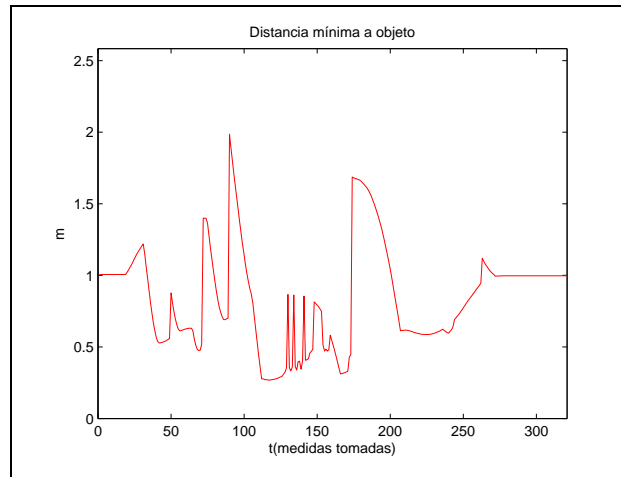


Figura 22: Distancia mínima a objetos detectados a lo largo del recorrido en el experimento 3. Algoritmo VFH

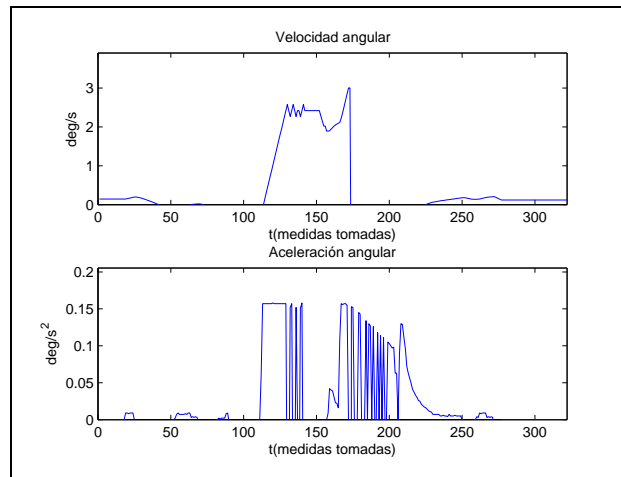


Figura 23: Velocidad y aceleración de traslación del experimento 3 usando el algoritmo VFH

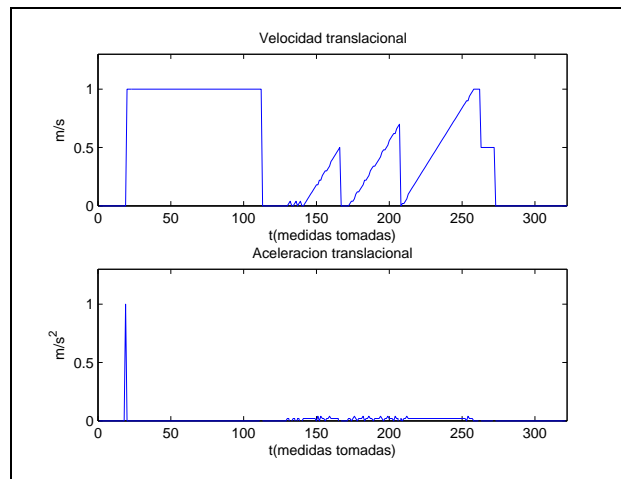


Figura 24: Velocidad y aceleración angular del experimento 3 usando el algoritmo VFH

5. Conclusiones

El principal objetivo del experimento consistió en comparar de una forma justa el rendimiento de los algoritmos VFH y ND. Para ello se probaron distintos valores de sus parámetros y se compararon en el mismo escenario. En todos los caso se consiguieron mejores resultados utilizando el algoritmo ND. Por otro lado, aunque esto dependa mucho del escenario, los valores por defecto generaban mejores resultados.