

## Capítulo 6

# Conclusiones y trabajo futuro

El modelo y la estrategia de resolución que se ha seguido en este proyecto suponían que el vehículo se encontraba en una situación desfavorable, con impulso en una única dirección. Entonces, puede entenderse el modelo como la solución a una emergencia en una situación más común. Se ha visto como es posible encontrar soluciones de consumo mínimo que satisfagan las restricciones.

El estudio paramétrico y de los distintos modelos realizado permite profundizar en el conocimiento sobre la forma de funcionar del método. En la práctica, siempre se empleará la filosofía de horizonte deslizante ya que conlleva una serie de ventajas que no se han visto en este proyecto. El horizonte deslizante permite garantizar la estabilidad además de suponer un planteamiento más general que puede ser útil para adaptarse a distintas situaciones o problemas que puedan surgir.

Los resultados que se han ido comentando a lo largo del proyecto dan lugar a nuevas ideas o correcciones que se pueden hacer sobre lo descrito en este documento.

### **Sobre la velocidad de giro de las ruedas de reacción.**

No se ha considerado ninguna limitación sobre este parámetro. En general, la velocidad de giro de cada rueda vendrá limitada de modo que  $|\dot{\varphi}| \leq \dot{\varphi}_{max}$ . Dentro del propósito de este proyecto no era necesario considerar tal limitación, pero a la hora de una aplicación real puede ser apropiado tenerla en cuenta.

### **Sobre el máximo impulso disponible**

Al formular el modelo se habló de que los impulsos debían estar comprendidos entre un valor máximo y un mínimo  $u_{min} \leq u_k \leq u_{max}$ . Sin embargo, en este proyecto se ha aplicado dicha restricción a cada componente del impulso, no

al impulso resultante. Esto conlleva una diferencia entre lo que se quiere hacer y lo que se está haciendo realmente. El modelado correcto implicaría la aparición de unas restricciones no lineales. No obstante, al observar los resultados se puede ver que en general, la restricción propuesta también se cumplirá para el impulso resultante.

Teniendo en cuenta esto último, una forma sencilla de subsanar este aspecto podría consistir en añadir una saturación a la señal de control.

### **Observación y estimación del vector de estados**

En todo momento se ha considerado que el vector de estados era conocido. Si únicamente se pueden efectuar medidas sobre algunas componentes del vector de estados, será necesario reconstruirlo mediante un estimador de estados.

### **Perfeccionar el modelo de perturbaciones**

Por lo que se ha visto, las perturbaciones tienen una gran influencia en la solución. En este proyecto se han supuesto unas perturbaciones muy desfavorables. Para disponer de un modelo más preciso, parece razonable que la línea a seguir deba ser mejorar el tratamiento de las perturbaciones. Ya sea mejorando la predicción que se hace de ellas o bien incluyendo un modelo para calcularlas, como podría ser la curva de funcionamiento de los motores.

### **Optimización de los algoritmos**

Aunque en principio el tiempo de cálculo no supone un problema, al aplicar la extensión de la norma L1, este tiempo se ha visto incrementado en gran medida. Por ello, en virtud de futuras mejoras que también aumenten el tiempo de cálculo, puede ser necesario seguir esta línea de trabajo.

### **Problema de giro óptimo**

El tratamiento de optimización se limita al control de trayectoria. Sobre el control de actitud se ha impuesto simplemente que tenga un funcionamiento razonablemente bueno. Sin embargo, no se está considerando el coste de dichas maniobras.

Seguir una trayectoria no óptima pero que requiera menos maniobras de orientación puede conllevar un consumo total menor. Para ello sería necesario tratar desde una formulación óptima el problema de la orientación.

## Dinámica rotacional del vehículo objetivo

Este es un factor que puede ser muy relevante en la maniobra de rendezvous. Especialmente si el vehículo objetivo juega un papel activo o parcialmente activo. En este caso, una correcta coordinación podría permitir relajar las restricciones de visibilidad impuestas.

## Modelo para órbitas elípticas y otras causas perturbadoras

Otra conclusión que los resultados han puesto de manifiesto es que, aunque el modelo funciona para órbitas elípticas, el aumento del consumo es notable. Este aspecto podría mejorarse mediante el estimador de perturbaciones; sin embargo, dado que la dinámica de una órbita elíptica es conocida, sería razonable construir un modelo para ello. [15]

La principal consecuencia de este modelo sería que las matrices A y B que describen la dinámica del sistema dependerán del tiempo. Con este modelo el efecto de la excentricidad ya no será una perturbación y por tanto los resultados serán mucho más precisos.

Cabe recordar que mientras la excentricidad sea pequeña ( $e \leq 0,1$ ) el modelo propuesto funciona bien y no sería necesario considerar la órbita como elíptica.

En cuanto al resto de causas, aunque pudiera ser más o menos sencillo modelarlas, es un esfuerzo que no merece la pena porque su influencia será realmente pequeña [7].

## Inicio de maniobras en la región no admisible

Se mostró durante las simulaciones que cuando el punto de inicio está fuera de la región admisible, la solución trata en primer lugar de entrar en la región para después continuar hacia el objetivo. Es necesario comentar 2 aspectos al respecto.

En primer lugar, el modelo propuesto no evita las colisiones en este supuesto. Esta sería sin duda una mejora interesante para el modelo, para la que habría que establecer los criterios apropiados para la reentrada en la región admisible.

En segundo lugar, el carácter de la solución de entrar en la región admisible es propio del algoritmo de resolución empleado. En este caso se ha empleado el comando *quadprog* de Matlab. Emplear otros algoritmos de resolución puede constituir otra línea de trabajo.

## Seguridad en caso de fallo total de impulso

La solución propuesta en este proyecto supone que se ha producido un fallo catastrófico de impulso en el vehículo perseguidor para tratar de llevarlo a su

objetivo. Según se comentó en el Capítulo 1, la norma exige que no se produzca impacto en ningún caso. Al margen del razonamiento seguido en dicho capítulo, cabe la posibilidad de reformular el problema suponiendo que es posible el fallo del último impulsor.[4]