



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA
PLATAFORMA DE TEST PARA
ALGORITMOS DE GUIADO AUTÓNOMO
PARA VEHÍCULOS TERRESTRES

MEMORIA

TFG PRESENTADO POR DANIEL LAMCHAHHEM AMARO

GRADO DE INGENIERÍA AEROSPACIAL

TUTOR: SERGIO GARCÍA-NIETO RODRÍGUEZ

2018

Departamento de Ingeniería de sistemas y automática



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Agradecimientos

Tanto la carrera como por consecuente, este trabajo, no habría sido posible sin el apoyo moral de la gente que a continuación va a ser nombrada.

Primeramente, como pilar fundamental de todos los objetivos conseguidos hasta ahora, tanto académicos, deportivos como personales, incluyo en los agradecimientos de este trabajo final de grado a mi padre Jose y a mi madre Susana. Ellos dos me han apoyado en todos los momentos de mi vida, cuando todo era fácil y más difícil todavía, cuando parecía imposible salir de esa situación, desde que nací hasta estos cuatro años que he estado viviendo prácticamente de forma independiente.

No hay que olvidar al pequeño de la casa, mi hermano Rubén, que aunque peleemos es mi gran amor en esta vida. Cabe destacar también la fuerza que me ha dado mi familia en general y los buenos momentos que hemos pasado juntos, sobre todo después de los malos momentos que se han superado. En particular a mis primas Cristina y Loli (a sus peques también obviamente), al Garry, a mi tita Loli por su amor incondicional para todos, a su marido Joaquín y a mis tíos Gloria y Miguel.

Tengo que nombrar también a mis amigos, a los nuevos, a los de siempre, a los que se fueron, a los que se quedaron, porque todos me han aportado algo que me ha hecho aprender y me ha ayudado para seguir adelante. Especial agradecimiento a mis amigos luchadores de la carrera Apa, Borja (algo más estudioso que luchador) y Jorge; también a los dos grupos de amigos principales que me acogieron aquí en Valencia como si de su familia se tratase.

Un apoyo especial después de un año difícil y muy importante en el último año y en los pasos finales de la carrera es mi novia Amanda, la cual me ha aguantado a todas horas, siempre dispuesta para mí; no solo actuando como una novia, sino además como una hermana pequeña.

Muchas gracias a mi tutor Sergio por su interés en todo momento y su conocimiento que me ha aportado durante la realización del proyecto.

Por último y más importante para mí, mis tres ángeles del cielo. Brando, un hermano más, y por supuesto abuelos Gloria y Pepe.

HZBUID

Resumen

El presente proyecto consiste en la realización de un algoritmo para guiado autónomo de vehículos terrestres presentado bajo varios escenarios de conducción.

La parte de software del proyecto será realizado con la herramienta LabView, el código diseñado servirá para realizar flujo de información entre el hardware (el vehículo terrestre y el sistema de computación). Desde el ordenador se podrá seleccionar si se desea una conducción manual o autónoma. En el caso del primer tipo de conducción el vehículo será dirigido manualmente con el teclado del ordenador. En el segundo caso el vehículo terrestre mediante visión artificial recibirá información en tiempo real del carril para poder procesar la imagen y realizar el control necesario. A su vez, con el mismo principio de visión artificial, se conocerá en todo momento el nivel de fatiga del conductor, para en el caso de detectar un nivel excesivo, tomar el control del vehículo y realizar la maniobra pertinente.

Abstract

This project consists of the realization of an algorithm for the autonomous guiding of terrestrial vehicles based on different situations.

The software of the project is made with Labview, the designed code will be used to share flux information between the hardware (terrestrial vehicle and the computation system). From the computer the user will be able to select if they desire manual driving or an autonomous one. In case of manual driving the vehicle will be guided manually, with the keyboard. In the second case the terrestrial vehicle, using artificial vision, will receive real time information about the road in order to be able to process the image and take control if necessary. At the same time, based on the same artificial vision, information about whether the driver is tired or not will be known, in order to take the control to manage the situation if it is needed.

Índice general

Agradecimientos	2
Resumen	4
Abstract	5
1. Introducción	12
1.1. Alcance del proyecto y objetivos	14
1.1.1. Conducción Manual	15
1.1.2. Conducción Autónoma	15
1.1.3. Reconocimiento Facial	15
1.1.4. Diseño y construcción del vehículo terrestre	15
1.1.5. Diseño, impresión y montaje de elementos de adaptación .	16
1.1.6. Validación del sistema	16
1.2. Estructura de la memoria	16
2. Detección del entorno	17
2.1. Sistema de detección de fatiga	17
2.1.1. Sensor en el volante	17
2.1.2. Reconocimiento facial	18
2.2. Sistema de detección de cambio de carril involuntario	19
2.2.1. Importancia	19
2.2.2. Concepto	19
2.2.3. Detección	20
2.2.4. Respuesta del sistema	21
2.2.5. Conducción Autónoma	22
2.3. Resumen	23

3. Hardware	25
3.1. Introducción	25
3.2. Coche RC	25
3.3. NI myRIO-1900	29
3.3.1. Descripción general del NI myRIO-1900	29
3.3.2. Disposición de los pines	30
3.3.3. Canales de entrada analógica	31
3.3.4. Canales de salida analógica	31
3.4. Servos	32
3.4.1. Funcionamiento del servo	33
3.5. Electronic Speed Controller	36
3.5.1. Variadores lineales (BEC)	36
3.5.2. Variadores BEC cambiantes	37
3.6. Cámara	37
3.7. Móvil	37
3.8. Elementos de sujeción	38
4. Software	40
4.1. LabView 2017	40
4.1.1. Programación gráfica de flujo de datos	40
4.1.2. Visión Artificial General	42
4.1.3. NI Vision Assistant	45
4.2. Fusion 360	47
4.2.1. Pieza delantera	48
4.2.2. Pieza trasera	48
4.3. Sistemas de control y PID	49
4.3.1. Sistemas de control	49
4.3.2. PID	50
5. Sistema Propuesto	53
5.1. Código local	54
5.1.1. Visualización	54
5.1.2. Teclado	56
5.2. Código remoto	57
5.2.1. Reconocimiento facial	57
5.2.2. Detección de carril	61

5.2.3. Movimiento de los servos	65
5.2.4. Comunicación de los dispositivos	66
5.3. Tiempos de los ciclos	70
5.4. Validación	71
5.4.1. Prueba en circuito	71
6. Conclusiones y trabajos futuros	74
6.1. Objetivos del trabajo	74
6.1.1. Conducción Manual	74
6.1.2. Conducción Autónoma	74
6.1.3. Reconocimiento Facial	74
6.1.4. Diseño y construcción del vehículo terrestre	75
6.1.5. Diseño, impresión y montaje de elementos de adaptación .	75
6.1.6. Validación del sistema	75
6.2. Conclusiones	75
A. Puertos y Tablas de puertos NI myRIO-1900	77
B. Código Fuente	84
Bibliografía	87

Índice de figuras

1.1. Número de fallecidos desde el primer año que se realizan las estadísticas	13
1.2. Esquema de funcionamiento	15
2.1. Interfaz cuando se detecta que la persona presenta fatiga	18
2.2. Detección de cambio de carril involuntario	19
2.3. Tecnología para la detección de cambio de carril involuntario	20
3.1. Coche RC utilizado	25
3.2. Esquema conexión batería-motor	26
3.3. Esquema batería de dos celdas	26
3.4. Esquema del hardware	27
3.5. Coche finalizado	28
3.6. Coche finalizado	28
3.7. NI myRIO-1900	29
3.8. Diagrama de bloques del hardware de NI myRIO-1900	30
3.9. Puertos A y B del NI myRIO	31
3.10. Partes de un servo	32
3.11. Conector del servo	33
3.12. Colores que poseen los cables del servo, varían dependiendo del fabricante	34
3.13. Diagrama de bloque del servomotor	34
3.14. Ejemplo de una señal PWM	35
3.15. Servo con elementos adicionales (bielas)	35
3.16. ESC	36
3.17. Posicionamiento de los elementos de reconocimiento facial	38
3.18. Sistema de sujeción de los elementos	39

4.1. Ejemplo de nodos en entorno Labview	41
4.2. Proceso general de la visión artificial	42
4.3. Diagrama de etapas	43
4.4. Ejemplo de segmentación en 3 fotografías	44
4.5. Interfaz Vision Assistant	45
4.6. Adquisición de imágenes	46
4.7. Diseño de la pieza delantera del vehículo	48
4.8. Diseño de la pieza trasera del vehículo	49
4.9. Esquema sistema de control	50
4.10. Control PID	51
5.1. Esquema explicativo de procesamiento	53
5.2. Interfaz	54
5.3. Recepción de imágenes y leds mediante UDP	55
5.4. Lectura del teclado	56
5.5. Proceso de reconocimiento facial	57
5.6. Interfaz del reconocimiento facial	58
5.7. Código de reconocimiento facial fuera de Vision Assistant, primera parte	59
5.8. Imagen de referencia para realizar la comparación	60
5.9. Código de reconocimiento facial fuera de Vision Assistant, segunda parte	60
5.10. Proceso de reconocimiento del carril	61
5.11. Proceso de reconocimiento del carril, interfaz Vision Assistant . .	62
5.12. Proceso de reconocimiento del carril, características de segmentación	62
5.13. Proceso de post-procesamiento de la imagen del carril	63
5.14. Trigonometría	63
5.15. Adquisición para seguimiento de trayectoria	64
5.16. Filtro de dirección	64
5.17. Código del movimiento de los servos	65
5.18. PID	66
5.19. Conexión UDP envío	68
5.20. Conexión UDP envío en el proyecto	68
5.21. Conexión UDP recepción	69
5.22. Conexión UDP recepción en el proyecto	70
5.23. UDP en myRIO	70

5.24. Circuito de validación	72
5.25. Fotogramas de validación del reconocimiento facial	72
5.26. Fotogramas de validación del carril	73
A.1. Señales primarias/secundarias en los conectores A y B MXP	78
A.2. Descripciones de señales en los conectores A y B MXP	79
A.3. Las señales primario / secundario en conector C MSP	80
A.4. Descripciones de señales en conector C MSP	81
A.5. Circuito de entrada analógica	82
A.6. Descripciones de señales en los conectores de audio	82
A.7. Circuito de salida analógica	83
B.1. Código hospedado en el ordenador	85
B.2. Código hospedado en el sistema de computación	86

Capítulo 1

Introducción

En la actualidad, se ha observado un aumento continuo y exponencial del uso de vehículos terrestres.

Durante el año 2017 se han producido 1.067 accidentes mortales en vías interurbanas, en los que han fallecido 1.200 personas y 4.837 heridas hospitalizadas, lo que supone un aumento del 3 % en lo que a accidentes mortales (+28) y fallecidos (+39) se refiere y una disminución de un 6 % (-336) en lo relativo a heridos hospitalizados.

Se ha constatado un aumento de 16,4 millones de viaje de largo recorrido por carretera, lo que supone un 4,2 % más que respecto al año anterior. En total se han registrado 408,5 millones de **desplazamientos de largo recorrido** en 2017, lo que representa un incremento acumulado del 14,5 % en los cuatro últimos años.

Pese a las nuevas matriculaciones, en 2017 la antigüedad media de los vehículos implicados en accidentes mortales se sitúa en 12 años para los turismos, porcentaje que aumenta hasta los 13.2 años en el caso de los turismos en los que viajaban los fallecidos.

A pesar de los repuntes comentados, la cifra de fallecidos sigue por debajo de los registrados en 1960, primer año del que se tienen estadísticas, cuando hubo 1.300 muertos, con un escenario de movilidad absolutamente distinto (en 1960 había un millón de vehículos y en 2017 el parque automovilístico es de casi 33 millones). En el siguiente gráfico podemos observar el número de fallecidos dependiendo del año:

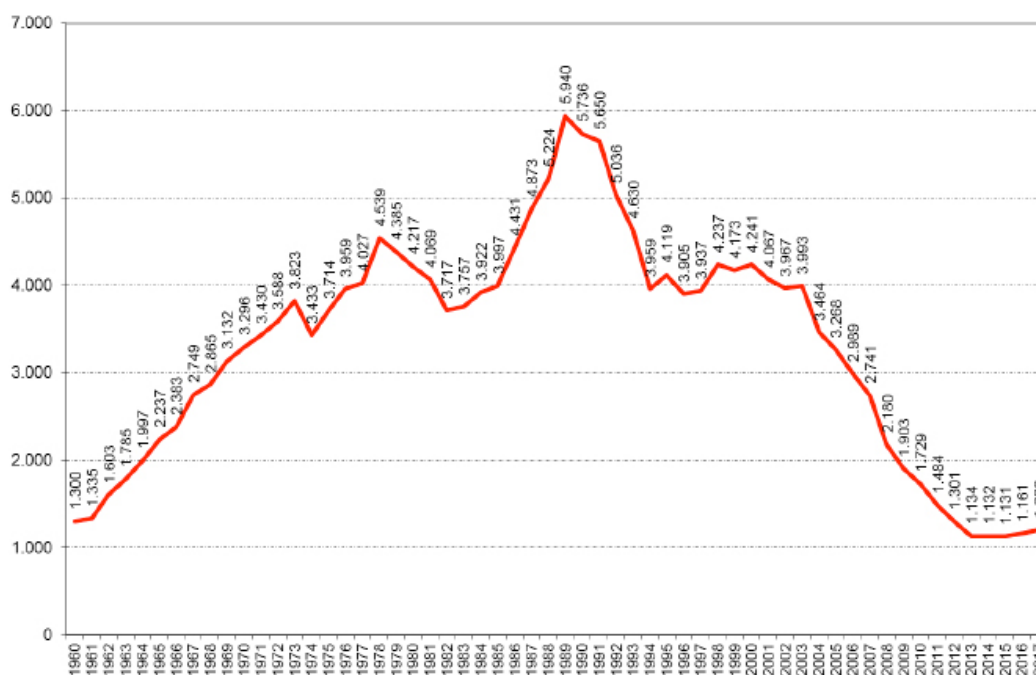


Figura 1.1: Número de fallecidos desde el primer año que se realizan las estadísticas

Se puede clasificar el número de fallecidos atendiendo a distintos factores, se procederá tal clasificación de la siguiente forma:

- **Por tipo de vía:** El 77% de los fallecidos tienen lugar en vías convencionales. Concretamente el año pasado fallecieron en este tipo de vías 792 personas, 30 más que en 2016. En las vías de alta capacidad los fallecidos disminuyen de un 24% a un 23%, pasando de los 245 en 2016 a los 239 de 2017.
- **Por tipo de accidente:** En las vías de gran capacidad, el 41% de los fallecidos en 2017 se han producido en accidentes que fueron salidas de la vía, el 20% en accidentes con colisión trasera y múltiple y el 15% en atropellos a peatones. En las carreteras convencionales, el 42% de los fallecidos se debió a accidentes en los que el vehículo se salió de la vía, mientras que un 28% se debió a colisiones frontales.
- **Por factores contribuyentes:** La conducción distraída o desatenta (32%); la velocidad inadecuada (26%), el cansancio o el sueño (12%);

el alcohol (12%) y otras drogas (11%), son los factores que en mayor medida contribuyen a los siniestros.

Para lidiar con estos datos tan negativos se han llevado a cabo muchas medidas durante los últimos años aunque se ha visto necesario desarrollar aún más una seguridad que acompañe el avance tecnológico que están sufriendo los coches a día de hoy.

Para ello, se ha seguido una línea de investigación y desarrollo de nuevas tecnologías que permitan aumentar la seguridad. En un principio, los esfuerzos se concentraron en minimizar los daños causados por los accidentes de tráfico, dando lugar a los sistemas de seguridad pasiva como los cinturones de seguridad, carrocerías que absorban la energía del accidente y el airbag. Gracias a la informática y la electrónica desarrollada en las últimas décadas, los investigadores abrieron una nueva línea, evitar la colisión. Siguiendo esta línea se llevaron a cabo avances como el ABS o ESP, originando los sistemas de seguridad activa. Muchos de estos sistemas han pasado a ser de uso obligatorio.

Actualmente, muchas compañías han seguido más a fondo, no solo evitando el accidente justo antes de que ocurra, sino reconociendo mediante gradientes de velocidad cuándo va a ocurrir un accidente antes de que éste pase.

1.1. Alcance del proyecto y objetivos

El objetivo es explorar la posibilidad de uso de sistemas de detección de cansancio combinados con una conducción autónoma que además de dotar de autonomía al vehículo, éste sería apartado de la carretera cuando se ha detectado cierto nivel de cansancio que impediría seguir una conducción con cierta seguridad.

Este trabajo podría servir de base a proyectos de mejora de reconocimiento facial para la inclusión de este algoritmo no solo a nivel de maqueta, sino en un sistema real.

La parte del Software seguirá el siguiente esquema:

NI myRIO

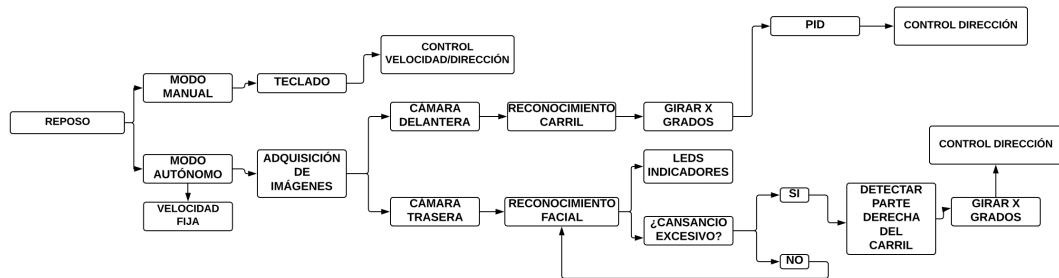


Figura 1.2: Esquema de funcionamiento

A su vez, los objetivos a realizar en el proyecto son los siguientes:

1.1.1. Conducción Manual

- Diagrama de bloques en Labview.
- Comunicación con el dispositivo.

1.1.2. Conducción Autónoma

- Detección del carril.
- Diagrama de bloques en Labview para adquisición, procesado y postprocesado.
- Comunicación con el ordenador para visualización.

1.1.3. Reconocimiento Facial

- Diagrama de bloques en Labview.
- Emisión de leds de alerta.
- Comunicación con el ordenador para visualización

1.1.4. Diseño y construcción del vehículo terrestre

- Montaje del dispositivo.
- Conexión del dispositivo con NI myRIO-1900

1.1.5. Diseño, impresión y montaje de elementos de adaptación

- Diseño de los dispositivos en Fusion 360.
- Impresión de los mismos.
- Montaje de los dispositivos en el vehículo terrestre.

1.1.6. Validación del sistema

- Validación del sistema propuesto en circuito real.

1.2. Estructura de la memoria

El trabajo consta de la siguiente estructura segmentada en 8 capítulos:

- El primer capítulo introductorio a la situación histórica de la seguridad vial.
- El segundo capítulo tratará la explicación del funcionamiento de los sistemas de detección de fatiga y detección de cambio de carril involuntario.
- El tercer capítulo explicará el hardware que se ha usado para la realización del proyecto.
- El cuarto capítulo introducirá el software usado para el reconocimiento facial, el reconocimiento del carril y todo el procesamiento que se ha llevado a cabo en el proyecto.
- El quinto, dentro del software explicará qué pasos se han seguido para conseguir el procesamiento de imágenes y los datos transmitidos al sistema de computación.
- En el sexto se discutirán los resultados del procesamiento del software.
- En el séptimo capítulo se debatirán las conclusiones del proyecto, mencionando los futuros trabajos que se podrían hacer en base a este proyecto.

Capítulo 2

Detección del entorno

En los últimos cinco años se ha producido una revolución tecnológica en los vehículos terrestres, con una interacción coche-entorno muy notable. A veces, la “inteligencia” del coche es la que salva la vida a su usuario, con avances como los que se van a presentar en los siguientes apartados.

2.1. Sistema de detección de fatiga

Posee varios nombres y consiste en detectar cuándo el conductor no se encuentra en condiciones óptimas para seguir conduciendo.

2.1.1. Sensor en el volante

Normalmente son un sistema electrónico con un sensor en el volante, que cuenta cuántas veces por minuto el conductor realiza pequeñas correcciones en la dirección. Se sabe que para mantenernos en el carril, los conductores no mantenemos el volante quieto y fijo, sino que corregimos casi constantemente dos o tres grados hacia la derecha o hacia la izquierda, para intentar ir lo más centrados posible en él.

Si el pequeño procesador del sistema cuenta menos correcciones por minuto de lo que se considera normal, interpreta que el conductor puede estar distraído, estar cansado o incluso estar durmiéndose al volante, así que advierte de ello al conductor. Esta advertencia puede ser variable; lo normal es un cartel en la pantalla digital del cuadro de instrumentos y una alarma sonora (por ejemplo un pitido) pero también puede ser incluso una vibración en el volante. En la siguiente imagen

se puede observar la interfaz que posee una marca internacional de automóviles para cuando se detecta que el conductor se está quedando dormido:



Figura 2.1: Interfaz cuando se detecta que la persona presenta fatiga

En este proyecto se estudiará una forma alternativa de detectar cuándo el conductor presenta cierta fatiga mediante reconocimiento facial. Pudiendo saber en todo momento dónde se encuentran los ojos del usuario se puede detectar con gran facilidad si el conductor aparta la vista de la carretera o incluso si queda dormido.

2.1.2. Reconocimiento facial

Este es uno de los sistemas el cual se encuentra en fase experimental en los últimos años y es en este en el que se basará el estudio de este proyecto. Mediante la detección facial, se podrá saber si el usuario tiene los ojos cerrados más tiempo del necesario para parpadear o si no se encuentra atento a la carretera. Es un sistema con mayor complejidad en su implementación dado que el procesamiento de imágenes presenta una complejidad añadida como son los falsos positivos.

2.2. Sistema de detección de cambio de carril involuntario

2.2.1. Importancia

La sociedad es consciente de la importancia de no perder la concentración al volante de un coche. La más pequeña distracción puede tener consecuencias fatales. Generalmente esos despistes, ya sea por una distracción puntual o somnolencia, son los que provocan uno de los accidentes más peligrosos al que se puede enfrentar el conductor, a la salida de vía. Según las últimas cifras de siniestralidad de la DGT, correspondientes a 2013, el 30 % de los fallecidos en carreteras se produjeron por una salida de vía. Fue el tipo de accidente que más fallecidos produjo (441 de 1.230 en vías interurbanas) y más heridos graves ocasionó.

2.2.2. Concepto

Si en algún momento las líneas son sobrepasadas y no se había activado el intermitente (luz indicadora de cambio dirección) del lado correspondiente, el sistema interpreta que el cambio es involuntario (por un despiste) y actúa. Algunos sistemas solo advierten al conductor, normalmente con una vibración en el asiento o bien en el volante, pero también puede sonar una pequeña alarma sonora, y también un mensaje en la pantalla digital del cuadro de instrumentos. Aún así se explicará su funcionamiento en profundidad en el siguiente apartado.

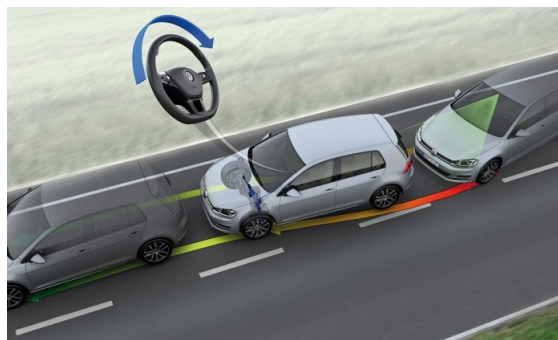


Figura 2.2: Detección de cambio de carril involuntario

2.2.3. Detección

Este sistema parece más lógico hoy en día ya que ayudaría (en caso de que no fuese ajustable su utilización) a que los usuarios usasen el intermitente. El porcentaje de personas multadas por no poner el intermitente ha aumentado de forma exponencial en los últimos años.

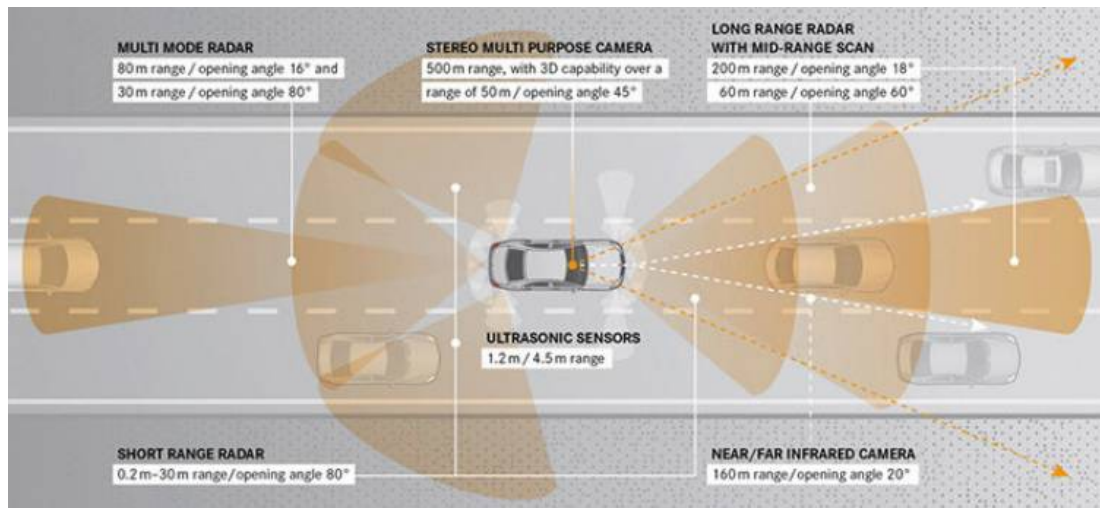


Figura 2.3: Tecnología para la detección de cambio de carril involuntario

Para la detección existen distintos métodos dependiendo del modelo de coche y la tecnología que incorpore:

- El sistema más sencillo y económico es el basado en **sensores de infrarrojos**, pero también el menos efectivo para predecir con cierta anticipación el cambio de carril antes de que las líneas horizontales que lo delimitan hayan sido rebasadas. Un sensor es capaz de detectar las líneas gracias a un haz de luz infrarrojo reflejado en la pintura reflectante que se utiliza en ellas.
- Es muy común también el uso de **sistemas basados en videocámara y procesamiento de imágenes**. Este sistema es capaz de detectar con efectividad la situación de los carriles y actuar en consecuencia antes de que las líneas sean rebasadas. La cámara puede ser utilizada además para otras funciones como la detección de obstáculos en la carretera o la identificación de señales de tráfico, como límites de velocidad y prohibición de adelantamientos. Pero este sistema, en ocasiones, puede ser molesto al interpretar “falsos” cambios involuntarios en carreteras con muchas curvas (sin

necesidad que ninguna línea sea rebasada) y en condiciones de visibilidad adversa, por ejemplo con niebla. Esta será la forma de analizar el cambio involuntario de carril en este proyecto.

- El sistema más sofisticado, pero también costoso, es el del **scanner láser**. Es el más efectivo para proceder a la detección de los carriles y anticiparse con eficacia a ese cambio involuntario de carril, siendo capaz además de cubrir distancias muy superiores (puede ofrecer un alcance en torno a los 200 metros). Pero lo más interesante del scanner láser es su versatilidad a la hora de proporcionarnos un sinnúmero de funciones más o menos avanzadas, como detección de peatones, control de velocidad de cruce adaptativo con capacidad para ajustar la velocidad a la de los coches que nos preceden o incluso seguir la estela de un coche y realizar automáticamente los giros de volante.

2.2.4. Respuesta del sistema

Dependiendo de la respuesta que dé el automóvil cuando detecta que el cambio involuntario se ha realizado podemos tener dos grupos:

- **Advertir al conductor de lo que sucede.** Existen diferentes métodos para advertir al conductor que ha abandonado, o va a abandonar, su carril de manera involuntaria. Es muy común el aviso mediante una señal sonora, que en ocasiones es más intuitiva, aprovechando el equipo de sonido estéreo para mostrar si se ha producido en el lado izquierdo o en el derecho. También es muy común avisar al conductor mediante una señal transparente para el resto de los ocupantes, como vibraciones en el volante, vibraciones en el asiento o un aumento ligero de la tensión del cinturón de seguridad. Este método puede llegar a ser algo peligroso porque si el conductor ha quedado dormido totalmente puede coger el volante de forma brusca y derivar en un accidente.
- **Actuación correctiva.** Cada vez más sistemas dedicados a avisar de un cambio involuntario de carril son capaces de ofrecer una solución al problema, es decir, ayuda para recuperar la trayectoria. Estos sistemas, generalmente, no son capaces de solucionar por sí mismos y con efectividad una salida de carril que exija una corrección de trayectoria. Lo habitual es que

mantengan la trayectoria antes de rebasar las líneas que delimitan el carril y, si son rebasadas, realizar un aviso de lo que sucede con una señal más intensa, como la señal sonora o la vibración en el volante y en el asiento. Aunque sean los menos comunes, ya existen sistemas que son capaces de realizar giros acusados e incluso ofrecer una función semiautónoma de conducción, haciéndose cargo de los cambios de trayectoria automáticamente sin intervención del conductor. De momento, y hasta la llegada del coche autónomo, el conductor sigue siendo el único responsable del control del vehículo en la carretera.

2.2.5. Conducción Autónoma

Un vehículo autónomo es un tipo de automóvil con los sensores, procesadores, software y actuadores necesarios para conducirse por sí mismo. Puede imitar las capacidades humanas de manejo y control. Como vehículo autónomo, es capaz de percibir el medio que le rodea y navegar en consecuencia. Durante un tiempo será notable la presencia de vehículos más o menos autónomos, dependiendo de cuánto sean capaces de hacer por sí solos, y de cuán necesaria sea la intervención de un humano en la conducción. Es por eso que se habla de varios niveles de conducción autónoma.

En 2014, la Sociedad de Ingenieros de la Automoción (SAE), encargada de regular y estandarizar la movilidad en ingeniería aeroespacial y automoción, estableció por primera vez una clasificación con seis niveles de conducción autónoma en función de las capacidades de los vehículos. Posteriormente la actualizó en 2016, dando lugar al SAE J3016 que recoge la siguiente clasificación:

- **Nivel 0:** Todas las acciones son realizadas en su totalidad por el conductor. Se trata de coches que cuentan únicamente con dispositivos de alerta, ya sean luminosos o sonoros.
- **Nivel 1:** Se introduce un primer grado de automatización. El automóvil puede tomar el control del volante o de los pedales, pero no de los dos a la vez. Los coches con controles de velocidad adaptativos y asistentes de mantenimiento de carril quedarían enmarcados en esta categoría.
- **Nivel 2:** El coche, en determinados escenarios, puede controlar tanto los pedales como la dirección. En cualquier caso, el conductor sigue siendo el

único responsable de la conducción y debe permanecer atento a la carretera en todo momento. Los modelos capaces de aparcar de forma completamente autónoma también pertenecen a este nivel de autonomía.

- **Nivel 3:** Un vehículo de este nivel asume las tareas de manejo en determinadas condiciones gracias a la monitorización del entorno 360°, pero el conductor tiene que estar dispuesto en todo momento para retomar el control cuando el sistema lo solicite. El coche, mientras conduce con el dispositivo activado, puede tomar decisiones, como por ejemplo cuándo cambiar de carril, así como responder a los incidentes que pudiesen ocurrir en el trayecto. Obviamente, con el respaldo del humano. Para un coche con sistema de conducción automatizada de nivel 3, el estándar SAE J3016 establece que si se produjese un fallo del sistema, este debe informar al usuario de respaldo con tiempo suficiente para que pueda reaccionar adecuadamente e intervenir, mediante un mensaje o alerta de petición de intervención en la conducción. Los vehículos Tesla S 2016 con hardware Autopilot 2.0 pertenecen a este grupo y según el fabricante, irán recibiendo actualizaciones hasta llegar a nivel 5.
- **Nivel 4** En este grado de automatización ya no es necesaria la supervisión de un humano. El coche es capaz de circular por sí solo en un gran número de escenarios y, en caso de detectar algún contratiempo, está capacitado para detenerse progresivamente hasta estacionar. Actualmente, no hay coches en el mercado con este nivel de automatización.
- **Nivel 5** El conductor y los pasajeros no intervienen en la conducción. No obstante, para que sea viable la llegada al mercado de este tipo de coches, es necesario un cambio en la legislación de tráfico, lograr la conectividad vehículo a vehículo (V2V) y vehículo a infraestructura (V2I). Un objetivo cuya demora depende en gran medida de la implantación de redes de comunicaciones capaces de gestionar este flujo de información.

2.3. Resumen

Para concluir la revisión de antecedentes, es notable el acercamiento a una conducción completamente autónoma. El coche analiza el patrón de conducción normal, y cuando el conductor está fuera de él realiza avisos; el problema de esto

son los malos hábitos en la conducción que puede llevar al programa a errores leves en la mayoría de los casos pero graves en alguno extraordinario.

Por otro lado, en relación a los distintos niveles de conducción autónoma, cabe destacar que hasta ahora sólo se ha conseguido el nivel 3 y el conductor sigue siendo completamente necesario y responsable de los actos del coche. Dicho esto, se estima que entre 2020 y 2025 se pueda alcanzar el nivel 4 y quién sabe, probablemente el nivel 5 de conducción autónoma.

Capítulo 3

Hardware

3.1. Introducción

Para la validación experimental del sistema a desarrollar se propone una serie de elementos y materiales necesarios para ello. Se utilizará un coche RC al cual se le inutilizarán los elementos que no vayan a ser útiles como puede ser la carcasa. A su vez, con un tablón de madera se atornillará encima del vehículo de manera que los demás elementos que tengan que ser montados tengan una superficie plana donde apoyarse. Encima de este tablón irán elementos tales como el sistema de computación o la infraestructura diseñada para las cámaras. Por último una carcasa de madera será colocada para un mejor acabado del proyecto.

3.2. Coche RC

El coche RC a usar es el siguiente:



Figura 3.1: Coche RC utilizado

El coche presentado cuenta con un motor con escobillas, estas se encuentran

conectadas a un colector el cual es el encargado de realizar el cambio de polaridad. Estas escobillas son, por tanto, las encargadas de conmutar mecánicamente la corriente de las bobinas del motor.

La velocidad del motor será controlada con un “ESC” (Electronic Speed Controller) el cual estará alimentado por una batería Lipo de 7,4V y 2200 mAh como muestra el siguiente esquema.

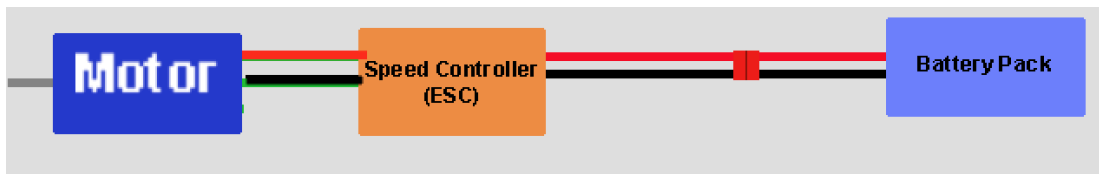


Figura 3.2: Esquema conexión batería-motor

La alimentación del sistema de computación será realizada por otra batería Lipo de 7,4V y 3300 mAh de dos celdas, de manera que su esquema será el siguiente:

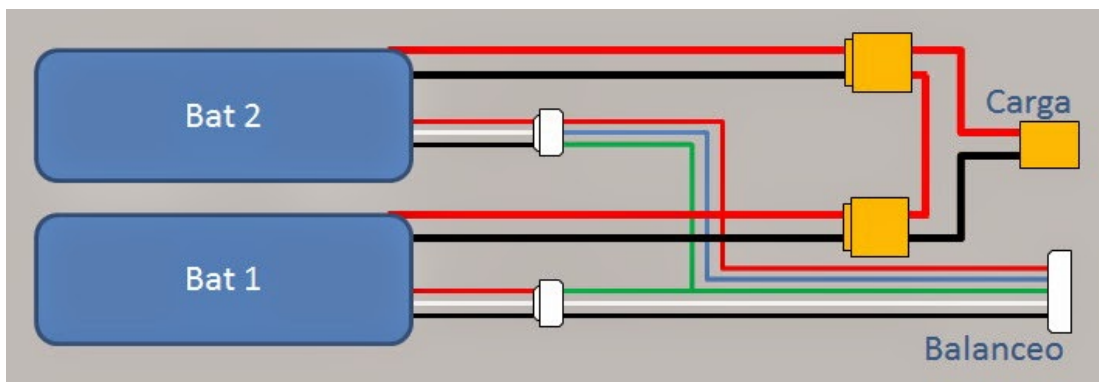


Figura 3.3: Esquema batería de dos celdas

Los cables negro y rojo serán conectados al cable de entrada de alimentación del sistema de computación mediante soldadura.

El esquema final en relación al hardware quedaría de la siguiente manera:



Figura 3.4: Esquema del hardware

Por otro lado el soporte del coche ha tenido que ser modificado para dar cabida a todos los dispositivos que necesitamos tener disponibles.

Las piezas usadas para el soporte de las cámaras han sido diseñadas mediante el programa Fusion 360 e impresas con una impresora 3D. Para finalizar se ha conseguido un acabado para poder asemejarlo a un coche real

por lo que finalmente quedaría de la siguiente manera:



Figura 3.5: Coche finalizado

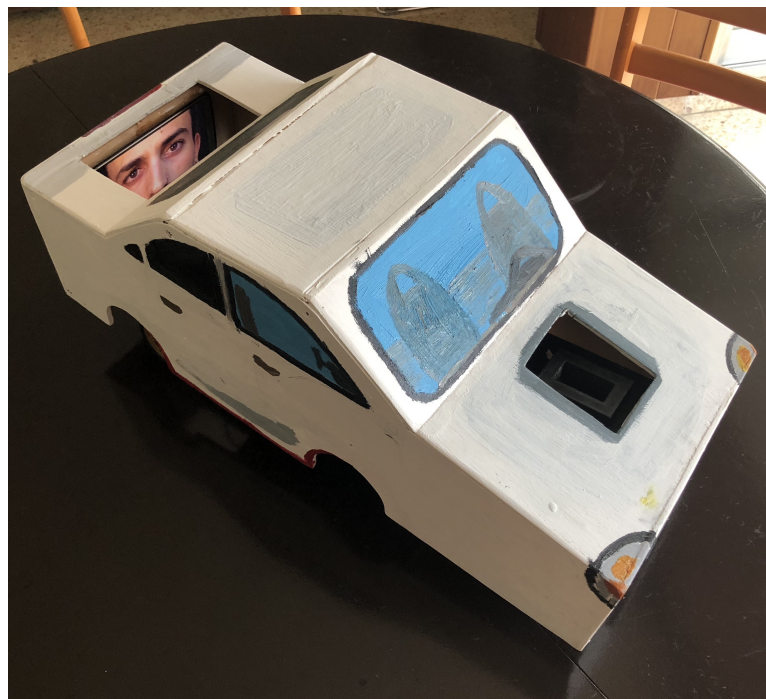


Figura 3.6: Coche finalizado

Como se puede observar en la última imagen, existe un soporte para en la parte

trasera del vehículo para el reproductor de vídeo, el cual simulará al conductor con fatiga.

3.3. NI myRIO-1900

El dispositivo para procesamiento de datos utilizados será un microprocesador NI myRIO-1900 como se muestra en la siguiente figura:

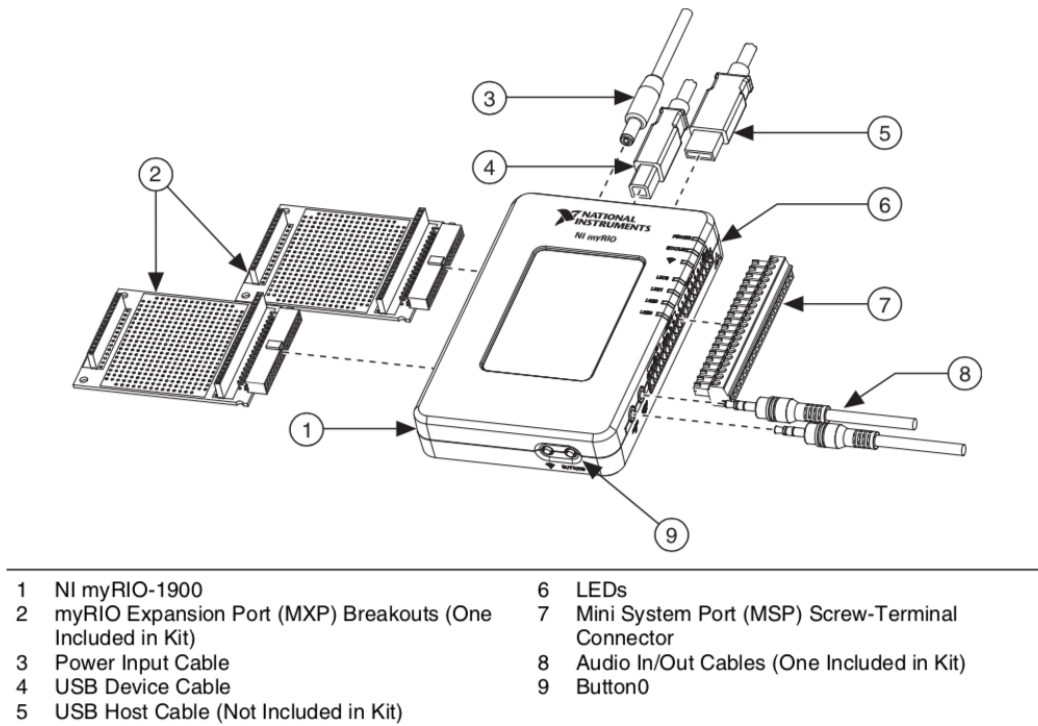


Figura 3.7: NI myRIO-1900

El controlador NI myRIO-1900 es un dispositivo de diseño para estudiantes con tecnología de E/S reconfigurables (RIO) estándar en la industria, dispone de tres conectores de E/S, comunicación inalámbrica, un procesador ARM en tiempo real dual-core y un FPGA Xilinx personalizable.

3.3.1. Descripción general del NI myRIO-1900

El controlador NI myRIO-1900 proporciona entradas analógicas (AI), salidas analógicas (AO) entradas y salidas digitales (DIO), audio, alimentación para las salidas. La siguiente figura muestra la disposición y funciones de los componentes

de NI myRIO-1900. Se conecta a un ordenador mediante USB o mediante red inalámbrica.

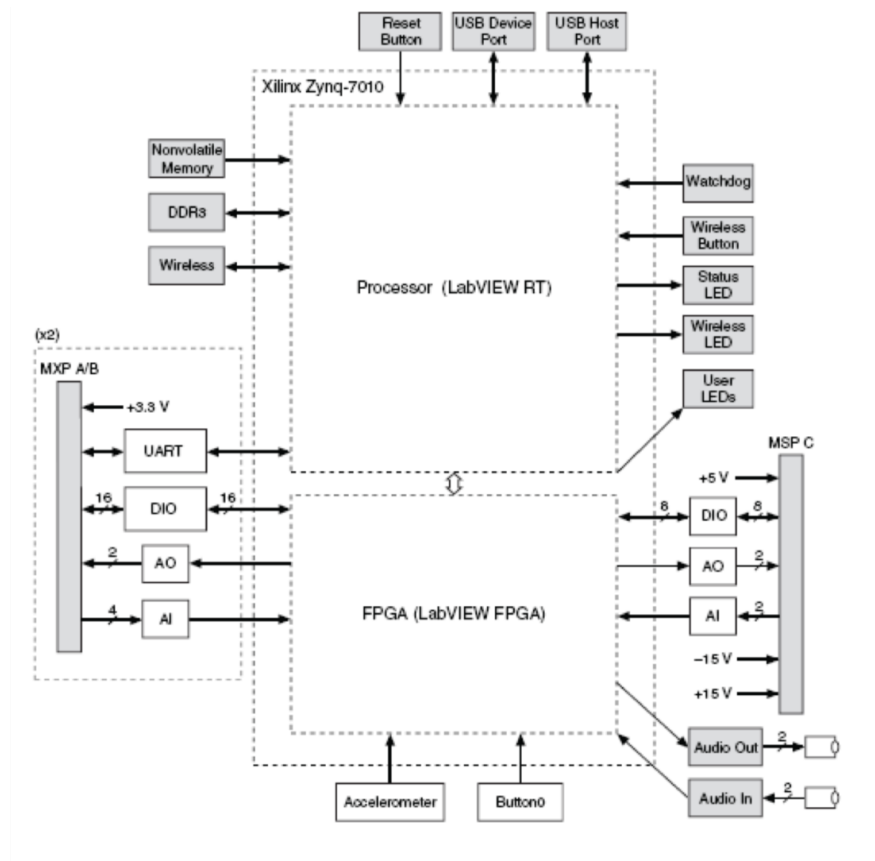


Figura 3.8: Diagrama de bloques del hardware de NI myRIO-1900

El puerto utilizado para el controlar el ESC y el servo de dirección será el puerto C. La salida de +5V será la encargada de proporcionar alimentación al servo de dirección.

3.3.2. Disposición de los pines

En los puertos de expansión MXP A y B de NI-1900 myRIO los conectores llevan grupos idénticos de señales.

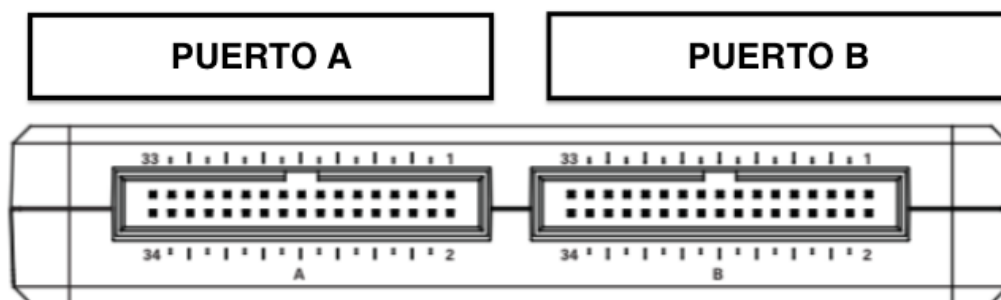


Figura 3.9: Puertos A y B del NI myRIO

Las señales se distinguen en el software por el nombre del conector, como en ConnectorA / ESD1 y ConnectorB / ESD1.. La Figura A.1 y la Figura A.2 siguientes muestran las señales de los conectores A y B en MXP.

La Figura A.3 y la Figura A.4 muestran las señales en el mini puerto del sistema (MSP) conector C.

3.3.3. Canales de entrada analógica

NI myRIO-1900 tiene canales de entrada analógica en los conectores A y B de los puertos de expansión (MXP), en el conector C del puerto Mini Sistema (MSP) y en el conector de entrada de audio estéreo. Las entradas analógicas + se multiplexan a un convertidor único de analógico a digital (ADC) que las muestras de todos los canales. Los conectores A y B MXP tienen cuatro canales de un solo terminal de entrada analógica por conector, AI0-EA3, que se puede utilizar para medir las señales V 0-5. El conector C MSP tiene dos canales de alta impedancia de entrada analógica diferencial, AI0 y EA1, que se pueden utilizar para medir señales de hasta ± 10 V. Las entradas de audio tienen $\pm 2,5$ V rango de escala. Se muestra su circuito y las respectivas descripciones de los conectores en la Figura A.5 y en la Figura A.6 respectivamente.

3.3.4. Canales de salida analógica

NI myRIO-1900 tiene canales de salida analógica (ver Figura A.7 en los conectores A y B de los puertos de expansión (MXP), en el conector C del puerto Mini Sistema (MSP), y en el conector de entrada de audio estéreo. Cada canal de salida analógica tiene un convertidor digital-analógico (DAC). Los conectores A y B MXP comparten un bus, por otro lado, el conector C MSP y las salidas de

audio comparten un segundo bus. Los conectores A y B MXP tienen dos canales de salida analógicos cada uno de ellos, AO0 y SA1, que se puede utilizar para generar señales de 0-5 V. El conector C MSP tiene dos canales de salida analógicos, AO0 y SA1.

3.4. Servos

Un servomotor es un tipo especial de motor que permite controlar la posición del eje en un momento dado. Está diseñado para moverse determinada cantidad de grados y luego mantenerse fijo en una posición.

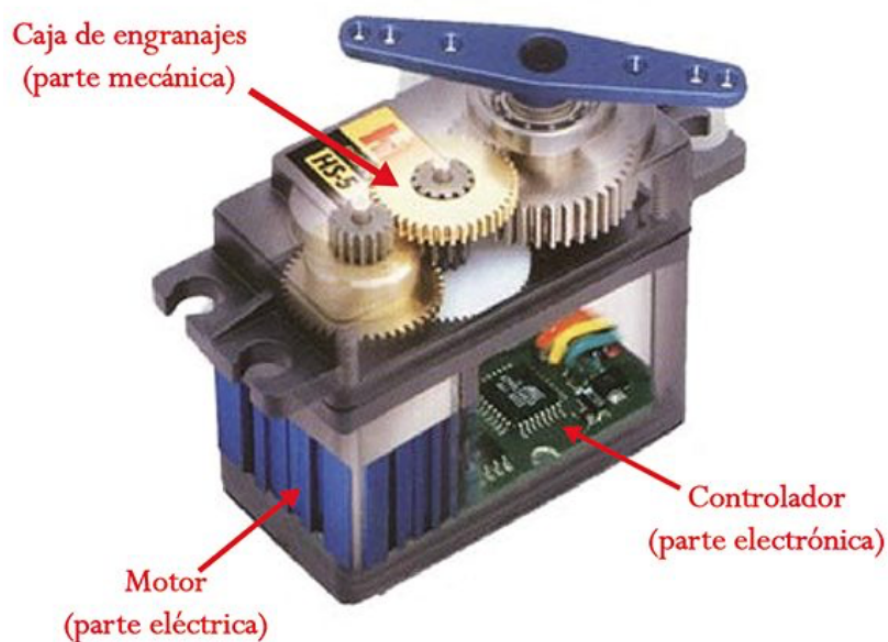


Figura 3.10: Partes de un servo

El motor en el interior de un servomotor es un motor DC. El eje del motor se acopla a una caja de engranajes similar a una transmisión. Esto se hace para potenciar el torque del motor y permitir mantener una posición fija cuando se requiera. De forma similar a un automóvil, a mayor velocidad, menor torque. El circuito electrónico es el encargado de gestionar el movimiento y la posición del motor.

Existen servomotores para todo tipo de usos, como por ejemplo, en la industria, en robótica, en el interior de las impresoras, máquinas CNC, etc. En este proyecto toman importancia los servomotores de modelismo, que son los utilizados en prototipos de robótica como el de la [Figura 3.10](#). Los servomotores de modelismo operan a voltajes bajos en corriente directa, típicamente entre 4 y 6 voltios. Se debe resaltar que, dentro de los diferentes tipos de servomotores, éstos se pueden clasificar según sus características de rotación.

- **Servomotores de rango de giro limitado:** son el tipo más común de servomotor. Permiten una rotación de 180 grados, por lo cual son incapaces de completar una vuelta completa.
- **Servomotores de rotación continua:** se caracterizan por ser capaces de girar 360 grados, es decir, una rotación completa. Su funcionamiento es similar al de un motor convencional, pero con las características propias de un servo. Esto quiere decir que tanto su velocidad de giro como su posición en un momento dado pueden ser controlados.

En nuestro caso trabajaremos con servomotores de rango limitado.

3.4.1. Funcionamiento del servo

Los servomotores poseen tres cables, a diferencia de los motores comunes que sólo tienen dos. Estos tres cables casi siempre tienen los mismos colores, por lo que son fácilmente reconocibles.

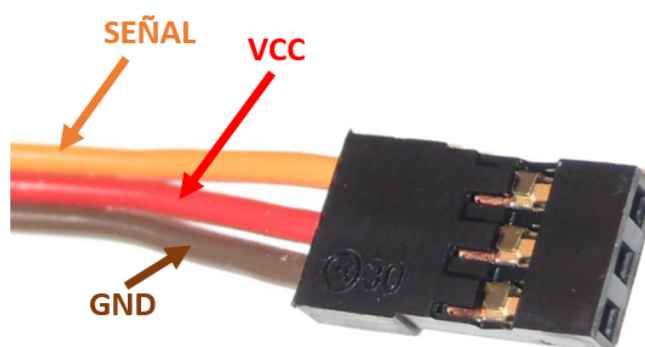


Figura 3.11: Conector del servo



Figura 3.12: Colores que poseen los cables del servo, varían dependiendo del fabricante

La necesidad de una señal de control para el funcionamiento de este tipo de motores hace que sea imposible utilizarlos sin un circuito de control adecuado. Esto se debe a que para que el circuito de control interno funcione, es necesaria una señal de control modulada. Para esto se utiliza modulación por ancho de pulsos, es decir, PWM. Una señal PWM consiste en una señal con una determinada frecuencia (y por lo tanto con un mismo periodo) que consta de dos valores fijos de tensión: uno alto (HIGH), que es la amplitud, y otro bajo (LOW), que es el valor nulo. También consta de otro parámetro, que se denomina ciclo de trabajo (duty cycle), y que se refiere al porcentaje de tiempo que el pulso está en activo durante un ciclo o periodo. Otro parámetro importante para entender el funcionamiento del PWM es el ancho de pulso (PW – Pulse Width), que define el tiempo que dura el pulso. Por tanto, el PWM es una técnica que consiste en variar el ancho de pulso de una señal de voltaje cuadrada con el objetivo de controlar la cantidad de potencia administrada a los componentes o elementos electrónicos conectados. Las señales de control PWM tienen la siguiente composición:

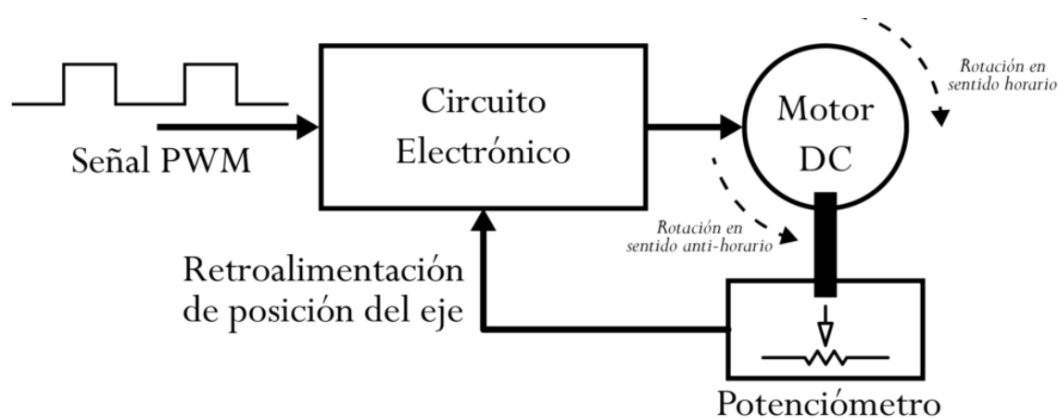


Figura 3.13: Diagrama de bloque del servomotor

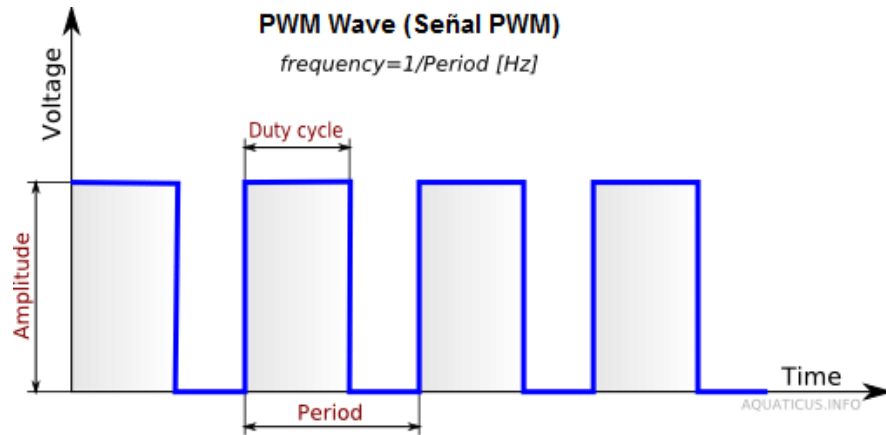


Figura 3.14: Ejemplo de una señal PWM

El diagrama de bloque del servomotor representa de forma visual el servomotor como un sistema. El circuito electrónico es el encargado de recibir la señal PWM y traducirla en movimiento del Motor DC. El eje del motor DC está acoplado a un potenciómetro, el cual permite formar un divisor de voltaje. El voltaje en la salida del divisor varía en función de la posición del eje del motor DC.

La finalidad de este elemento en el proyecto presente será la de controlar la dirección del vehículo. Esto se llevará a cabo mediante una serie de elementos que transformarán el movimiento circular del servo en angular. Este cambio será realizado por distintos elementos que variarán en forma, material y disposición dependiendo del vehículo:



Figura 3.15: Servo con elementos adicionales (bielas)

3.5. Electronic Speed Controller

Un variador de velocidad (ESC) está compuesto por un circuito con varios componentes. El propósito del variador es variar la velocidad de un motor eléctrico junto con el sentido de giro.

Independiente del tipo de motor eléctrico al que sea conectado el variador, el ESC interpreta información de control. En las nuevas versiones, los ESC varían el ratio de cambio de una red de transistores de efecto de cambio (FET). La variación en los cambios de estos transistores es lo que causa el sonido característico de los motores eléctricos. Este grupo de transistores hace posible un control más suave y preciso de la velocidad de giro de los motores. Gracias a esto, también se consigue una mejora en la eficiencia con respecto a los variadores mecánicos.

La mayoría de los ESC incorporan un sistema BEC, el cual, hace posible regular un voltaje estable para poder hacer funcionar el receptor y los servos. Esto elimina la necesidad de llevar una batería extra dentro de nuestro dron para alimentar estos componentes.

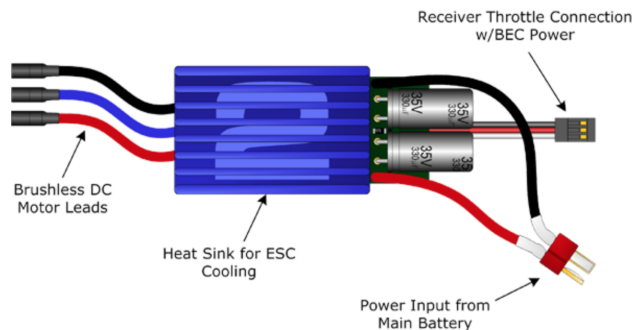


Figura 3.16: ESC

3.5.1. Variadores lineales (BEC)

Los variadores lineales utilizan resistores para bajar el voltaje que proporciona la batería Lipo. Esto hace posible que el receptor funcione a 5 voltios sin que se queme por el alto voltaje de la batería. A medida que la batería tiene más celdas, o voltios, y el receptor consume más, se genera calor al pasar la corriente por el resistor. Si la corriente es alta, el resistor se calentará dañando el BEC. En el caso del proyecto la batería utilizada será de dos celdas.

3.5.2. Variadores BEC cambiantes

Este tipo de variadores cambia el voltaje con una alta frecuencia para bajarlo de manera más efectiva. De esta manera, se consigue reducir el voltaje sin generar calor o malgasto de energía. Alguno de estos variadores ofrecen la posibilidad de regular la corriente que le llega al receptor, 5 o 6v. Estos cambios en el voltaje eran los causantes de ciertas interferencias con las comunicaciones de la radio, pero en la actualidad se ha eliminado con las emisoras en 2.4 Ghz. Como regla general, es recomendable utilizar este tipo de variador para baterías con 4 o más celdas.

3.6. Cámara

Las cámaras serán una pieza fundamental del proyecto, con ellas, se conseguirá observar la carretera de forma correcta y poder procesar la adquisición de imágenes de éstas. Además una de ellas estará continuamente enfocando al móvil que se encuentra reproduciendo un vídeo de un usuario realizando movimientos de todo tipo, desde despistes por mirar hacia otro lado hasta cerrar los ojos por fatiga. Son cámaras que se conectan mediante USB al NI myRIO-1900, como se deben conectar 2 cámaras y solo se dispone de una entrada USB al dispositivo, se juntarán los dos USBs de las cámaras en uno con un “hub”.

3.7. Móvil

El móvil será un LG G6 que irá en el interior del vehículo (parte trasera). Este móvil servirá como un reproductor de vídeo, en él se mostrará un conductor que realiza distintos movimientos, tales como no prestar atención a la carretera mirando hacia otro lado y simulación de fatiga. Las dimensiones del móvil se especifican en el documento de planos.

El dispositivo se colocará dentro del vehículo de la siguiente forma:

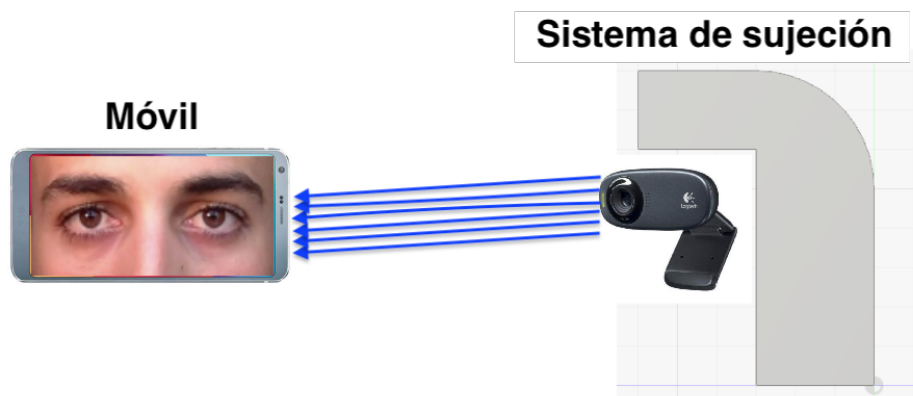


Figura 3.17: Posicionamiento de los elementos de reconocimiento facial

Como se puede observar en la [Figura 3.17](#) se lleva a cabo una simulación parecida a lo que ocurriría en la parte interior de un vehículo real. El reproductor de vídeo simula el comportamiento del conductor mostrando al sistema distintos escenarios antes los que actuar.

3.8. Elementos de sujeción

El coche, como se ha comentado anteriormente ha tenido que ser modificado estructuralmente para dar cabida a todos los elementos anteriores. Para ello se ha trabajado con madera para crear una superficie plana donde poder alojar los elementos. Esta superficie ha sido atornillada al coche por cuatro partes para evitar problemas con el movimiento de la estructura debido a la amortiguación.

Además se ha llevado a cabo un diseño de una estructura de soporte mediante la herramienta Fusion 360, la cual más adelante se describirá. Esta estructura cuenta de dos piezas, una primera pieza la cual facilitará la colocación de la cámara trasera (la encargada de grabar la reproducción de vídeo. Ambos elementos irán unidos mediante velcro. A esta pieza ha sido unida con pegamento otra de distinta forma que ayudará a la sujeción de la segunda cámara (la delantera) mediante una unión con velcro también. Además de esto, da cabida a la colocación de un servo con un orificio de salida para que pueda ser conectado al sistema de computación. El resultado sería el siguiente:

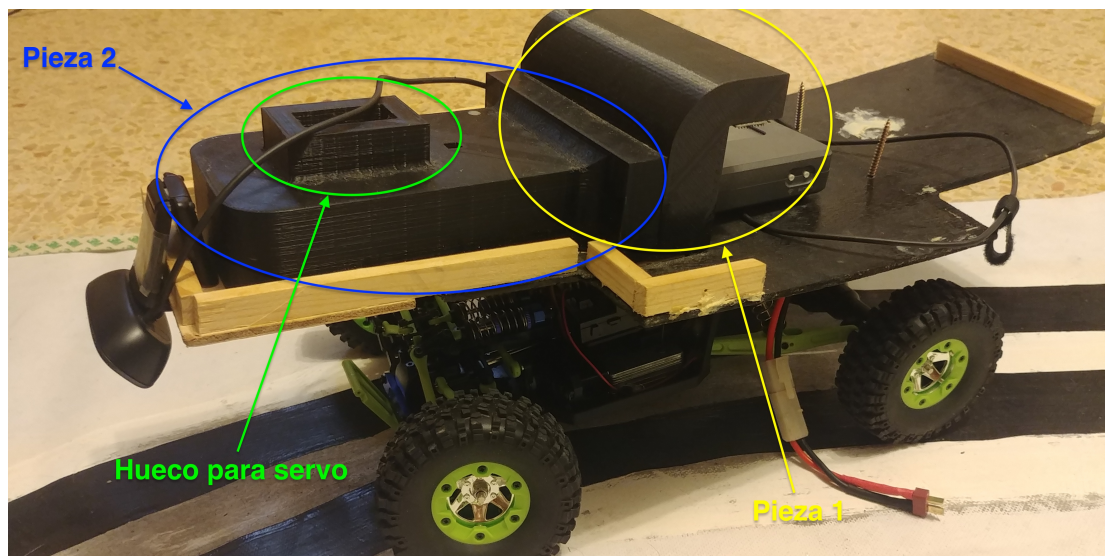


Figura 3.18: Sistema de sujeción de los elementos

Capítulo 4

Software

4.1. LabView 2017

Acrónimo de Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench. LabVIEW es un entorno de programación gráfica para desarrollar sistemas sofisticados de medida, pruebas y control usando iconos gráficos e intuitivos y cables que parecen un diagrama de flujo. Ofrece una integración múltiple de dispositivos de hardware y brinda bibliotecas integradas para análisis avanzado y visualización de datos. La plataforma LabVIEW es escalable a través de múltiples objetivos y sistemas operativos, desde su introducción en 1986 se ha vuelto un líder en la industria.

4.1.1. Programación gráfica de flujo de datos

LabVIEW es diferente de la mayoría de lenguajes de propósito general principalmente en dos vertientes. Primero, la programación G se desarrolla cableando iconos gráficos en un diagrama que compila directamente a código máquina de modo que los procesadores del ordenador pueden ejecutarlo sin problemas de compatibilidad.

Aunque se representa gráficamente en lugar de texto, G contiene los mismos conceptos de programación que se pueden encontrar en la mayoría de los lenguajes tradicionales. Por ejemplo, G incluye todas las construcciones estándar tales como tipos de datos, bucles, eventos, variables y programación orientada a objetos. La segunda diferencia principal es que el código G desarrollado en LabVIEW se ejecuta de acuerdo con las reglas del flujo de datos en lugar de la manera tradi-

cional (en otros palabras, una serie secuencial de comandos para ser llevados a cabo) que se encuentra en la mayoría de los lenguajes de programación basados en texto como C y C++.

Los lenguajes de flujo de datos como G (también VEE de Agilent, Microsoft Visual y Apple Quartz Composer) promueven los datos como concepto principal detrás de cualquier programa. La ejecución de un datagrama es dirigida por el dato o dependiente del mismo. El flujo de datos entre los nodos del programa, líneas no secuenciales de texto, determina el orden de ejecución. Esta distinción puede ser menor a priori, pero el impacto es considerable ya que presenta rutas de datos entre partes del programa para ser el centro de atención del desarrollador. En la Figura 4.1 se puede ver un ejemplo del entorno gráfico de Labview, en el que nos encontramos nodos con distintas entradas, esos nodos generan una acción determinada y generan una salida.

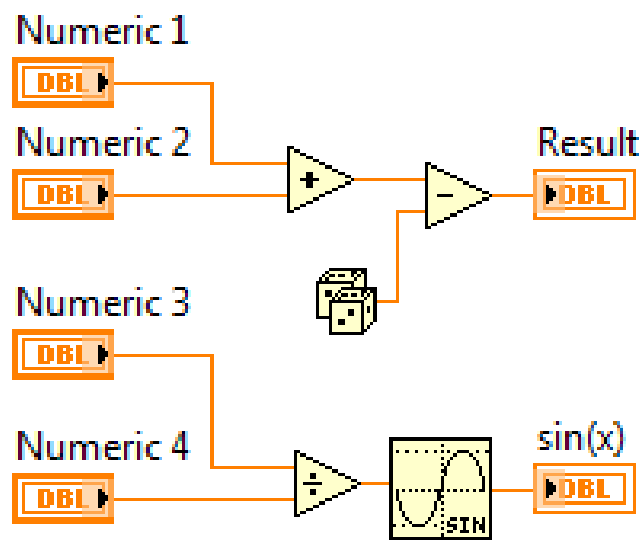


Figura 4.1: Ejemplo de nodos en entorno Labview

Los nodos en un programa de LabVIEW (en otras palabras, funciones y estructuras como bucles y subrutinas) tienen entradas, procesan datos y generan salidas. Una vez que todas las entradas de los nodos dados contienen un dato válido, el nodo ejecuta su lógica, produce datos de salida y pasa los datos al siguiente nodo en la secuencia del flujo de datos. Un nodo que recibe datos de otro, se puede ejecutar solo después de que el primero complete su ejecución.

4.1.2. Visión Artificial General

La visión artificial es una disciplina científica que incluye métodos para adquirir, procesar y analizar imágenes del mundo real con el fin de producir información que pueda ser tratada por una máquina. Además intenta comparar el complejo proceso de adquisición de imágenes del ser humano siguiendo un proceso lógico similar al esquema que se presenta en la Figura 4.2.

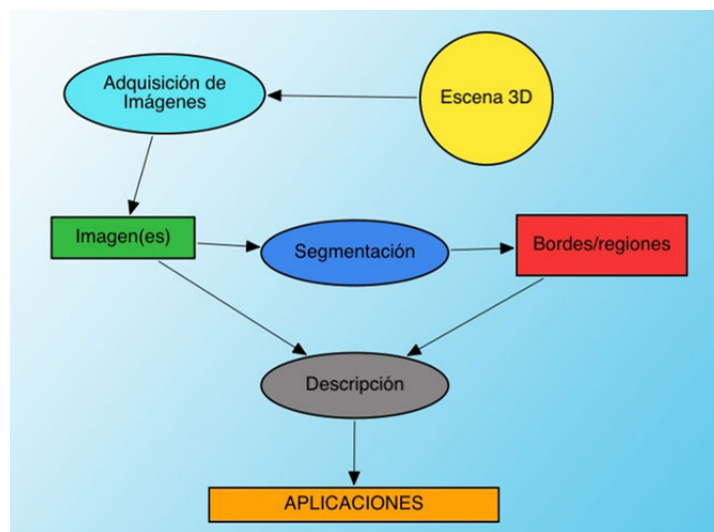


Figura 4.2: Proceso general de la visión artificial

Funcionamiento

El funcionamiento principal de un sistema de visión artificial consiste en la captación de imágenes mediante cámaras basadas en matrices de sensores sensibles a la luz (CCD o CMOS), el posterior tratamiento de las mismas mediante técnicas de análisis de imagen y la actuación sobre el proceso (control de producto) o sobre el producto (control de calidad).

Objetivos

Los objetivos de la visión artificial son los siguientes:

- La detección, segmentación, localización y reconocimiento de objetos en imágenes.
- Evaluación de los resultados.
- Registro de diferentes imágenes de una misma escena u objeto.

- Seguimiento de un objeto en una secuencia de imágenes.
- Mapeo de una escena para generar un modelo tridimensional de la misma.

Estos objetivos se consiguen por medio de reconocimiento de patrones, aprendizaje estadístico, geometría de proyección, procesamiento de imágenes, teoría de grafos y otros campos.

Procesamiento digital

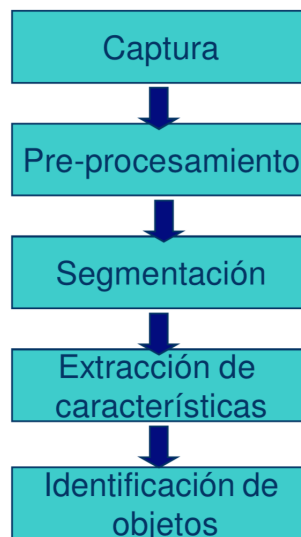


Figura 4.3: Diagrama de etapas

- **Captura:** contiene la digitalización también. Es el primer paso en cualquier aplicación de procesamiento de imágenes. En esta etapa se captura la imagen y se produce la transformación de una imagen analógica a otra digital.
- **Pre-procesamiento:** atenuación de la degradación de la imagen para que las siguientes etapas tengan una probabilidad de éxito mayor.
- **Segmentación:** extracción de la información contenida en la imagen. Para la segmentación se usan tres conceptos:
 - Similitud: los píxeles agrupados del objeto deben ser similares respecto algún criterio.

- **Conectividad:** los objetos corresponden a áreas de píxeles con conectividad. Las particiones corresponden con regiones continuas de píxeles.
- **Discontinuidad:** los objetos tienen formas geométricas que definen unos contornos. Estos bordes delimitan unos objetos de otros.

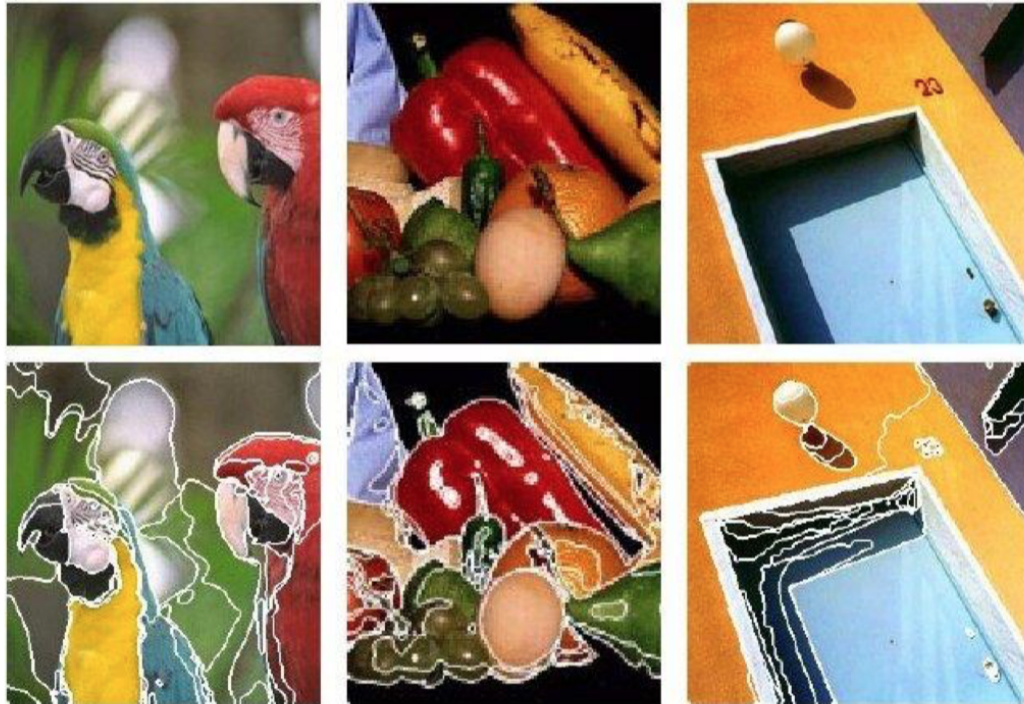


Figura 4.4: Ejemplo de segmentación en 3 fotografías

- **Extracción de las características:** la extracción de características consiste en la obtención de modelos matemáticos compactos que agrupen el contenido de la imagen con el fin de simplificar el proceso de aprendizaje de los objetos a reconocer. Dichas características son comúnmente llamadas descriptores. Dependerá del método a utilizar se obtienen las características principales de la imagen o de la zona de la imagen que se quiere analizar. Existen diversos tipos de descriptores, que tendrán mejor o peor rendimiento en función al tipo de objeto a reconocer y a las condiciones del proceso de reconocimiento (la luz controlada o no, distancia al objeto a reconocer conocida o no).
- **Identificación:** mediante el algoritmo que se crea/implementa el programa

es capaz de reconocer lo que se está buscando con un éxito dependiente de los pasos anteriores.

4.1.3. NI Vision Assistant

Se trata de un módulo de LabVIEW que permite realizar el procesamiento de imágenes, ya que con simples iconos se puede elegir el tipo de filtro, el tipo de adquisición de imágenes, así como el tipo de “match” que queremos realizar. La interfaz sería la siguiente:

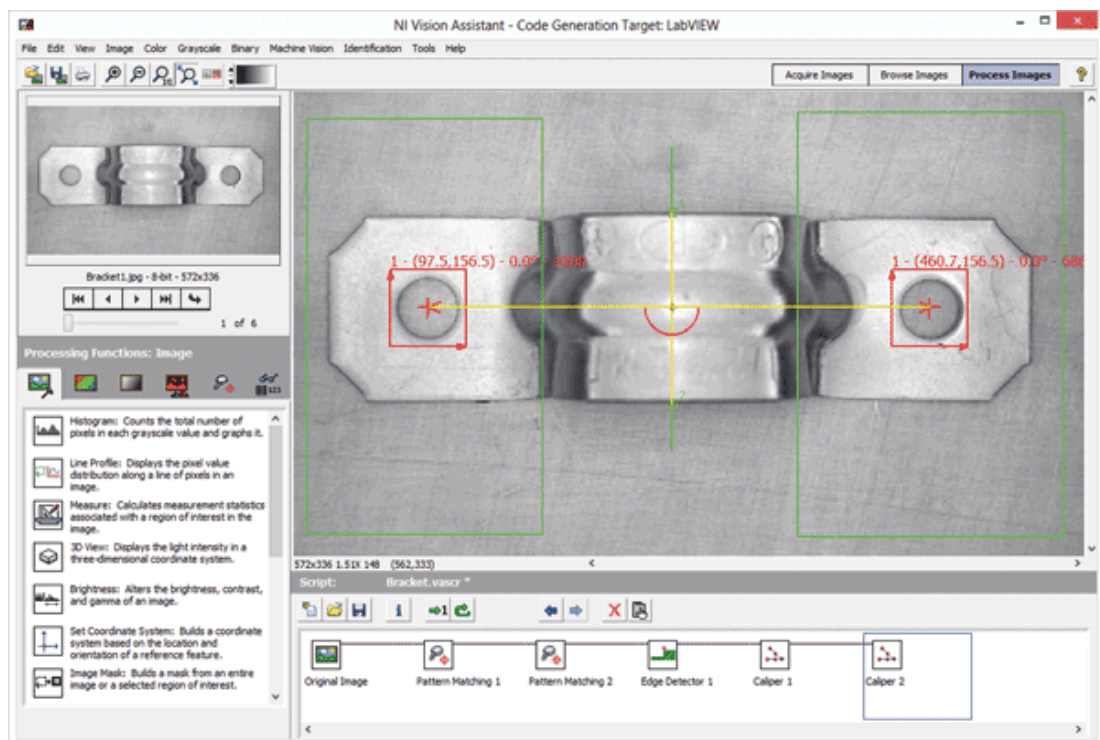


Figura 4.5: Interfaz Vision Assistant

Además se podrá elegir, una vez finalizado con el módulo, cuáles son los nodos que queremos que aparezcan en la interfaz de LabVIEW para poder extraer información que, pueda ser postprocesada.

En el caso del proyecto se pretende distinguir dos procesos:

- Visión Artificial para el reconocimiento facial.
- Visión Artificial para el reconocimiento de carril.

Reconocimiento facial

Para poder obtener la información de la imagen se ha realizado el siguiente proceso:

1. Adquisición de imágenes: para ello se debe abrir una sesión de la webcam conectada y en uno de los nodos de `imaqdx` se debe seguir trabajando con la imagen. La siguiente imagen muestra esta explicación en el entorno gráfico de Labview:

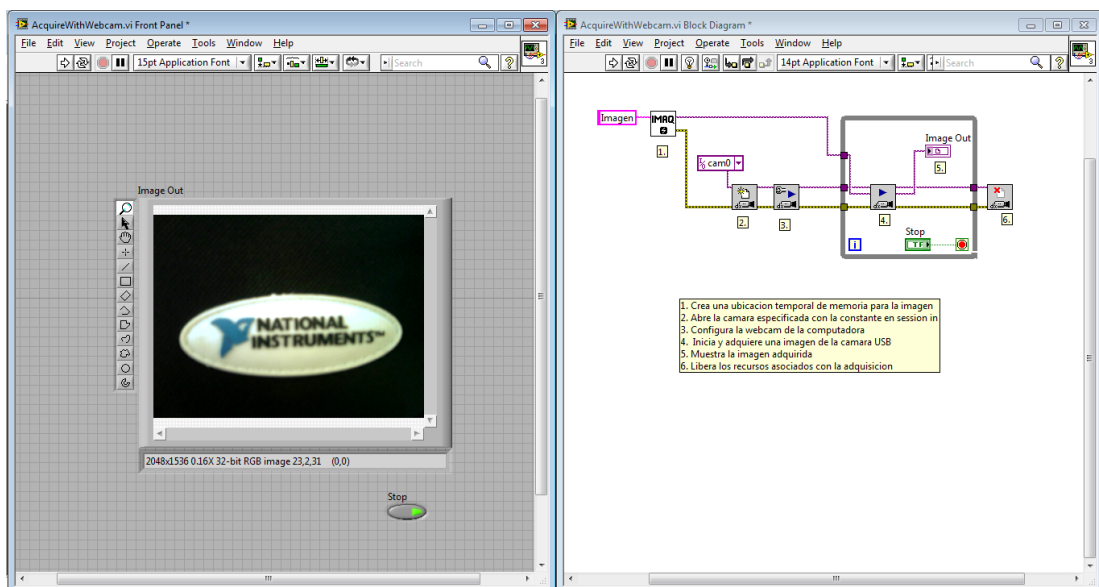


Figura 4.6: Adquisición de imágenes

2. Pre-procesamiento: tiene la función de eliminar el máximo ruido posible para poder tener una imagen clara la cual no lleve a errores. El pre-procesamiento realizado en esta parte del proyecto consiste en la extracción de un plano (ya que sin esto el programa no es capaz de realizar el “matching”). Seguidamente se le aplica una diferencia absoluta para eliminar más ruido.
3. Segmentación: la realiza automáticamente el programa a la vez que la extracción de las características para poder realizar una comparación entre una imagen de referencia y la imagen que es observada a través de la webcam.

Reconocimiento del carril

Para poder obtener la información de la imagen se ha realizado el siguiente proceso:

1. Adquisición de imágenes: para ello se han seguido los mismos pasos que para la adquisición de la webcam encargada del reconocimiento facial.
2. Pre-procesamiento: tiene el mismo objetivo, eliminar ruido. En este caso el pre-procesamiento es diferente, se realiza un cambio en brillo y en contraste para poder tener una clara diferencia entre los colores claros y oscuros, esto ayudará a la segmentación. Además se realiza una extracción del plano para poder trabajar con los nodos de “Machine Vision”.
3. Segmentación: en este caso se realiza una segmentación más notable ya que se cuenta con elementos blancos (fondo del circuito) y negros (carril). Por tanto, la segmentación se realiza en función de esos parámetros, es decir, el salto entre blanco y negro.
4. Extracción de características: el programa utiliza esos saltos de color para reconocer puntos en esa segmentación y encontrar la línea recta que mejor se adapte a los parámetros seleccionados previamente.

4.2. Fusion 360

Se comentarán algunas características de este programa el cual ha sido usado para diseñar los elementos que ayudarán a la sujeción y la adaptación para una mejor visión y conexión de los dispositivos. Los planos de las piezas obtenidas se muestran en el documento de planos. Fusion 360 es una herramienta de modelado 3D, CAD, CAM y CAE. Conecta todo el proceso de producción y desarrollo de un producto en una única aplicación que opera en la nube.

- **CAD** El término CAD es la sigla de “Computer-aided design” o diseño asistido por ordenador (computador). El CAD es también utilizado en el marco de procesos de administración del ciclo de vida de productos.
- **CAM** Es la fabricación asistida por ordenador, es un puente entre el Diseño Asistido por Computadora CAD y el lenguaje de programación de las máquinas.

- **CAE** El concepto de CAE, asociado a la concepción de un producto y a las etapas de investigación y diseño previas a su fabricación, sobre todo cuando esta última es asistida o controlada mediante computador, se extiende cada vez más hasta incluir progresivamente a la propia fabricación.

Fusión 360 es un programa que no depende de la potencia del ordenador sobre el que se ejecuta la aplicación. Son los servidores de Autodesk (y su potencia) los que hacen que esta aplicación funcione. Lo que se instala en el ordenador es una interficie que actúa a modo de ventana para que nosotros manipulemos y editemos los archivos.

4.2.1. Pieza delantera

La pieza delantera la cual ha sido diseñada para poder colocar un servo en ella, y a su vez la cámara encima del servo presenta la siguiente forma:

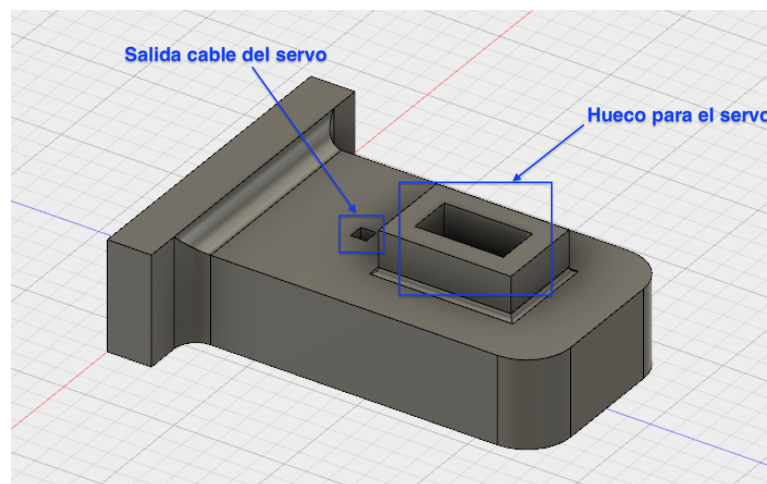


Figura 4.7: Diseño de la pieza delantera del vehículo

4.2.2. Pieza trasera

La pieza que se ha pegado a la anterior y servirá de apoyo para la cámara de reconocimiento facial tendrá la siguiente forma:

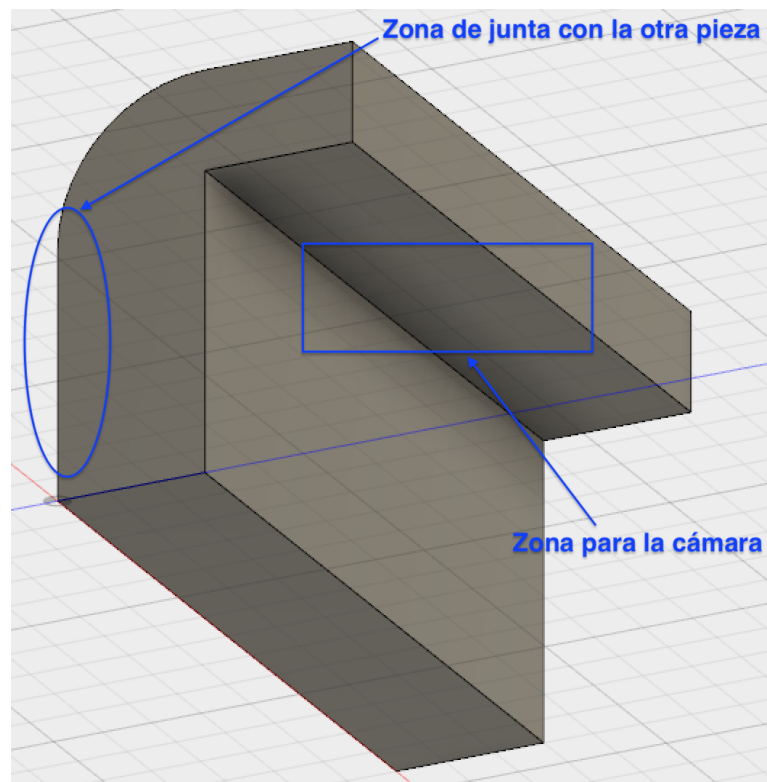


Figura 4.8: Diseño de la pieza trasera del vehículo

4.3. Sistemas de control y PID

4.3.1. Sistemas de control

El control de un sistema se efectúa mediante un conjunto de componentes mecánicos, hidráulicos, eléctricos y/o electrónicos que, interconectados, recogen información acerca del funcionamiento, comparan este funcionamiento con datos previos y, si es necesario, modifican el proceso para alcanzar el resultado deseado. Este conjunto de elementos constituye, por lo tanto, un sistema en sí mismo y se denomina sistema de control.

La forma más simple para esquematizar un proceso de control es un bloque sobre el que incide una entrada y se genera una salida:

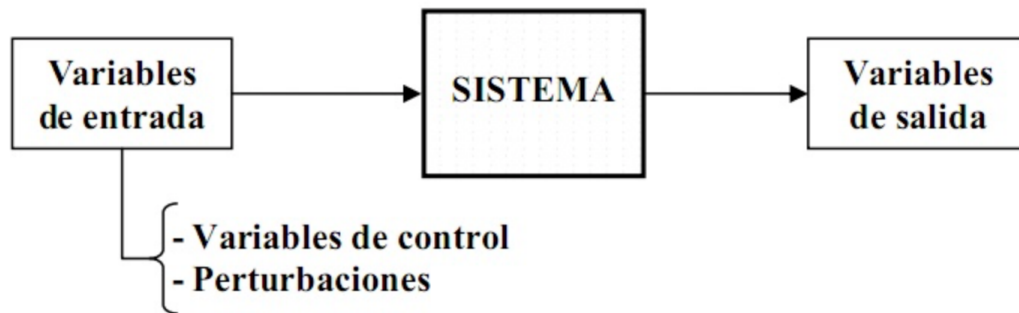


Figura 4.9: Esquema sistema de control

Los sistemas de control pueden ser manuales o automáticos:

- Manuales: para obtener una respuesta del sistema, interviene el hombre sobre el elemento de control.
- Automáticos: el sistema da respuesta sin que nadie intervenga de manera directa sobre él, excepto en la introducción de condiciones iniciales o de consigna.

Los sistemas de control deben conseguir los siguientes objetivos:

- Ser estables y robustos frente a perturbaciones y errores en los modelos.
- Ser eficientes según un criterio preestablecido evitando comportamientos bruscos e irreales.

4.3.2. PID

Un controlador o regulador PID es un dispositivo que permite controlar un sistema en lazo cerrado (acción de control la cual está en función de la señal de salida) para que se alcance el estado de salida deseado. El controlador PID está compuesto de tres elementos que proporcionan una acción Proporcional, Integral y Derivativa. Estas tres acciones son las que dan nombre al controlador PID.

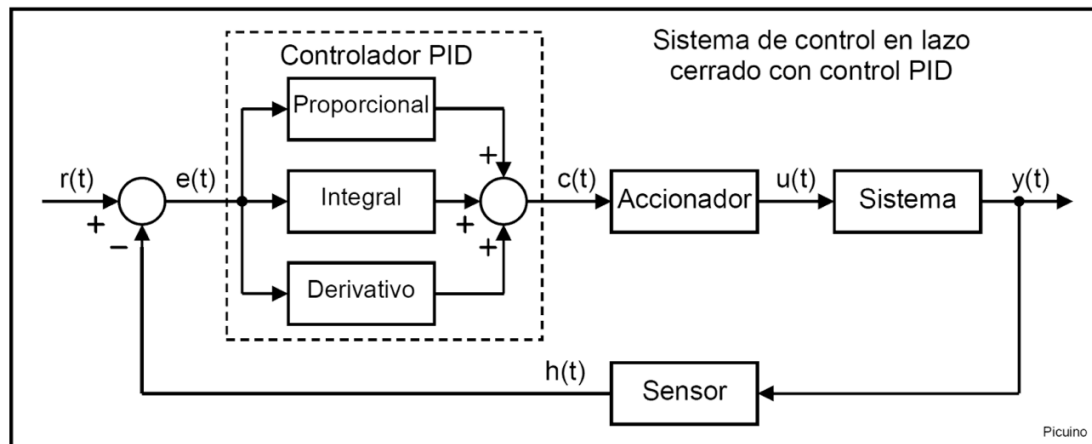


Figura 4.10: Control PID

- **Acción proporcional** La respuesta proporcional es la base de los tres modos de control, si los otros dos, control integral y control derivativo están presentes, éstos son sumados a la respuesta proporcional. "Proporcional" significa que el cambio presente en la salida del controlador es algún múltiplo del porcentaje del cambio en la medición. Este múltiplo es llamado "ganancia" del controlador. Para algunos controladores, la acción proporcional es ajustada por medio de tal ajuste de ganancia, mientras que para otros se usa una "banda proporcional". Ambos tienen los mismos propósitos y efectos.

$$P_{sal} = K_p e(t) \tag{4.1}$$

- **Acción integral** La acción integral da una respuesta proporcional a la integral del error. Esta acción elimina el error en régimen estacionario, provocado por el modo proporcional. Por contra, se obtiene un mayor tiempo de establecimiento, una respuesta más lenta y el periodo de oscilación es mayor que en el caso de la acción proporcional.

$$I_{sal} = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau \tag{4.2}$$

- **Acción derivativa** La acción derivativa da una respuesta proporcional a la derivada del error (velocidad de cambio del error). Añadiendo esta acción

de control a las anteriores se disminuye el exceso de sobreoscilaciones.

$$D_{sal} = K_d \frac{de}{dt} \quad (4.3)$$

Capítulo 5

Sistema Propuesto

El sistema propuesto (ver Figura 1.2) consistirá en dos VIs, uno hospedado en el ordenador que servirá para la visualización de lo que está pasando así como de las imágenes del individuo con fatiga y otro que se llevará cabo en el sistema de computación. Realizará la detección facial y del carril y llevará a cabo la variación del servo y del ESC para poder manejar el coche, ya sea de manera manual o de manera autónoma. Dentro de ello distinguiremos dos procesos y dos distintas situaciones:

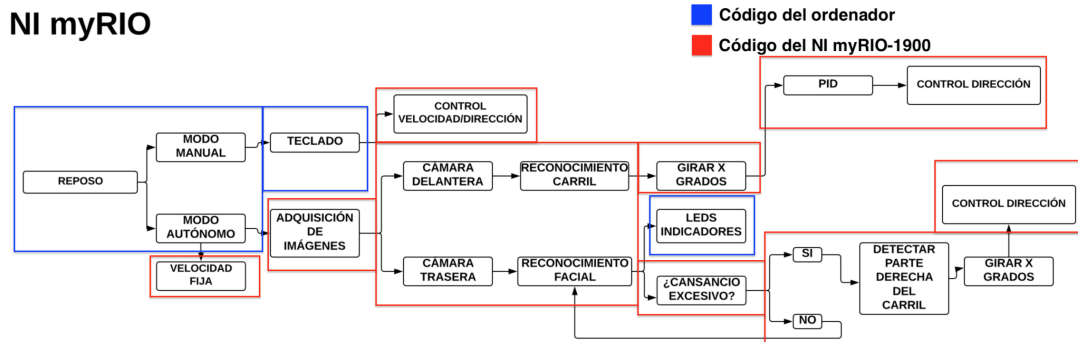


Figura 5.1: Esquema explicativo de procesamiento

Como se puede observar en el esquema, la mayoría del código es procesado en el sistema de computación, dejando al ordenador únicamente la labor de visualización y de manejo con el teclado.

- En la primera interfaz se podrá elegir si se desea un modo manual (la conducción sería a nivel 0 de conducción autónoma) o un modo autónomo

que sería equivalente a nivel 5, en el cual el conductor no tendría ninguna función, sólo la de seguir despierto.

- En paralelo el programa estudiará la forma de conducción, es decir si el individuo se encuentra durmiendo, despistado o si está atento a la conducción. En el caso de elección de una conducción manual el coche no realizaría ninguna acción aunque detectase fatiga excesiva. En el caso de conducción autónoma el coche seguirá el circuito respetando despistes ya que no tendrían ningún peligro, pero en caso de detectar suficiente fatiga el coche realizaría una maniobra para quedar apartado del camino y poder volver a cambiar a modo manual para poder continuar (querría decir que el individuo ha despertado).

5.1. Código local

5.1.1. Visualización

Panel frontal

Se muestra a continuación la interfaz que el usuario visualizaría y que engloba todo lo comentado anteriormente:

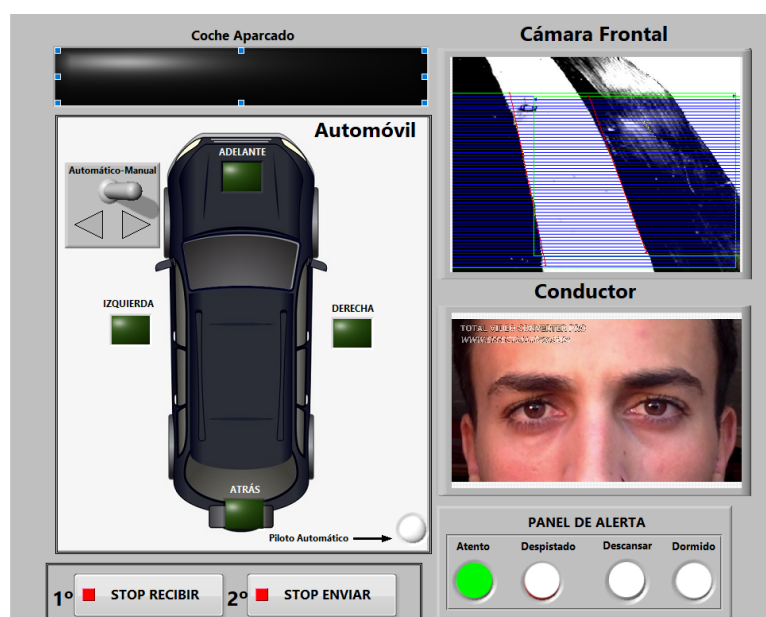


Figura 5.2: Interfaz

Se puede observar que es una interfaz fácil de entender (muy intuitiva) así como clara. Además se puede ver cómo se han creado dos botones de parada ya que como se explicará más adelante es primordial si queremos que el código funcione correctamente que lo primero en pararse sea la recepción de datos mediante el protocolo UDP y después el envío de estos.

Parte del código

Respecto al código como se muestra a continuación se está recibiendo mediante un protocolo UDP (el cual se explicará más adelante) las imágenes procesadas tanto del reconocimiento facial como el de la visualización del carril.

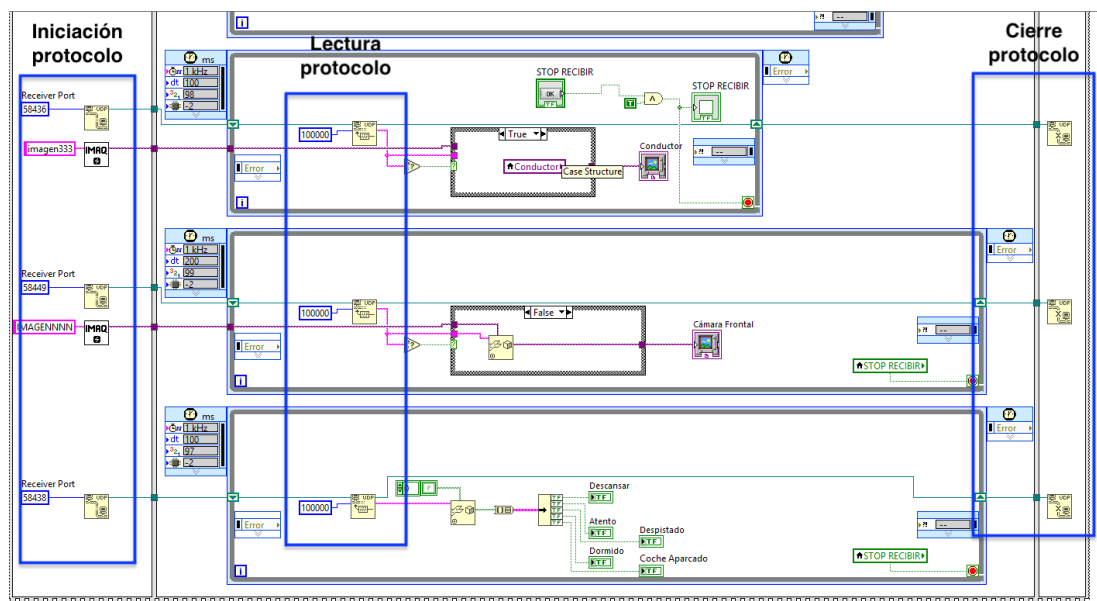


Figura 5.3: Recepción de imágenes y leds mediante UDP

La explicación de los tiempos del ciclo se encuentra más adelante, aunque con un bucle “case” se ha conseguido que en caso de no estar recibiendo ningún dato, se mantenga la imagen anterior. De esta forma se conseguirá una imagen más o menos continua. En caso contrario, es decir, de estar recibiendo datos, se debe hacer un “unflatten” con ellos para volver a convertirlo en lo que queremos, una imagen y poder visualizarlo de forma correcta.

5.1.2. Teclado

Para poder usar el ordenador como mando a distancia de nuestro vehículo, se ha debido realizar primeramente un reconocimiento de las teclas que se están pulsando, esto se ha llevado a cabo con ayuda de una de las funciones que propone Labview, estructura la cual reconoce la tecla que se está pulsando y la deja guardada. Debido a que esto no servía de esta forma para poder usarlo como control, se consiguió que sólo sacase la tecla que se está pulsando y durante el tiempo que se está pulsando:

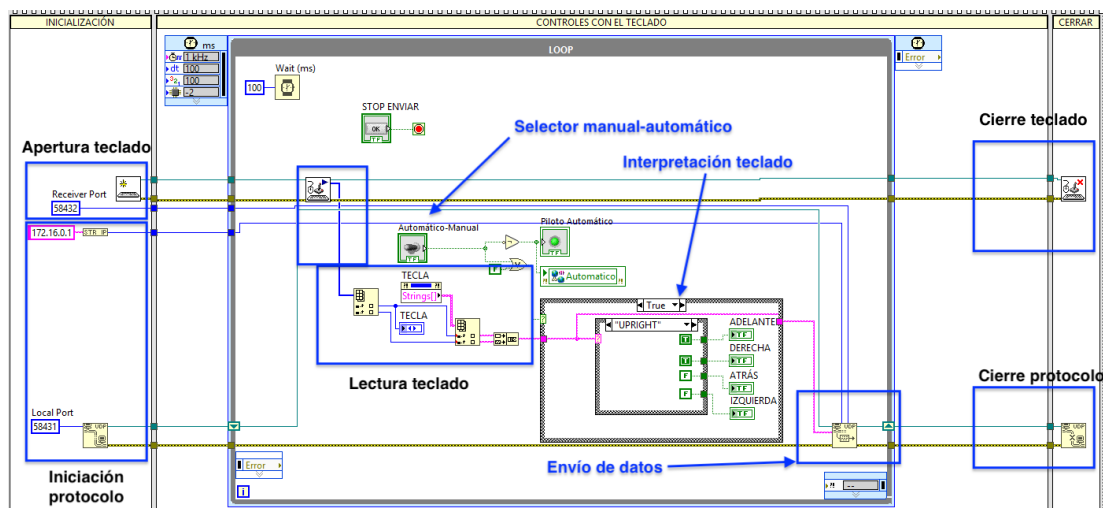


Figura 5.4: Lectura del teclado

El programa reconoce hasta un máximo de dos teclas (nunca contrarias, es decir adelante y atrás por ejemplo) que se pueden estar pulsando a la vez. Esto tiene sentido ya que podríamos estar pulsando izquierda y adelante sin problema, pero sin embargo cualquier combinación de una tercera sería una contraria de alguna de la anterior y el código no tendría sentido. Dependiendo de la tecla pulsada se encenderá un led de visualización como se ha mostrado anteriormente.

Por supuesto todo lo anteriormente dicho es en caso de que el selector marque “Manual”, en caso de “Automático” directamente al protocolo UDP saldrá un string que dice “Automatico” para después poder procesarlo según se desee.

5.2. Código remoto

5.2.1. Reconocimiento facial

Vision Assistant

La detección de los ojos se realizará de forma continua con el Asistente de Labview, adquirimos la imagen de una de las webcams, la cual pasa directamente a ser procesada y mediante el siguiente código consigue saber si estamos atentos o no:

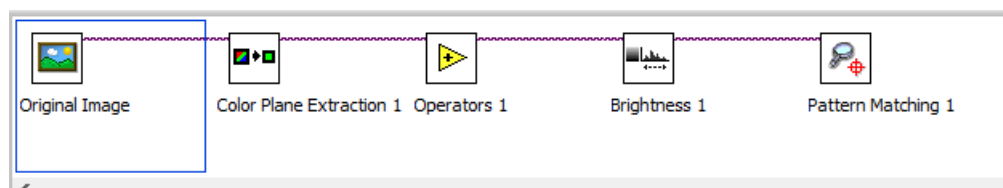


Figura 5.5: Proceso de reconocimiento facial

Se ha utilizado un Pattern Matching, es decir, los patrones comprueban que un valor tenga una determinada forma y pueden extraer información del valor cuando tiene la forma coincidente. Se ha marcado una puntuación mínima de 820, lo cual parece bastante razonable para el caso. Con esto conseguimos saber si se corresponde con los ojos abiertos o no y además se han realizado cambios en las propiedades de la imagen para conseguir una mejor correspondencia. Para el postprocesado se ha sacado del asistente el número de correspondencias y la localización de la correspondencia. Con el primero se conseguirá saber si está atento o despistado ya que si no se encuentra ninguna correspondencia quiere decir que no se encuentra atento a la carretera, con el segundo se conseguirá crear las líneas que marcarán donde está el ojo abierto.

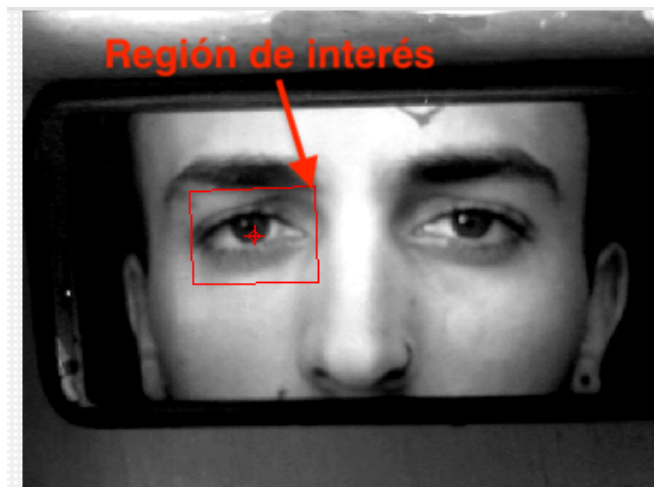


Figura 5.6: Interfaz del reconocimiento facial

Por tanto, si se utilizan el número de correspondencias, se podrá decir que si no se encuentra ninguna estaremos despistados como se ha comentado pero además podremos trabajar con una media razonable la cual es que si el conductor se encuentra más de 4 segundos despistado estará dormido o no se encuentra lo suficientemente atento a la conducción como para seguir en la carretera. Entonces como se ha comentado previamente, si ocurre esto y tenemos activado el piloto automático, este diagrama de bloques mandará una señal al de movimiento de servos para rebajar la velocidad, realizar un movimiento a la derecha (reconociendo la parte derecha del carril, que se comentará más tarde) que simulará cómo el coche se aparta a la derecha del carril.

Parte del código

El código ha sido rebajado a un nivel inferior y el ayudante Vision Assistant lo ha convertido en un VI para poder ser implementado. Esto ayudará a que el código se ejecute de una forma más rápida, ya que los wizards son muy útiles pero ralentizan la ejecución y en un caso como es la conducción, cualquier segundo puede marcar la diferencia.

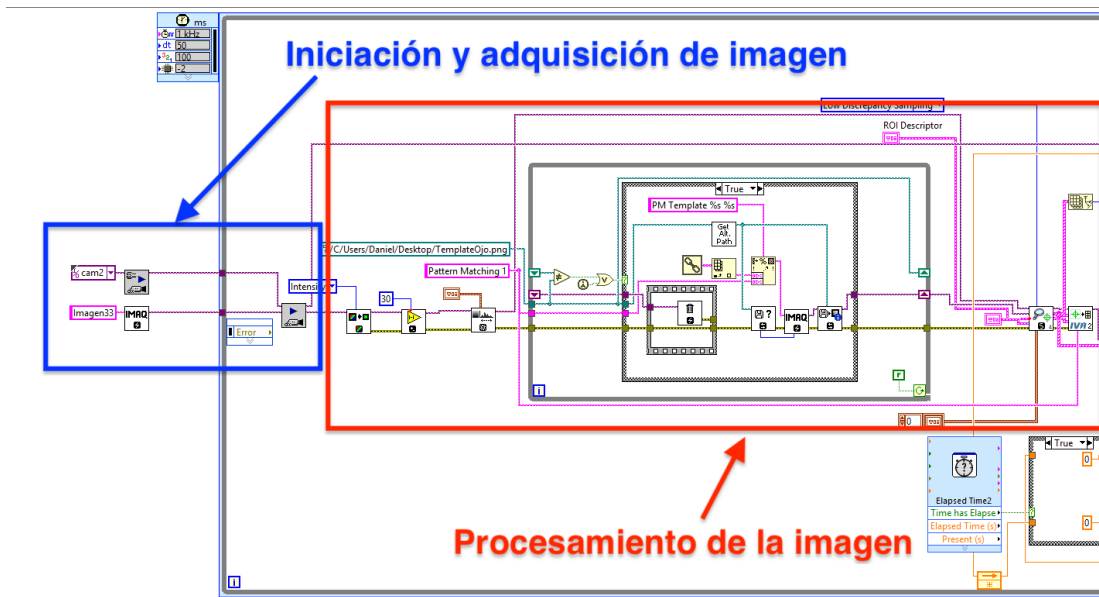


Figura 5.7: Código de reconocimiento facial fuera de Vision Assistant, primera parte

En esta primera parte del código, éste obtiene la imagen de la cámara para poder procesarla y seguidamente le realiza los procesos comentados anteriormente en Vision Assistant. Primeramente extrae un plano de color, para ser exactos HSI. Más tarde le realiza una operación de contraste para poder identificar mejor los ojos con un claro cambio. Seguidamente ayuda a la identificación con un cambio en el brillo.

El ciclo while de la imagen se realiza para conseguir la imagen de referencia que será comparada posteriormente ya que estamos ante un “Pattern Matching” el cual necesitará una imagen de referencia para poder compararla. Justo después se realiza la comparación con un Low Discrepancy Sampling ya que se ha probado que es el que mejor se comporta en este entorno. Si se desea (en nuestro caso se ha realizado) se puede realizar una capa para colocar un rectángulo en la zona donde se ha encontrado la coincidencia.



Figura 5.8: Imagen de referencia para realizar la comparación

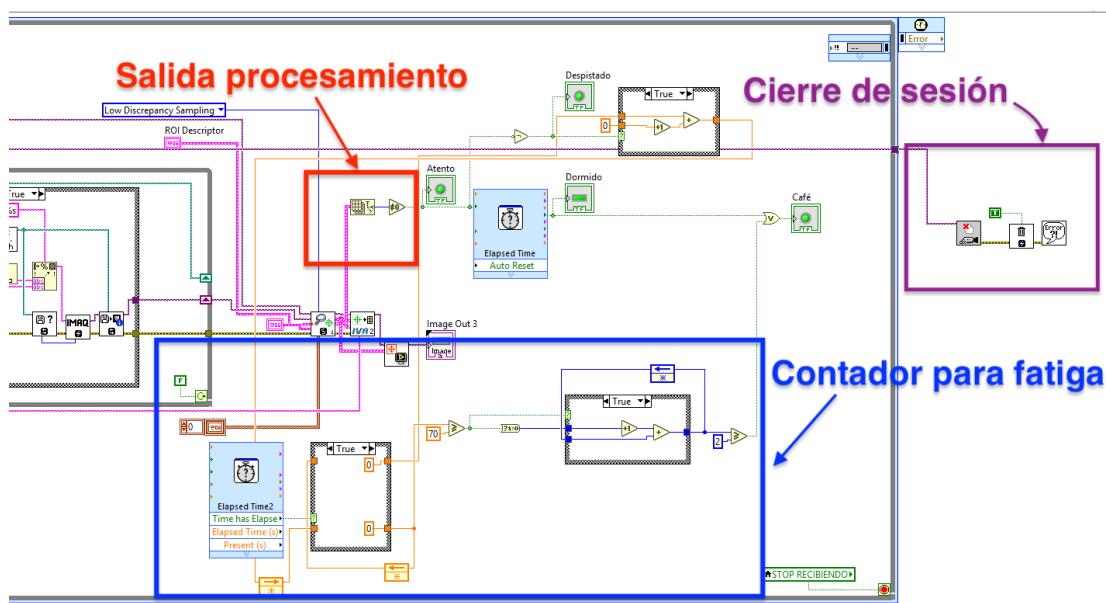


Figura 5.9: Código de reconocimiento facial fuera de Vision Assistant, segunda parte

En esta segunda parte, una vez identificada la comparación, sabemos si el individuo se encuentra:

- **Atento:** Si se encuentra la coincidencia que se está buscando, es decir, la salida del procesamiento no es nula.
- **Despiado:** Si no se encuentra la coincidencia que se está buscando, es decir, la salida del procesamiento es nula.
- **Dormido:** En caso de no encontrar ninguna coincidencia, comienza un contador con “Elapsed Time” de x tiempo, esa x puede ser ingresada como cualquier valor. En este caso se han elegido 4 segundos como un buen indicio de que el individuo está dormido o no se encuentra lo suficientemente atento a la carretera.

- **Cansado/Necesitas un café:** Cada vez que ocurre el evento “Despistado” un contador comienza, el cual se reiniciará al minuto y 10 segundos, si en ese tiempo ha estado despistado más de 20 segundos es un gran indicador de que es necesario un descanso en la carretera.

5.2.2. Detección de carril

Vision Assistant

Para la detección del carril, se ha seguido el mismo procesamiento, es decir, se adquiere la imagen de una de las dos cámaras, en este caso de la frontal; una vez es adquirida, se utilizará Vision Assistant para el reconocimiento del carril de la siguiente manera:

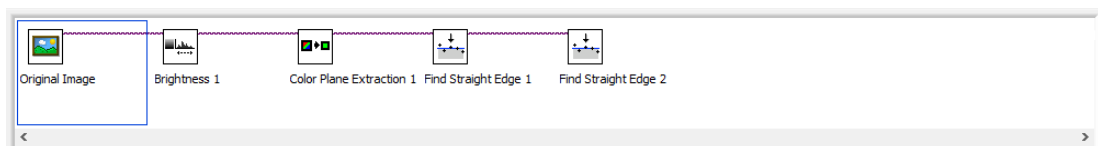


Figura 5.10: Proceso de reconocimiento del carril

La imagen será procesada con un aumento del contraste prácticamente al máximo para que se distinga claramente la diferencia entre las líneas negras y todo lo demás. Se buscará la línea izquierda y la línea derecha (con unos ciertos parámetros, cumpliendo el compromiso justo para no detectar cualquier cambio negro-claro y/o no llegar a detectar absolutamente ninguna línea) para poder implementar el código más tarde.

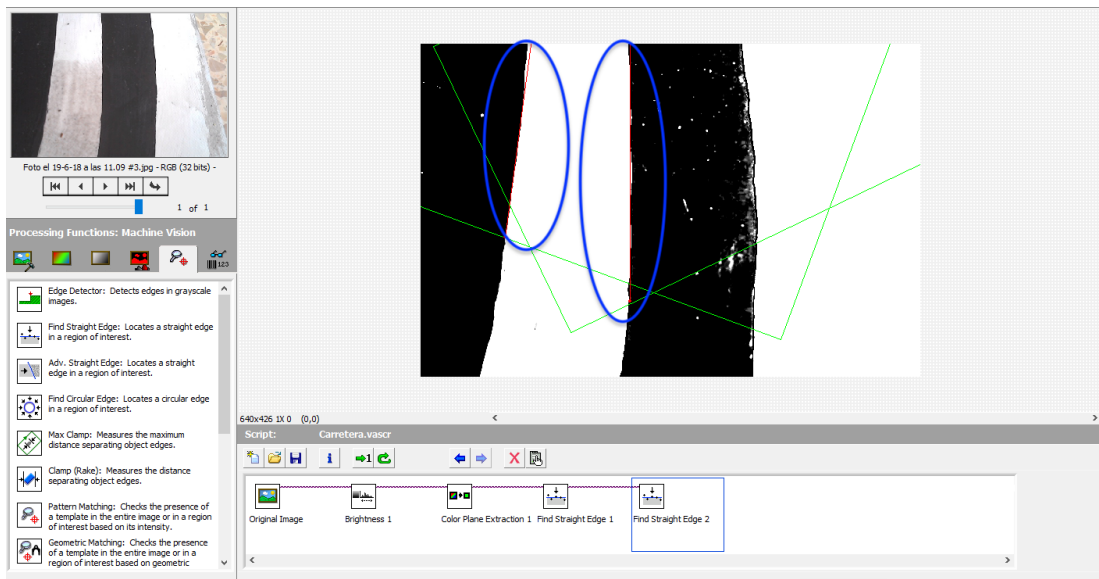


Figura 5.11: Proceso de reconocimiento del carril, interfaz Vision Assistant

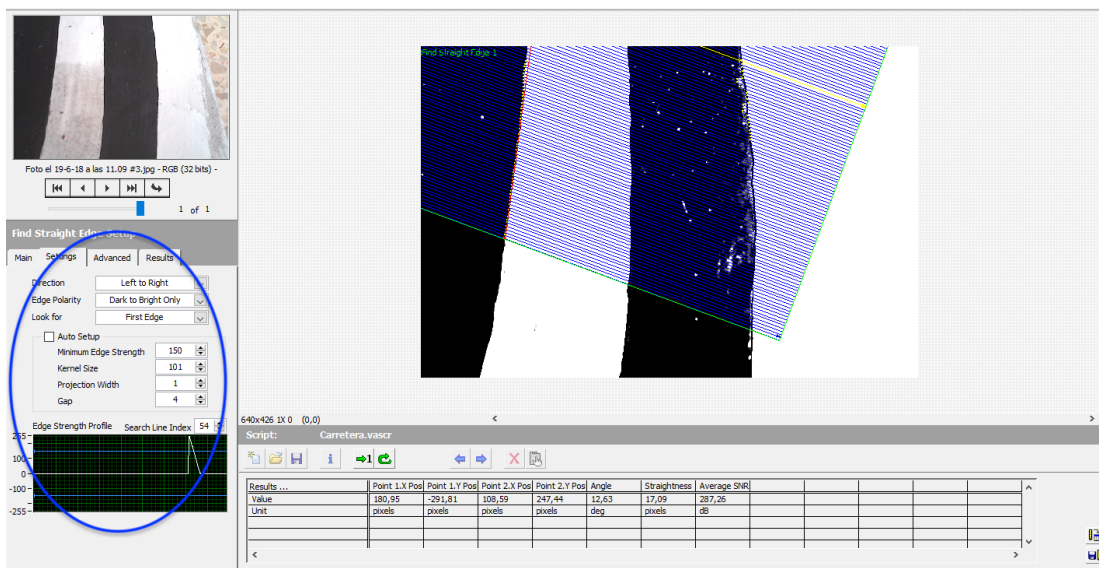


Figura 5.12: Proceso de reconocimiento del carril, características de segmentación

Como se puede observar en la Figura 5.11 los descriptores se encuentran girados, esto se ha realizado ya que al no ser un método con cambios rotacionales, el programa puede no detectar la línea. De este modo, como se comentará después, con la detección de una de ellas será suficiente para la trayectoria.

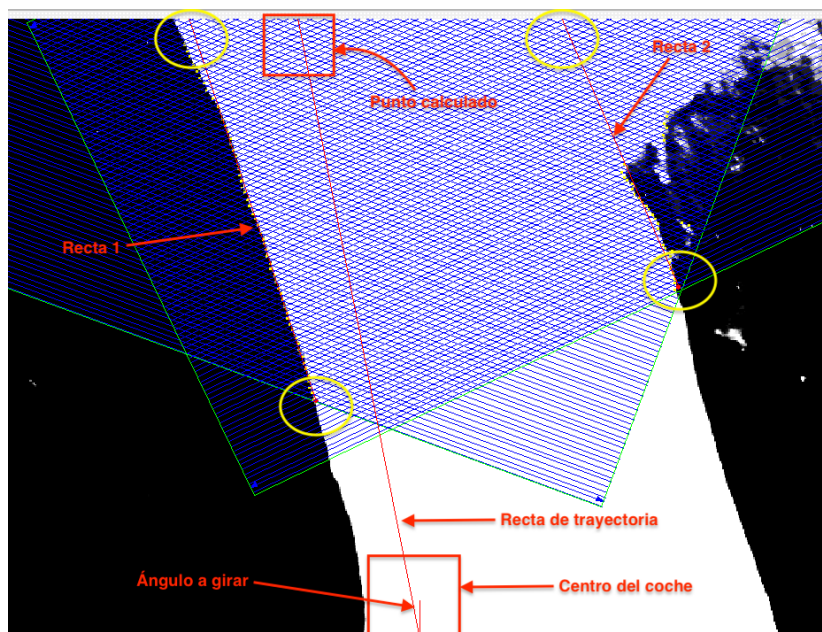


Figura 5.13: Proceso de post-procesamiento de la imagen del carril

Únicamente será necesario el punto final y el inicial de ambas líneas y se trabajará con ellos. Mediante trigonometría sencilla y unos pequeños cálculos se consigue sacar una línea central que una el centro de nuestra pantalla por la parte inferior, que será el centro de nuestro coche, y el centro en la parte superior de una línea imaginaria que uniría el punto medio en dirección X de ambas líneas detectadas tanto en la parte inferior de la pantalla como en la parte superior. Por lo tanto tendremos una línea que realmente nos daría los grados que son necesarios para seguir el centro del carril:

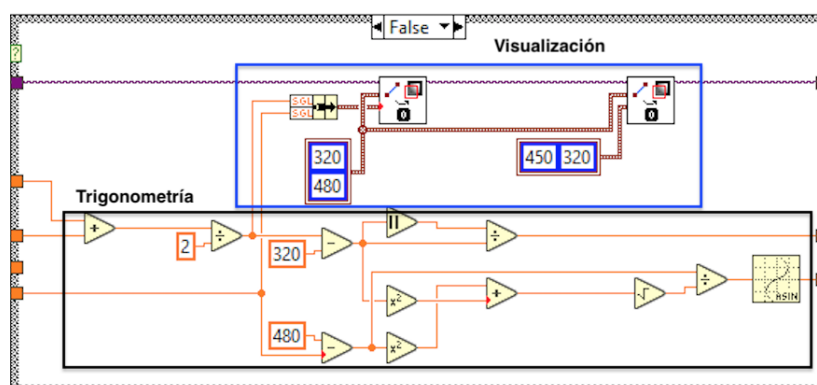


Figura 5.14: Trigonometría

Además se ha añadido una parte para que en caso de sólo detectar una de las

líneas (una salida por ejemplo), la línea a seguir sea la que une el punto central y el punto más alejado de la única detectada para así poder volver al carril. La parte del código es bastante parecido al anterior pero con sólo una línea y entraría sólo en caso del que la otra línea $X1=0, Y1=0$ “and” $X0=0, Y0=0$.

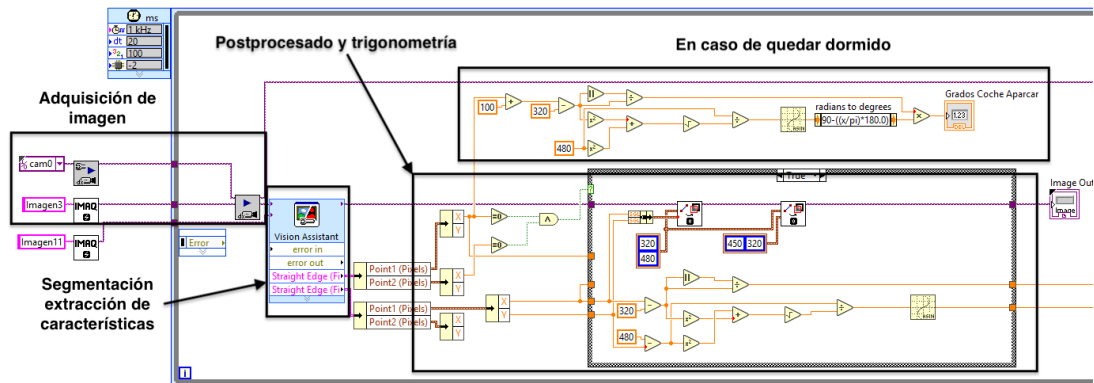


Figura 5.15: Adquisición para seguimiento de trayectoria

Por otro lado se ha añadido un filtro para evitar los cambios bruscos de dirección, este filtro realizará una media entre los tres últimos valores que hayan entrado en el “array”. Esto conseguirá suavizar la dirección:

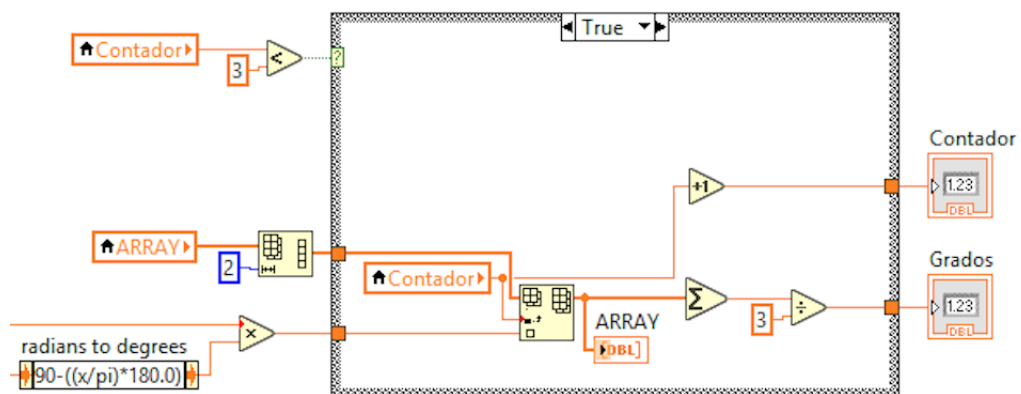


Figura 5.16: Filtro de dirección

Este filtro ha sido diseñado con un contador que va aumentando de 1 hasta 3. El valor del contador en un momento exacto es extraído y la variable de los grados necesarios para seguir en la trayectoria son guardados en la posición del

“array”. Con los tres valores que existen en ese momento se realiza una media y el recorrido es suavizado, así se evitan cambios bruscos.

5.2.3. Movimiento de los servos

El movimiento de los servos se llevará a cabo mediante un “Timed loop” el cual estará recibiendo distinta información desde el ordenador como por ejemplo: si estamos en modo manual/automático o qué tecla estamos pulsando en nuestro ordenador (en forma de string) (en caso de modo manual) para poder dirigir el vehículo terrestre.

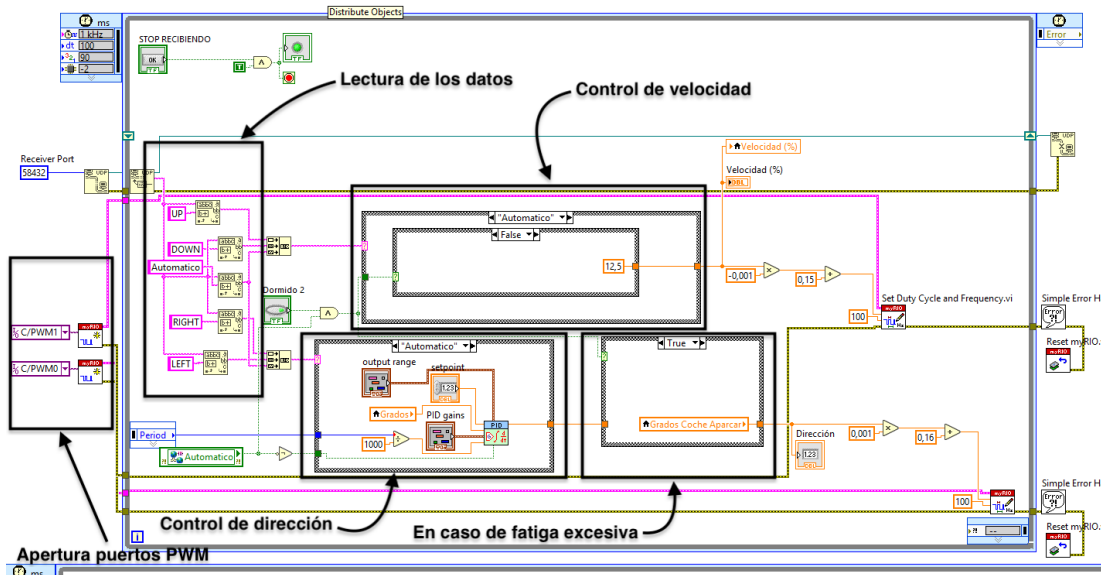


Figura 5.17: Código del movimiento de los servos

Se ha calculado previamente el “Duty Cycle” al que trabajan los servos, tanto el variador para la velocidad como el servo de dirección. Respecto al variador se usará un valor mínimo para su velocidad (13%) ya que el vehículo presenta mucha potencia a bajas velocidades y el control es menos asequible para el sistema.

Una vez entre en modo automático, el coche adquirirá una velocidad de cruce y el control de la dirección se realizará mediante un PID cuyos máximos y mínimos serán 100 y -100 respectivamente (el 100 se referirá a un giro máximo a derecha y -100 un giro máximo a izquierda).

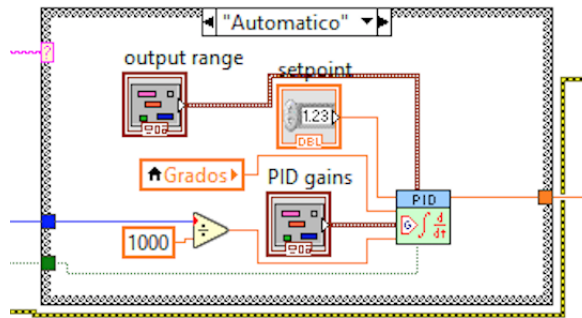


Figura 5.18: PID

La ganancia a la que el PID trabajará será $-1,2$ y tanto el tiempo integral como el derivativo serán 0 . El “setpoint” será 0 ya que lo que queremos conseguir es que el coche quede alineado entre las dos líneas que forman el carril. Por último la variable serán los grados que lleguen desde el “Timed loop” del reconocimiento del carril. el “dt” del PID debe coincidir con el período del “Timed loop” en el que se encuentra. Con este PID conseguiríamos suavizar el recorrido del vehículo:

5.2.4. Comunicación de los dispositivos

La comunicación entre el ordenador y el NI myRIO-1900 se realizará mediante una conexión UDP (User datagram protocol) para las cosas que necesitan mayor velocidad aunque un poco de pérdida de información no sea tan relevante y será bidireccional. En caso contrario, es decir que importe más la información que la velocidad de transmisión serán usadas variables compartidas (Shared Variables)(Éste es solo usado para la comunicación del botón automático).

La función de estas variables es compartir información entre VIs de un ordenador, entre ordenadores conectados en red o entre programas ejecutándose en hardware diferente (PC-FPGA). Cabe destacar que las variables deben ser en un mismo proyecto para poder ser compartidas.

UDP es un protocolo de comunicación que permite el envío de datagramas a través de la red sin que se haya establecido una previa concepción ya que en el mismo datagrama incorpora la suficiente información de direccionamiento en su cabecera. Tampoco tiene confirmación de la información enviada, ni control de flujo, por lo que los paquetes pueden adelantarse unos a otros y tampoco se puede asegurar si la la información ha llegado correctamente como se ha comentado

previamente. Cualquier tipo de garantías para la transmisión de la información deben ser implementadas en capas superiores.

Su uso principal es para protocolos como DHCP, BOOTP, DNS y demás protocolos en los que el intercambio de paquetes de la conexión/desconexión son mayores, así como para la transmisión de audio y vídeo en tiempo real, donde no es posible realizar retransmisiones por los estrictos requisitos de retardo que se tiene en estos casos.

UDP es generalmente el protocolo usado en la transmisión de vídeo y voz a través de una red. Esto es porque no hay tiempo para enviar de nuevo paquetes perdidos cuando se está escuchando a alguien o viendo un vídeo en tiempo real y resulta mas importante transmitir con velocidad que garantizar el hecho de que lleguen absolutamente todos lo Bytes. UDP utiliza puertos para permitir la comunicación entre aplicaciones. El puerto tiene un longitud de 16 bits, por lo que el rango de valores válidos va de 0 a 65535. El puerto 0 está reservado, pero es un valor permitido como puerto origen si el proceso emisor no espera recibir mensajes como respuesta. Los puertos asignados son los siguientes:

- **Los puertos 1 a 1023** se llaman puerto “bien conocidos” y en sistemas operativos tipo Unix enlazar con uno de estos puertos requiere acceso como superusuario.
- **Los puertos 1024 a 49151** son puertos registrados.
- **Los puertos 49153 a 65535** son puertos efímeros y son utilizados como puertos temporales, sobre todo por los clientes al comunicarse con los servidores.

Programa de envío

Se utilizan tres bloques que son “UDP Open”, “UDP Write” y “UDP Close”. Este programa trabaja en conjunto con el programa de recepción, primero se ejecuta el programa de envío y luego el programa de recepción y para detener primero se detiene el de recepción y luego el de envío.

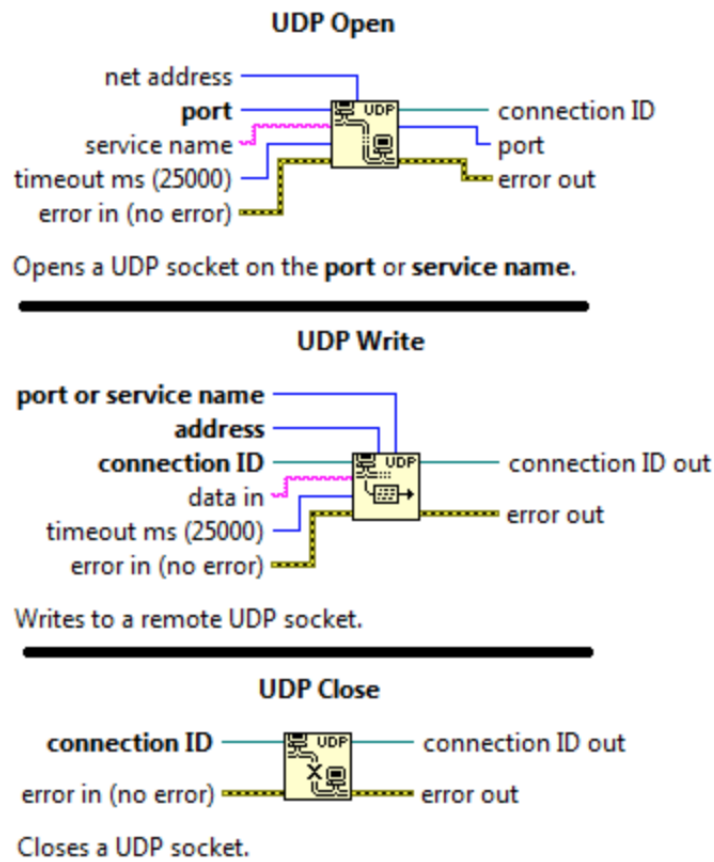


Figura 5.19: Conexión UDP envío

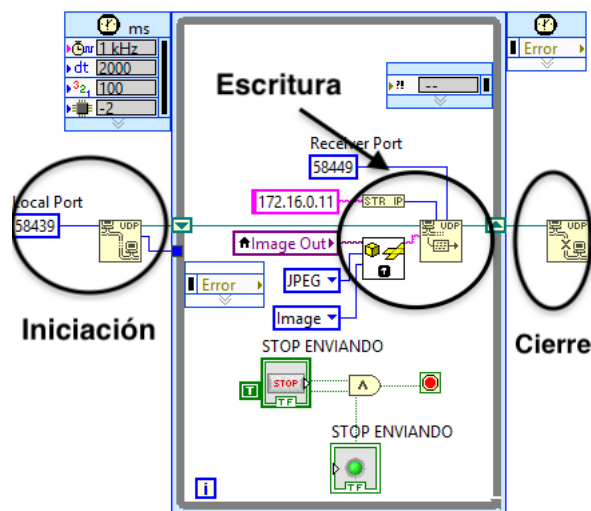


Figura 5.20: Conexión UDP envío en el proyecto

Programa de recepción

Se utilizan tres bloques que son “UDP Open”, “UDP Read” y “UDP Close”. Este programa se encarga de recibir y mostrar los datos enviados por el programa de envío.

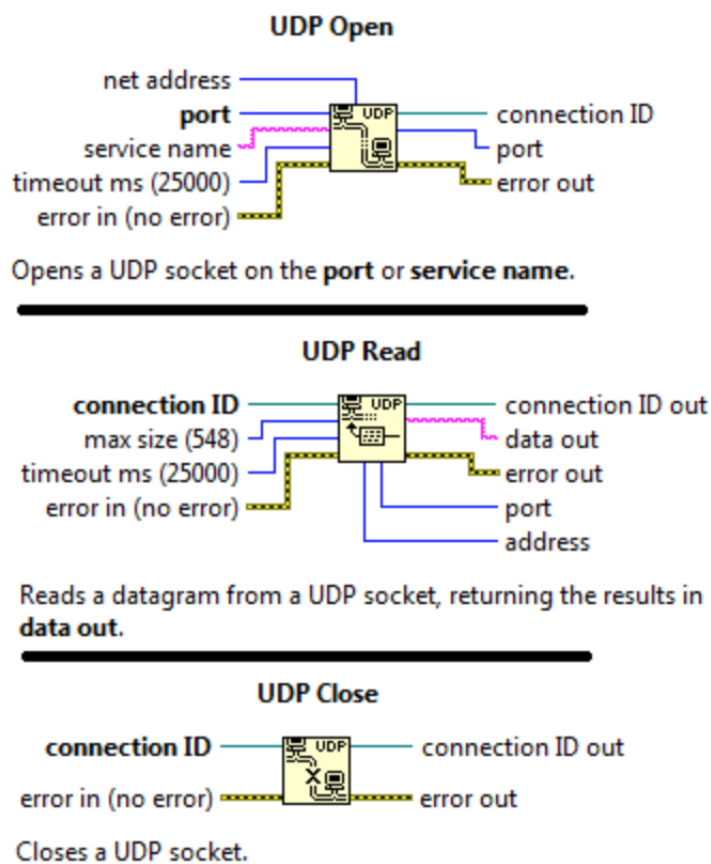


Figura 5.21: Conexión UDP recepción

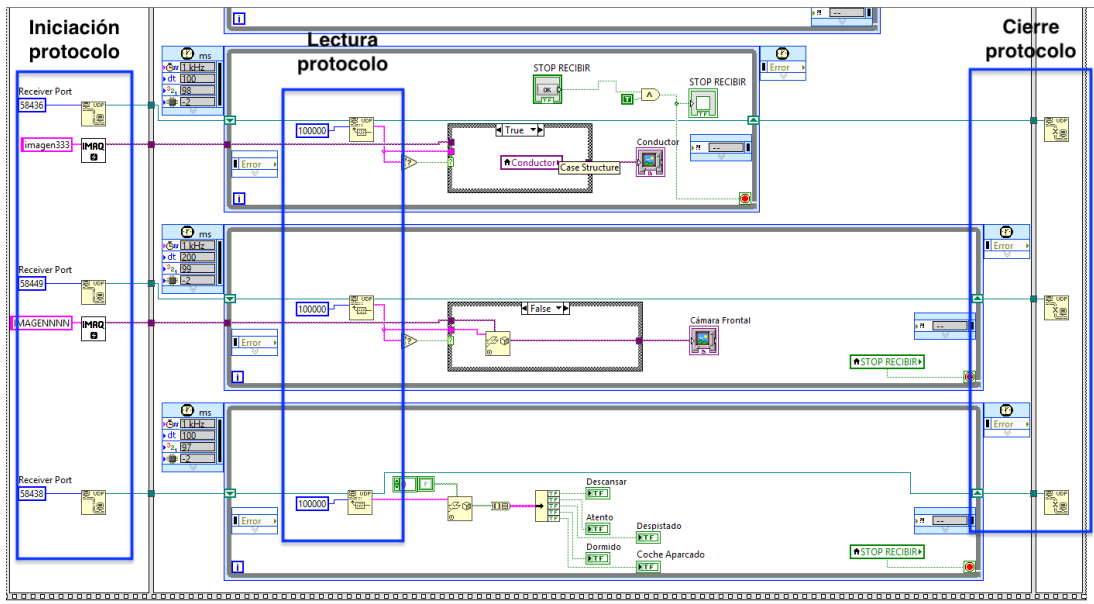


Figura 5.22: Conexión UDP recepción en el proyecto

5.3. Tiempos de los ciclos

Como se puede observar, se ha usado para todos los ciclos generales “Timed loops”, en ellos se deben fijar unos períodos que han sido los siguientes atendiendo a su uso:

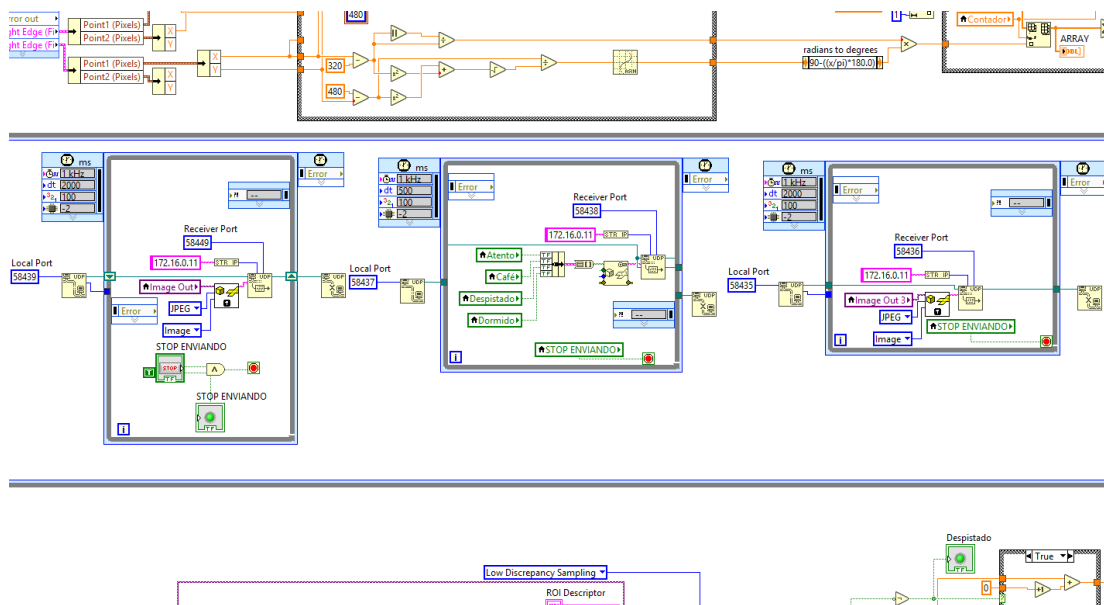


Figura 5.23: UDP en myRIO

- **100 ms** para el envío de las teclas pulsadas y para el ciclo que desarrollan los servos, no es necesario forzar el programa, ya que con este tiempo trabaja con gran rapidez y no es necesario en nuestro caso más.
- **2000 ms** para el envío de las imágenes desde el microprocesador al ordenador para su visualización, este tiempo debe ser mayor ya que la imagen debe ser comprimida y el programa tarda tiempo en realizar esta parte del código.
- **500 ms** también para el envío de los leds indicadores del estado del individuo, ya que la alerta debe ser rápida, y en caso de tener un avisador sonoro o realizar cualquier movimiento (en nuestro caso el de apartarse a la derecha) debe ser activado con la mayor velocidad posible.
- **50 ms** para el reconocimiento de los ojos ya que se debe saber instantáneamente si el individuo se ha quedado durmiendo por la seguridad vial.
- **20 ms** para el reconocimiento del carril ya que si el retardo fuese mayor puede producir que el ángulo a girar tarde más en calcularse y por lo tanto crear una salida del carril.
- **Las recepciones** de los datos se realizan a distintos ciclos pero los más importantes que son el reconocimiento de la carretera y el movimiento de los servos (como se ha comentado) deben hacerse con mayor velocidad que los demás debido a su claro protagonismo en el funcionamiento del sistema o en la seguridad sobre la que se está trabajando.

5.4. Validación

5.4.1. Prueba en circuito

La validación del sistema se realizará en un circuito como el siguiente:



Figura 5.24: Circuito de validación

El circuito ha sido diseñado con diferentes radios de giro para poder validar de forma correcta el buen funcionamiento del coche en respuesta a cambios en dirección en la forma autónoma, así como el aparcamiento en caso de que el individuo quede dormido.

Se procede a la validación del proyecto:

Reconocimiento facial

A continuación se muestran los distintos fotogramas que se han tomado con un comportamiento del conductor y los resultados obtenidos, el caso de los fotogramas que poseen el rectángulo rojo son aquellos en los que el conductor se encuentra atento a la carretera, en cualquier otro caso, se encontraría despistado:



Figura 5.25: Fotogramas de validación del reconocimiento facial

Autonomía

A continuación se presentan los fotogramas que muestran el seguimiento de un coche a lo largo de un tramo de curva:

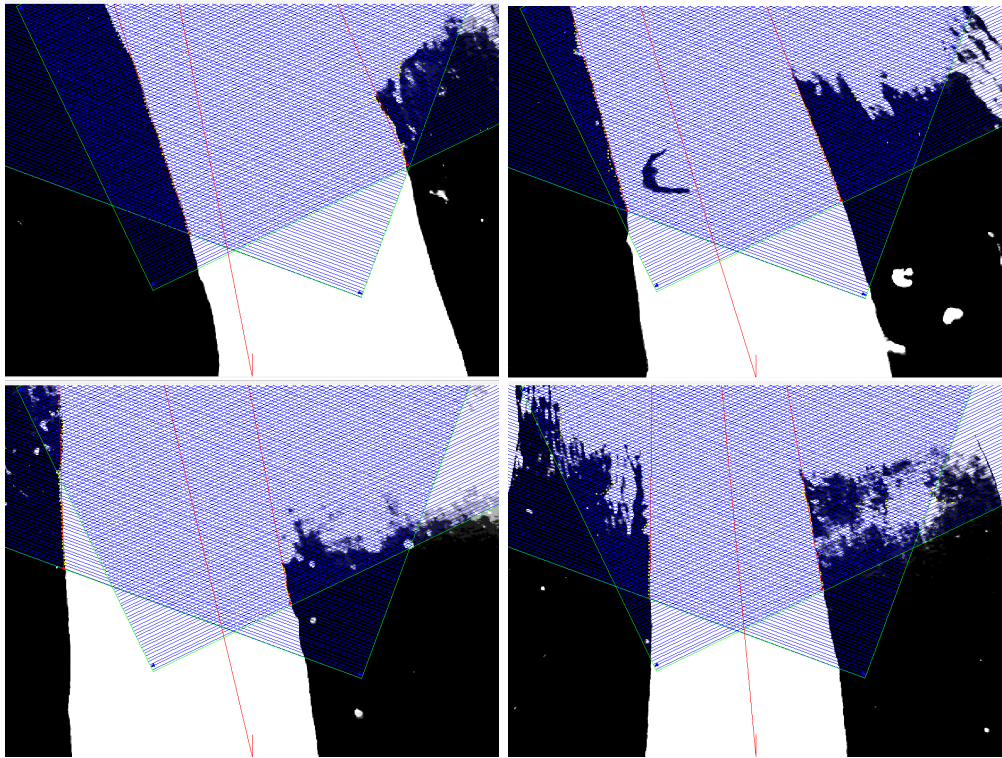


Figura 5.26: Fotogramas de validación del carril

Capítulo 6

Conclusiones y trabajos futuros

6.1. Objetivos del trabajo

Al principio del proyecto se marcaron unos objetivos los cuales vuelven a detallar a continuación para poder realizar una conclusión en base a ellos.

6.1.1. Conducción Manual

- Diagrama de bloques en Labview.
- Comunicación con el dispositivo.

6.1.2. Conducción Autónoma

- Detección del carril.
- Diagrama de bloques en Labview para adquisición, procesado y postprocesado.
- Comunicación con el ordenador para visualización.

6.1.3. Reconocimiento Facial

- Diagrama de bloques en Labview.
- Emisión de leds de alerta.
- Comunicación con el ordenador para visualización

6.1.4. Diseño y construcción del vehículo terrestre

- Montaje del dispositivo.
- Conexión del dispositivo con NI myRIO-1900

6.1.5. Diseño, impresión y montaje de elementos de adaptación

- Diseño de los dispositivos en Fusion 360.
- Impresión de los mismos.
- Montaje de los dispositivos en el vehículo terrestre.

6.1.6. Validación del sistema

- Validación del sistema propuesto en circuito real.

6.2. Conclusiones

Todos los objetivos han sido alcanzados, aún así existe la posibilidad de seguir la línea de investigación en base a este proyecto de la siguiente forma:

- En primer lugar, existe la posibilidad del estudio del reconocimiento facial con “Features Matches” ya que se comporta de mejor forma a cambios en rotación y escala de la imagen.
- Respecto a este punto anterior y alargando el alcance, cabe la posibilidad de estudio sobre la cara completa, localizado también mediante “Features Matches” y una vez teniendo su localización, se recortaría la imagen para un segundo procesamiento como el comentado en el punto anterior.
- Se abre la opción de estudio a una mejora del seguimiento del carril, añadiendo un avisador de salida de carril, que como se ha comentado en la introducción podría haber sido un buen indicador de cansancio, el problema es que contando con un circuito con una línea tan pequeña, en modo manual la salida de carril sería casi continua y el avisador no tendría ningún sentido.

- Posibilidad de diseño de un avisador sonoro para una vez el coche ha quedado aparcado, despierte al individuo para volver a ponerlo en modo manual.
- Respecto a las cámaras se deja abierto en el proyecto, para una futura aplicación, la posibilidad de guiado de las cámaras con servos para una mayor apertura de visualización y por ende un mejor conocimiento del carril. Esta cámara iría giraría los grados que hagan falta (implementado con un PID) para que el carril no se pierda de vista y con mayor fiabilidad (no haría falta un seguimiento tan exacto del giro de las ruedas del coche) el coche iría girando con el ángulo necesario con ayuda de otro PID hasta un “set point”=0 que sería la completa alineación con la cámara.
- A su vez, se podría colocar una cámara trasera (se ha realizado otra pieza que no se adjunta al proyecto que tendría cabida para un servo y por tanto para su cámara) para un mejor seguimiento del carril ya que se contaría con doble detección que sería algo parecido a un “Doble checking” del carril, en caso de que una pierda la visión, la otra podría seguir guiando.

Nombre de la señal	Referencia	Dirección	Descripción
+5V	DGND	Salida	+5V tensión de salida.
AI <0..3>	AGND	Entrada	Entradas de 0-5V.
AO <0..1>	AGND	Salida	Salidas de 0-5V.
AGND	N/A	N/A	Referencia para entradas y salidas analógicas.
+3.3V	DGND	Salida	+3.3V tensión de salida.
DIO <0..15>	DGND	Entrada o salida	Líneas digitales de propósito general con 3,3 V de salida, 3,3 V / entrada compatible con 5V.
UART.RX	DGND	Entrada	Entrada UART. Las líneas UART son eléctricamente idénticas a la DIO.
UART.TX	DGND	Salida	Salida UART. Las líneas UART son eléctricamente idénticas a la DIO.
DGND	N/A	N/A	De referencia para señales digitales, +5V y 3,3 V.

Figura A.2: Descripciones de señales en los conectores A y B MXP

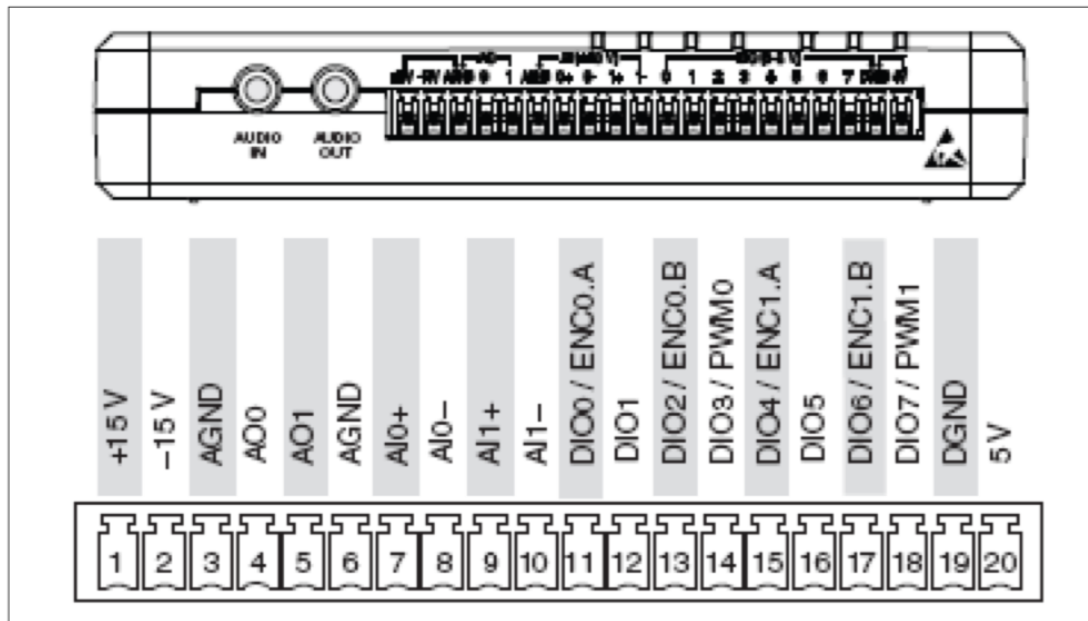


Figura A.3: Las señales primario / secundario en conector C MSP

Nombre de la señal	Referencia	Dirección	Descripción
+15V/-15V	AGND	Salida	+15 V/-15 V tensión de salida.
AIO+/AIO-; AI1+/AI1-	AGND	Entrada	± 10 V, diferenciales canales de entrada analógica.
AO <0..1>	AGND	Salida	± 10 V, diferenciales canales de salida analógica.
AGND	N/A	N/A	De referencia para señales digitales, +15V/-15V tensión de salida.
+5V	DGND	Salida	+5V tensión de salida.
DIO <0..7>	DGND	Entrada o salida	Líneas digitales de propósito general con 3,3 V de salida, 3,3V/entrada compatible con 5V.
DGND	N/A	N/A	De referencia para señales digitales, + 5V tensión de salida.

Figura A.4: Descripciones de señales en conector C MSP

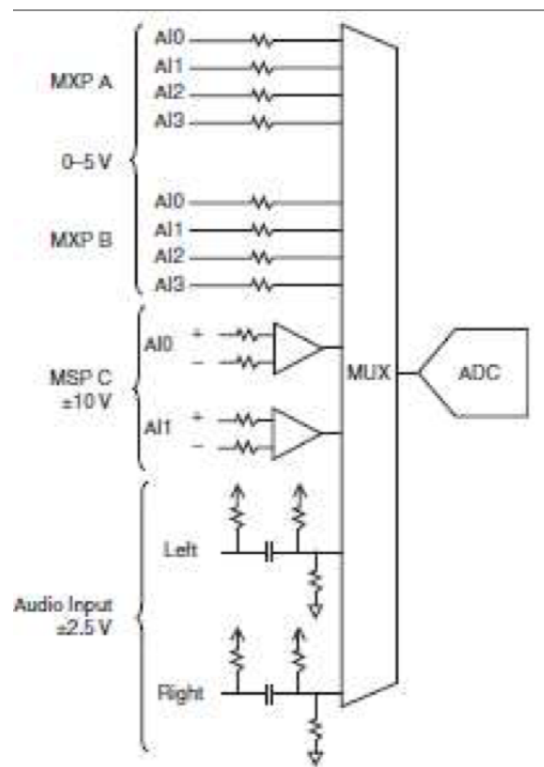


Figura A.5: Circuito de entrada analógica

Nombre de la señal	Referencia	Dirección	Descripción
Entrada audio	N/A	Entrada	La entrada derecha e izquierda de la salida de audio en el conector estéreo
Salida audio	N/A	Salida	Las salida derecha e izquierda de la salida de audio en el conector estéreo.

Figura A.6: Descripciones de señales en los conectores de audio

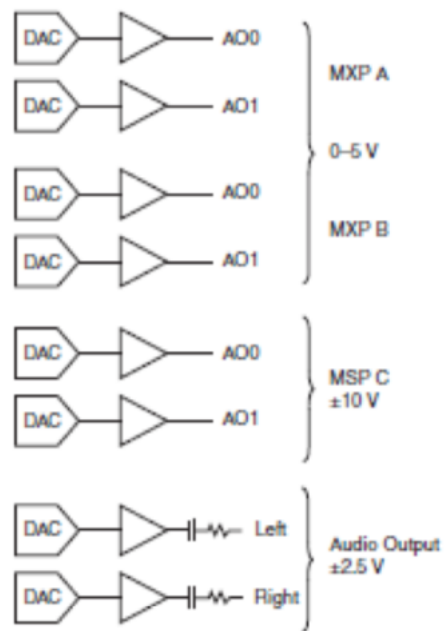


Figura A.7: Circuito de salida analógica

Apéndice B

Código Fuente

Se presenta a continuación el código desarrollado en el sistema propuesto el cual consiste en dos VIs, uno hospedado en el ordenador que servirá para la visualización de lo que está pasando así como de las imágenes del individuo con fatiga y otro que se llevará cabo en el sistema de computación.

El primero llevará a cabo la visualización para que el usuario posea una interfaz capaz de interpretar lo que está ocurriendo. Además este código enviará tanto la información del teclado para poder procesarlo como la elección manual-automático.

El segundo de ellos tendrá casi toda la computación al completo, es ahí donde se ejecutará la adquisición, procesamiento y post-procesamiento. Además el servo de dirección y el ESC serán manejados desde una parte de este código. Por último tendrá protocolos de recepción y de envío para la comunicación en tiempo real con el ordenador.

1. Código hospedado en el ordenador

2. Código hospedado en NI myRIO-1900

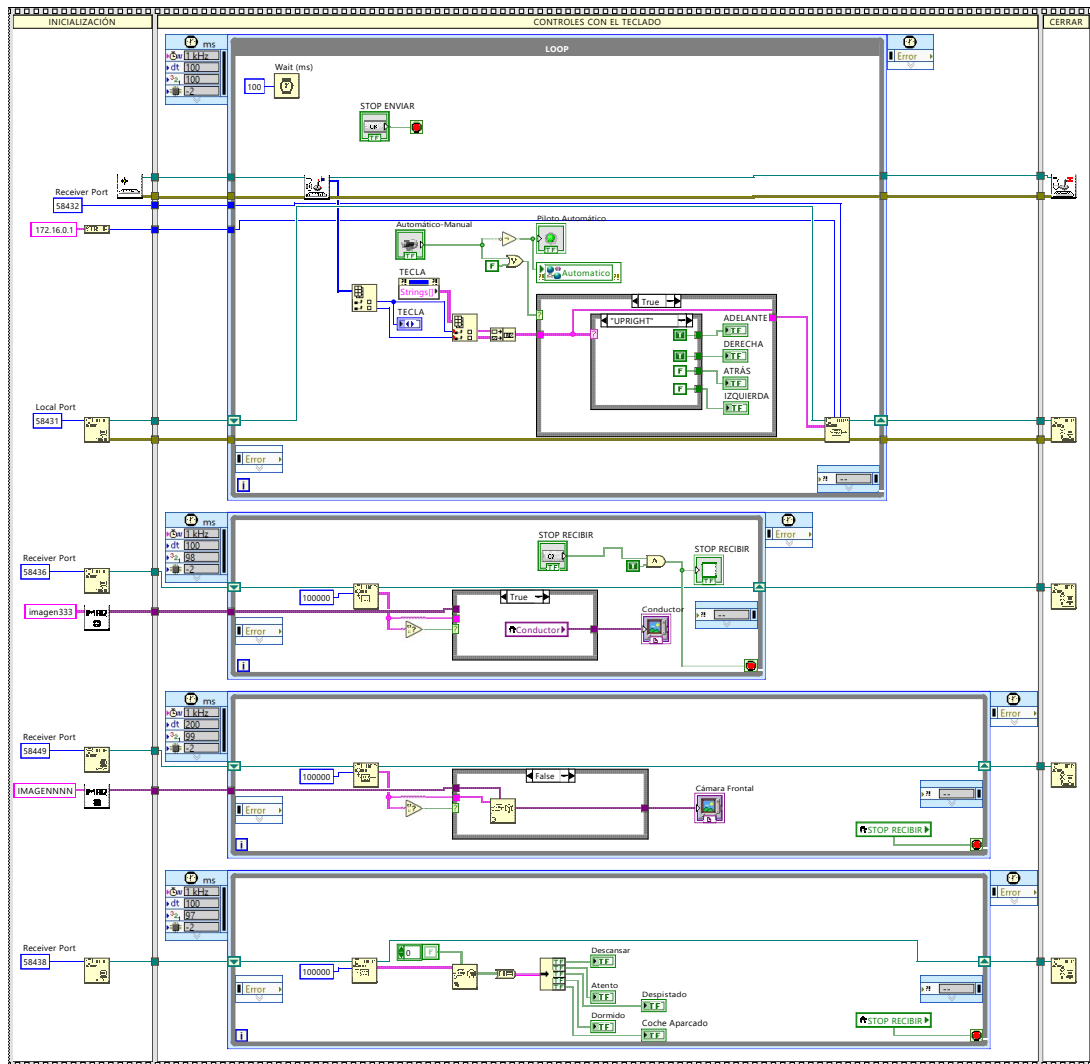


Figura B.1: Código hospedado en el ordenador

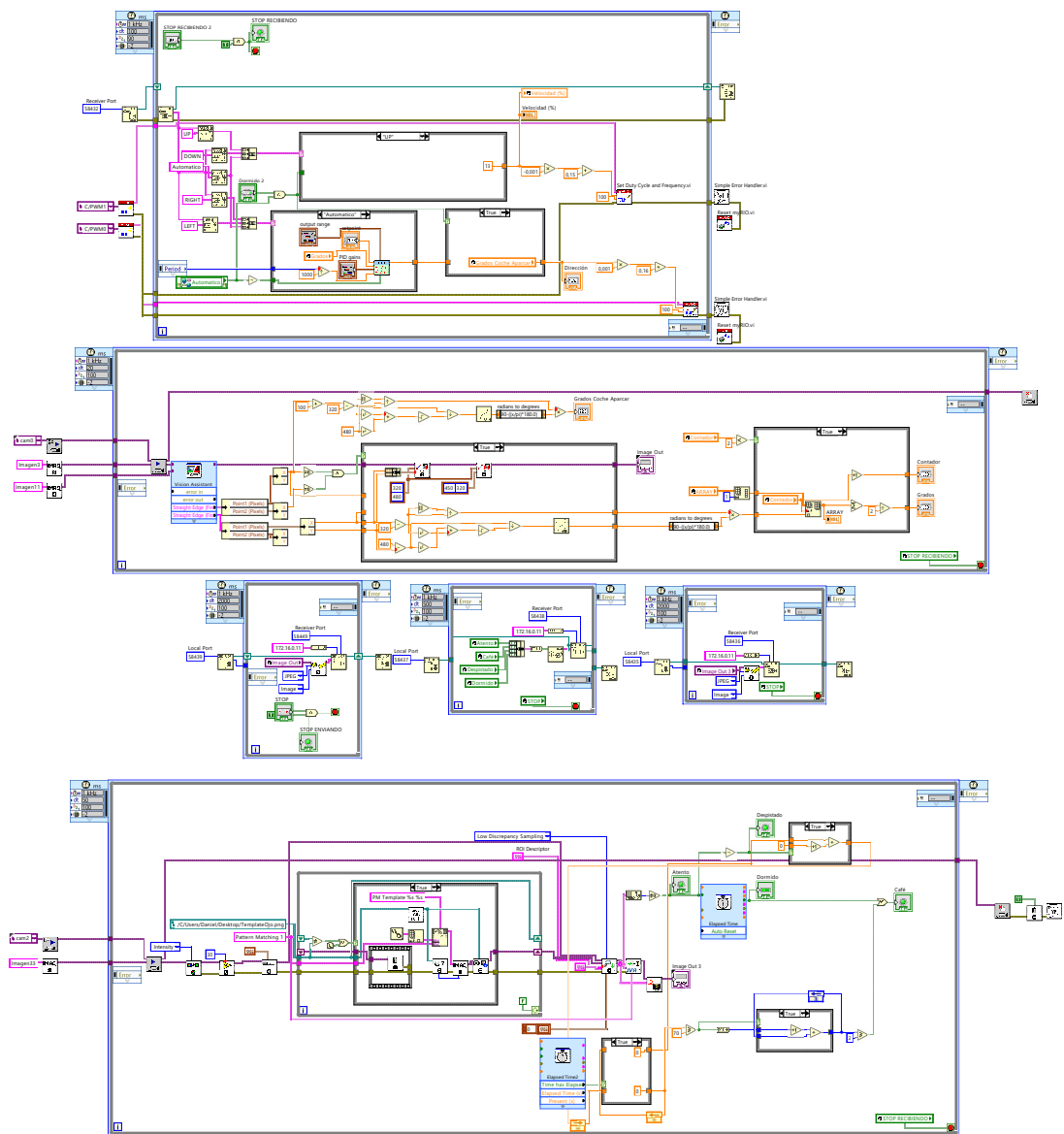


Figura B.2: Código hospedado en el sistema de computación

Bibliografía

- [1] *USER GUIDE AND SPECIFICATIONS NI myRIO-1900*.
- [2] Jesús Abellán. Modulación por ancho de pulso (pwm), 2016. URL <https://elrincondemaxwell.wordpress.com/2016/02/21/modulacion-por-ancho-de-pulso-pwm/>.
- [3] DGT. En 2017, 1200 fallecidos, 2018. URL http://revista.dgt.es/es/noticias/nacional/2018/01ENERO/0103-Presentacion-balance-accidentes-2017.shtml#.WvXe_C8rygQ.
- [4] David Galán. Así son los seis niveles de conducción autónoma, 2018. URL <http://www.economista.es/ecomotor/motor/noticias/9024040/03/18/Asi-son-los-seis-niveles-de-conduccion-autonoma.html>.
- [5] José Antonio Pelayo Herrero. Variables compartidas labview, 2015. URL <http://josecifpn1sjd2.blogspot.com/2012/01/6-variables-compartidas-labview.html>.
- [6] Gunjeet Kaur and Rashpinder Kaur. Designing real-time infrared based eye blink detection system using labview.
- [7] Microsoft. Coincidencia de modelos, 2017. URL <https://docs.microsoft.com/es-es/dotnet/csharp/pattern-matching>.
- [8] Mechatronic Peru. Comunicación por udp (user datagram protocol), 2013. URL <https://sites.google.com/site/controltechnologyperu/home/Tutoriales/tutorial-labview/comunicacion-por-udp>.
- [9] Unknown. Control pid, metodología y aplicaciones, 2011. URL <http://control-pid.wikispaces.com>.

-
- [10] Unknown. Controlador pid, 2016. URL <http://www.picuino.com/es/arduprog/control-pid.html>.
- [11] Unknown. Sistemas de control, 2017. URL <http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/sistemadecontrol/index%20sistemasdecontrol.htm>.
- [12] Unkown. Variador electrónico (esc): Qué es y cómo funciona, 2016. URL <http://fpvmax.com/2016/12/21/variador-electronico-esc-funciona/>.
- [13] Varios. National instrument discussion forums, 2018. URL <https://forums.ni.com/t5/Discussion-Forums/ct-p/discussion-forums>.
- [14] David Villarreal. Alerta por cambio involuntario de carril: el ángel de la guarda que evita que te salgas de tu carril, 2014. URL <https://www.diariomotor.com/2014/12/11/alerta-cambio-involuntario-carril/>.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA
PLATAFORMA DE TEST PARA
ALGORITMOS DE GUIADO AUTÓNOMO
PARA VEHÍCULOS TERRESTRES**

PLIEGO DE CONDICIONES

TFG PRESENTADO POR DANIEL LAMCHAHHEM AMARO

GRADO DE INGENIERÍA AEROSPACIAL

TUTOR: SERGIO GARCÍA-NIETO RODRÍGUEZ

2018

Departamento de Ingeniería de sistemas y automática



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Índice general

1. Descripción de las obras	4
1.1. Unidades de Obra	4
1.1.1. Diseño y cálculo de diagrama de bloques	4
1.1.2. Construcción y adaptación del dispositivo	5
2. Condiciones Generales	6
2.1. Documentación del contrato de obra	6
2.2. Condiciones generales facultativas	7
2.2.1. Funciones a desarrollar por el contratista	7
2.2.2. Funciones a desarrollar por el ingeniero director	9
2.2.3. Libro de órdenes	10
2.3. Condiciones generales de la ejecución	10
2.3.1. Ritmo de las obras	10
2.3.2. Orden de los trabajos	10
2.3.3. Ampliación del proyecto por causas imprevistas	11
2.3.4. Prórroga por causas de fuerza mayor	11
2.3.5. Condiciones generales de ejecución de los trabajos	11
2.3.6. Trabajos defectuosos	11
2.3.7. Defectos ocultos	11
2.3.8. Procedencia de materiales y aparatos	12
2.3.9. Materiales defectuosos	12
2.3.10. Pruebas y ensayos	12
2.3.11. Obras sin prescripciones	12
2.3.12. Recepción	12
2.4. Condiciones generales económicas	14
2.4.1. Principio general	14
2.4.2. Fianzas	14

2.4.3.	Precios	15
2.4.4.	Valoración de los trabajos	16
2.4.5.	Penalizaciones	18
2.5.	Condiciones legales generales	19
2.5.1.	El contratista	19
2.5.2.	El contrato	20
2.5.3.	Arbitraje	20
3.	Condiciones Particulares	21
3.1.	Construcción y adaptación del dispositivo	21
3.1.1.	Montaje del dispositivo terrestre	22
3.1.2.	Diseño y creación de un sistema de adaptación mediante Fusion 360	22
3.2.	Diseño y cálculo de diagrama de bloques	22
3.2.1.	Creación de un sistema de guiado manual	22
3.2.2.	Creación de un sistema de guiado autónomo	23
3.2.3.	Creación de un sistema de reconocimiento facial	23
3.2.4.	Validación del sistema	24

Capítulo 1

Descripcion de las obras

En el siguiente pliego de condiciones se hace referencia a las especificaciones técnicas, legales y económicas para la ejecución del presente proyecto. A continuación se enumeraran las obras a ejecutar del proyecto, su descripción con mayor detalle aparece en capítulos posteriores.

1.1. Unidades de Obra

Las obras a ejecutar se pueden agrupar en los siguientes grupos:

- Diseño y cálculo de diagrama de bloques
- Construcción y adaptación del dispositivo

1.1.1. Diseño y cálculo de diagrama de bloques

Este grupo funcional comprende las tareas asociadas al diseño de un diagrama de bloques mediante la herramienta Labview con su posterior creación de una correcta visualización para el usuario. Además se enviarán los datos al dispositivo en tiempo real. Por tanto las unidades de obra que engloba este grupo son las siguientes:

- Creación de un sistema de guiado autónomo.
- Creación de un sistema guiado manual.
- Creación de un sistema de reconocimiento facial.
- Validación del sistema.

1.1.2. Construcción y adaptación del dispositivo

Este grupo funcional comprende las tareas asociadas a la construcción del dispositivo terrestre que portará el microprocesador. Además comprende las tareas de adaptación para el correcto funcionamiento del dispositivo. Por tanto las unidades de obra que engloba este grupo son las siguientes:

- Montaje del dispositivo terrestre.
- Diseño y creación de un sistema de adaptación mediante Fusion 360.

Capítulo 2

Condiciones Generales

La finalidad de este apartado es regular la ejecución de las obras, delimitando las funciones que corresponden al constructor, al dueño de la obra, al ingeniero y aparejador, así como las relaciones entre todos ellos. En él se recogen los aspectos legales del proyecto y se fijan las condiciones que regirán la ejecución y puesta en marcha del mismo: características de los materiales, técnicas a emplear en la ejecución, controles de calidad exigidos, normas y leyes que rigen el proyecto. Constituye la especificación de carácter facultativo, económico y legal que regirá en el desarrollo de las obras.

2.1. Documentación del contrato de obra

El contrato de obra se encuentra formado por los siguientes documentos:

- Condiciones fijadas en el documento de contrato.
- Pliego de condiciones técnicas particulares.
- El presente pliego general de condiciones.
- El resto de documentación del proyecto (memoria, planos y documentos).

Las órdenes e instrucciones de la dirección de la obra se incorporan al proyecto como interpretación o precisión de éste. En cada documento las especificaciones literales prevalecen sobre las gráficas y en los planos la cota prevalece sobre la medida a escala.

2.2. Condiciones generales facultativas

En este apartado se describen y regulan las relaciones entre la contrata y la dirección facultativa para ejecución de las obras.

2.2.1. Funciones a desarrollar por el contratista

Corresponde al contratista de las obras:

- Organizar los trabajos, elaborar planos de obra que se precisen y autorizar las instalaciones provisionales y auxiliares de la obra.
- Observar la normativa vigente en cuanto a seguridad e higiene en el trabajo y velar por su cumplimiento.
- Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales utilizados, rechazando aquellos que no cuenten con las garantías exigidas por la normativa vigente o el presente pliego de condiciones.
- Poseer el libro de órdenes y seguimiento de la obra. Registrar todas las anotaciones que en él se efectúen a fin de que sean llevadas a cabo.
- Facilitar a la dirección facultativa los materiales para el cumplimiento de su cometido.
- Preparar los certificados parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra. Derechos y obligaciones.
- Conocer las leyes y verificar los documentos del proyecto. El constructor deberá indicar que la documentación del proyecto le resulta suficiente para la comprensión de la obra o solicitar aclaraciones pertinentes.
- Elaborar el plan de seguridad e higiene para la aprobación por parte de la dirección facultativa.

- Habilitar en la obra oficinas para la consulta de planos y para los trabajos de la dirección facultativa. En dichas oficinas estará la licencia de obras, el proyecto de ejecución completo, el libro de órdenes, el plan de seguridad e higiene, el libro de incidencias y la documentación de los seguros contratados.
- El constructor debe comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en la obra, el cual asumirá las funciones planas del constructor.
- El jefe de obra, o sus encargados, debe estar presente durante la jornada de trabajo y acompañar al ingeniero o aparejador en las visitas a las obras, poniéndose a disposición de estos y suministrando los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.
- La contrata debe ejecutar los trabajos necesarios para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando estos no se hallen expresamente determinados, siempre que lo disponga el ingeniero dentro de los límites de las posibilidades de los presupuestos. Requiere reformado del proyecto con consentimiento de la propiedad toda variación que suponga el incremento de los precios de alguna unidad de obra en más del 20 por 100, o del total del presupuesto en un 10 por 100.
- Las aclaraciones, interpretaciones y modificaciones de los preceptos del pliego de condiciones o de las indicaciones de los planos se comunicarán por escrito al constructor, debiendo éste devolver los originales comunicando el enterado mediante su firma al pie de todas las instrucciones, avisos u órdenes que reciba.
- El constructor podrá requerir del ingeniero o del aparejador o ingeniero técnico cuantas instrucciones o aclaraciones precise para la correcta ejecución del proyecto. Asimismo recibirá solución a los problemas técnicos no previstos en el proyecto que se presenten durante la ejecución de las obras.
- Las reclamaciones del contratista contra órdenes o instrucciones de la dirección facultativa las presentará ante la propiedad a través del ingeniero, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en

el pliego de condiciones correspondiente. Contra disposiciones de orden técnico no podrá interponer reclamación alguna, pudiendo el contratista a fin de salvar su responsabilidad exponer razonablemente al ingeniero, el cual puede limitar su contestación al acuse de recibo.

- El contratista no podrá recusar al ingeniero, aparejador o ingeniero técnico o personal encargado por estos para el control de las obras, ni pedir la designación de otros facultativos para los reconocimientos o mediciones.
- En caso de desobediencia, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de las obras, el ingeniero puede requerir al contratista que aparte a los operarios causantes de la perturbación.
- El contratista puede subcontratar capítulos o unidades de obra con sujeción a lo estipulado en el pliego de condiciones y sin perjuicio de sus obligaciones como contratista general de la obra.
- El contratista no iniciará una unidad de obra sin la autorización de la dirección.
- El contratista está obligado a cumplir las indicaciones del libro de órdenes.

2.2.2. Funciones a desarrollar por el ingeniero director

Es el máximo responsable de la ejecución del proyecto, decide sobre el comienzo, ritmo y calidad de los trabajos. Velará por el cumplimiento de los mismos y por las condiciones de seguridad del personal de la obra. Las funciones que corresponden al ingeniero director son:

- Redactar los complementos o rectificaciones del proyecto que se precisen.
- Asistir a las obras las veces que la naturaleza y complejidad de las mismas requieran a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las instrucciones necesarias.
- Coordinar la intervención en obra de otros técnicos.
- Aprobar certificaciones parciales de obra, la liquidación final y asesorar al promotor en el acto de la recepción.

- Preparar la documentación final de la obra, expedir y suscribir junto con el aparejador o ingeniero técnico el certificado final de la misma.
- Comprobar instalaciones provisionales, medios auxiliares y sistemas de seguridad e higiene en el trabajo.
- Ordenar y dirigir la ejecución con arreglo al proyecto, normas técnicas y reglas de la buena construcción.
- Realizar o disponer de las pruebas y ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según el plan de control, así como los controles necesarios para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. Informar al constructor de los resultados de las pruebas e impartir, en su caso, las órdenes oportunas.
- Planificar el control de calidad y el control económico de las obras.

2.2.3. Libro de órdenes

Es obligatoria la existencia a pie de obra de un libro de órdenes e incidencias, visado por los colegiados profesionales correspondientes donde se recogerán las órdenes y modificaciones que se dicten en cada momento.

2.3. Condiciones generales de la ejecución

2.3.1. Ritmo de las obras

El instalador o contratista iniciará las obras en el plazo marcado por el pliego de condiciones particulares, desarrollándolas para que queden ejecutados los trabajos dentro de los periodos parciales establecidos y así ejecutar la obra dentro del plazo exigido en el contrato. El contratista dará cuenta por escrito al ingeniero del comienzo de los trabajos con, al menos, tres días de antelación.

2.3.2. Orden de los trabajos

La determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo en casos que por circunstancias técnicas estime conveniente su variación la dirección facultativa.

2.3.3. Ampliación del proyecto por causas imprevistas

Cuando haya que ampliar el contrato, bien por motivos imprevistos o razones de fuerza mayor, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el ingeniero en tanto se formula o tramita el proyecto reformado. El constructor deberá realizar los trabajos necesarios de carácter urgente, anticipando ese servicio, el cual le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente.

2.3.4. Prórroga por causas de fuerza mayor

Si por causas de fuerza mayor o independiente de la voluntad del constructor no pudiesen iniciarse las obras, o fuesen suspendidas o no se acabasen en los plazos prefijados, se otorgará una prórroga para el cumplimiento de la contrata previo informe favorable del ingeniero.

2.3.5. Condiciones generales de ejecución de los trabajos

Los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al proyecto, a las modificaciones del mismo que hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que entreguen por escrito bajo su responsabilidad el ingeniero o el aparejador o ingeniero técnico.

2.3.6. Trabajos defectuosos

El constructor deberá emplear materiales que cumplan con las condiciones exigidas en las condiciones técnicas generales y particulares del pliego de condiciones y realizar los trabajos de acuerdo con lo especificado en el pliego. Hasta la recepción definitiva es el responsable de la ejecución y de los defectos derivados de una mala ejecución. Por esto, cuando el aparejador o ingeniero técnico advierta defectos en los trabajos, o que los materiales o los aparatos colocados no reúnen las condiciones exigibles, entonces antes de la recepción de la obra podrá disponer la reposición de las partes defectuosas.

2.3.7. Defectos ocultos

Si el aparejador tiene fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción, ordenará efectuar antes de la recepción definitiva los

ensayos que crea conveniente para reconocer los trabajos que suponga defectuosos. Pagará los ensayos el constructor si existe y la propiedad si no existe éste.

2.3.8. Procedencia de materiales y aparatos

El constructor se proveerá de materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente excepto en los casos en que el pliego de condiciones preceptúe una procedencia determinada. El constructor deberá informar al aparejador de la idoneidad y procedencia de los mismos. A petición del ingeniero, el constructor presentará muestras de los materiales.

2.3.9. Materiales defectuosos

El ingeniero a instancias del aparejador dará orden al constructor de sustituir los materiales y aparatos defectuosos por otros que satisfagan las condiciones de calidad exigidas en el presente pliego de condiciones. Si el constructor no los retirara lo hará la propiedad, cargando los gastos a la contrata.

2.3.10. Pruebas y ensayos

Los gastos ocasionados por pruebas y ensayos corren por cuenta de la contrata, pudiéndose repetir aquellos que no ofrezcan las suficientes garantías. Los ensayos para cada instalación se encuentran especificados en el capítulo de cada instalación.

2.3.11. Obras sin prescripciones

En aquellos trabajos para los que no existan prescripciones en el presente pliego ni en la documentación restante, el constructor se atenderá a las instrucciones que dicte la dirección facultativa.

2.3.12. Recepción

Recepción provisional

Tres días antes de dar fin a las obras, el ingeniero comunicará a la propiedad la proximidad de la terminación a fin de convenir la fecha para el acto de recepción provisional. Ésta se realiza con la participación de la propiedad, el aparejador, el

constructor y el ingeniero. Se practicará un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta para cada interviniente firmada por todos ellos. Desde esta fecha corre el periodo de garantía si las obras son admitidas. Seguidamente los técnicos de la dirección facultativa extenderán el certificado de final de la obra. En caso de estar acabado se darán las instrucciones para remediar los defectos, fijando un plazo para subsanarlos, pasado el cual se hará un nuevo reconocimiento.

Documentación final de la obra

El ingeniero director facilitará a la propiedad la documentación final con las especificaciones y contenidos dispuestos por la legislación vigente.

Medición definitiva y liquidación provisional

Recibidas las obras, se procederá por parte del aparejador a su medición definitiva, con la existencia del constructor. Se extenderá la oportuna certificación por triplicado, que aprobada por el ingeniero con su firma servirá para el abono por parte de la propiedad del saldo resultante menos la cantidad retenida como fianza.

Recepción definitiva

Se verificará después del plazo de garantía, el cual se especifica en el pliego de condiciones particulares y nunca será inferior a nueve meses. El formulismo será el mismo que para la provisional. A partir de esta fecha cesa la obligación del constructor de reparar desperfectos propios de la normal conservación de la obra.

Prórroga de garantía

Si la obra no se encuentra en las condiciones debidas se aplazará la recepción definitiva, el ingeniero director indicará al constructor los plazos para realizar las obras necesarias. De no cumplirse estos plazos perderá la fianza.

Recepciones de trabajos cuya contrata ha sido rescindida

En caso de resolución del contrato, el contratista deberá retirar las herramientas, medios auxiliares, etcétera, en el plazo indicado en el pliego de condiciones y dejar la obra en condiciones de ser reanudada por otra empresa. Los trabajos

terminados se recibirán provisionalmente, y definitivamente una vez transcurrido el periodo de garantía.

2.4. Condiciones generales económicas

2.4.1. Principio general

En este apartado se describen y regulan las relaciones económicas entre la propiedad y la contrata, así como la función de control de la dirección facultativa. Todos los intervinientes en el proceso de construcción tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractuales establecidas. La propiedad, el contratista y los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

2.4.2. Fianzas

La fianza es el porcentaje del valor total de las obras que debe depositar la contrata como garantía a la firma del contrato. El contratista presentará las siguientes fianzas:

- Depósito en metálico o aval bancario por importe del 10 por 100 del precio total de la contrata, salvo especificación contraria en el contrato.
- Retención de un 5 % en las certificaciones parciales o pagos que se van librando.

Con cargo a la fianza se aplican las penalizaciones por demoras y las reparaciones con cargo a la contrata. Si el contratista se negase a realizar los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el ingeniero en representación del propietario ordenará su ejecución a un tercero, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones que el propietario lleve a cabo en caso de que el importe de la fianza no cubra el importe de los gastos. La fianza será devuelta al contratista en un plazo inferior a treinta días después de firmar el acta de recepción definitiva de la obra. La propiedad podrá exigir que el contratista acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la misma.

2.4.3. Precios

Composición de los precios

El cálculo de los precios es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial. Los costes directos son:

- Mano de obra con pluses, cargas y seguros sociales que intervienen directamente.
- Los materiales a los precios resultantes a pie de obra que sean necesarios para su ejecución.
- Equipos y sistemas técnicos de seguridad e higiene para prevención y protección de accidentes.
- Gastos de personal, combustible y energía derivados del funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- Gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos.

Los costes indirectos son:

- Gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, seguros, personal administrativo adscrito a la obra. Se cifran como porcentaje de los costes directos e indirectos.

El beneficio industrial:

- El beneficio del contratista se establece en un 6 por 100 sobre la suma de las anteriores partidas.
- Precio de ejecución material.
- El resultado obtenido por la suma de las anteriores partidas exceptuando el beneficio industrial.

El precio de contrata:

- Es la suma de costes directos, indirectos y beneficio industrial. El IVA se aplica a este precio pero no lo integra.

Precios contradictorios

Se producen cuando la propiedad mediante el ingeniero introduce unidades o cambios de calidad en algunas de las unidades previstas o bien es necesario afrontar situaciones imprevistas. El contratista está obligado a efectuar los cambios. El precio se resolverá entre el contratista y el ingeniero antes de comenzar la ejecución de los trabajos. Si el contratista no reclama los precios antes de la firma del contrato, no podrá reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro de presupuesto que sirve de base para la ejecución.

Revisión de precios contratados

No se admite la revisión de los precios si el incremento de los mismos en las unidades que faltan por realizar no alcanza un montante superior al 3 por 100 del valor total del presupuesto del contrato. Ante variaciones al alza se efectúa la revisión de acuerdo con la fórmula establecida en el pliego de condiciones particulares. El contratista percibe la diferencia que resulte por variación del IPC superior al 3 por 100. Se aplicará alguna de las fórmulas de revisión propuestas en la ley de contratos del estado.

2.4.4. Valoración de los trabajos

Formas de abono

Salvo indicación contraria en el pliego de condiciones particulares, el abono de los trabajos se efectuará de una de las siguientes formas:

- Tipo fijo tanto alzado por unidad de obra, con el precio invariable fijado de antemano, pudiendo variar únicamente el número de unidades ejecutadas previa medición y aplicando al total de unidades de obra ejecutadas el precio fijado.
- Tanto variable por unidad de obra, según las condiciones en que se realice y los materiales empleados en su ejecución de acuerdo con las órdenes del ingeniero director.
- Mediante listas de jornales y recibos de materiales realizados en la forma que el pliego general de condiciones económicas determina.
- Por hora de trabajo según las condiciones determinadas en el contrato.

Certificaciones

En cada fecha que se indique en el contrato o en los pliegos de condiciones particulares, el contratista formará una relación valorada de las obras ejecutadas durante los plazos según las mediciones efectuadas por el aparejador. Lo ejecutado se valorará aplicando al resultado de la medición los precios señalados en el presupuesto por cada una de ellas, considerando además lo establecido en el pliego general de condiciones económicas respecto a mejoras o sustituciones de material.

El contratista puede presenciar las mediciones necesarias para la elaboración de la relación, así mismo, el aparejador o ingeniero técnico enviará al contratista los resultados de las mediciones para que éste los examine y los devuelva firmados con su conformidad o efectuar las oportunas reclamaciones. El ingeniero aceptará o rechazará las reclamaciones dando cuenta al contratista de su resolución, pudiendo éste reclamar al propietario contra la resolución del ingeniero.

A partir de la relación valorada, el ingeniero expedirá la certificación de obras ejecutadas. La certificación se remitirá al propietario en el periodo de un mes posterior al que referencia la certificación y tendrá el carácter de documento sujeto a variaciones derivadas de la liquidación final, no suponiendo dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Mejora de obras

Cuando el contratista, incluso con la autorización del ingeniero director, emplee materiales de mayor calidad, fábrica de mayor precio u obra de mayores dimensiones, únicamente tendrá derecho a percibir lo que le corresponde en caso de haber construido la obra con sujeción a lo proyectado o adjudicado.

Pago

Los pagos los efectuará el propietario en los plazos previamente establecidos y su importe corresponderá al de las certificaciones de obra conformadas por el ingeniero director.

Trabajos ejecutados durante el periodo de garantía

El abono de estos trabajos se procederá de la siguiente forma:

- Si los trabajos están especificados en el proyecto y no fueron realizados a su debido tiempo, estos serán valorados a los precios que figuren en el presupuesto y abonados de acuerdo a lo establecido en el proyecto.
- Si los trabajos tienen como objetivo la reparación de desperfectos ocasionados por el uso, estos se abonarán a los precios del día previamente acordados.
- Si el objeto de los trabajos es la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencias de la instalación o de la calidad de los materiales, no se abonará nada al contratista.

2.4.5. Penalizaciones

Existen tres tipos de penalizaciones: por demora en la ejecución, por incumplimiento de contrato y por demora de pagos.

Por retraso no justificado en el plazo de terminación

La indemnización por retraso no justificado en la terminación de las obras se establecerá en un 10 por 1000 del importe total de los trabajos contratados por día natural de retraso a partir del día de terminación fijado. Esta cantidad será descontada y retenida con cargo a la fianza. No se computan como días perdidos los debidos a razones de fuerza mayor como huelgas, catástrofes o causas administrativas.

Penalización por incumplimiento de contrato

Se establecerá en las condiciones del contrato una penalización por incumplimiento de contrato o mala ejecución de los trabajos.

Demora en los pagos

Si el propietario no efectuase el pago dentro del mes siguiente al plazo convenido, el contratista tendrá el derecho de percibir el abono de un cuatro y medio por ciento anual en concepto de intereses de demora. Si pasasen dos meses a partir del término de dicho plazo, el contratista tiene derecho a la resolución del contrato, precediéndose a la liquidación de las obras ejecutadas y materiales acopiados.

2.5. Condiciones legales generales

Ambas partes se comprometen en sus diferencias al arbitrio de amigables componedores.

2.5.1. El contratista

El contratista es el responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos del proyecto excluida la memoria. Por tanto está obligado a deshacer y volver a hacer todo lo mal ejecutado durante las obras aunque estas partidas hayan sido abonadas. Asimismo, se obliga a lo establecido en la ley de contratos de trabajo y dispuesto en la de accidentes de trabajo, subsidio familiar y seguros sociales.

El contratista se responsabiliza de los accidentes que se produzcan por inexperiencia o descuido donde se efectúan las obras y en las contiguas. Será el único responsable y correrá de su cuenta el abono de las indemnizaciones puesto que se excluyen en los precios los gastos para seguros y medidas de seguridad.

Corre a cargo de la contrata el pago de impuestos y arbitrios municipales cuyo abono deba efectuarse durante el tiempo de ejecución de las obras y por concepto inherente a las obras.

El contratista tiene derecho, a su costa, de sacar copias de planos, presupuestos, pliego de condiciones y demás documentos del proyecto.

Serán causas de recesión del contrato:

1. Muerte o incapacidad del contratista.
2. La quiebra del contratista.
3. Alteraciones del contrato por:
 - Modificaciones del proyecto con alteraciones fundamentales a juicio del ingeniero director, y siempre que alguna modificación represente como mínimo el 40 % del valor de alguna de las unidades del proyecto modificadas.

- Modificación de las unidades de obra, siempre que representen el 40 % como mínimo de alguna de las unidades modificadas.
4. La suspensión de la obra comenzada y el no comienzo de las obras en tres meses a partir de la adjudicación. Se procederá a devolver la fianza.
 5. No comenzar los trabajos dentro del plazo señalado en las condiciones del contrato o del proyecto.
 6. El incumplimiento de las condiciones del contrato cuando suponga descuido o mala fe con perjuicio de los intereses de la obra.
 7. El abandono de la obra sin causa justificada.

2.5.2. El contrato

El contrato se establece entre la propiedad o promotor y el contratista. Existen varias modalidades:

- A precio alzado: se estipula una cantidad para las obras que no se modificará aunque el volumen de las obras se modifique. Sirve para obras pequeñas.
- Contrato por unidades de obra.

2.5.3. Arbitraje

En casos de litigio o desavenencia entre la propiedad y la contrata se recurrirá en primer lugar a la dirección facultativa de la obra. En caso que el desacuerdo subsista, cada parte nombrará un perito, sometiéndose las partes al acuerdo entre estos. En última instancia se acudirá a los tribunales.

Capítulo 3

Condiciones Particulares

En este apartado se pretende describir las condiciones técnicas a las que se ha de someter el proyecto, es decir, las características que han de tener los materiales, los controles de calidad, así como las pruebas y ensayos a las que se verán sometidos.

Para organizar, se ha tenido en cuenta el mismo tipo de asociación que en el primer apartado, pero en este caso se muestran las unidades de obra en orden cronológico para una mejor comprensión.

- Construcción y adaptación del dispositivo
 - Montaje del dispositivo terrestre.
 - Diseño y creación de un sistema de adaptación mediante Fusion 360.
- Diseño y cálculo de diagrama de bloques
 - Creación de un sistema de guiado manual.
 - Creación de un sistema guiado autónomo.
 - Creación de un sistema de reconocimiento facial.
 - Validación del sistema.

3.1. Construcción y adaptación del dispositivo

En este apartado se pretende realizar el diseño del modelo de adaptación para poder obtener la señal necesaria y de la forma correcta para el apartado anterior además de la construcción del propio vehículo terrestre. Todo ello siguiendo un desarrollo y unos objetivos que se especifican a continuación.

3.1.1. Montaje del dispositivo terrestre

El montaje del dispositivo terrestre es uno de los puntos principales del proyecto y es el primero que debemos realizar, este se debe hacer de acuerdo al manual que el propio fabricante proporcione. Dentro de este grupo de trabajo también se encuentra el siguiente, ya que en el montaje del dispositivo también deben encontrarse los sistemas de ayuda.

3.1.2. Diseño y creación de un sistema de adaptación mediante Fusion 360

El diseño y creación de un sistema de adaptación se presenta como ayuda para conseguir una correcta señal de las variables que tendrá el software, como puede ser la adquisición de la imagen, ya sea para el carril como para la detección facial. Se puede realizar independientemente de las demás unidades de obra.

3.2. Diseño y cálculo de diagrama de bloques

En este apartado se pretende realizar el diseño del software para tanto la autonomía del coche, así como el propio manejo manual y la respuesta de éste ante situaciones inusuales. Hay que tener en cuenta que es un grupo de unidades de obra independiente al anterior en casi su totalidad, sólo el proceso de validación del sistema conlleva tener la construcción y la adaptación del dispositivo listos. Todo ello siguiendo un desarrollo y unos objetivos que se especifican a continuación.

3.2.1. Creación de un sistema de guiado manual

Es el primer procesamiento de señal que se realiza ya que es el más básico. El diagrama de bloques se encuentra mostrado en la memoria del proyecto. Las variables manipuladas de esta unidad de obra son:

- Teclado
 - Tecla hacia arriba
 - Tecla hacia abajo
 - Tecla hacia la derecha

- Tecla hacia la izquierda

Cada una de ellas actuará de forma diferente en el dispositivo (sobre sus servos) haciéndole aumentar/disminuir la velocidad y/o girar a la derecha/izquierda, respectivamente. Los objetivos que debe cumplir este diagrama son los siguientes:

- Robustez en la respuesta ante diferentes entradas.
- Errores en el diagrama nulos.
- Tiempo de respuesta en la comunicación UDP reducido.

3.2.2. Creación de un sistema de guiado autónomo

Es el segundo procesamiento de señal que se realiza ya que introduce algo más de complejidad en el problema. El diagrama de bloques se encuentra mostrado en la memoria del proyecto. Esta vez el programa no posee variables manipuladas ya que nos encontraríamos ante un guiado autónomo. Aunque eso no excluye que el diagrama deba cumplir los siguientes objetivos:

- Adquisición de imagen rápida.
- Robustez en la respuesta ante diferentes entradas.
- Errores en el diagrama nulos.

3.2.3. Creación de un sistema de reconocimiento facial

Es el tercer procesamiento de señal que se realiza. La señal sería una imagen proveniente de una cámara web que grabaría al individuo, posee varios avisadores dependiendo de si se encuentra atento a la carretera o necesitase un café, por ejemplo; pero no cuenta con variables manipuladas. Los objetivos que debe cumplir este sistema son los siguientes:

- Adquisición de imagen rápida.
- Robustez en la respuesta ante diferentes entradas.
- Robustez en la respuesta ante cambios de escala y rotación.
- Rapidez de activación de los leds de reconocimiento.
- Errores en el diagrama nulos.

3.2.4. Validación del sistema

Este proceso es el que engloba a todos los demás y por eso se ha dejado en la última posición. Dentro de este sistema encontraríamos la unión de los tres sistemas anteriores así como el montaje de los dispositivos de adaptación con el vehículo. Además la conexión entre los dos grupos de unidades de obra se realizaría aquí. Además contaría con la realización de pruebas sobre un circuito (mostrado en la memoria). Las variables manipuladas con las que cuenta este proceso son las siguientes:

- Teclado (del sistema manual).
- Cambio manual-automático.

Los objetivos que debe cumplir esta unidad de obra son los siguientes:

- Tiempo de respuesta en la comunicación UDP reducido.
- Robustez en la respuesta ante diferentes entradas (curvas y rectas en el circuito).
- Rapidez de activación de los leds de reconocimiento.
- Rapidez de comunicación de los leds de reconocimiento.
- Errores en el diagrama nulos.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA
PLATAFORMA DE TEST PARA
ALGORITMOS DE GUIADO AUTÓNOMO
PARA VEHÍCULOS TERRESTRES**

PRESUPUESTO

TFG PRESENTADO POR DANIEL LAMCHAHHEM AMARO

GRADO DE INGENIERÍA AEROSPACIAL

TUTOR: SERGIO GARCÍA-NIETO RODRÍGUEZ

2018

Departamento de Ingeniería de sistemas y automática



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Índice general

1. Introducción	4
2. Cuadro de precios	5
2.1. Cuadro de precios de la mano de obra	5
2.2. Cuadro de precios de materiales	5
2.3. Cuadro de precios unitarios	6
2.3.1. Diseño y cálculo de diagrama de bloques	6
2.3.2. Construcción y adaptación del dispositivo	7
2.4. Cuadro de precios descompuestos	7
2.4.1. Cálculo de horas por tarea	7
2.4.2. Precios descompuestos	9
2.5. Presupuesto Parcial	11
2.5.1. Diseño y cálculo de diagrama de bloques	11
2.5.2. Construcción y adaptación del dispositivo	11
2.6. Presupuesto de ejecución material, de inversión y de licitación . .	11

Índice de cuadros

2.1. Mano de obra	5
2.2. Materiales	6
2.3. Precios unitarios asociados al primer grupo de unidades de obra .	6
2.4. Precios unitarios asociados al segundo grupo de unidades de obra	7
2.5. Horas empleadas en la Unidad de obra 1 (Primer Grupo)	7
2.6. Horas empleadas en la Unidad de obra 2 (Primer Grupo)	8
2.7. Horas empleadas en la Unidad de obra 3 (Primer Grupo)	8
2.8. Horas empleadas en la Unidad de obra 4 (Primer Grupo)	8
2.9. Horas empleadas en la Unidad de obra 1 (Segundo Grupo)	9
2.10. Horas empleadas en la Unidad de obra 2 (Segundo Grupo)	9
2.11. Precio descompuesto de la Unidad de obra 1 (Primer grupo)	9
2.12. Precio descompuesto de la Unidad de obra 2 (Primer grupo)	9
2.13. Precio descompuesto de la Unidad de obra 3 (Primer grupo)	10
2.14. Precio descompuesto de la Unidad de obra 4 (Primer grupo)	10
2.15. Precio descompuesto de la Unidad de obra 1 (Segundo grupo)	10
2.16. Precio descompuesto de la Unidad de obra 2 (Segundo grupo)	10
2.17. Presupuesto parcial asociado al primer grupo de unidades de obra	11
2.18. Presupuesto parcial asociado al segundo grupo de unidades de obra	11
2.19. Presupuesto	12

Capítulo 1

Introducción

El presente documento tiene como objetivo proporcionar toda la información detallada del coste de ejecución del proyecto: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLATAFORMA DE TEST PARA ALGORITMOS DE GUIADO AUTÓNOMO PARA VEHÍCULOS TERRESTRES". Las unidades de obra se dividen de la siguiente forma:

- Diseño y cálculo de diagrama de bloques
 - Creación de un sistema de guiado autónomo.
 - Creación de un sistema guiado manual.
 - Creación de un sistema de reconocimiento facial.
 - Validación del sistema.
- Construcción y adaptación del dispositivo
 - Montaje del dispositivo terrestre.
 - Diseño y creación de un sistema de adaptación mediante Fusion 360.

Por tanto se calcularán todos y cada uno (tanto personal como de equipo) de los costes asociados a cada unidad de obra.

Capítulo 2

Cuadro de precios

2.1. Cuadro de precios de la mano de obra

En este apartado se pretende abordar el precio relacionado con la contratación de empleados, es decir el sujeto a mano de obra. En el caso de este proyecto solo se cuenta con un ingeniero técnico, el cual trabaja a tiempo completo.

Tipo de empleado	Salario Bruto (€/mes)	Horas de trabajo al día
Ingeniero Técnico Aeroespacial	5000	8

Días laborales (por mes)	Salario (€/hora)	Salario Anual (€)
22	28,41	60000

Seguridad Social (€)	Coste Anual (€)	Precio (€/hora)
20000	80000	37,87

Cuadro 2.1: Mano de obra

2.2. Cuadro de precios de materiales

En este apartado se tiene en cuenta el coste de la compra del material utilizado, la amortización de los bienes ya adquiridos y de la adquisición de las licencias informáticas que son necesarias para llevar a cabo el proyecto:

Materiales	Unidades	Precio (€/unidad)	Total (€)
Móvil LG G6	1	535	535
MacBook Pro	1	2260	2260
Licencia Fusion 360	1	326,70	326,70
Impresora 3D	1	2699	2699
Servo	2	12,20	24,40
Pincel	2	1,50	3
Madera	4	2,20	8,80
Tornillo	4	0,30	1,20
Pintura	3	3	9
Coche RC	1	100	100
Cámara	2	10,90	21,80
NI myRIO-1900	1	550	550
Licencia Labview 2017	1	3451	3451
Licencia Ejecución Vision Assistant	1	510	510
TOTAL			10499,9

Cuadro 2.2: Materiales

2.3. Cuadro de precios unitarios

En este capítulo se proporcionan los cálculos totales de los costes del proyecto en función de cada unidad de obra:

2.3.1. Diseño y cálculo de diagrama de bloques

Unidad	Precio (€)
Unidad de Obra 1	2026,93
Unidad de Obra 2	7566,63
Unidad de Obra 3	2273,82
Unidad de Obra 4	757,40

Cuadro 2.3: Precios unitarios asociados al primer grupo de unidades de obra

2.3.2. Construcción y adaptación del dispositivo

Unidad	Precio (€)
Unidad de Obra 1	881,80
Unidad de Obra 2	4221,67

Cuadro 2.4: Precios unitarios asociados al segundo grupo de unidades de obra

2.4. Cuadro de precios descompuestos

Ya que las horas del ingeniero se engloban dentro del presupuesto total, para el cálculo de precios unitarios se ha descompuesto previamente las horas que se necesitan para cada unidad de obra:

2.4.1. Cálculo de horas por tarea

Diseño y cálculo de diagrama de bloques

Unidad de Obra 1: Sistema de guiado autónomo		
Tareas	Días	Horas
Adquisición de imágenes	1	4
Procesamiento de imágenes	2	15
Comunicación con el sistema	3	20
TOTAL		39

Cuadro 2.5: Horas empleadas en la Unidad de obra 1 (Primer Grupo)

Unidad de Obra 2: Sistema de guiado manual

<i>Tareas</i>	<i>Días</i>	<i>Horas</i>
Creación interfaz	1	4
Comunicación de datos	2	15
Cambio manual-automático en el sistema	4	30
TOTAL		49

Cuadro 2.6: Horas empleadas en la Unidad de obra 2 (Primer Grupo)

Unidad de Obra 3: Sistema de reconocimiento facial

<i>Tareas</i>	<i>Días</i>	<i>Horas</i>
Adquisición de imágenes	1	4
Procesamiento de imágenes	2	10
Detección de usuario “atento”	2	12
Detección cansancio y demás avisadora	2	10
Comunicación con el sistema	2	10
TOTAL		46

Cuadro 2.7: Horas empleadas en la Unidad de obra 3 (Primer Grupo)

Unidad de Obra 4: Validación del sistema

<i>Tareas</i>	<i>Días</i>	<i>Horas</i>
Pruebas de buen funcionamiento sistema	3	20
TOTAL		20

Cuadro 2.8: Horas empleadas en la Unidad de obra 4 (Primer Grupo)

Construcción y adaptación del dispositivo

Unidad de Obra 1: Montaje del dispositivo terrestre

<i>Tareas</i>	<i>Días</i>	<i>Horas</i>
Montaje dispositivo y finalizados	3	20
TOTAL		20

Cuadro 2.9: Horas empleadas en la Unidad de obra 1 (Segundo Grupo)

Unidad de Obra 2: Diseño y creación de un sistema de adaptación mediante Fusion 360

<i>Tareas</i>	<i>Días</i>	<i>Horas</i>
Diseño Fusion 360	3	22
Impresión del diseño	1	1
Montaje del diseño	1	8
TOTAL		31

Cuadro 2.10: Horas empleadas en la Unidad de obra 2 (Segundo Grupo)

2.4.2. Precios descompuestos

Se procede al cálculo del coste total por unidad de obra:

Unidad de Obra 1: Sistema de guiado autónomo

	<i>Rendimiento (horas)</i>	<i>Precio (€/hora)</i>	<i>Importe (€)</i>
Ingeniero Técnico Aeroespacial	39	37,87	1476,93
NI myRIO-1900		550	550
TOTAL			2026,93

Cuadro 2.11: Precio descompuesto de la Unidad de obra 1 (Primer grupo)

Unidad de Obra 2: Sistema de guiado manual

	<i>Rendimiento (horas)</i>	<i>Precio (€/hora)</i>	<i>Importe (€)</i>
Ingeniero Técnico Aeroespacial	49	37,87	1855,63
Licencia Labview		3451	3451
MacBook Pro		2260	2260
TOTAL			7566,63

Cuadro 2.12: Precio descompuesto de la Unidad de obra 2 (Primer grupo)

Unidad de Obra 3: Sistema de reconocimiento facial			
	<i>Rendimiento (horas)</i>	<i>Precio (€/hora)</i>	<i>Importe (€)</i>
Ingeniero Técnico Aeroespacial	46	37,87	1742,02
Licencia Ejecución Vision Assitant	1	510	510
Cámaras		21,80	21,80
TOTAL			2273,82

Cuadro 2.13: Precio descompuesto de la Unidad de obra 3 (Primer grupo)

Unidad de Obra 4: Validación del sistema			
	<i>Rendimiento (horas)</i>	<i>Precio (€/hora)</i>	<i>Importe (€)</i>
Ingeniero Técnico Aeroespacial	20	37,87	757,4
TOTAL			757,4

Cuadro 2.14: Precio descompuesto de la Unidad de obra 4 (Primer grupo)

Unidad de Obra 1: Montaje dispositivo			
	<i>Rendimiento (horas)</i>	<i>Precio (€/hora)</i>	<i>Importe (€)</i>
Ingeniero Técnico Aeroespacial	20	37,87	757,4
Coche RC		100	100
Servo		24,40	24,40
TOTAL			881,80

Cuadro 2.15: Precio descompuesto de la Unidad de obra 1 (Segundo grupo)

Unidad de Obra 2: Diseño y creación de un sistema de adaptación mediante Fusion 360			
	<i>Rendimiento (horas)</i>	<i>Precio (€/hora)</i>	<i>Importe (€)</i>
Ingeniero Técnico Aeroespacial	31	37,87	1173,97
Impresora 3D		2699	2699
Pincel		3	3
Madera		8,80	8,80
Tornillo		1,20	1,20
Pintura		9	9
Licencia Fusion 360		326,70	326,70
TOTAL			4221,67

Cuadro 2.16: Precio descompuesto de la Unidad de obra 2 (Segundo grupo)

2.5. Presupuesto Parcial

Para obtener el coste total es necesario multiplicar el coste parcial de cada unidad de obra por el número de veces que debe realizarse en el proyecto.

2.5.1. Diseño y cálculo de diagrama de bloques

Unidad	Precio (€)	Coste Total (€)
Unidad de Obra 1	2026,93	2026,93
Unidad de Obra 2	7566,63	7566,63
Unidad de Obra 3	2273,82	2273,82
Unidad de Obra 4	757,40	757,40

Cuadro 2.17: Presupuesto parcial asociado al primer grupo de unidades de obra

2.5.2. Construcción y adaptación del dispositivo

Unidad	Precio (€)	Coste Total (€)
Unidad de Obra 1	881,80	881,80
Unidad de Obra 2	4221,67	4221,67

Cuadro 2.18: Presupuesto parcial asociado al segundo grupo de unidades de obra

2.6. Presupuesto de ejecución material, de inversión y de licitación

En este apartado se añade el coste debido a los impuestos y a la gestión.

Concepto	Coste (€)
Grupo Funcional 1	12624,78
Grupo Funcional 2	5103,47
Total	17728,25
Gastos generales (15 %)	2659,24
Beneficio industrial (6 %)	1063,70
Total	21451,19
IVA (21 %)	4504,75
TOTAL	25955,94

Cuadro 2.19: Presupuesto

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad en EUROS: DIECISIETE MIL SETECIENTOS VEINTICINCO CON VEINTICINCO.

Asciende el presupuesto de inversión a la expresada cantidad en EUROS: VEINTIÚN MIL CUATROCIENTOS CINCUENTA Y UNO CON DIECINUEVE.

Asciende el presupuesto base de licitación a la expresada cantidad en EUROS: VEINTICINCO MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y CINCO CON NOVENTA Y CUATRO.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA
PLATAFORMA DE TEST PARA
ALGORITMOS DE GUIADO AUTÓNOMO
PARA VEHÍCULOS TERRESTRES

PLANOS

TFG PRESENTADO POR DANIEL LAMCHAHHEM AMARO

GRADO DE INGENIERÍA AEROSPACIAL

TUTOR: SERGIO GARCÍA-NIETO RODRÍGUEZ

2018

Departamento de Ingeniería de sistemas y automática



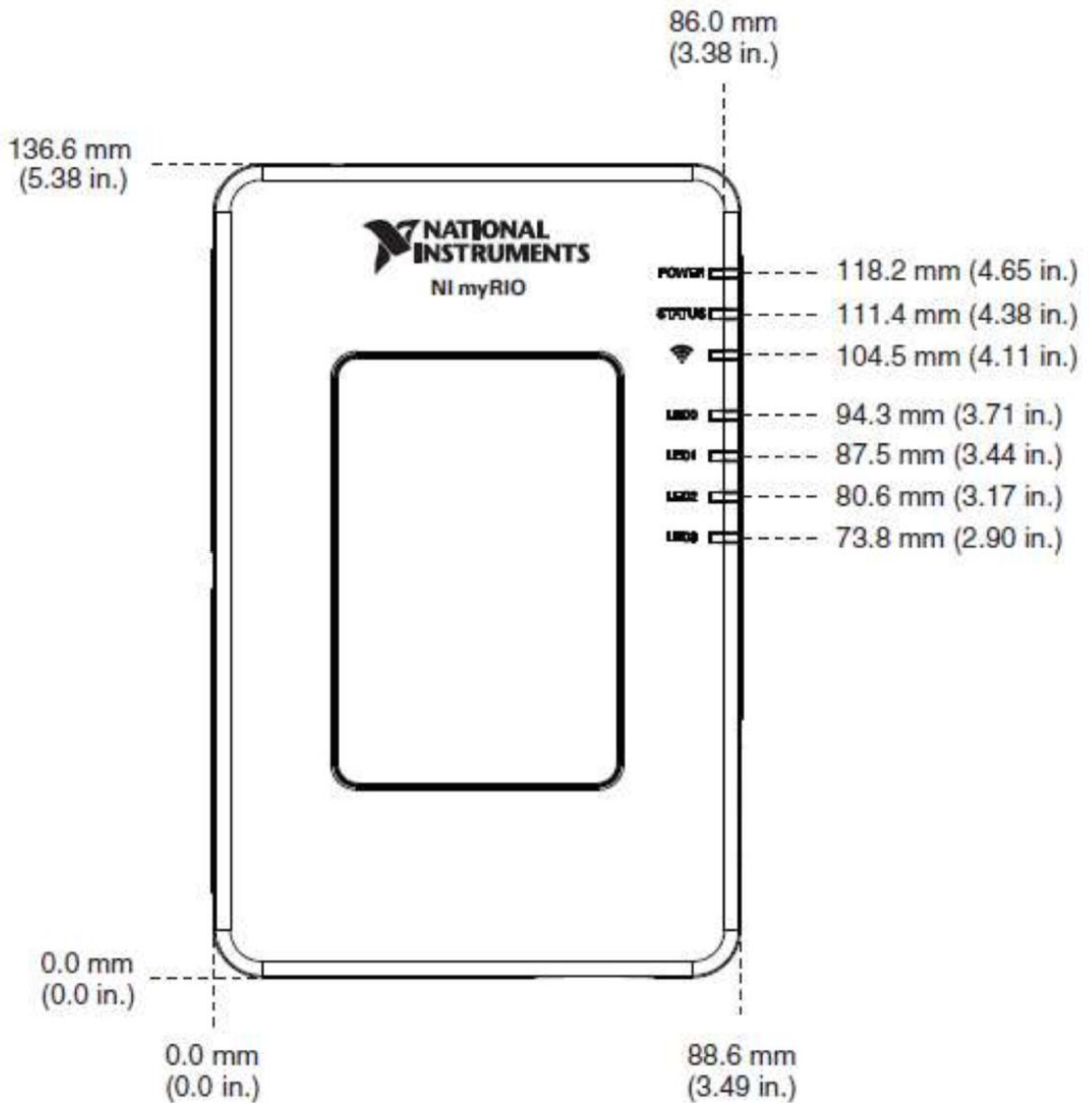
Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño


Índice general

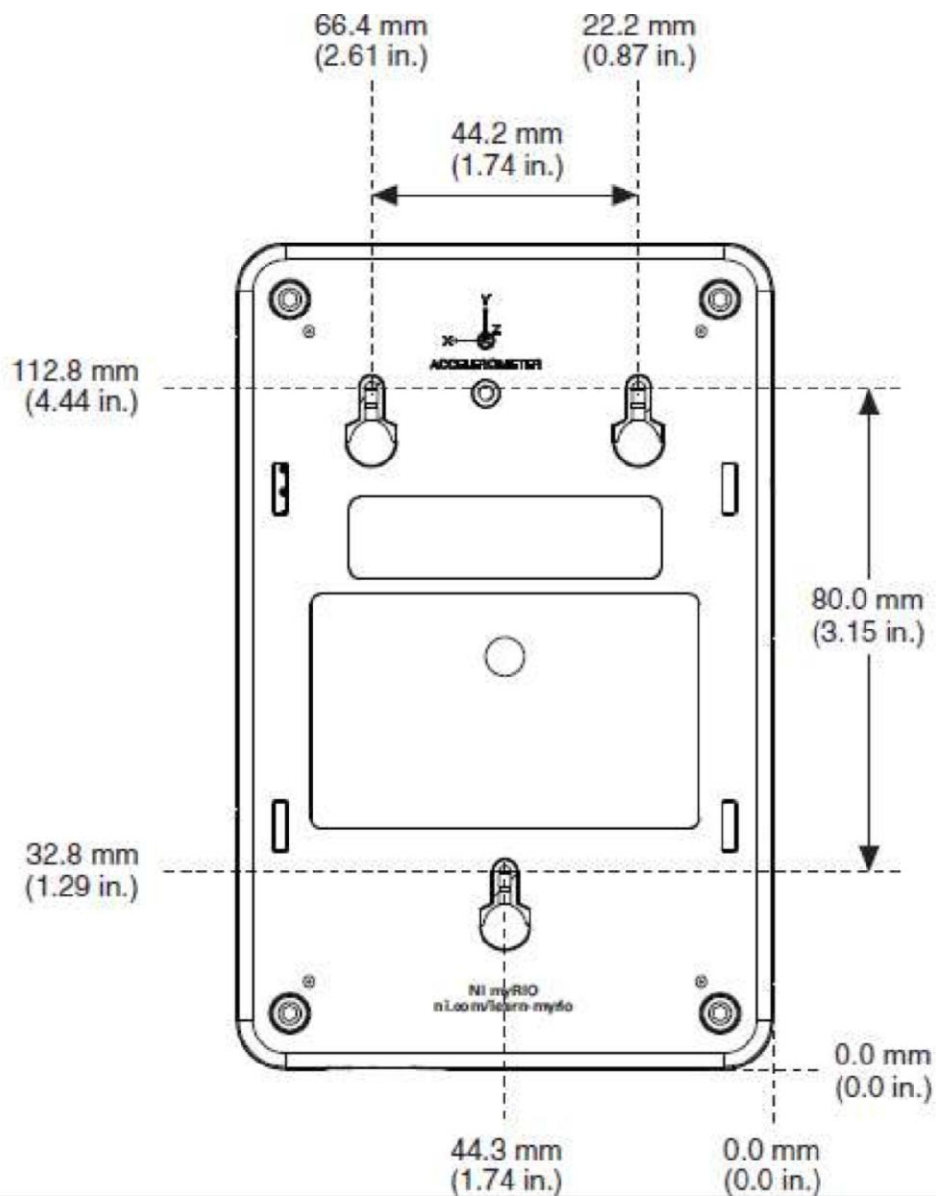
1. Planos NI myRIO-1900	4
2. Planos piezas	9
3. Planos móvil	12


Capítulo 1

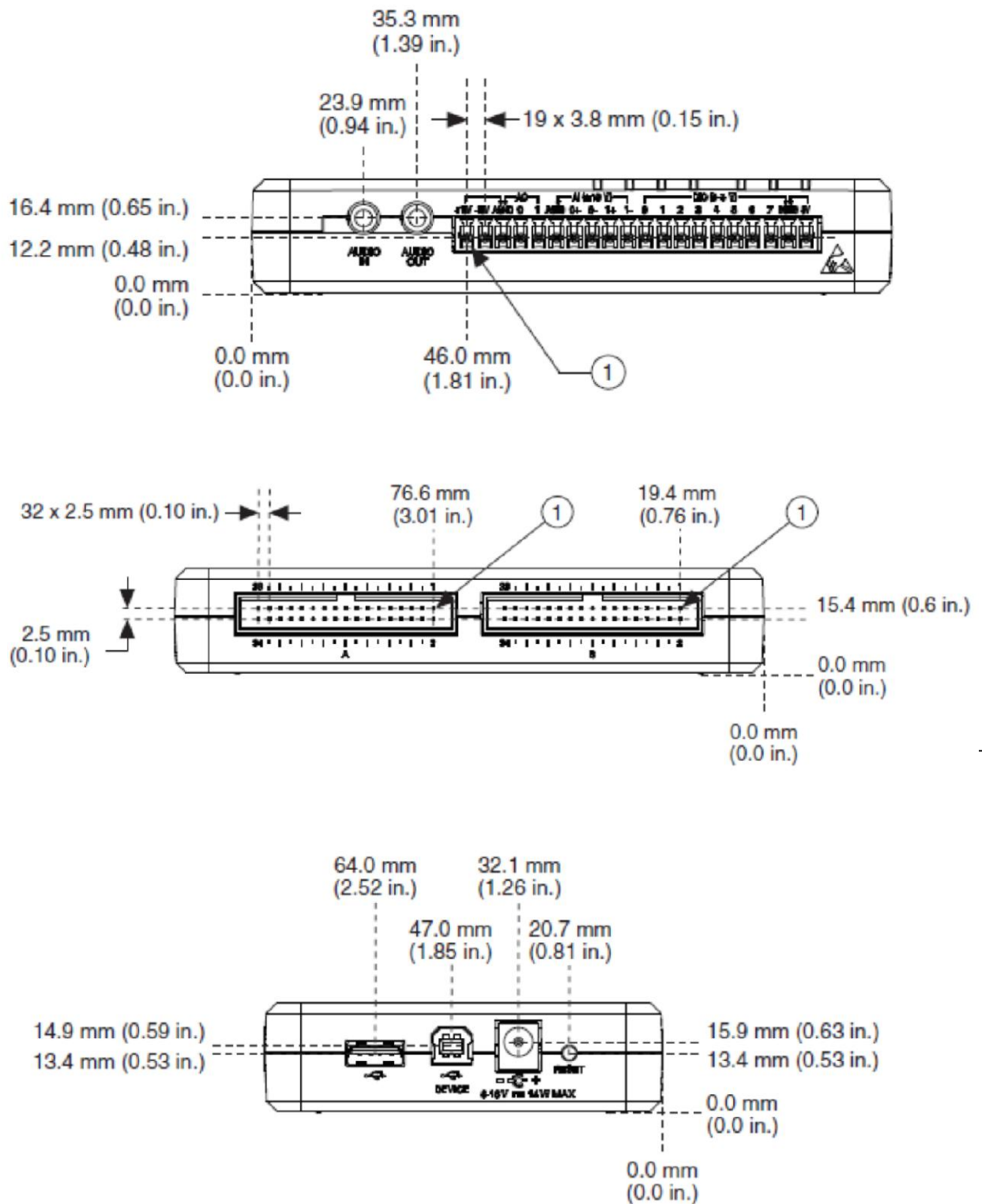
Planos NI myRIO-1900




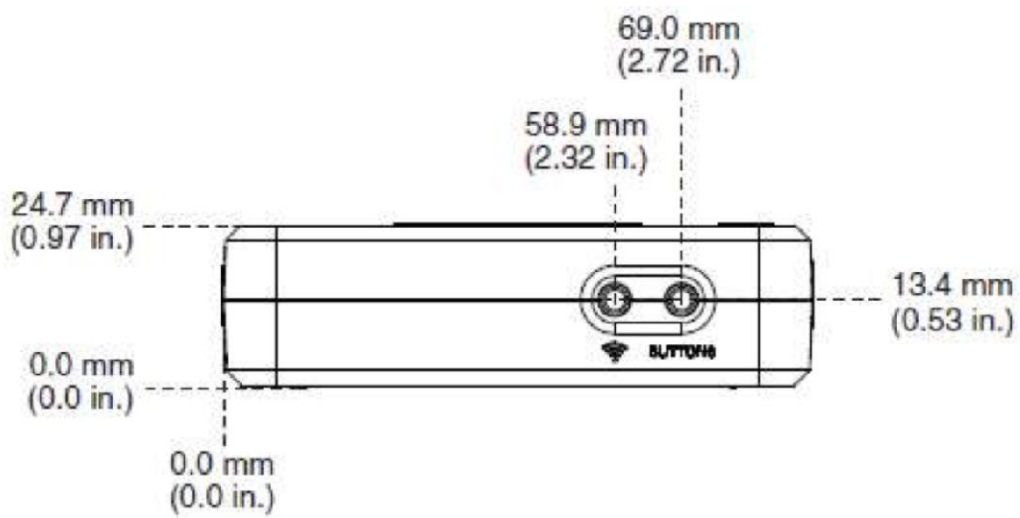
Dept. Trabajo Final de Grado	Technical reference	Created by Daniel Lamchahhem 03/06/18	Approved by
	Document type	Document status	
	Title NI myRIO-1900	DWG No.	
	Rev.	Date of issue	Sheet 1/4




Dept. Trabajo Final de Grado	Technical reference	Created by Daniel Lamchahhem 03/06/18	Approved by		
		Document type	Document status		
		Title NI myRIO-1900	DWG No.		
		Rev.	Date of issue	Sheet 2/4	



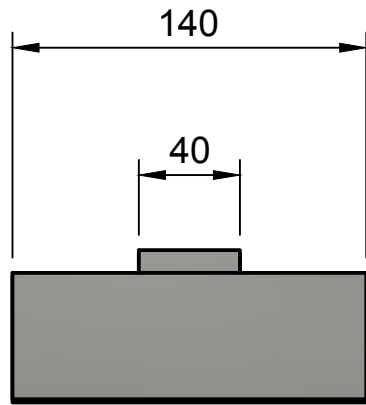
Dept. Trabajo Final de Grado	Technical reference	Created by Daniel Lamchahhem 03/06/18	Approved by
	Document type	Document status	
	Title NI myRIO-1900	DWG No.	
	Rev.	Date of issue	Sheet 3/4



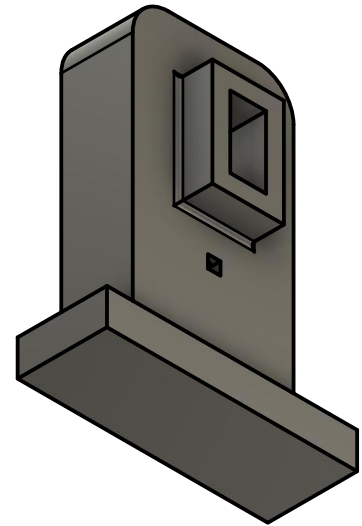
Dept. Trabajo Final de Grado	Technical reference	Created by Daniel Lamchahhem 03/06/18	Approved by	
	Document type	Document status		
	Title NI myRIO-1900	DWG No.		
	Rev.	Date of issue	Sheet 4/4	

Capítulo 2

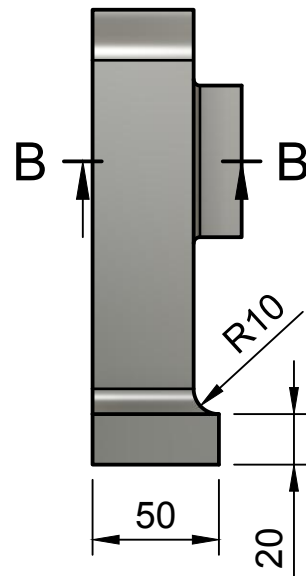
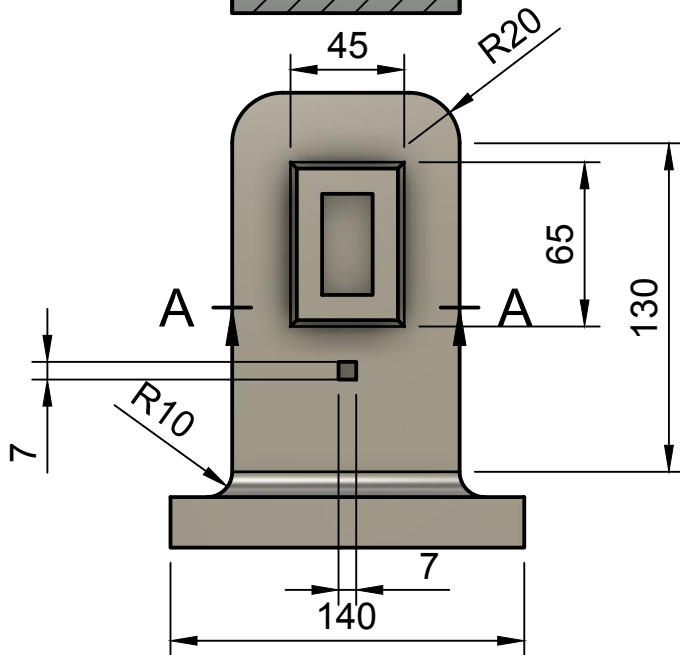
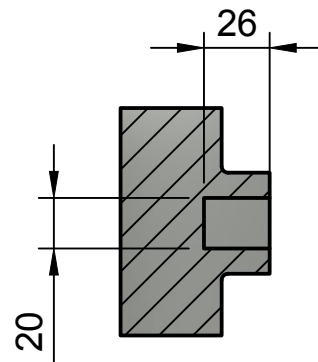
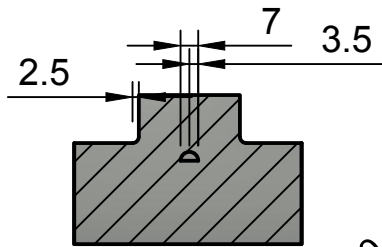
Planos piezas




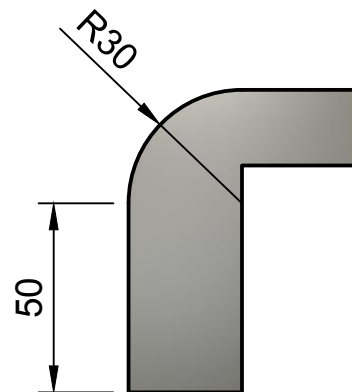
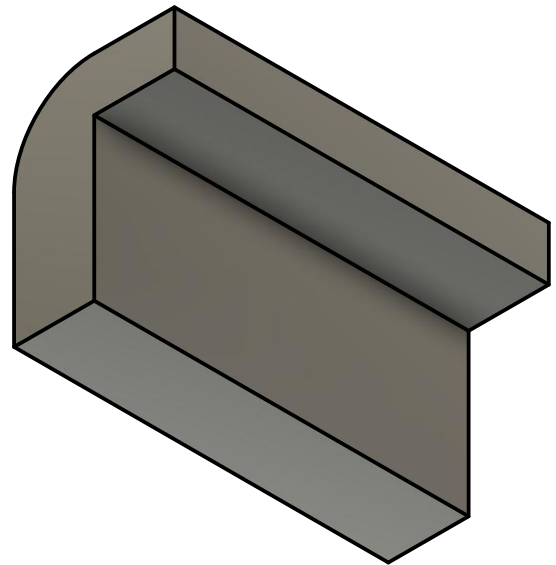
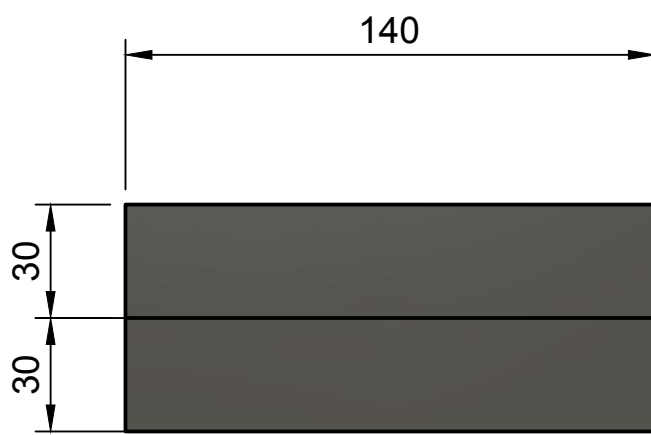
A-A (1:3)




B-B (1:3)



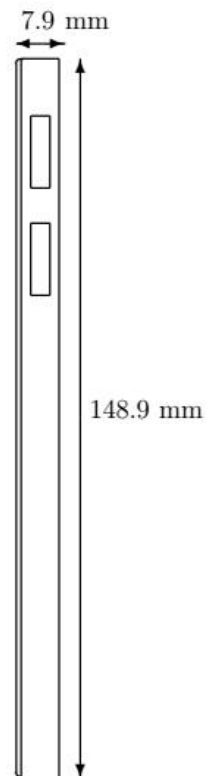
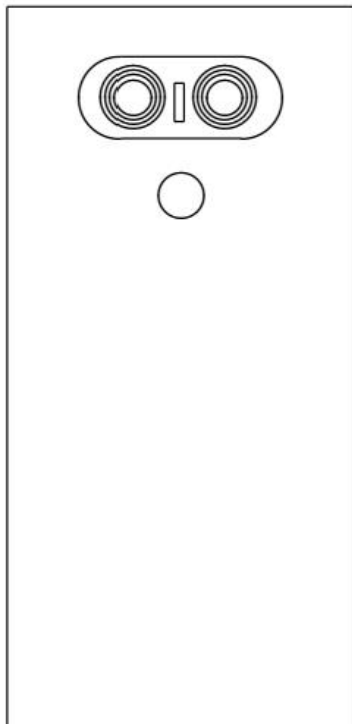
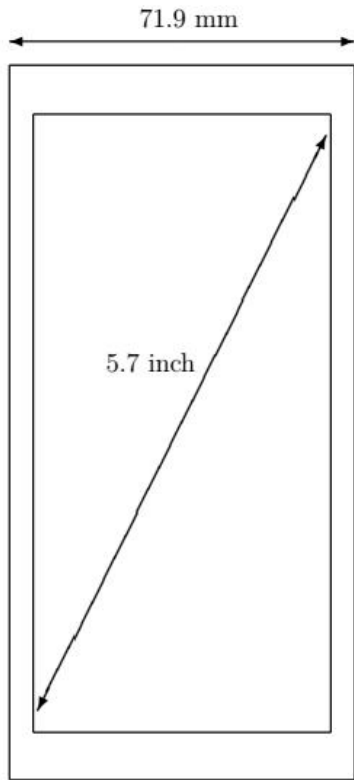
Dept. Trabajo Final de Grado	Technical reference	Created by Daniel Lamchahhem 03/06/18	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title Parte Delantera Coche	DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet 1/1




Dept. Trabajo Final de Grado	Technical reference	Created by Daniel Lamchahhem 03/06/18	Approved by	
	Document type		Document status	
	Title Parte Media Coche		DWG No.	
			Rev.	Date of issue

Capítulo 3

Planos móvil



Dept. Trabajo Final de Grado	Technical reference	Created by Daniel Lamchahhem 03/06/18	Approved by	
		Document type	Document status	
		Title Móvil	DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet 1/1