

PROYECTO FINAL

Sistema de navegación inteligente acelerado por hardware

Plan de trabajo

DIRECTOR: ING. SILVIO ABEL TAPINO

TUTOR: ING. ALEJANDRO FURFARO

CO-TUTOR: ING. LUCIANO FERREYRO

TUTOR POR LA CATEDRA: DR. ING. MATIAS HAMPEL

TUTOR POR LA CATEDRA: ING. MARIA ALEJANDRA GUTIERREZ

AUTOR: MARTÍN FUSCHETTO (*mfuschetto@frba.utn.edu.ar*)

Índice

1. Objetivos	2
1.1. Objetivo general	2
1.2. Objetivos específicos	2
2. Antecedentes	2
3. Actividades y metodología	4
4. Factibilidad	5
5. Apéndice A	6
5.1. Matriz de requisitos	6
5.2. Diagrama de Gantt	7
5.3. Gestión del riesgo	8
5.3.1. Riesgos técnicos	8
5.3.2. Riesgos organizativos	10
5.3.3. Riesgos externos	10
5.4. Plan de calidad	13
5.4.1. Requisitos del proyecto	13
5.4.2. Requisitos del producto	13
5.4.3. ¿Qué características debe cumplir el producto? ¿Cómo se comprobará que este cumple con estas características?	13

1. Objetivos

1.1. Objetivo general

El objetivo general de este plan de trabajo es investigar e implementar un sistema nuevo de control basados en lógica difusa y redes neuronales convolucionales para que el robot pueda tomar mejores decisiones a la hora de sortear un obstáculo. Un modulo de redes neuronales convolucionales logrará reconocer un obstáculo, y de este se obtendrán ciertas características y en función de éstas se decidirá en un modulo de sistema de control difuso con distintos tipos de sets de reglas difusas cual de estos sets utilizará el robot para sortear el obstáculo.

1.2. Objetivos específicos

En la actualidad existen distintos sistemas de control difusos en donde robots los utilizan para alcanzar una meta. Además existen algunos sistemas de control difusos con múltiples conjuntos de comportamientos (conjunto de set de reglas difusas) en el cual se decide cual comportamiento (o tarea) a utilizar en función de otra etapa del sistema de control.

Por ejemplo, Danial y Babak dividieron la navegación en dos partes, la primera con distintos comportamientos básicos como lograr metas o evitar obstáculos (distintas tareas o comportamientos) y la segunda, una capa de supervisión que selecciona que comportamiento es el encargado de ejecutar la siguiente acción en función de su prioridad [1].

El objetivo de este plan de trabajo es contribuir aportando una nueva capa de supervisión de la capa difusa principal (comportamientos básicos, lograr metas, evadir obstáculo por la derecha, por la izquierda, etc.) para así seleccionar uno de estos comportamientos basados en la dimensión frontal del obstáculo a evadir y la ubicación del target.

De esta forma el robot tendrá las siguientes capacidades:

- Capacidad de reconocimiento y selección de comportamiento: Capacidad de reconocer algunos de los obstáculos y de decidir en función de sus dimensiones que comportamiento de la etapa difusa se utilizara para la evasión.
- Capacidad de toma de decisión: Sistema difuso que permita estabilizar una trayectoria para el sistema a partir de distintos comportamientos, con ayuda de la capacidad de reconocimiento.
- Capacidad de reconocimiento acelerado por hardware. Algunas operaciones del reconocimiento de obstáculos, serán aceleradas en una field-programmable gate array (FPGA).

2. Antecedentes

Tradicionalmente la robótica estaba centrada en sectores industriales manufactureros orientados a la producción masiva entre ellas se encontraban las industrias del automóvil, transformaciones metalúrgicas, industrias químicas, entre otras.

A mediados de los 60's se introducen los robots manipuladores en la industria, y debido a las posibilidades que ofrecían (aumento de la productividad, alta flexibilidad, excelente calidad y mejora de la seguridad) incita a los investigadores a lograr robots aun mejores.

Normalmente los robots desarrollaban tareas repetitivas, el cual exigía tomar algunas piezas y reubicarlas en otra área a la cual el robot manipulador sea capaz de llegar con la máxima extensión de su articulación lo cual resultaba en un problema. Una solución a este fué desarrollar un vehículo móvil sobre rieles para que el robot tenga mayor alcance y así es como

a mediados de los 80's aparecieron los primeros vehículos guiados automáticamente (AGV's). La posibilidad de estructurar el entorno industrial permitió automatizar varios procesos con los primeros robots guiados automáticamente con un mínimo de lógica y capacidad sensorial.

Fuera del entorno industrial, en donde se imposibilita estructurar el entorno, se les dota a los robots un mayor grado de inteligencia y capacidad para poder desenvolverse.

Uno de los desafíos mas grandes en la aplicación de robots es la navegación en entornos desconocidos abarrotados de obstáculos. La navegación se vuelve aun mas compleja cuando no se conoce la ubicación de estos a priori.

La lógica difusa trae la solución a este problema, fue investigada a mediados de los años sesenta en la Universidad de Berkeley (California) por el ingeniero Lotfy A. Zadeh.

" Conforme la complejidad de un sistema aumenta, nuestra capacidad para ser precisos y construir instrucciones sobre su comportamiento disminuye hasta el umbral mas allá del cual, la precisión y el significado son características excluyentes ".

Introdujo así entonces el concepto de conjunto difuso (Fuzzy Set) bajo el que reside la idea de que los elementos sobre los que se construye el pensamiento humano no son números sino etiquetas lingüísticas.

La robótica es una amplia área de investigación y desarrollo multidisciplinar que va unida a la construcción de artefactos que de alguna manera intentaban replicar el deseo humano de crear seres a su semejanza y/o que resolvieran su trabajo.

Para mover un robot en un entorno definido con cierto grado de autonomía es necesario que este sea capaz de la detección y evitación autónoma de obstáculos y/o del reconocimiento de estos para poder actuar.

La lógica difusa se utiliza en el diseño de posibles soluciones, la implementación de software para un controlador de seguimiento difuso en donde el robot usa el sistema para llegar al destino evitando obstáculos en su camino entre el origen y el destino [2].

Danial y Babak decidieron un enfoque basado en el comportamiento cuyo algoritmo de lógica difusa se utiliza para el diseño y la coordinación de acciones de los comportamientos. Y dividieron la navegación en dos partes. La primera compuesta en comportamientos básicos: lograr metas, evitación de obstáculos y seguimiento de muros. La segunda, una capa de supervisión responsable de la selección de las acciones (elección de comportamientos según el contexto) en donde seleccionaban un comportamiento de la lista de estos en función de su prioridad [1].

Xiong y Qu elaboraron un método para el seguimiento de un trayecto para vehículos inteligentes basado en dos controladores difusos que se combinan con la dirección de control del vehículo y la velocidad de este. Con el objetivo de desarrollar los sistemas de asistencia al conductor en autopista y vía urbana, para ayudar o incluso reemplazar al conductor [3].

Hajer Omrane, Mohamed Slim Masmoudi, y Mohamed Masmoudi en el 2016 desarrollaron un sistema de control difuso con la ventaja de que solo necesitaba un único controlador difuso para la navegación y la evasión de obstáculos para un robot [4].

Majura F. Selekwa, Damion D. Dunlap, Dongqing Shib, Emmanuel G. Collins Jr, en 2006 desarrollaron un sistema difuso para la navegación en entornos densamente abarrotados de obstáculos. En donde utilizaron lógica de preferencias para poder arbitrar o fusionar las reacciones de los comportamientos individuales difusos [5].

El principal aporte de mi proyecto de investigación es realizar un sistema de control neuro-difuso nuevo que solo va a necesitar un controlador difuso como [4] pero que además, al igual que [1] va a estar dividido en dos partes, la primera (difuso) con comportamientos básicos: lograr metas, evitación de obstáculos, etc. La segunda de supervisión en donde se va a seleccionar, arbitrar o fusionar comportamientos de la lista de estos en función de la salida del sistema neural convolucional el cual tendrá la capacidad de, a través de una cámara, poder reconocer el obstáculo a evadir y en función de la ubicación y dimensión de este decidir un comportamiento difuso.

También el principal motivo de esta idea es que se parezca un poco mas a la toma de decisión del ser humano, elegir un rumbo en función de lo que el robot ve y reconoce, ya que desde mi punto de vista es antinatural la elección de trayectoria solo en función de la ubicación del obstáculo y el target (destino), hay que tener en cuenta que nosotros, al encontrar un obstáculo que nos evita el paso también evaluamos el trayecto a seguir en función de las dimensiones del obstáculo y de que camino parece mas corto. Por ejemplo al eludir evaluamos si eludir por la izquierda o por la derecha es mas conveniente.

3. Actividades y metodología

Con el motivo de alcanzar el objetivo propuesto, investigar e implementar las distintas etapas del proyecto, el plan de trabajo debe dividirse en al menos cinco etapas bien definidas.

En primer lugar la selección de una arquitectura CNN que pueda implementarse sobre un sistema embebido, comprender a la perfección su funcionamiento, definir la cantidad de etapas necesarias y probar la arquitectura en un framework sobre la computadora. Una vez cerrada la arquitectura deberá ser implementada en C sobre la placa de desarrollo.

En segundo lugar, debido a la cantidad de operaciones necesarias hacer para obtener el resultado de la etapa anterior en un lapso de tiempo dado y en función a la capacidad de la etapa de procesamiento de las placas de desarrollos del departamento de la facultad se evaluara implementar en la FPGA de la placa de desarrollo las etapas mas criticas (consumo computacional) en HDL.

En tercer lugar, se deberá diseñar un sistema de control difuso, el cual sera implementado en una primer instancia en un lenguaje de alto nivel como Matlab o Python y una vez testeado y conforme al resultado se implementara este sobre la placa de desarrollo en C.

Una cuarta etapa, en donde se va a conseguir el robot a utilizar, se lo va a construir, este no sera diseñado simplemente tomare uno, se le montara los sensores necesarios para una etapa de control difusa convencional para un sistema de navegación, los motores, probablemente un gps y se escribirán todos sus drivers para Linux embebido.

Una quinta etapa, en donde se va a integrar el sistema difuso y el sistema neuronal, y se va a diseñar la lógica necesaria para que en función de la salida del sistema neuronal se seleccione un comportamiento del sistema de control difuso.

4. Factibilidad

Este proyecto propone objetivos concretos y alcanzables dados los recursos disponibles en el DPLab de la UTN-FRBA. El DPLab realiza estudios relacionados al procesamiento digital de señales e imágenes en sistemas embebidos de cualquier tipo (micro procesadores, FPGAs, o mixtos).

El laboratorio cuenta en su mayoría con ingenieros especializados, doctorandos, doctores y estudiantes para afrontar el desafío de ingeniería propuesto.

El esqueleto del robot a utilizar sera impreso en 3D en los laboratorios de la UTN o comprado, según sea necesario llegado el momento.

El candidato cuenta con la suficiente experiencia para encarar una tesis de grado como la que se propone. Participa desde principios de año activamente en el DPLab, involucrándose en temas relacionados a procesamiento de imágenes con redes neuronales artificiales.

5. Apéndice A

5.1. Matriz de requisitos

Matriz de requisitos							
ID	Requisito	Estado			Prioridad	Complejidad	Objetivo
		Estado	Versión	Fecha			
0	Tiene que reconocer ciertos obstáculos.	EN CURSO	1.0	10 de diciembre de 2021	ALTA	ALTA	Capacidad de reconocer algunos de los obstáculos.
1	Tiene que evadir obstáculos.	EN CURSO	1.0	10 de diciembre de 2021	ALTA	ALTA	Capacidad de evadir obstáculos, si el obstáculo es reconocido la evasión se hará en función de sus dimensiones.
2	Capacidad de desplazarse.	SIN COMENZAR	1.0	10 de diciembre de 2021	ALTA	BAJA	Capacidad de desplazarse a través de ciertos entornos.
3	Capacidad de sensor distancia a obstáculos.	SIN COMENZAR	1.0	10 de diciembre de 2021	ALTA	BAJA	Necesidad de obtener la distancia al obstáculo en su cono de visión.
4	Capacidad de conocer dirección de desplazamiento.	SIN COMENZAR	1.0	10 de diciembre de 2021	ALTA	MEDIA	Necesidad de saber el sentido al cual se dirige.
5	Capacidad de medir la distancia recorrida.	SIN COMENZAR	1.0	10 de diciembre de 2021	ALTA	MEDIA	Decoders ayudarán a medir la distancia recorrida.
6	Tiene que ser implementado en la Zybo.	SIN COMENZAR	1.0	10 de diciembre de 2021	BAJA	MEDIA	Implementado en la placa de desarrollo Zybo.
7	Tiene que ser alimentado por batería.	SIN COMENZAR	1.0	10 de diciembre de 2021	BAJA	BAJA	-.
8	Las operaciones de mayor consumo computacional tienen que ser implementadas en una FPGA.	EN CURSO	1.0	10 de diciembre de 2021	BAJA	ALTA	Con el propósito de ahorrar energía, acelerar las operaciones, etc.

5.2. Diagrama de Gantt

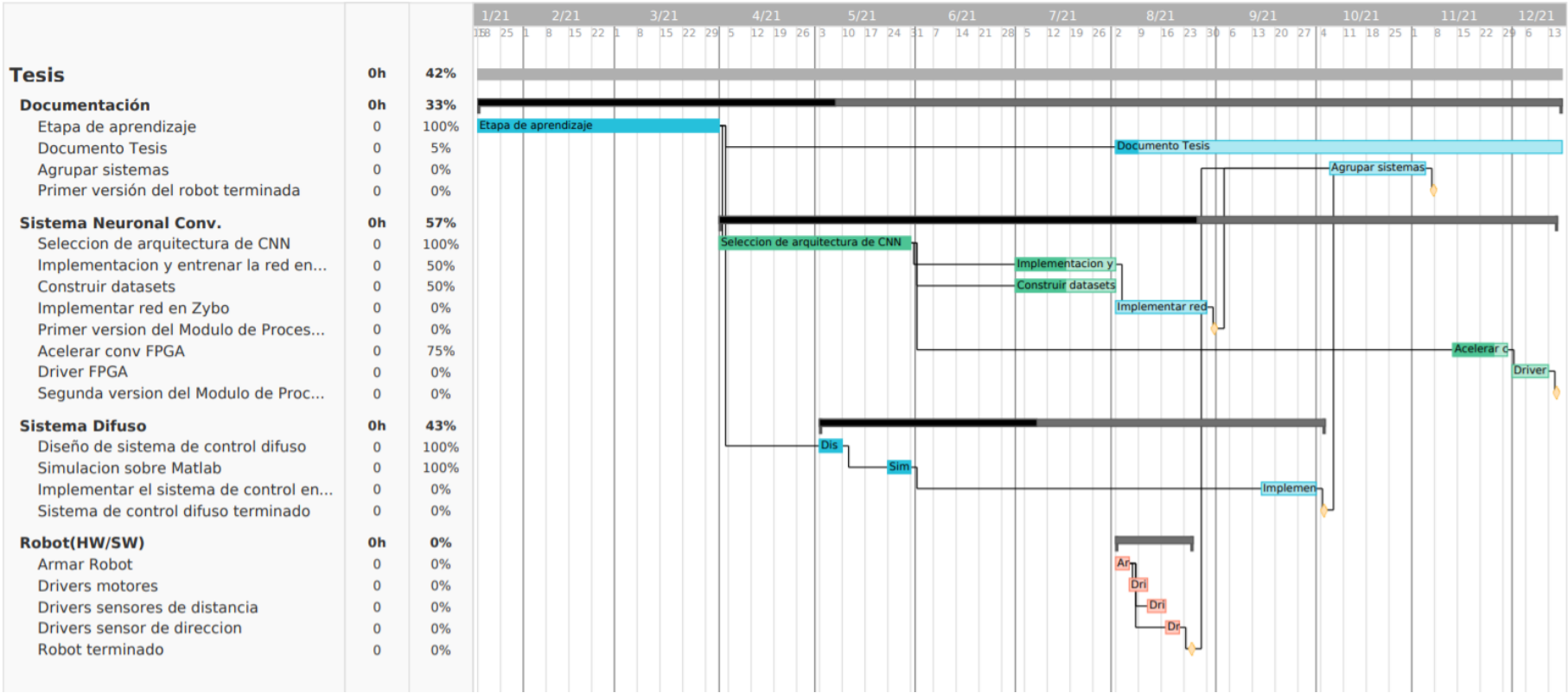


Figura 1: Diagrama de Gantt

5.3. Gestión del riesgo

La matriz de probabilidad-impacto es una herramienta de análisis cualitativo de riesgos que nos permite establecer prioridades en cuanto a los posibles riesgos de un proyecto en función tanto de la probabilidad de que ocurran como de las repercusiones que podrían tener sobre nuestro proyecto en caso de que ocurrieran.

$$\text{RIESGO} = \text{Probabilidad} \times \text{Impacto}$$

			Probabilidad				
			Excepcional	Poco probable	Probable	Muy probable	Inminente
			(2)	(4)	(6)	(8)	(10)
Impacto	Extensiva	(10)	20	40	60	80	100
	Mayor	(8)	16	32	48	64	80
	Localizada	(6)	12	24	36	48	60
	Menor	(4)	08	16	24	32	40
	Leve	(2)	04	08	12	16	20

Cuadro 1: Matriz de probabilidad por impacto

Colour	Legenda
	No aceptable, se requiere reducción del riesgo.
	Aceptable pero considere reducción del riesgo.
	Aceptable.

Cuadro 2: Leyenda de colores de la matriz de riesgo

5.3.1. Riesgos técnicos

- Incorrecta selección de arquitectura de la red neuronal convolucional y/o modificación de las etapas necesarias (24)
 - Si bien es muy probable que la red a utilizar sea seleccionada en función a la cantidad de recursos disponible para poder implementarla, este riesgo puede ocasionar una reimplementación a nivel de software o hardware. Por lo tanto este riesgo tiene una probabilidad de ocurrencia **PROBABLE** y un impacto **MENOR**.
Gestión: Mitigación, se reducirán las probabilidad de ocurrencia al mínimo con mucha investigación previa.
- Aprendizaje mayor al esperado (80)
 - Gran parte del desarrollo se llevara acabo sobre la placa de desarrollo ZYBO (Zynq Board). Durante la carrera el complejo tipo de SOC jamás fue utilizado. Además el conocimiento requerido en temas como Fuzzy Logic, redes neuronales, redes neuronales convolucionales, y HDL fueron temas solo alcanzados en algunas materias de forma muy limitada y/o jamas vistos. Este riesgo tiene una probabilidad de ocurrencia **IMINENTE** y un impacto **MAYOR**.
Gestión: Mitigación, se reducirán las probabilidad de ocurrencia al mínimo con mucha investigación previa.

- Sensibilidad, precisión, y calidad de los sensores (32)
 - Este riesgo puede ocasionar que los resultados esperados del sistema de control difuso no sea el esperado. Este riesgo tiene una probabilidad de ocurrencia **MUY PROBABLE** y un impacto **MENOR**.
Gestión: El propio sistema de control difuso mitiga la precisión de los sensores por ser un sistema de control robusto.
- Capacidad de reconocer la dirección de avance del robot (60)
 - Este riesgo es uno de los mas grandes a enfrentar, ya que el gps no brinda buenos resultados en interiores, además es necesario conocer la orientación del robot y la ubicación del target o objetivo a alcanzar. Este riesgo también puede ocasionar que los resultados esperados del sistema de control difuso no sea el esperado. Este riesgo tiene una probabilidad de ocurrencia **INMINENTE** y un impacto **LOCALIZADO**.
Gestión: Se intentará buscar una forma óptima de geolocalización o bien simplemente el usuario definirá un punto relativo a la orientación y ubicación inicial del robot, utilizando unos decoders en los motores del robot y una brújula para conocer la dirección de avance.
- Imposibilidad de implementar el acelerado del sistema de reconocimiento del robot por hardware (16)
 - Previendo problemas al realizar la implementación y por falta de tiempo. Este riesgo tiene una probabilidad de ocurrencia **MUY PROBABLE** y un impacto **LEVE**.
Gestión: Aceptación, se aceptaran las consecuencias del riesgo.
- Reducción de la exactitud de la red neuronal convolucional al utilizar aritmética de punto fijo (12)
 - Normalmente los parámetros de una red neuronal convolucional son flotantes de 32 o 64 bits. En caso de implementar algunas operaciones sobre la FPGA sera necesario reducir la representación a 8 bits con punto fijo, lo que provocara una reducción de la calidad de la precisión de la red. Se puede mitigar con correctas simulaciones sobre la PC y reentrenando la red. Este riesgo tiene una probabilidad de ocurrencia **PROBABLE** y un impacto **LEVE**.
Gestión: Mitigación, existen distintos programas para prever la precisión que tendrá la red al ser implementada con aritmética de 8 bits de punto fijo.
- Dificultad al integrar los módulos desarrollados por separado y de alcanzar el objetivo esperado (80)
 - Una vez finalizado el sistema de control difuso y el modulo de procesamiento de imágenes existe el riesgo de redefinir algunas partes de los módulos para poder integrarlos. A su vez existe la posibilidad, una vez integrados los sistemas de no lograr el resultado esperado del proyecto. Este riesgo tiene una probabilidad de ocurrencia **MUY PROBABLE** y un impacto **EXTENSIVO**.
Gestión: En caso de que mi sistema de navegación no obtenga los resultados esperado y el sistema de procesamiento de imágenes no complemente y/o realce los beneficios del sistema difuso (extienda sus capacidades) no se va a asumir ninguna acción ya que es un resultado completamente válido para un proyecto de investigación. Y simplemente se remarcará en la tesis que por ahí no es el camino.

5.3.2. Riesgos organizativos

- Disponibilidad del hardware (16)
 - Al ser un hardware caro afrontado por mi, y quizá eventualmente provisto por la facultad. Este riesgo tiene una probabilidad de ocurrencia **EXCEPCIONAL** y un impacto **MAYOR**.
Gestión: Prevención, esta amenaza se eliminara adquiriendo la placa de desarrollo.
- Errores de estimación del cronograma (48)
 - Este riesgo puede aparecer por desconocimiento y falta de experiencia en este tipo de desarrollos. Este riesgo puede ocasionar que no se llegue a cumplir con las fechas de los hitos del proyecto. Este riesgo tiene una probabilidad de ocurrencia **PROBABLE** y un impacto **MAYOR**.
- Priorizar inadecuadamente las tareas del proyecto (48)
 - Este riesgo puede aparecer si se elige incorrectamente el orden de prioridad de las tareas del proyecto, ocasionando que ciertas tareas que deberían ser necesarias para el desarrollo de otras no estén terminadas. Este riesgo tiene una probabilidad de ocurrencia **PROBABLE** y un impacto **MAYOR**.
- Omisión de tareas en el cronograma (48)
 - Pueden existir tareas que debido a su poca carga de trabajo, no hayan sido tomadas en cuenta dentro del cronograma. Esto puede ocasionar retrasos no contemplados dentro del proyecto. Este riesgo tiene una probabilidad de ocurrencia **PROBABLE** y un impacto **MAYOR**.

5.3.3. Riesgos externos

- Cuarentena (80)
 - Ante la actual situación epidemiológica nacional e internacional en relación con la infección por coronavirus (Covid-19) se pueden encontrar problemas a la hora de acceder a recursos necesarios que podría proveer la facultad. Este riesgo tiene una probabilidad de ocurrencia **INMINENTE** y un impacto **MAYOR**.

Riesgo	ID	Probabilidad	Impacto	Riesgo	Detalle	Gestión
Incorrecta selección de arquitectura de la red neuronal convolucional y/o modificación de las etapas necesarias	0	PROBABLE	MENOR	24	Si bien es muy probable que la red a utilizar sea seleccionada en función a la cantidad de recursos disponible para poder implementarla, este riesgo puede ocasionar una reimplementación a nivel de software o hardware.	Mitigación, se reducirán las probabilidad de ocurrencia al mínimo con mucha investigación previa.
Aprendizaje mayor al esperado	1	INMINENTE	MAYOR	80	Gran parte del desarrollo se llevara acabo sobre la placa de desarrollo ZYBO (Zynq Board). Durante la carrera el complejo tipo de SOC jamás fue utilizado. Además el conocimiento requerido en temas como Fuzzy Logic, redes neuronales, redes neuronales convolucionales, y HDL fueron temas solo alcanzados en algunas materias de forma muy limitada y/o jamas vistos.	Mitigación, se reducirán las probabilidad de ocurrencia al mínimo con mucha investigación previa.
Sensibilidad, precisión, y calidad de los sensores	2	MUY PROBABLE	MENOR	32	Este riesgo puede ocasionar que los resultados esperados del sistema de control difuso no sea el esperado.	El propio sistema de control difuso mitiga la precisión de los sensores por ser un sistema de control robusto.
Capacidad de reconocer la dirección de avance del robot	3	INMINENTE	LOCALIZADO	60	Este riesgo es uno de los mas grandes a enfrentar, ya que el gps no brinda buenos resultados en interiores, además es necesario conocer la orientación del robot y la ubicación del target o objetivo a alcanzar. Este riesgo también puede ocasionar que los resultados esperados del sistema de control difuso no sea el esperado.	Se intentará buscar una forma óptima de geolocalización o bien simplemente el usuario definirá un punto relativo a la orientación y ubicación inicial del robot, utilizando unos decoders en los motores del robot y una brújula para conocer la dirección de avance.
Imposibilidad de implementar el acelerado del sistema de reconocimiento del robot por hardware	4	PROBABLE	LEVE	12	Previendo problemas al realizar la implementación y por falta de tiempo.	Aceptación, se aceptaran las consecuencias del riesgo.
Reducción de la exactitud de la red neuronal convolucional al utilizar aritmética de punto fijo	5	PROBABLE	LEVE	12	Normalmente los parámetros de una red neuronal convolucional son flotantes de 32 o 64 bits. En caso de implementar algunas operaciones sobre la FPGA sera necesario reducir la representación a 8 bits con punto fijo, lo que provocara una reducción de la calidad de la precisión de la red. Se puede mitigar con correctas simulaciones sobre la PC y reentrenando la red.	Mitigación, existen distintos programas para prever la precisión que tendrá la red al ser implementada con aritmética de 8 bits de punto fijo.

Riesgo	ID	Probabilidad	Impacto	Riesgo	Detalle	Gestión
Dificultad al integrar los módulos desarrollados por separado y de alcanzar el objetivo esperado	6	MUY PROBABLE	EXTENSIVO	80	Una vez finalizado el sistema de control difuso y el modulo de procesamiento de imágenes existe el riesgo de redefinir algunas partes de los módulos para poder integrarlos. A su vez existe la posibilidad, una vez integrados los sistemas de no lograr el resultado esperado del proyecto.	En caso de que mi sistema de navegación no obtenga los resultados esperado y el sistema de procesamiento de imágenes no complemente y/o realce los beneficios del sistema difuso (extienda sus capacidades) no se va a asumir ninguna acción ya que es un resultado completamente válido para un proyecto de investigación. Y simplemente se remarcará en la tesis que por ahí no es el camino.
Disponibilidad del hardware	7	EXCEPCIONAL	MAYOR	16	Al ser un hardware caro afrontado por mi, y quizá eventualmente provisto por la facultad.	Prevención, esta amenaza se eliminara adquiriendo la placa de desarrollo.
Errores de estimación del cronograma	8	PROBABLE	MAYOR	48	Este riesgo puede aparecer por desconocimiento y falta de experiencia en este tipo de desarrollos.	
Priorizar inadecuadamente las tareas del proyecto	9	PROBABLE	MAYOR	48	Este riesgo puede aparecer si se elige incorrectamente el orden de prioridad de las tareas del proyecto, ocasionando que ciertas tareas que deberían ser necesarias para el desarrollo de otras no estén terminadas.	
Omisión de tareas en el cronograma	10	PROBABLE	MAYOR	48	Pueden existir tareas que debido a su poca carga de trabajo, no hayan sido tomadas en cuenta dentro del cronograma. Esto puede ocasionar retrasos no contemplados dentro del proyecto.	
Cuarentena	11	INMINENTE	MAYOR	80	Ante la actual situación epidemiológica nacional e internacional en relación con la infección por coronavirus (Covid-19) se pueden encontrar problemas a la hora de acceder a recursos necesarios que podría proveer la facultad.	

5.4. Plan de calidad

Cuando hablamos de calidad hablamos del grado de cumplimiento que tiene un proyecto respecto a sus requisitos. Es importante remarcar que un proyecto no cumple con los requisitos tanto cuando no llega a conseguir estos, como cuando los excede. Los requisitos normalmente se pueden dividir en dos grupos.

5.4.1. Requisitos del proyecto

Aquellos requisitos relativos al proceso de trabajo o forma de gestionar el proyecto que este debe seguir por el hecho de ser llevado a cabo dentro de la institución.

5.4.2. Requisitos del producto

Aquellas características que debe cumplir el producto resultante del proyecto. Con el fin de satisfacer ciertos requerimientos puestos por el proyecto de investigación y llevar a cabo la gestión del proyecto se comienza por definir el alcance del proyecto con relación a dos aspectos.

5.4.3. ¿Qué características debe cumplir el producto? ¿Cómo se comprobaba que este cumple con estas características?

Con la intención de definir las características que se deben cumplir de forma cuantificable y medible se lleva a cabo la descripción de los requisitos.

- * El robot móvil a desarrollar deberá de poder reconocer al menos 3 obstáculos de distintas dimensiones y formas capaz de evadir, a su vez como el propósito del proyecto de investigación es mejorar la toma de decisión a la hora de evasión en función de las dimensiones del obstáculo y de la meta alcanzable por el robot se harán numerosas pruebas para testear que evada los distintos obstáculos de la forma adecuada. A su vez, como el robot se ira desplazando, el modulo de procesamiento de imágenes sera sometido a distintos tipos de entornos. Por este motivo se hará un sistema robusto intentando que el robot sea capaz de reconocer el o los obstáculos frente la mayor cantidad de veces posibles antes de que tome la decisión de como esquivarlo. Se va a estudiar la exactitud de la red propuesta, la referencia [6] promete una exactitud del 80.3 % para el Top-5 y una exactitud del 57.5 % para el Top-1.
- * En cuanto a la movilidad y capacidades sensitivas el robot tendrá que ser capaz de desplazarse, medir la distancia recorrida, la dirección y evaluar constantemente la distancia a los obstáculos mas cercanos por delante de el. Se estudiará la precisión de los sensores de distancia, la precisión al medir la distancia recorrida y del sensor que indicara la dirección de movimiento.
- * Por cuestiones de recursos, el sistema tiene que ser implementado sobre una placa de desarrollo Zybo.
- * Por cuestiones de consumo de energía y aceleración de toma de decisiones el sistema se procesarán ciertas operaciones en la lógica programable de la Zybo.

Referencias

- [1] Babak Karasfi Danial Nakhaeinia. «“Application of Fuzzy Logic in Mobile Robot Navigation”». En: - (2012).
- [2] A. Prakash Moon y col. «“Design of adaptive fuzzy tracking controller for Autonomous navigation system ”». En: *International Journal of Recent Trend in Engineering and Research* (vol. 2, no. 2, pp. 268–275, 2016.).
- [3] B. Xiong y col. «“Intelligent vehicle’s path tracking based on fuzzy control,”» en: *Journal of Transportation Systems Engineering and Information* (vol. 10, no. 2, pp. 70–75, 2010).
- [4] Mohamed Slim Masmoudi Hajer Omrane y col. «“Fuzzy Logic Based Control for Autonomous Mobile Robot Navigation”». En: - (2016).
- [5] Majura F. Selekwa Damion D. Dunlapb Dongqing Shib Emmanuel G. Collins Jr. «“Robot navigation in very cluttered environments by preference-based fuzzy behaviors”». En: *Elsevier B.V.* (2007).
- [6] Forrest N. Iandola¹ - Song Han² - Matthew W. Moskewicz¹ - Khalid Ashraf¹ - William J. Dally² - Kurt Keutzer¹. «“SQUEEZENET”». En: - (2016).