



Universidad de
Oviedo



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE GIJÓN.

DIRECCIÓN DE PROYETOS

PLAN DE PROYECTO

**DAVID ARIAS-CACHERO RINCÓN
GUILLERMO LENA DÍAZ
CARMEN SÁNCHEZ GARCÍA**

DICIEMBRE 2022

Índice

1.- Objetivo y alcance	3
1.1.- Objetivo	3
1.2.- Alcance	3
2.- Análisis de viabilidad.....	5
2.1.- Viabilidad comercial.....	5
2.1.1.- Análisis del macroentorno	5
2.1.2.- Análisis del sector	5
2.1.3.- Producto ofertado.....	6
2.1.4.- Precio	6
2.1.5.- Análisis DAFO	7
2.2.- Viabilidad económica	7
2.2.1.- Escenarios de ventas	9
Caso Estándar.....	9
Caso Optimista.....	10
Caso Pesimista	10
3.- Solución propuesta.....	12
3.1.- Escenario general	12
3.2.- Movimiento.....	13
3.3.- Manejo de los datos	13
3.3.1- Recolección de los datos	14
3.3.2- Transmisión de los datos a la estación base.....	14
3.3.3- Almacenamiento de los datos	14
3.3.4.- Visualización de los datos.....	14
3.4.- Sistema de anticolisión	16
3.5.- Software Defined Radio.....	16
4.- Gestión de tiempos.....	18
4.1.- Programación en hitos	18
4.2.- Estructura de descomposición del proyecto.....	19
4.3.- Planificación temporal	20
5.- Gestión de stakeholders	22
5.1.- Identificación de stakeholders	22
5.2.- Matriz Poder/autoridad vs influencia activa	22

6.- Gestión de riesgos	25
6.1.- Identificación de riesgos	25
6.2.- Análisis de riesgos	26
6.3.- Plan de actuación	28
7.- Gestión de comunicación.....	29
7.1.- Herramientas	29
7.2.- Organización de tareas	29
9.- Bibliografía	32
ANEXO 1 - Planificación de sprints	
ANEXO 2 - VAN	

1.- Objetivo y alcance

Este apartado define tanto los objetivos del proyecto como los requisitos que debe cumplir el producto final.

1.1.- Objetivo

En este proyecto se desarrollará un sistema capaz de recolectar datos de manera autónoma o guiada en un entorno *indoor*, dichos datos serán posteriormente retransmitidos a una estación base donde serán procesados y almacenados; finalmente se subirán a una plataforma. Para ello, se pretende diseñar y fabricar un robot de exploración el cual pueda comunicarse con otros robots igual que él además de con la estación base (BS) a la que transmitirá todos los datos recolectados.

Este proyecto nace de la propuesta de coordinar e integrar varias asignaturas del primer cuatrimestre del segundo curso del Máster de Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad de Oviedo, Con él se persigue reforzar la capacidad del alumnado para la búsqueda de soluciones técnicas a problemas complejos en el ámbito de la ingeniería.

1.2.- Alcance

Este proyecto debe responder a una serie de requisitos básicos exigidos por el cliente, en este caso, los profesores de las asignaturas de Integración de Sistemas de Comunicaciones e Integración de Sistemas de Telemática. Cada asignatura ha marcado unos requisitos mínimos asociados con su materia que serán esenciales en la evaluación final. Además, se ha decidido realizar algunas ampliaciones sobre el sistema para hacerlo lo más funcional posible.

El sistema está formado por dos partes principales: los robots de la flota y la estación base.

A continuación, se enumeran los requisitos del robot móvil:

- Movimiento autónomo
 - Debe tener un sistema anticolidión
 - Debe tener movilidad en todo el plano XY
- Manejo de los datos
 - Debe recoger datos
 - Debe interpretar datos
 - Debe transmitir datos
- Estimación de la distancia a la BS
 - Debe estimar la dirección de llegada (DoA)
 - Debe rotar hasta encontrar la posición de línea de visión directa (LOS) con respecto a la BS y procesar una señal recibida para encontrar la distancia

- Movimiento a partir de telecomandos
 - Debe tener un sistema anticolidión
 - Debe tener movilidad en todo el plano XY
- Debe comunicarse con la BS con alta velocidad de datos
 - Debe comunicarse mediante WiFi

Por último, los requisitos de la estación base son:

- Debe comunicarse con el robot con alta velocidad de datos
- Debe manejar datos
 - Debe almacenar datos mediante un sistema de archivos
 - Debe recibir datos
 - Debe transmitir datos
- Debe enviar un todo mediante Software Define Radio (SDR) para estimar la distancia

2.- Análisis de viabilidad

El objetivo principal del análisis de la viabilidad de un proyecto es garantizar que este sea técnicamente factible, económicamente justificable y, por supuesto, legal. En pocas palabras, saber si la inversión que se va a realizar va a ser o no rentable. Además, también se analiza la viabilidad comercial y medioambiental pues es importante valorar si el producto final podrá ser comercializado con éxito y si tiene algún impacto contra el medio ambiente.

2.1.- Viabilidad comercial

El principal objetivo de realizar el análisis de la viabilidad comercial es garantizar que el lanzamiento desde el punto de vista comercial sea viable. Para ello se ha realizado un análisis del entorno a fin de identificar posibles ventajas competitivas del producto presentado respecto a las alternativas comerciales disponibles.

2.1.1.- Análisis del macroentorno

La importancia de flotas de robot capaces de relacionarse con su entorno, tomar datos de este y comunicarse con otros nodos y recibir órdenes de una entidad centralizada es una realidad. Si bien se suele pensar que este tipo de sistemas se emplea únicamente para exploración espacial el uso es mucho más amplio.

Uno de los principales nichos de mercado es la robotización de los almacenes reduciendo así la cantidad de personal y asegurando una mayor agilidad en el control de los stocks y permitiendo ganar eficiencia para cubrir los picos de salida de producto ligados a la cada vez mayor demanda procedente del entorno eCommerce [1].

Otra alternativa se puede encontrar en la monitorización y cuidado de cultivos en invernaderos o plantaciones [2] o recolecciones automatizadas [3]. Esto permite una monitorización constante de las plantaciones que asegura los mejores resultados posibles y permite reaccionar en tiempo real a posibles enfermedades o problemas en los cultivos optimizando así las condiciones de las plantas.

Además de las alternativas anteriormente mencionadas se pueden encontrar soluciones similares en flotas de robots de reparto [4]

2.1.2.- Análisis del sector

Se ha realizado un análisis del sector a fin de revisar los principales productos existentes en el mercado similares al ofertado. Con este estudio se detectarán los posibles nichos de mercado disponibles, en caso de que existan. Es importante encontrar las principales soluciones aportadas por este proyecto al mercado además del público objetivo al que puede ir destinado.

Una de las primeras empresas que analizaremos se dedica al reparto de comida a domicilio y es empleada por la compañía Globo. Esta solución se basa en un robot contenedor que recorre una ruta indicada por un nodo central para llevar la comida hasta el usuario.

La segunda empresa que se ha estudiado es AgroTek. Los robots de esta empresa monitorizan el estado de las cosechas y la recoge automáticamente cuando detecta que las condiciones son óptimas.

Por último, se ha estudiado la solución empleada por [REF. 1] HDL en los almacenes. La solución empleada es un robot que acompaña a un operario en una ronda por el almacén. Durante esta el operario recoge los productos necesarios y los posiciona en el robot, que le acompaña y carga con el peso permitiendo así optimizar el tiempo del operario.

2.1.3.- Producto ofertado

La oferta planteada en este proyecto es un robot de exploración capaz de interactuar con el entorno, recoger datos y moverse tanto de manera aleatoria como mediante instrucciones mediante un nodo central.

Al tratarse de una empresa pequeña se oferta mantenimiento del sistema una vez desplegado por una pequeña cuota al mes y está especialmente enfocado a pequeñas empresas. Además, teniendo en cuenta la distinta naturaleza de los nichos de mercado detectados se ha decidido apostar por un trato cercano que permita realizar pequeñas modificaciones en el producto para ajustarse a distintas necesidades.

El poder realizar pequeñas modificaciones, como modificar los tipos de sensores o aumentar la potencia de los motores, para ajustarse a las necesidades de los clientes. Además, la posibilidad de mantenimiento tanto del hardware como del software permite que los clientes se desvinculen totalmente del funcionamiento interno del producto ofertado necesitando únicamente conectarse a través de las interfaces de usuario diseñadas.

2.1.4.- Precio

Esta gestión supone un impacto directo en el resultado de la empresa, siendo un aspecto clave para mejorar la rentabilidad de la organización. La fijación de precios será efectuada en función de la estructura de costes el margen que se aplique debido a la línea del producto. Además, se aplicarán condiciones especiales en función del volumen adquirido.

Dentro del precio se deben incluir el coste de todos los servicios adicionales solicitados por el cliente además de un extra por las modificaciones necesarias para ajustar el producto a las necesidades del cliente. Además del proceso formativo ofertado.

Finalmente, está previsto el lanzamiento de ofertas comerciales con el objetivo de entrar en el mercado o/y fidelizar la cantera de clientes.

2.1.5.- Análisis DAFO

A continuación, se muestra la matriz DAFO del producto proporcionado.

Factores Internos	Factores Externos
D ebilidades <ul style="list-style-type: none">• Necesidad de tiempo para ajustar el producto a los requerimientos del cliente• Necesidad de un gran presupuesto inicial• El lanzamiento del producto al mercado puede conllevar un largo espacio tiempo, siendo esta oportunidad para que nuestros principales rivales desarrollen más sus productos.	A menazas <ul style="list-style-type: none">• Existencia de empresas más focalizadas en un sector particular con mayor desarrollo que ya se hayan creado nombre
F ortalezas <ul style="list-style-type: none">• La versatilidad del producto propuesto permite adaptarlo a diferentes escenarios y necesidades• Soluciones a medida• Trato cercano y personal• La robótica se plantea como un campo muy interesante para la transformación social e industrial del futuro	O portunidades <ul style="list-style-type: none">• Existen multitud de campos comerciales para el producto ofertado.• La sociedad cada vez en mayor medida está a favor de la intermediación de robots en algunas tareas.

Tabla 2.1.- Matriz DAFO

2.2.- Viabilidad económica

En este apartado se estudia la línea de negocio futura con el fin de determinar cómo debería de ser el escenario previsto para poder obtener un resultado rentable frente a la inversión inicial realizada. Se estudiará el flujo de caja del negocio según un horizonte de 5 años desde el lanzamiento.

Como punto de partida se muestra en la siguiente tabla el coste unitario de producción en serie del producto en cuestión. Este valor ha sido calculado sumando los elementos materiales o de montaje de cada capítulo presupuestario y aplicándole, finalmente, una reducción del 36%. De esta forma se obtiene el valor de unidad de producción en serie de 2320,58 €.

Capítulo 1	41.60 €
Capítulo 2	84.68 €
Capítulo 3	3,200.61 €
Capítulo 4	69.01 €
Capítulo 5	84.86 €
Capítulo 6	55.15 €
Capítulo 7	90.00 €
Subtotal (€):	3,625.91 €
Coste por unidad de producción en serie (€):	2,320.58 €

Tabla 2.2.- Desglose del coste por unidad de producción en serie.

Por otro lado, como valor de inversión inicial se ha contado con la cantidad de unidades a producir al valor de unidad de producción en serie más el valor que ha costado el diseño y montaje del prototipo final del producto. Este último valor aparece desglosado en la siguiente tabla donde se tienen en cuenta, en cada capítulo presupuestario, además de los materiales usados y su montaje, los gastos en diseño. Así pues, este valor asciende a la cifra de 5502, 83 € sin IVA.

Capítulo 1	156.60 €
Capítulo 2	129.68 €
Capítulo 3	3,620.61 €
Capítulo 4	136.51 €
Capítulo 5	129.86 €
Capítulo 6	55.15 €
Capítulo 7	435.00 €
Subtotal:	4,663.41 €
Concepto	Importe (€)
Gastos Generales (12%)	559.61 €
Beneficio industrial (6%)	279.80 €
Subtotal libre de impuestos	5,502.83 €
IVA (21%)	1,155.59 €
TOTAL	6,658.42 €

Tabla 1.3.- Desglose del coste total del diseño y producción del producto.

Para llevar a cabo el estudio del contexto de mercado y el establecimiento del plan de negocio del proyecto se ha contemplado el lanzamiento del producto tanto para la compra de robots, como para alquiler, ya que se oferta la posibilidad de renting, con especial interés para aquellas pequeñas empresas que no pueden hacer frente a una gran inversión para adquirir el producto. También se ha de tener en cuenta que la compra de este producto lleva consigo unos gastos de mantenimiento.

2.2.1.- Escenarios de ventas

A continuación, se resumen tres diferentes casos de previsión de ventas analizados: caso estándar, caso optimista y caso pesimista. Los valores clave a tener en cuenta previos al análisis de cada caso aparecen en la siguiente tabla.

Coste fijo anual	2,000.00 €
Precio unitario de producción en serie	2,320.58 €
Inversión inicial	5,502.83 €
Margen de beneficio	1,179.42 €
Precio de venta	3,500.00 €
Precio de alquiler	800.00 €
Precio de mantenimiento	350.00 €

Tabla 2.4.- Desglose de valores fijos para el análisis de cada caso.

Caso Estándar

El flujo de caja empleado para el caso estándar aparece recogido en la Tabla 2.5. Para este caso se ha previsto una pequeña subida de la demanda de la venta de unidades en el segundo año, mientras que, para el resto de los años hay un decrecimiento normal. Respecto a las unidades en alquiler se prevé un decremento casi lineal de los mismos hasta el quinto año.

El VAN calculado para este caso es de 28337,1 con un TIR del 12,6%.

Año	Demanda unidades alquiler	Demanda unidades	Ingresos	Gastos	Flujo de Caja	Acumulado	Demanda total
0				451,232.06 €	- 451,232.06 €	-451,232.06 €	0
1	50	32	152,350.00 €	- €	152,350.00 €	-298,882.06 €	82
2	37	37	210,650.00 €	87,861.46 €	122,788.54 €	-176,093.52 €	74
3	12	12	145,700.00 €	29,846.96 €	115,853.04 €	- 60,240.48 €	24
4	7	7	138,000.00 €	18,244.06 €	119,755.94 €	59,515.46 €	14

5	0	0	115,950.00 €	2,000.00 €	113,950.00 €	173,465.46 €	0
---	---	---	--------------	------------	--------------	--------------	---

Tabla 2.5.- Flujo de caja para el caso estándar.

Caso Optimista

El flujo de caja empleado para el caso optimista aparece recogido en la Tabla 2.6. Para este caso se ha previsto un comienzo en el primer año con una demanda tanto en el alquiler como la venta de las unidades superior con respecto al caso estándar. No obstante, se supone una caída en la demanda de ambos relativamente lineal, suponiendo incluso la demanda de algunas unidades en el último año.

El VAN calculado para este caso es de 97549,3 con un TIR del 16,8%.

Año	Demanda unidades alquiler	Demanda unidades	Ingresos	Gastos	Flujo de Caja	Acumulado	Demanda total
0				550,283.00 €	- 550,283.00 €	-550,283.00 €	0
1	60	40	188,350.00 €	- €	188,350.00 €	-361,933.00 €	100
2	42	47	260,450.00 €	111,067.26 €	149,382.74 €	-212,550.26 €	89
3	29	35	258,100.00 €	83,220.30 €	174,879.70 €	- 37,670.56 €	64
4	15	11	198,350.00 €	27,526.38 €	170,823.62 €	133,153.06 €	26
5	5	3	178,200.00 €	8,961.74 €	169,238.26 €	302,391.32 €	8

Tabla 2.6.- Flujo de caja para el caso optimista.

Caso Pesimista

El flujo de caja empleado para el caso optimista aparece recogido en la Tabla 2.7. Para este caso se ha previsto una demanda inicial de unidades tanto de alquiler como de venta significativamente reducido con respecto a los dos casos anteriores. No obstante, se ha incluido un incremento en la demanda de unidades de alquiler en el tercer año.

El VAN calculado para este caso es de -7228,6 con un TIR del 9%.

Año	Demanda unidades alquiler	Demanda unidades	Ingresos	Gastos	Flujo de Caja	Acumulado	Demanda total
0				302,655.65 €	- 302,655.65 €	-302,655.65 €	0
1	35	20	98,350.00 €	- €	98,350.00 €	-204,305.65 €	55
2	12	14	93,950.00 €	34,488.12 €	59,461.88 €	-144,843.77 €	26
3	17	10	98,450.00 €	25,205.80 €	73,244.20 €	- 71,599.57 €	27
4	7	7	97,050.00 €	18,244.06 €	78,805.94 €	7,206.37 €	14
5	1	3	86,300.00 €	8,961.74 €	77,338.26 €	84,544.63 €	4

Tabla 2.7.- Flujo de caja para el caso pesimista.

Por último, en la Figura 2.1 se muestra la variación de la demanda de unidades totales (de venta y de alquiler).

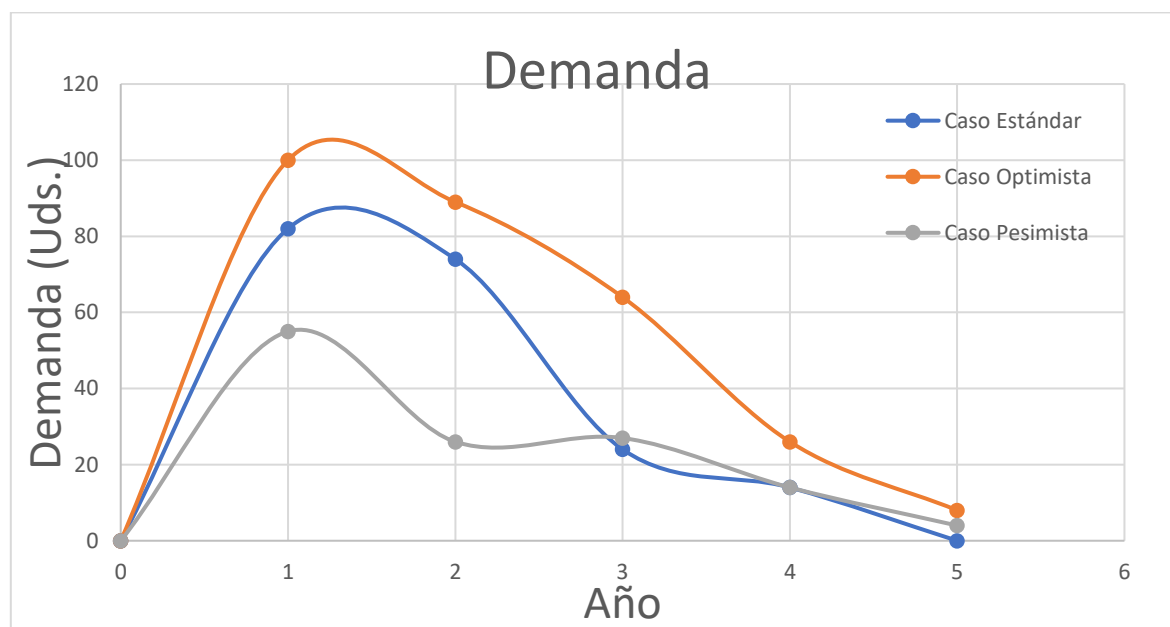


Figura 2.1.- Variación de la demanda a lo largo de los 5 años de horizonte para cada caso bajo análisis.

3.- Solución propuesta

Se explicará la solución propuesta desde UncertainTIC a partir del uso de cinco ilustraciones.

3.1.- Escenario general

En la figura 3.1 se muestran los componentes principales del escenario general. El primero de ellos es la estación base (BS), implementada a partir de una Raspberry Pi V3 B+ configurada para conectarse a la red local donde se llevará a cabo el experimento. Por otro lado, se puede contemplar la flota de robots exploradores denotados por MR1 y MR2. Su centro de procesamiento estará también formado por Raspberry Pies conectadas a la red.

Para que se puedan expresar al máximo las cualidades del sistema se recomienda que los robots se encuentren en línea de visión directa (LOS) con la estación base ya sea en un escenario de propagación en interiores (indoor) o en un escenario de propagación en exteriores (outdoor) siempre que se utilice un *hotspot* de WiFi.

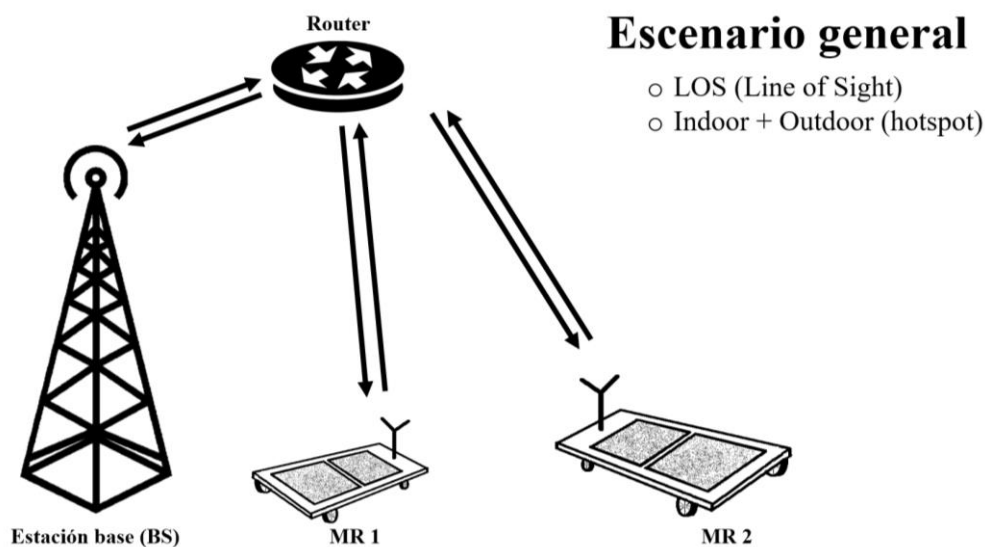


Figura 3.1.- Escenario general de la solución propuesta.

3.2.- Movimiento

Una vez se ha desarrollado el escenario general, el siguiente paso es aplicarle dinamismo y plantear el sistema de gestión del movimiento. Se han planteado dos modos diferenciados. Un primer modo en el que el robot ejecuta un algoritmo de movimiento autónomo y un segundo modo en el que un usuario mueve el robot con total libertad a partir de una aplicación basada en el protocolo IoT MQTT que enviará telecomandos a la estación base que posteriormente notificará al robot cómo ha de actuar.

El robot podrá desplazarse en varias direcciones: hacia adelante, hacia atrás, hacia la izquierda y hacia la derecha. Además, estará dotado de tres niveles de velocidad y de rotar sobre sí mismo en sentido horario o antihorario.

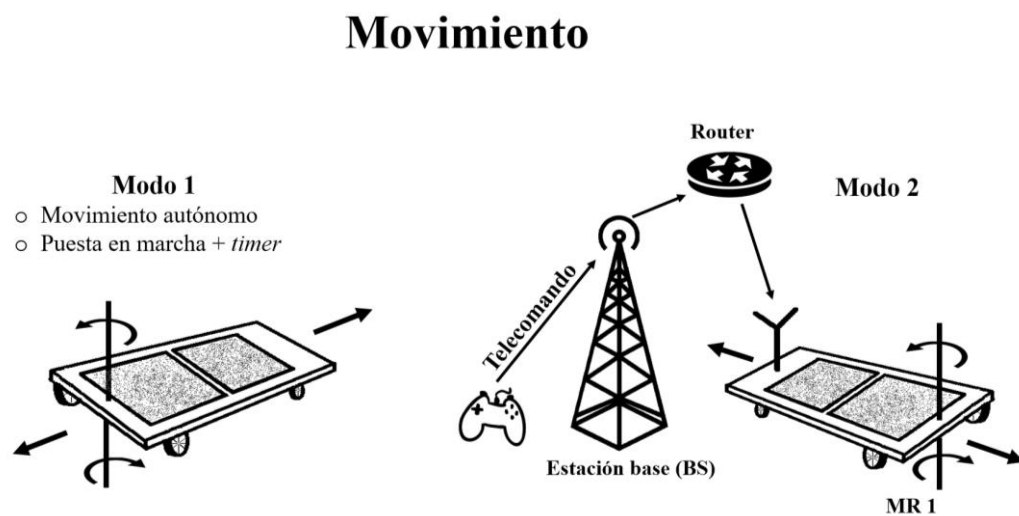


Figura 3.2.- Concepto de operación para la gestión del movimiento de la solución propuesta.

3.3.- Manejo de los datos

El “trayecto” que siguen los datos comienza en la obtención de los mismos gracias a los sensores integrados en el robot y termina en su visualización haciendo uso de un *dashboard* presente en la estación base. Los sensores utilizados son:

- Un sensor de rango de distancia frontal.
- Un sensor de rango de distancia trasero.
- Un sensor de temperatura y humedad.
- Una unidad de medición inercial (IMU) que combina acelerómetro y giroscopio.

El esquema general de este apartado consta de cuatro fases principales que se ilustran en la figura 1.3:

- La recolección de los datos
- Transmisión de los datos a la estación base
- Almacenamiento de los datos

Manejo de los datos

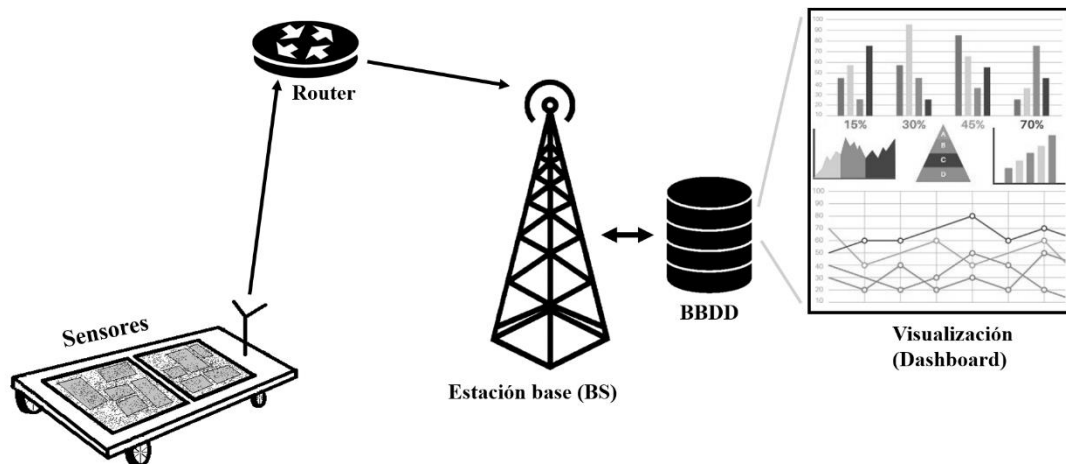


Figura 3.3.- Concepto de operación para el manejo de los datos en la solución propuesta.

3.3.1- Recolección de los datos

Los datos recogidos por el robot se envían desde el Arduino a la Raspberry Pi quien posteriormente los almacenará en una base de datos local basada en ficheros de texto.

3.3.2- Transmisión de los datos a la estación base

A la vez que se realiza el paso anterior, el robot envía los datos obtenidos vía MQTT a la estación base en tiempo real.

3.3.3- Almacenamiento de los datos

Una vez los datos se encuentran en la estación base, ésta los volcará en una aplicación diseñada en Python a la vez que los almacena en su propia BBDD basada nuevamente en ficheros.

3.3.4.- Visualización de los datos

Por último, se encuentra la visualización de los datos. Se han elegido dos formas de afrontarlo:

- Utilizando una aplicación de escritorio diseñada en Python
- Utilizando servicios de Azure en la nube.

En el caso del *dashboard* integrado en la aplicación, se visualizan los datos en tiempo real como se aprecia en la parte superior derecha de la figura 1.3

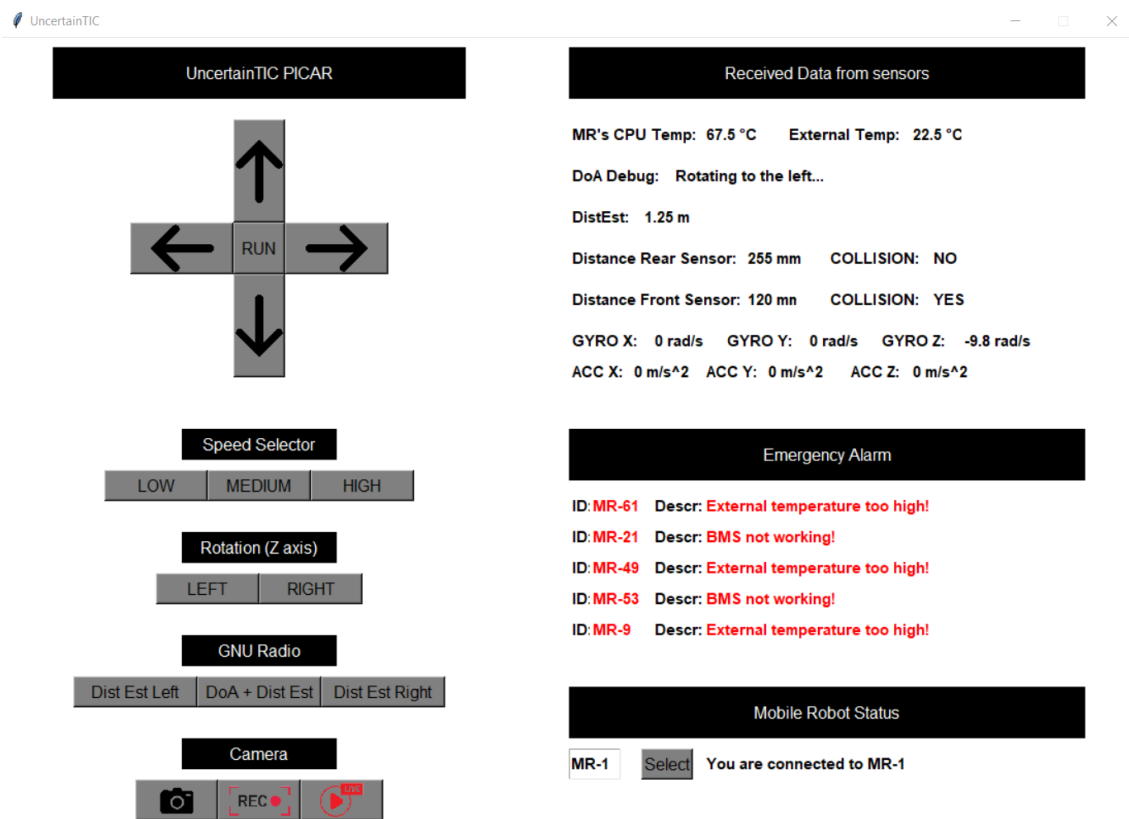


Figura 3.4.- Interfaz de usuario. *Dashboard* en la parte superior derecha.

En el segundo caso y a diferencia del primero, se visualizarán los datos gráficamente en la aplicación PowerBI con un retardo de 5 minutos como muestra la figura 1.5

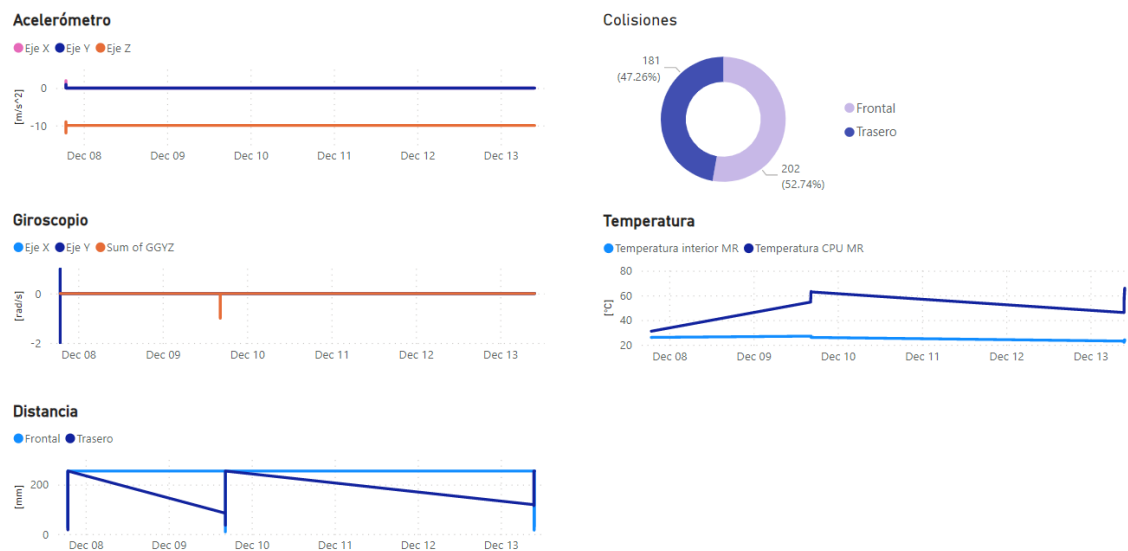


Figura 3.5.- Visualización de los datos en la plataforma PowerBi.

3.4.- Sistema de anticolidión

Complementario al sistema de movimiento, se ha desarrollado un sistema de anticolidión.

Para la implementación de este sistema se ha hecho uso, por medio de un Arduino, de dos sensores de distancia frontal y trasero como los ya mencionados en el apartado anterior.

El funcionamiento de este sistema consiste en, tras recibir los datos en la Raspberry Pi por medio del puerto serie al cual está conectado con el Arduino que controla los sensores, comprueba la variable de alerta de colisión y en función de la misma para los motores en consecuencia. Tras parar los motores, bloquea el avance en la dirección en la que se encuentra el obstáculo de forma que solo puedes moverte en dirección contraria para rectificar la trayectoria.

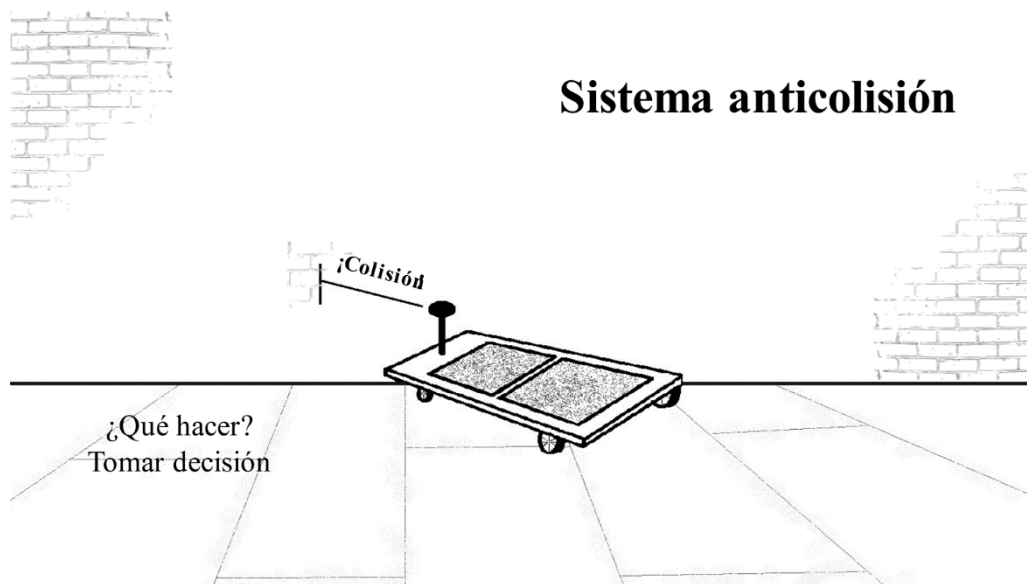


Figura 3.6.- Concepto de operaciones para el sistema anticolidión.

3.5.- Software Defined Radio

El Software Defined Radio es la tecnología utilizada para la misión principal de exploración del robot mediante GNU Radio. GNU Radio es una herramienta libre y de código abierto de desarrollo de software que proporciona bloques de procesamiento de señal digital para la implementación de sistemas de comunicaciones. En su núcleo, se puede entender como un entorno desarrollado en el lenguaje de programación C++ que define un amplio conjunto de bloques de procesamiento de señal cada uno de los cuales realiza una tarea concreta. Lo que es más importante, GNU Radio define también la interacción entre dichos bloques, así como la posibilidad de que cualquier usuario programe los suyos propios. Por último, GNU Radio es compatible con muchos dispositivos hardware como son los modelos USRP, existiendo bloques específicos para el manejo vía software de estos.

El modelo hardware escogido fue el USRP (Universal Software Radio Peripheral) B200mini, del fabricante Ettus Research. Cabe destacar que dicha elección se debió a condiciones de disponibilidad, ya que se contaba con varios de dichos dispositivos en el laboratorio. Sin embargo, no suponen la solución óptima si hubiera que comprar el material desde cero. Esto se debe a que el B200mini-i no puede recibir por dos puertos simultáneamente, con lo que es necesario emplear dos dispositivos, uno conectado a cada antena de parche.

En resumen, los dispositivos USRP B200mini realizan la demodulación/modulación de las señales recibidas/transmitidas, así como la conversión analógica/digital o digital/analógico. Las muestras digitales serán tratadas por los bloques de GNU Radio, desde donde también se podrán configurar los USRPs en lo que respecta a la ganancia de los amplificadores, la frecuencia de demodulación etc. Toda la parte relativa a GNU Radio será ejecutada en una Raspberry Pi incluida en el MR.

Por último, cabe mencionar que, la misión principal previamente mencionada consiste en la obtención de una medida de distancia del MR a la BS. Esta medida se realiza mediante dos fases diferentes contempladas en la Figura 3.7: dirección de llegada (*Direction of Arrival* - DoA) y estimación de distancia. La razón por la que se emplean estas dos fases es porque, para una estimación más correcta de la distancia, se emplean antenas direccionales para poder discriminar mejor el tono transmitido de la estación base frente a los ecos propios de un entorno *indoor* para el cual está planteado el producto. De esta forma, por medio de la primera fase, el MR sería capaz de orientarse de cara al transmisor de la estación base y, mediante un cálculo de pérdidas de espacio libre, estimar la distancia a la que se encuentra.

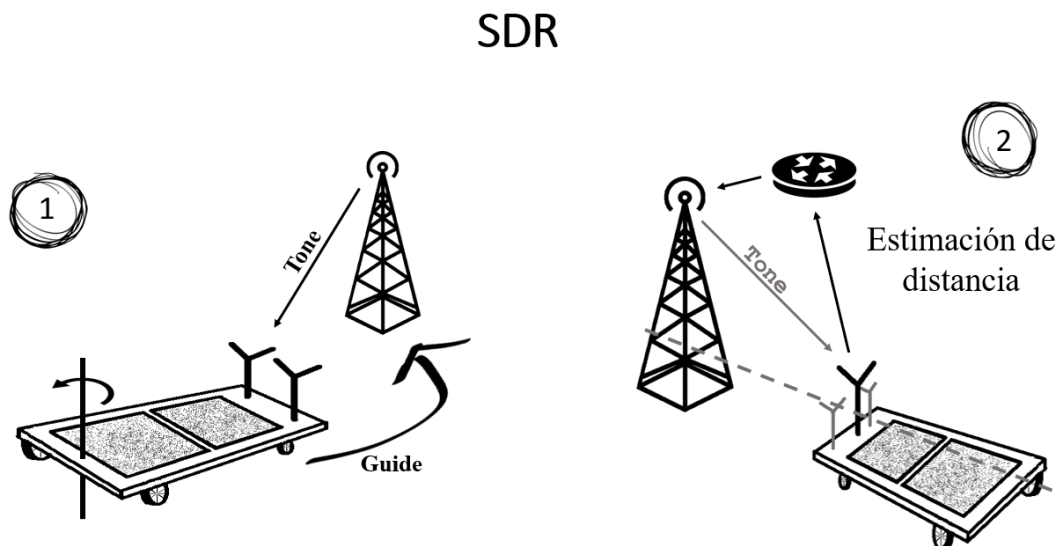


Figura 3.7.- Concepto de operación para el subsistema de Software Defined Radio.

4.- Gestión de tiempos

A fin de garantizar la correcta ejecución del proyecto, es necesario realizar una planificación temporal del mismo. Esta deberá ser actualizada con el estado de progreso de las distintas tareas programadas y comuna nueva programación de las tareas restantes, a fin de finalizar el proyecto en la fecha fijada. El objetivo de dicha reprogramación es corregir posibles desviaciones con respecto a la planificación temporal inicial debidas a distintas dificultades encontradas durante la ejecución del proyecto.

A continuación, se concretan los siguientes aspectos:

- Programa de hitos del proyecto. Lista de actividades que deberían a ver sido completadas en una fecha concreta.
- Estructura de descomposición del proyecto. Paquetes de trabajo, en los que se ha dividido el proyecto
- Cronograma del proyecto. Planificación temporal inicial del proyecto
- Planificación de sprints. Este se puede ver en el Anexo 1.

La fecha de inicio de ejecución de proyecto es el lunes 19 de septiembre de 2022 y el día de entrega es el viernes 16 de diciembre del mismo año, lo que hace que el proyecto tenga una duración aproximada de tres meses.

La planificación semanal -sprints- se he realizado mediante la metodología Scrum siguiendo el programa de hitos y el cronograma de la planificación inicial. La metodología empleada se basa en que el proyecto de ejecuta en ciclos temporales cortos y de duración fija. Cada iteración tiene que proporcionar un resultado completo, es decir un incremento del producto final que sea susceptible de ser entregado con el mínimo esfuerzo al cliente cuando lo solicite (en este caso al inicio de cada semana).

4.1.- Programación en hitos

Los hitos son actividades que deben haber sido finalizados en una fecha concreta. En la tabla 4.1 se puede ver los distintos hitos planeados para el proyecto con las fechas asociadas.

Tarea	Fecha de finalización
Diseño del sistema	30/09/2022
Comunicación MR - BS	21/10/2022
Movimiento	21/10/2022
Software Define Radio (SDR)	4/11/2022
Montaje electrónica del robot	11/11/2022
Plataforma IoT + almacenamiento de datos	25/11/2022
Integración sistemas del MR	2/12/2022

Tabla 4.1.- Programa de hitos del proyecto.

4.2.- Estructura de descomposición del proyecto

La correcta ejecución del proyecto requiere de distintos paquetes de trabajo, se han identificado ocho paquetes diferentes:

- Soldado y diseño del circuito de alimentación: realización el diseño del circuito de alimentación y soldado los distintos componentes necesarios para su construcción.
- Diseño del sistema de SDR: diseño e implementación de las distintas payloads realizadas con SDR
- Pruebas del sistema de SDR: realización de las pruebas necesarias para asegurar el correcto funcionamiento de los sistemas de SDR (elección de antenas, calibración ...)
- Ensamblaje del robot: montaje físico del chasis del robot
- Despliegue y configuración de la estación base: instalación del sistema operativo de la estación base
- Diseño y despliegue del sistema de sensores: recogida de datos de sensores y representación en plataforma IoT.
- Diseño del sistema de comunicaciones MQTT: diseño y programación del sistema de comunicaciones entre nodos además de la GUI y la aplicación móvil.
- Diseño 3D de monturas para sensores, cámara y antenas: construcción y diseño de distintas piezas 3D necesarias para la integración de los componentes físicos en el chasis

A continuación, en la tabla 4.2 se muestran los paquetes de trabajo con los distintos recursos necesarios para cada uno de ellos.

	David	Guillermo	Carmen
Soldado y diseño del circuito de alimentación	I,S,C	I,S,C	R,A
Diseño del sistema de SDR	C,I	R,A	C,I
Pruebas del sistema de SDR	S,I,C	R,A	S,I,C
Ensamblaje del robot	A,C,I	C,I	R
Despliegue y configuración de la estación base	R,A	C,I	C,I
Diseño y despliegue del sistema de sensores	I	I	R,A
Diseño del sistema de comunicaciones MQTT	R,A	C,I	I
Diseño 3D de monturas para sensores, cámara y antenas	C,I	R,A	C,I

Tabla 4.2.- Matriz RASCI.

4.3.- Planificación temporal

Por último, se muestra la planificación temporal inicial del proyecto, véase figura 4.1. Esta representación está en la forma de un diagrama Gantt con las tareas a realizar y los periodos de ejecución de estos.

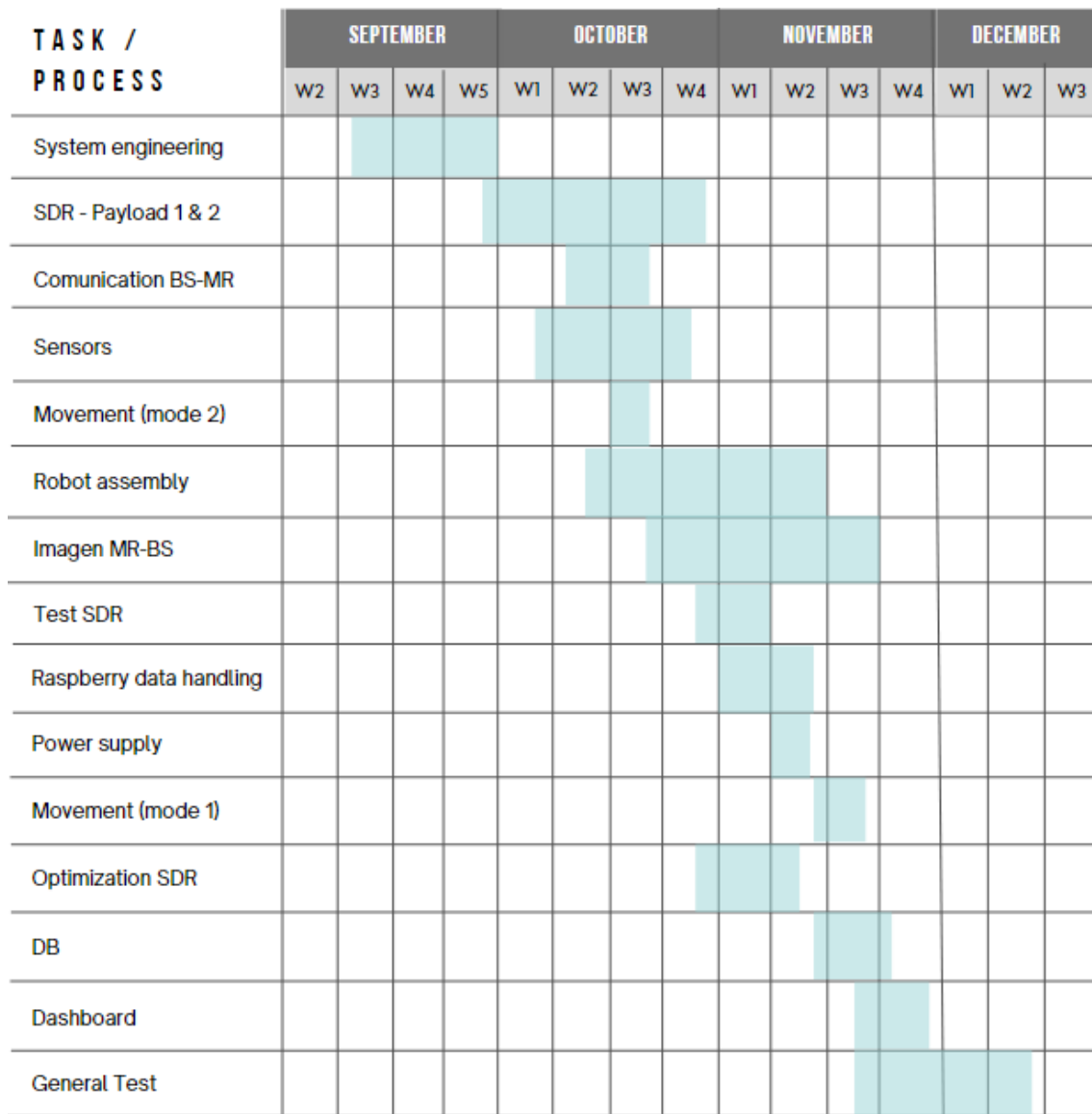


Figura 4.1.- Diagrama Gantt.

5.- Gestión de stakeholders

5.1.- Identificación de stakeholders

Dentro del proyecto de UncertainTIC, se identifican los siguientes *stakeholders*:

- Promotor: los promotores del proyecto son los profesores de las asignaturas de Integración de Sistemas Telemáticos, Integración de Sistemas Telemáticos y Dirección de Proyectos.
- Empleados: los empleados de proyecto son los estudiantes del Máster de Ingeniería de Telecomunicación que forman el equipo *UncertainTIC*.
- Proveedores: los proveedores del proyecto son los profesores de las asignaturas de Integración de Sistemas Telemáticos, Integración de Sistemas Telemáticos y Dirección de Proyectos y MediaLab.
- Sociedad: todos aquellos individuos que puedan influir en nuestro proyecto de forma directa sin formar parte del mismo. Un ejemplo pueden ser las ONGs o los ciudadanos de una determinada población. De momento no están involucrados.
- Autoridades: todos aquellos individuos o legislaciones que puedan alterar el orden natural del proyecto a base de restricciones. Un ejemplo puede ser la normativa del uso de la tecnología 5G. De momento no están involucrados.
- Grupos de presión: todos aquellos individuos u organizaciones que puedan ir en contra al desarrollo de nuestro proyecto. De momento no están involucrados.

5.2.- Matriz Poder/autoridad vs influencia activa

En la tabla 5.1 se puede ver la matriz poder autoridad vs influencia activa, para leerla se debe tener en cuenta que se interpreta que la valoración del Poder e Influencia se realiza en una escala ABCD donde la A indica el máximo grado y la D el mínimo.

Interesado	Compromiso					Poder	Influencia	Estrategia
	Inconsciente	Resistente	Neutral	Apoyo	Líder			
Promotores			X	D		A	A	La estrategia de trabajo con él se basa en sesiones de feedback semanales para adaptarse a sus necesidades e ir dándole forma al proyecto (poner en la matriz)
Empleados				X D		C	A	Su estrategia de trabajo es combinar avances diarios con reuniones para comprender las necesidades del cliente y comprobar que van por la misma línea.
Proveedores			X	D		C	B	La estrategia de trabajo de los proveedores se basa en informar de necesidades de producto, inventario...

Tabla 5.1.- Matriz Poder/autoridad vs influencia activa.

Promotores

- Compromiso: la posición actual es neutral ya que a pesar de conocer el proyecto, a la hora de proponer añadido no los descarta pero tampoco los apoya. La posición deseada para el promotor sería la de apoyo, mostrando así más *feedback* a la hora de presentar cambios o añadidos.
- Poder: destaca su posición de poder máximo ya que con su imposición o toma de decisiones son capaces de captar la atención total de los empleados.
- Influencia: su influencia también es máxima ya que el desarrollo del proyecto se ajusta principalmente a los comentarios o retroalimentaciones que hacen los promotores.

Empleados

- Compromiso: tanto la posición actual como la deseada es la misma, una situación de apoyo. Los empleados se caracterizan por conocer el proyecto y sus impactos a la vez que por apoyar los cambios en el mismo.
- Poder: el poder de los empleados es intermedio-bajo ya que están atentos a los demás interesados e invierten casi la totalidad de su tiempo en cumplir sus deseos por lo que las decisiones que imponen o toman no son propias generalmente.
- Influencia: la influencia de los empleados es más notable que su poder ya que su participación activa es uno de los pilares fundamentales para el desarrollo del proyecto.

Proveedores

- Compromiso: los proveedores tienen una posición actual neutral ya que conocen el proyecto, pero no están activos a la hora de aceptar o rechazar cambios. No entra dentro de sus principales funciones, simplemente se dedican a suministrar

los componentes o servicios necesarios. La posición deseada podría ser de apoyo ya que algunos proveedores son reticentes al cambio y en ocasiones pueden no valorar opciones alternativas.

- Poder: el poder de los proveedores es bajo, pero no mínimo. Cuando se trata de abastecer de material, pueden opinar e incluso proponer alternativas mejores a su alcance (distintos dispositivos, fechas, acuerdos, etc...).
- Influencia: a pesar de lo comentado anteriormente, la influencia de los proveedores es y ha de mantenerse en un nivel medio bajo.

6.- Gestión de riesgos

En este capítulo se identifican y analizan los diferentes riesgos presentes durante el desarrollo de este proyecto. Para ello, en primer lugar, se identifican los riesgos a tener en cuenta. Seguidamente, se realiza una estimación de su impacto, así como la probabilidad de que ocurran. Después, en función de los factores anteriores, se propone un plan de actuación ante los riesgos que suponen una mayor amenaza y que tengan un mayor impacto en el desarrollo del proyecto.

De esta forma, se define el objetivo de la gestión de riesgos como el de disminuir la probabilidad y el impacto de los eventos adversos al proyecto. La gestión proactiva de los riesgos permite reducir los costes del proyecto, mejorar la satisfacción del cliente y facilitar el desarrollo de este, así como incrementar la capacidad y probabilidad de éxito.

6.1.- Identificación de riesgos

A continuación, se listan y se describen los diferentes riesgos identificados en el entorno del proyecto tanto internos como externos al mismo, así como los riesgos técnicos.

Riesgos internos:

- Deterioro o avería del material de trabajo. Existe el riesgo de averías de materiales por un mal uso de estos, lo cual podría llevar a, por ejemplo, un incremento del gasto innecesario.
- Mala gestión de organización. Una mala gestión de la organización del equipo puede llevar a retrasos en plazos, aumento de gastos y/o disminución de la calidad del producto final.
- Mala gestión de comunicación. Una mala gestión de comunicación, de la mano del punto anterior, trae consigo un aumento en gastos y plazos y disminución de la calidad del producto.
- Abandono de algún miembro del proyecto. Existe el riesgo de que un miembro del equipo abandone, dejando al resto de miembros la carga de trabajo que eso conlleva y retrasando entonces todos los plazos y con ello los gastos.

Riesgos externos:

- Indisponibilidad de proveedores. El conjunto de proveedores que abastecen el proyecto debe cumplir los plazos de entrega estipulados pues, de lo contrario, afectarían a la distribución y organización de las tareas, pudiendo influir negativamente en la fecha de entrega.

- Cambios en la legislación vigente. Ante posibles cambios en normativas, tanto técnicas como de seguridad o regulación de estándares de calidad, es necesario tener un grupo jurídico que se encargue de la revisión y adaptación a las mismas.
- Desastres naturales. Ante posibles desastres naturales como pueden ser inundaciones o terremotos ha de existir un plan y una previa planificación para minimizar daños.
- Falta de recursos energéticos. Bajo la posibilidad de colapso de red eléctrica, se ha de contar con almacenamientos de energía de repuesto o de emergencia.

Riesgos técnicos:

- Interpretación errónea de requisitos. Una mala comunicación entre cliente y equipo de proyecto puede derivar en una incorrecta interpretación de los requisitos. Como consecuencia, el producto no satisface las necesidades del cliente.
- Mal funcionamiento de los materiales y recursos. Un fallo en alguno de los componentes necesarios para la fabricación del prototipo retrasa el desarrollo de este. Así pues, es necesario verificar el correcto funcionamiento de estos al inicio del proyecto.

6.2.- Análisis de riesgos

En este apartado se analizan los riesgos definidos en el apartado anterior mediante una clasificación cuantitativa en base a unos criterios de impacto y probabilidad de suceso.

Se define en primer lugar, en la siguiente tabla, la métrica utilizada para marcar los diferentes niveles de impacto de riesgo.

Impacto	Descripción
Muy Alto	Incumplimiento de más de la mitad de los objetivos críticos del proyecto
Alto	Incumplimiento de alguno de los objetivos críticos del proyecto
Medio	Impacto en alguno de los objetivos no críticos del proyecto
Bajo	Fácilmente remediable, los objetivos del proyecto no se ven afectados

Tabla 6.2.- Métrica de niveles de impacto de riesgos.

Por otro lado, de la misma forma se ha definido, en la siguiente tabla, la métrica utilizada para la probabilidad de que ocurra algún riesgo de los definidos en el apartado anterior.

Probabilidad	Descripción
Muy Alto	Probabilidad de que ocurra el riesgo mayor del 85%.
Alto	Probabilidad de que ocurra el riesgo entre el 65% y 85%.
Medio	Probabilidad de que ocurra el riesgo entre el 35% y 65%.
Bajo	Probabilidad de que ocurra el riesgo menor del 35%.

Tabla 6.2. Métrica de niveles de probabilidad de riesgos.

La evaluación de la importancia de cada riesgo y, por consiguiente, de su probabilidad, se realiza mediante la matriz de probabilidad e impacto que aparece definida en la Tabla 6.3. Esta matriz asigna categorías a los riesgos en función de la combinación de dichos parámetros

Impacto/Probabilidad	Muy Alto	Alto	Medio	Bajo
Muy Alto	Muy Alto	Alto	Alto	Alto
Alto	Alto	Alto	Medio	Medio
Medio	Alto	Medio	Medio	Bajo
Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

Tabla 6.3.- Matriz de impacto y probabilidad.

A continuación, una vez definida la matriz de impacto y probabilidad, se clasifican los riesgos identificados, en base a dichos términos. Se asigna el nivel de impacto y probabilidad a cada uno de los riesgos previamente identificados, y en la columna prioridad se especifica el nivel obtenido a través de la matriz. Esto aparece recogido en la Tabla 6.4.

Riesgo	Impacto	Probabilidad	Prioridad
Deterioro o avería del material de trabajo	Alto	Medio	Alto
Mala gestión de organización	Muy Alto	Bajo	Medio
Mala gestión de comunicación	Muy Alto	Bajo	Medio
Abandono de algún miembro del proyecto	Muy Alto	Bajo	Medio
Indisponibilidad de proveedores	Muy Alto	Alto	Alto
Cambios en la legislación vigente	Medio	Bajo	Bajo
Desastres naturales	Alto	Bajo	Medio
Falta de recursos energéticos	Muy Alto	Bajo	Medio
Interpretación errónea de requisitos	Muy Alto	Alto	Muy Alto
Mal funcionamiento de los materiales y recursos	Alto	Alto	Alto

Tabla 6.4.- Análisis de riesgos.

6.3.- Plan de actuación

Se propone, a continuación, un plan de actuación en base a los riesgos analizados y descritos previamente, cuya prioridad se entiende como alta o muy alta. Los riesgos con prioridad media o baja también han de ser resueltos, pero, en este caso, por la sencillez de estos, no se incluye un plan de actuación determinado. En cada plan de actuación, se proponen unas medidas preventivas, así como el protocolo a seguir en caso de que el riesgo suceda.

- Deterioro o avería del material de trabajo. Se requiere de suficiente material de repuesto. Además, se dispone de buena formación para el manejo correcto del material como prevención a su deterioro. En caso final de avería o deterioro, optar por comprar nuevo material o llevar a reparar. En función del tipo de material bajo avería, el tiempo de recuperación puede llegar a ser excesivo como podría ser el caso de Raspberry Pi por falta de stock.
- Indisponibilidad de proveedores. Como medida preventiva, se realiza un control periódico del stock existente. Así mismo, se crean directorios de proveedores, a fin de mitigar el riesgo ante el fallo del proveedor principal. En el caso de que el proveedor principal no pueda servir el pedido, éste se realiza a otro de los proveedores disponibles en el directorio. Como se ha mencionado con anterioridad, un caso crítico podría ser el de las Raspberry Pi, que, actualmente, se encuentran a precios demasiado elevados por su falta de stock.
- Interpretación errónea de requisitos. Se utiliza la metodología scrum de forma que se obtiene semanalmente *feedback* del cliente y se puede encontrar la interpretación errónea cuanto antes.
- Mal funcionamiento de los materiales y recursos. Como medida preventiva a posibles fallos de los materiales y recursos, se adquiere material de repuesto a fin de paliar cualquier incidencia. En caso de no disponer en el almacén de stock, se ha de realizar un pedido urgente con los materiales necesarios. Así mismo, se establece una política de verificación inicial de todos los componentes a usar en la fabricación del robot, con el fin de detectar fallos o errores de funcionamiento lo más pronto posible.

7.- Gestión de comunicación

A continuación, se detallan los diferentes métodos y herramientas empleadas con el objetivo de asegurar una eficaz y eficiente comunicación entre los miembros del equipo. En primer lugar, se describen brevemente las herramientas utilizadas para este motivo. Seguidamente, se describe el método de comunicación general a emplear y, por último, se detalla el método de organización de tareas utilizado.

7.1.- Herramientas

Las principales herramientas utilizadas en la elaboración de este proyecto para una buena gestión de la comunicación han sido las siguientes:

- *Microsoft Teams*. Esta herramienta ha sido empleada para la mayor parte de la gestión del proyecto. Se ha usado tanto para mantener un repositorio de archivos y ficheros del mismo, como plataforma de reuniones online. También se ha hecho uso de herramientas dentro de esta como *Planner* para una buena gestión y designación de tareas a los miembros del equipo o el *OneNote* para la toma de notas conjunta en reuniones o “lluvias de ideas”.
- *WhatsApp*. Esta aplicación móvil ha sido utilizada principalmente para la comunicación rápida e informal entre los miembros de equipo de cara a planear reuniones, avisar y o confirmar de la subida de archivos para revisar, etc.
- Reuniones presenciales. En la medida de lo posible, se ha hecho uso de reuniones presenciales para discutir sobre diferentes temas a lo largo del proyecto o trabajar cooperativamente para resolver cualquier problema encontrado en el desarrollo de este.

7.2.- Organización de tareas

Como ya se ha mencionado con anterioridad, se ha hecho uso de la herramienta *Planner* para la gestión, organización y asignación de las diferentes tareas que han ido surgiendo en el proyecto. Estas tareas se han ido apilando en diferentes columnas según diferentes factores. Estas columnas se describen a continuación:

- *To do*. En esta columna es donde se han colocado todas las tareas en un principio como pila general de las mismas.
- *Sprint (current week)*. Columna utilizada para colocar las tareas priorizadas para la semana actual. Se considera este método una forma de llevar un acta y seguimiento semanal de todo lo llevado a cabo.
- *Final review*. Columna donde se colocan las tareas finalizadas a falta de una última revisión por todos los miembros del equipo.

- *Weekly history*. Para cada semana finalizada se guarda un historial de las tareas realizadas. El nombre de cada una de estas columnas es la fecha del inicio de dicha semana.

Además, con la intención de una mejor organización de estas tareas, se ha optado por un código de colores que faciliten la comprensión de estas con solo un vistazo. Así pues, el código de colores empleado relaciona cada asignatura que participa en el proyecto con un color, y, por otro lado, se le aplica otra serie de colores a cada tarea en función de las personas que faltan por revisar una tarea que ha de ser revisada. De esta forma el código de colores se puede resumir en el siguiente listado:

- Integración de sistemas telemáticos (IST) – color **amarillo**.
- Integración de sistemas de comunicaciones (ISC) – color **azul**.
- Dirección y planificación de proyectos (DP) – color **púrpura**.
- Revisión de tareas:
 - Faltan dos personas por revisar – color **rojo intenso**.
 - Falta una persona por revisar – color **rojo suave**.

Por último, se ha empleado un tipo de valoración numérica de cada tarea en función del esfuerzo de trabajo que conlleva cada uno por medio de una medida de “unidad de funcionalidad”. Así pues, la definición que se le ha dado a esta “unidad de funcionalidad” es la siguiente: *La unidad mínima sería una tarea que sabes que apenas consume tiempo, no requiere estudio adicional. Simplemente es realizarla y puedes empezar sin ningún tipo de retraso.*

8.- Gestión de recursos

Es importante plantear bien la gestión de recursos dentro de un proyecto ya que una mala planificación de ésta puede llevar al fracaso del mismo. Identificar y asignar los recursos de forma correcta para maximizar la eficiencia es la clave dentro de este proceso.

En todo proyecto, el componente de los recursos humanos es un pilar fundamental por lo que para el caso de UncertainTIC no iba a ser menos. El PICAR desarrollado requiere diversidad y cantidad de perfiles específicos que desempeñen correctamente cada una de las tareas que en conjunto dan vida al producto:

- Jefe de proyecto: su rol consiste en coordinar y liderar a los miembros del equipo conociendo en todo momento los detalles técnicos y financieros, así como los recursos necesarios para acometer el proyecto en tiempo y forma.
Se prioriza un perfil que tenga experiencia en dirección de proyectos siguiendo las metodologías ágiles.
- Un ingeniero de radiofrecuencia y microondas: se encarga de diseñar el sistema de radio definida por software (SDR), las antenas y realizar las medidas pertinentes de dicho sistema.
- Un técnico electrónico: su trabajo consistirá en realizar el conexionado de alimentación, así como las diversas soldaduras a la hora de integrar los distintos circuitos electrónicos.
- Un ingeniero electrónico o de telecomunicaciones especializado en Internet de las cosas (IoT): su trabajo consistirá en desarrollar todo el subsistema de sensoria así como conectarlo correctamente a un entorno de IoT en la nube para poder posteriormente visualizar los datos obtenidos.
- Un diseñador 3D: su trabajo consiste en diseñar las piezas necesarias para acoplar los sensores y antenas a la estructura del robot.
- Un programador especializado en Python: su trabajo consiste en diseñar y programar el código necesario para el robot y la estación base. Esto engloba el movimiento de los motores, la transmisión y recepción de comandos vía MQTT, la interfaz de usuario (GUI) de la estación base para controlar el robot y el *dashboard* donde se visualizarán los datos en tiempo real.

9.- Bibliografía

[1] HDL implanta la primera flota de robots autónomos operativa en uno de sus centros logísticos de eCommerce en España <https://www.dhl.com/es-es/home/prensa/archivo-de-prensa/2020/dhl-implanta-la-primera-flota-de-robots-autonomos-operativa-en-uno-de-sus-centros-logisticos-de-ecommerce-en-espana.html>

Última consulta: 11/12/2022

[2] Flotas de robots para cuidar los cultivos de los invernaderos http://www.gisalimentario.es/robots/reportajes/flotas-de-robots-para-cuidar-los-cultivos-de-los-invernaderos_351_36_397_0_1_in.html

Última consulta: 11/12/2022

[3] AgroTek <https://shintekco.com/agrotek/>

Última consulta: 11/12/2022

[4] El primer robot de reparto ya es una realidad en las calles de Madrid https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-primer-robot-reparto-realidad-calles-madrid-202202030115_noticia.html

Última consulta: 11/12/2022