

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE

Dependencia de adscripción al PAP

CENTRO PARA LA GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN Y LA TECNOLOGÍA

PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)

Nombre del PROGRAMA

GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN Y LA TECNOLOGÍA



ITESO, Universidad
Jesuita de Guadalajara

Código y nombre del PAP

3H01 MICRO Y PEQUEÑAS EMPRESAS DE ALTA TECNOLOGÍA

**“Dispositivo para recolección de datos y transmisión inalámbrica,
Solutions 4 IoT”**

PRESENTAN

Programa educativo y Estudiante

Lic. en Ingeniería Electrónica. León Arpio Fernández

Profesores PAP: Mtro. José Antonio Pujals Acevedo, Mtra. Beatriz Rodríguez
Castellanos, Mtra. Celia Ortiz García.

Tlaquepaque, Jalisco, julio 2019

REPORTE PAP

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional. | 2 |
| Resumen | 2 |
| 1. Introducción. | 3 |
| 1.1. Objetivos | |
| 1.2. Justificación | |
| 1.3. Antecedentes | |
| 1.4. Contexto | |
| 1.5. Enunciado breve del contenido del reporte | |
| 2. Desarrollo: | 5 |
| 2.1. Sustento teórico y metodológico. | |
| 2.2. Planeación y seguimiento del proyecto. | |
| 3. Resultados del trabajo profesional. | 12 |
| 4. Reflexiones del alumno o alumnos sobre sus aprendizajes, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto. | 13 |
| 5. Conclusiones. | 16 |
| 6. Bibliografía. | 17 |
| 7. Anexos. | 18 |

REPORTE PAP

Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional

Los Proyectos de Aplicación Profesional son una modalidad educativa del ITESO en la que los estudiantes aplican sus saberes y competencias socio-profesionales a través del desarrollo de un proyecto en un escenario real para plantear soluciones o resolver problemas del entorno. Se orientan a formar para la vida, a los estudiantes, en el ejercicio de una profesión socialmente pertinente.

A través del PAP los alumnos acreditan el servicio social, y la opción terminal, en tanto sus actividades contribuyan de manera significativa al escenario en el que se desarrolla el proyecto, y sus aprendizajes, reflexiones y aportes sean documentados en un reporte como el presente.

Resumen

El objetivo de este proyecto es la implementación de un dispositivo capaz de recolectar datos por un puerto serial de un activo a monitorear, el cual permanecerá confidencial, y transmitir los mismos utilizando un protocolo de comunicación inalámbrica a un servidor proporcionado por el cliente.

Este desarrollo fue implementado primeramente sobre *baremetal*, y después de validar dicho avance, se comenzó la implementación utilizando un sistema operativo. En este documento también se presenta el cambio de requerimientos solicitado por el cliente por lo cual se cambiará el rumbo del proyecto y se implementará un nuevo protocolo de transmisión de datos.

1. Introducción

1.1. Objetivos

Generar el desarrollo de software y de hardware, de un dispositivo capaz de transmitir datos inalámbricamente a un servidor, siendo dichos datos recolectados de un activo proporcionado por el cliente; este producto reducirá horas de trabajo humano, así como aumentará la fiabilidad de los datos que el cliente recibe en sus bases de datos. Por motivos de confidencialidad el activo y el cliente permanecerán anónimos.

1.2. Justificación

Gracias al constante crecimiento de la empresa, así como la necesidad de obtener ingresos para continuar esta ampliación, surge la propuesta para el cliente de generar este producto.

El éxito del desarrollo de este dispositivo permitirá a la empresa aumentar su ingreso, y de esta manera se crecerá el presupuesto para continuar con la creación de productos, así como de nuevas tecnologías que ayudarán al crecimiento de la empresa.

1.3 Antecedentes del proyecto

Solutions 4 IoT (S4IoT) es una empresa dedicada al desarrollo de tecnologías de *Internet of Things* (IoT), en español conocido como internet de las cosas, estas tecnologías generalmente consisten en recolección de información, ya sea de sensores u otros dispositivos, y transmisión de la información adquirida a bases de datos, las cuales se encuentran ya sea en el internet, o en servidores locales.

S4IoT presenta soluciones que resuelven esta área del IoT por medio de dispositivos capaces de utilizar la red celular, misma red que utiliza un teléfono celular para conectarse a internet, y otros medios de comunicación

para la transmisión de los datos recolectados y de esta manera el cliente poder sacar valor de estos datos, ya sea con analíticos o con *big data*, que es el análisis de datos para extraer información de ellos.

1.4. Contexto

Para que el cliente para el cual se está desarrollando este proyecto pueda facturar el uso de sus activos a terceras personas, es necesario tener un registro de ciertas variables que dicho activo está midiendo constantemente.

Actualmente la única manera de obtener esas variables es registrando a mano cada una de estas mediciones y sus respectivos valores; esto es un problema para el cliente pues es gasta recursos humanos innecesariamente, lo cual se puede hacer por medio de un dispositivo capaz de leer la información devuelta por el activo y transmitirla a una base de datos donde se genere el registro de esta.

1.5. Enunciado breve del contenido del reporte

En este documento se elabora en el proceso de planeación, desarrollo y resultados finales del Proyecto de Aplicación Profesional realizado por el alumno durante el periodo de verano de 2019.

Se habla sobre el sustento teórico del proyecto, así como su planeación e implementación, donde se describen los momentos más importantes, así como una explicación de las actividades realizadas.

Por último, se muestran resultados finales y aprendizajes por parte del alumno.

2. Desarrollo

2.1. Sustento teórico y metodológico.

El estándar IEEE 802.11b/g/n define medios físicos para la transmisión de información, es decir, condiciones eléctricas, mecánicas, funcionales entre otras. Además, es responsable de definir la manera en que se verificarán los datos para asegurar que la transferencia de estos es confiable; de esta manera se definen los requisitos de funcionamiento de una Red de Área Local Inalámbrica (WLAN por sus siglas en inglés), sobre la cual se basa la tecnología conocida como *wifi* (Palabra proveniente del inglés *Wireless Fidelity*).¹

Sobre el estándar descrito anteriormente se debe de implementar un control de conectividad y selección de ruta entre los dispositivos que se comunicarán, para esto se utiliza el Protocolo de Internet (IP por sus siglas en inglés) el cual tiene como objetivo brindar bidireccionalidad a la comunicación entre los dispositivos.²

Se define también un control de errores y flujo de datos para garantizar la validez y estado de los datos. En otras palabras, que todos los datos recibidos sean los mismos a los enviados, y que hayan sido recolectados en el mismo orden en que fueron transmitidos. De esto se encarga el Protocolo de Control de Transmisión, cuya función es asegurar que la información recibida es fiable.³

¹ Cooklev, Todor. *Introduction to IEEE 802.11 Course and IEEE Standards Bundle*, IEEE, San Francisco, 2012.

² University of Southern California. *Internet Protocol*, Information Sciences Institute, California, 1981.

³ Ott, Joerg. Helsinki University of Technology. Wenger, Stephan. Nokia. Sato, Noriyuki. OKI. Burmeister, Carsten. Rey, Jose. & Matsushita. *Extended RTP Profile for Real-time Transport Control Protocol (RTCP)-Based Feedback (RTP/AVPF)*, RFC editor, Helsinki, 2006.

Los controles descritos anteriormente se agrupan en el modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI por sus siglas en inglés), definido por la Organización Internacional de Normalización (ISO por sus siglas en inglés) como ISO/IEC 7498-1.⁴

2.2. Planeación y seguimiento del proyecto.

- Enunciado del proyecto

Para lograr resolver la problemática descrita anteriormente, es necesario desarrollar un sistema capaz de recolectar datos utilizando un protocolo de comunicación alámbrica ya que el dispositivo tendrá que ir conectado directamente al activo a monitorear, y transmitirlos utilizando un protocolo de comunicación inalámbrica ya que se debe de evitar el costo de conectar físicamente el servidor que recolectará la información y el dispositivo en sí.

Para la transmisión de los datos recolectados, el requerimiento del cliente fue el uso del estándar IEEE 802.11b/g/n utilizando un módulo *wifi* utilizando sobre este Protocolo de Control de Transmisión (TCP por sus siglas en inglés). Respecto a la conexión operativa al activo a monitorear, se requirió comunicación serial.

Para la recolección de la información del activo, así como la transmisión de los datos inalámbricamente, se utilizó la plataforma *Athen Lite*, desarrollada por S4IoT.

⁴ Briscoe, Neil. *Understanding The OSI 7-Layer Model*. PC Network Advisor, volume 120, pp.13-14, 2000.

- Metodología

Para el desarrollo de este proyecto, primeramente, se investigarán las diferentes opciones de módulos *wifi* que soporten el protocolo TCP, una vez elegido el módulo se deberán hacer pruebas en una tarjeta de desarrollo, provista por el fabricante del dispositivo a utilizar para validar la funcionalidad de este. Para lograr esta etapa es necesario revisar la documentación de los módulos a investigar, tales como esquemáticos, hojas de datos, manuales de referencias, entre otros.

Seguidamente se desarrollará el código necesario para poder utilizar el módulo utilizando *Athen Lite*, y de este modo automatizar el proceso de recolección y transmisión de datos. Para lograr esto se utilizarán recursos provistos por la empresa, así como Entorno de Desarrollo Integrado (IDE por sus siglas en inglés) para el desarrollo del código.

Una vez validado el software desarrollado, se implementará un Sistema Operativo de Tiempo Real (RTOS por sus siglas en inglés) para lograr el cumplimiento de todas las tareas que debe de ejecutar el dispositivo antes de cierto plazo de tiempo, el cual será definido dependiendo de cada tarea.

También se deberá probar el activo a monitorear en un ambiente simulado para comprender el funcionamiento de este y cómo responde.

Por último, se hará una Prueba de Concepto (PoC por sus siglas en inglés) para mostrar al cliente el funcionamiento del producto a entregar, esta prueba se deberá dejar funcionando por un tiempo definido por el cliente, ya que es importante validar la fidelidad del producto final.

- Cronograma o plan de trabajo

A continuación, se mostrará el plan de trabajo para la entrega a tiempo del producto final:

- Hacer pruebas del módulo *wifi* para conocer el proceso necesario para lograr la conexión a un servidor y transmitir datos a este. Conlleva definir el proceso y generar diagramas de flujo para su representación.
 - Fecha límite: 9 de junio de 2019.
 - Recursos: Documentación de módulo *wifi*, tarjeta de desarrollo de este para pruebas.
- Desarrollar librerías de código en lenguaje de programación C para la automatización del proceso definido anteriormente. La programación debe de ser por capas, es decir, las partes de *software* deben ser desacoplables entre sí, por ejemplo, en caso de algún cambio de módulo *wifi*, solamente se debe poder cambiar el código correspondiente al mismo módulo.
 - Fecha límite: 23 de junio de 2019.
 - Recursos: *Athen Lite*, IDE para el desarrollo de código, tarjeta de desarrollo del módulo *wifi*.
- Implementar RTOS al sistema desarrollado en la etapa anterior, esta implementación también deberá seguir la filosofía de programación por capas. Es necesario hacer pruebas exhaustivas de funcionamiento del sistema sobre RTOS.
 - Fecha límite: 14 de julio del 2019.
 - Recursos: *Athen Lite*, IDE para el desarrollo de código, tarjeta de desarrollo del módulo *wifi*, documentación e interfaz para programación de aplicaciones (API por sus siglas en inglés) del RTOS a utilizar.

- Generar pruebas de concepto para el cliente.
 - Fecha límite: 21 de julio del 2019.
 - Recursos: Athen Lite, tarjetas de circuito impreso (PCB por sus siglas en inglés) para acoplar el módulo *wifi* y la interfaz serial junto con *Athen Lite*.

En el anexo “Calendario del proyecto” se desglosan por actividades y tiempos más específicos los trabajos descritos en este subtítulo.

Desarrollo de propuesta de mejora

Para el desarrollo del proyecto, se inició leyendo la documentación de diferentes módulos de *wifi* existentes en el mercado; esto con el fin de elegir uno dependiendo de sus características tales como protocolos soportados, rendimiento de la antena, consumo de potencia, precio, etc. Una vez seleccionado el módulo, se empezaron las pruebas con el mismo para conocer el comportamiento de este, es decir, cómo reacciona ante ciertos casos, eventos que generan errores, diferentes respuestas que puede devolver ante un mismo comando, entre otros. Estas pruebas son útiles para poder considerar el máximo de casos diferentes posibles que se pueden presentar durante su uso, y de esta manera evitar que el sistema deje de funcionar.

Una vez realizadas las pruebas, se prosiguió a definir el proceso que debe seguir la plataforma de desarrollo para lograr una conexión a un punto de acceso a internet (AP por sus siglas en inglés) y con el servidor al cual se enviarán los datos, este proceso también debe cubrir la recolección de los datos del activo y su transmisión, así como la resolución de errores de desconexión ya sea del AP o del servidor TCP. Para definir esta secuencia de pasos de una manera más visual, se generaron diagramas de flujo para la descripción de este.

Seguidamente, se desarrollaron las librerías para el control del módulo *wifi* y de la comunicación con el activo, este código tiene como objetivo explotar los recursos del *Athen Lite* para lograr el objetivo del proyecto, así como lograr un sistema modular, parte de los paradigmas de programación que se siguen en la empresa; este concepto implica desarrollar un software que sea fácil de dar mantenimiento y de mudar a otras plataformas.⁵ Se hicieron pruebas a estas funciones con el fin de encontrar y corregir errores en el código (proceso también conocido como *debuggeo* o depuración).

Durante las semanas de desarrollo, se hizo una visita a las instalaciones del cliente con el fin de probar el activo a monitorear para conocer su respuesta a ciertos eventos, al igual que con el módulo *wifi*, para poder diseñar una arquitectura capaz de evitar errores y que pueda convivir con el activo.

Una vez terminadas las librerías mencionadas anteriormente, se inició el desarrollo del sistema utilizando un RTOS, el uso de este facilita el cumplimiento de los procesos clave para que la plataforma funcione correctamente y cumpla los requerimientos, ya que un sistema operativo es ejecutar las diferentes tareas definidas conforme se requiere. Por lo tanto, para lograr este desarrollo, se dividió el proceso definido en un inicio en diferentes procesos, como conexión al AP y al servidor, recolección de datos, envío de los mismos, etc. Y se generaron sus respectivos diagramas de flujo.

Estos métodos, llamados tareas, fueron implementados en código, para lo cual se necesita definir los momentos en los cuales es necesario ejecutar cada proceso, ya sea periódicamente o dependiendo de algún evento generado en otra tarea. Una vez terminado esta parte del desarrollo, se procedió al *debuggeo* del código para lograr un sistema con errores mínimos.

⁵ ITTG web (2016). “Arquitecturas de software” [DE disponible en: <https://ittgweb.wordpress.com/2016/05/29/descomposicion-modular/>, consultada el 6 de julio de 2019].

Antes de iniciar el desarrollo de la PoC, se tuvo una junta con el cliente, en la cual se comunicó al equipo de desarrollo sobre un cambio de requerimiento, el cual consiste en el cambio de uso de TCP a un protocolo de mensajería llamado Transporte de Telemetría de Colas de Mensajes (MQTT por sus siglas en inglés), esto con el objetivo de facilitar la bidireccionalidad del flujo de datos entre *Athen Lite* y el servidor del cliente. Ya que el módulo anteriormente seleccionado, y sobre el cual se hizo el desarrollo no soporta MQTT por sí solo, se le informó al cliente la necesidad de llevar a cabo el desarrollo de nuevo para hacer el cambio de módulo, por lo que este proyecto se extenderá hasta obtener el producto con los nuevos requerimientos.

3. Resultados del trabajo profesional

- Productos obtenidos.

A mediados de la sexta semana del periodo de verano, del 1 de julio al 6 de julio, se obtuvieron los siguientes entregables:

- Librerías para el uso del módulo *wifi*.
- Librerías para la comunicación con el activo.
- Diagrama de flujo describiendo el proceso que debe de seguir el sistema a implementar.
- Diagramas de flujo del proceso mencionado anteriormente dividido en tareas clave.
- Códigos de las tareas mencionadas anteriormente para ser utilizadas sobre un RTOS.

A partir de esta semana hubo el cambio de requerimientos mencionado en el desarrollo de la propuesta de mejora, por lo que se empezó a trabajar en el nuevo desarrollo del proyecto.

- Resultados alcanzados.

Para mediados de la semana 6, los resultados son los códigos validados para el uso del módulo *wifi* y el monitoreo del activo con y sin RTOS; siendo este software modular para que pueda ser utilizado en futuras aplicaciones si se requiere.

A partir de la semana 7 (del 8 al 14 de julio de 2019) se inició el análisis de nuevos módulos que sean capaces de correr el protocolo MQTT.

- Impacto generado.

El impacto generado hasta la semana 6 es el del conocimiento sobre el uso de módulos *wifi*, y que esperar de su uso. Además, se hicieron buenas relaciones con el cliente lo que hace que sea un comprador potencial de otros productos o proyectos. Por último, al seguir el paradigma de diseñar arquitecturas modulares, se obtuvieron librerías que se pueden mudar fácilmente a otros proyectos, facilitando su desarrollo.

4. Reflexiones del alumno o alumnos sobre sus aprendizajes, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto.

- **Aprendizajes profesionales**

Durante el Proyecto de Aplicación Profesional (PAP) desarrollé habilidades de comunicación, tanto en un contexto de negocios como uno de electrónica, así como habilidades de trabajo en equipo, exposición de ideas, resolver problemas en conjunto con otros miembros del equipo, entre otras.

En el contexto de electrónica obtuve habilidades en el uso de módulos *wifi*, uso del conjunto de comandos Hayes (También llamados comandos AT, ya que todos inician con este par de caracteres) y el uso de la plataforma de desarrollo utilizada; además, reforcé conocimientos y habilidades sobre programación en lenguaje C embebido, diseño de diagramas de flujo, uso RTOS, análisis de esquemáticos y comprensión de documentación sobre circuitos integrados, así como desarrollé la habilidad de atacar un problema de diferentes maneras, de este modo, si alguna solución no funciona tal vez otra sí.

Otro aprendizaje profesional adquirido fue el de manejo de mi tiempo, ya que era responsable del manejo de mi tiempo y de las actividades realizadas en ciertos momentos, como, por ejemplo, el tiempo dedicado a investigación, a *debuggeo*, a diseño de la arquitectura, etc.

- **Aprendizajes sociales**

El haber realizado el PAP en S4IoT me permitió darme cuenta de las diferentes áreas en las que puedo aplicar la electrónica, ya que esta puede aplicarse a mercados como industria automotriz, agricultura, farmacéutica y medicina, comunicaciones, seguridad, educación, entre muchos otros; esto proyecta una amplia gama de problemas en que la electrónica puede ayudar a la sociedad.

Esto va de la mano con la filosofía de la empresa de democratización del internet de las cosas, ya que, aunque la electrónica es capaz de ayudar a resolver muchos problemas, es parte de nuestra responsabilidad facilitar esta ayuda, es decir, no tomar provecho de la falta de desarrollo de IoT en la sociedad mexicana para aumentar los precios de los productos sino facilitar esta tecnología para que estos problemas puedan ser resueltos con mayor agilidad.

- **Aprendizajes éticos**

El aprendizaje ético obtenido en mi PAP está altamente relacionado con el aprendizaje social, ya que, retomando la idea desarrollada en el párrafo anterior, es muy importante no aprovecharse de la falta de oferta de tecnologías del IoT para imponer precios que solo pocas personas o empresas sean capaces de pagar, al contrario, es necesario dar precios competitivos para de esta manera facilitar a la sociedad este producto y conocimiento, ya que la venta de plataformas como *Athen Lite* no sólo sirven en el contexto empresarial para resolver algún problema sino también son un apoyo en el contexto educativo, ya que facilitan el aprendizaje de temas que van desde un sistema embebido hasta una plataforma de IoT.

Por otro lado, está la importancia de mantener en secreto información confidencial tanto para la empresa como para el cliente, ya que esta divulgación puede generar problemas como el plagio de propiedad intelectual.

- **Aprendizajes en lo personal**

El PAP me ayudó mucho a comprender el mundo laboral de la ingeniería electrónica, no solo la parte técnica sino también la parte de negocios ya que estuve mucho en contacto con clientes y con la negociación de muchas cosas y eso me permite darme cuenta de que no solo es necesario tener habilidades técnicas, también es necesario saber relacionarte para poder tener éxito, no solo en la parte del proyecto ya que es importante tener buenas relaciones

con tu equipo de trabajo, jefes, los dueños o inversores de la empresa, ya que muchas veces son tu apoyo técnico y moral.

También aprendí la importancia de definir bien los requerimientos de un proyecto, ya que estos pueden ayudar para cualquier cambio que se presente, como pasó en la semana 6; gracias a que estaba bien definido el alcance del proyecto con el cliente, se pudo llegar a un acuerdo monetario y de tiempo para poder llevar a cabo esos cambios.

Por último, me ayudó a ver las áreas de trabajo que se presentan en la electrónica, y me ayudó a definir mejor el área de mi carrera a la que me quiero dedicar, la cual es sistemas embebidos, además de que me ayudó a ver el potencial que tienen los *startups*.

5. Conclusiones

En conclusión, este proyecto brindó mucho conocimiento a la empresa, en especial sobre el manejo de *wifi*, ya que se tiene ya una base del conocimiento del uso de este no solo para la continuación de este proyecto usando MQTT sino para trabajos futuros que requieran uso de algún módulo de esta índole.

El avance de este proyecto, hasta la semana 6, es decir, utilizando TCP como protocolo de transmisión de datos llegó hasta aproximadamente un 90% de avance, ya que solamente era necesario desarrollar y presentar la PoC al cliente para que este pudiera ver la funcionalidad y confiabilidad del sistema antes de aprobarlo.

Por último, se le dará seguimiento a este proyecto ya que todavía se debe de finalizar el desarrollo de el mismo utilizando MQTT como protocolo de transmisión de datos, además de agregar los nuevos requerimientos acordados con el cliente en relación con la bidireccionalidad del flujo de datos, el empaquetado de estos, y el control de los dispositivos, entre otros. Gracias a que se sigue el paradigma de programación de sistemas modulares, no es necesario desechar todo el código ya desarrollado, especialmente el correspondiente a las tareas de RTOS, ya que se deben de desarrollar nuevas librerías y cambiar las funciones anteriores, es decir, las librerías del módulo para TCP, por las nuevas, con MQTT.

6. Bibliografía

- Cooklev, Todor. Introduction to IEEE 802.11 Course and IEEE Standards Bundle, IEEE, San Francisco, 2012.
- University of Southern California. Internet Protocol, Information Sciences Institute, California, 1981.
- Ott, Joerg. Helsinki University of Technology. Wenger, Stephan. Nokia. Sato, Noriyuki. OKI. Burmeister, Carsten. Rey, Jose. & Matsushita. Extended RTP Profile for Real-time Transport Control Protocol (RTCP)-Based Feedback (RTP/AVPF), RFC editor, Helsinki, 2006.
- Briscoe, Neil. Understanding the OSI 7-Layer Model. PC Network Advisor, volúmen 120, pp.13-14, 2000.
- ITTG web (2016). “Arquitecturas de software” [DE disponible en: <https://ittgweb.wordpress.com/2016/05/29/descomposicion-modular/>, consultada el 6 de julio de 2019].

7. Anexos

| # de actividad | Actividad | 27/05/2019 - 2/06/2019 | 03/06/2019 - 09/06/2019 | 10/06/2019 - 16/06/2019 | 17/06/2019 - 23/06/2019 | 24/06/2019 - 30/06/2019 | 01/07/2019 - 07/07/2019 | 08/07/2019 - 14/07/2019 | 15/07/2019 - 21/07/2019 |
|----------------|--|---|-------------------------|---------------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| | Empresa | Solutions 4 IoT | | Fecha de última revisión | 02/07/2019 | | Actividades con empresa completadas | | |
| | Proyecto | Dispositivo de recolección de datos y transmisión inalámbrica | | Responsable de las tareas | León Arpio Fernández | | Actividades PAP completadas | | |
| | Líder | León Arpio Fernández | | | | | Actividades en proceso | | |
| | | | | | | | Actividades por iniciar | | |
| 1 | Hacer pruebas del módulo Wi-Fi para conocer el proceso y los comandos para lograr una conexión y enviar datos (En tarjeta de desarrollo) | Semana de introducción al proyecto | Aprox 1 semana | | | | | | |
| 2 | Definir proceso a seguir | | < 1 día | | | | | | |
| 3 | Generar diagrama de flujo | | < 1 día | | | | | | |
| 4 | Definir funciones necesarias para poder seguir el proceso definido en el diagrama de flujo | | < 1 día | | | | | | |
| 5 | Declarar funciones | | < 1 día | | | | | | |
| 6 | Definir funciones (En código) | | | 1 semana | < 1 semana | | | | |
| 7 | Probar funciones generadas para baremetal | | | | Espacios pequeños de la semana | 1 semana | | | |
| 8 | Debuggear y corregir funciones para baremetal. | | | | Espacios pequeños de la semana | 1 semana | | | |
| 9 | Probar activo para conocer su comportamiento (La prueba será utilizando una computadora para asegurar comportamiento correcto de activo) | | | | 1 día | | | | |
| 10 | Definir funciones es RTOS basándose en las librerías de baremetal | | | | | | < 1 día | | |
| 11 | Separar el diagrama de flujo ya generado en diferentes procesos clave | | | | | | < 1 día | | |
| 12 | Definir prioridades de cada tarea | | | | | | < 1 día | | |
| 13 | Definir periodos (En caso de ser necesario) | | | | | | < 1 día | | |
| 14 | Definir método de acceso de las tareas al procesador (Semáforos binarios, grupos de eventos, semáforos de exclusión mutua) | | | | | | < 1 día | | |
| 15 | Declarar tareas | | | | | | < 1 día | | |
| 16 | Definir tareas (En código) basándose en los diagramas de flujo hechos. | | | | | | < 1 semana | 1 semana | |
| 17 | Probar funciones generadas para RTOS. | | | | | | | Espacios pequeños de la semana | 1 semana |
| 18 | Debuggear y corregir funciones y tareas para RTOS. | | | | | | | Espacios pequeños de la semana | 1 semana |
| 19 | Generar una prueba de concepto con el dispositivo para mostrar al cliente el funcionamiento del sistema. | | | | | | | Proceso va con debuggear y pruebas | 1 semana |
| 20 | Generar bitácoras semanales | 2-4 horas | 2-4 horas | 2-4 horas | 2-4 horas | 2-4 horas | 2-4 horas | 2-4 horas | |
| 21 | Generar documentación del proyecto | 2-4 horas | 2-4 horas | 2-4 horas | 2-4 horas | 2-4 horas | 2-4 horas | 2-4 horas | |
| 22 | Generar reporte final del proyecto | | | | | 4-6 horas | 4-6 horas | 4-6 horas | |
| 23 | Presentar proyecto a profesores, alumnos y empresa. | | | | | | | 2-4 horas | |

Figura 1. Avance del calendario hasta semana 6.