

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE
Departamento de Electrónica, Sistemas e Informática
Desarrollo tecnológico y generación de riqueza sustentable

PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)
PROGRAMA DE CIUDADES INTELIGENTES



PAP 4L05 - VIDA DIGITAL

REDES DE SENSORES INALÁMBRICOS: AMPLIACIÓN DE RED DE SENSORES DE MONITOREO
AMBIENTAL DEL ITESO

DRONES PARA FOTOGRAMETRÍA: UTILIZACION DE VEHICULOS NO TRIPULADOS PARA
FOTOGRAMETRÍA; GENERACIÓN DE ORTOFOTO

PRESENTAN

Ingeniería Ambiental, Fernando Iván Rico Quintero

Profesor PAP: Mtro. Luis Eduardo Pérez Bernal

Tlaquepaque, Jalisco, julio de 2019

Contenido

Resumen.....	3
Objetivos	3
Justificación	3
Antecedentes del proyecto	4
Identificación del problema	4
Sustento teórico y metodológico	5
Planeación y seguimiento del proyecto	7
Recursos humanos	8
Recursos tecnológicos	9
Recursos materiales:	9
Fechas previstas	15
Desarrollo de propuesta de mejora	15
Red de sensores:	15
Reporte de comparación de lecturas de prueba.....	15
Calibración de nodo de PTAR	21
Reporte de comparación de lecturas nodos <i>Waspmote</i> PRO	25
Drones:	29
Generación de ortofotos	29
Información obtenida de la ortofoto	39
Resultados del trabajo profesional	42
Reflexiones del proyecto.....	43
Conclusiones	44
Referencias.....	44

Resumen

Dentro del proyecto de aplicación profesional “Vida digital” se trabajó en dos áreas de aplicación de ciudades inteligentes las cuales están conformadas por una red de sensores de monitoreo ambiental y el uso de drones para creación de ortofotos y hacer análisis de estas. En la parte de sensores se compararon dos marcas diferentes de sensores de monitoreo de bajo costo que fueron *Kunak* y *Libelium* para determinar la que se acercara más a las mediciones hechas por el Sistema de Monitoreo Ambiental de Jalisco (SIMAJ). Se obtuvieron datos de gran importancia para determinar el funcionamiento de estos sin embargo se necesita realizar más pruebas con los sensores en el mismo lugar para emitir una opinión final. En la parte de drones para fotogrametría, se tomaron fotografías con un vehículo no tripulado y se procesaron para generar una sola ortofoto, esta misma se analizó y se determinó que había mejoras para hacer en el momento de capturarlas por lo que se hizo el análisis espacial con las existentes y se hizo la recomendación de modificar los parámetros de toma de fotografías para mejorar la calidad de estas.

Objetivos

Red sensorial:

Ampliación de la red de sensores de monitoreo ambiental existente en el campus de la universidad, así como en el bosque de la primavera, basada en redes inalámbricas de sensores, que además del sentido experimental apoye al mismo tiempo a la universidad en otorgar sus servicios a la comunidad de una manera eficiente y sustentable.

Fotogrametría:

Para lograr obtener las ortofotos del bosque de la primavera que nos ayuden a identificar los lugares en los cuales es necesario actuar, se requiere un vehículo aéreo no tripulado el cual estará equipado con una cámara con la resolución suficiente para poder analizarlas. Se necesitan realizar los cálculos correspondientes para poder realizar un barrido de la zona en el menor tiempo y maximizar el rendimiento de las baterías de los drones escogidos para la labor. El análisis y la creación de la ortofoto se harán con sistemas de información geográfica.

Justificación

Red sensorial:

Este proyecto tiene como finalidad utilizar estas tecnologías como lo es el *IoT* o internet de las cosas por sus siglas en inglés y dispositivos especializados para ampliar una red de sensores que monitoree un área designada dentro del campus ITESO y de un área en el Bosque de la primavera, así como unos sensores dentro de la planta de tratamiento de agua para medir la calidad de esta con el objetivo de dar a conocer esta información a quienes la requieran. La información se almacena en un servidor y se puede reportar a través de sitios web o aplicaciones móviles.

Drones para fotogrametría:

El proyecto se realiza con el fin de generar imágenes de alta resolución del bosque de la primavera, para darle seguimiento a las áreas boscosas, identificar las áreas afectadas por incendios y saber el estado de salud de los árboles, para que posteriormente se realicen las estrategias necesarias de restauración y/o control de incendios forestales, así como tratamiento de enfermedades detectadas en los árboles.

Antecedentes del proyecto

Red sensorial:

Se cuenta con una red de sensores de monitoreo ambiental los cuales están ubicados en las instalaciones del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) así como en el Bosque de la Primavera. La red cuenta con equipos *Waspmote* que nos permiten medir O3, CO2, CO, Temperatura, Humedad y Partículas suspendidas. También se cuentan con equipos que nos permiten medir la humedad y temperatura del suelo cercano a árboles. La red de sensores se comunica a través de módulos *Zigbee* entre sí y reporta al servidor a través de Wi-Fi o red celular dependiendo del sensor que se tiene. Recientemente hubo un incendio en el bosque de la primavera, el cual destruyó los sensores que se tenían instalados en los predios pertenecientes al ITESO. En el PAP de Calidad de aire en el semestre primavera 2019 se realizaron comparaciones de los sensores *Waspmote* contra las estaciones de monitoreo ambiental de la SEMADET, específicamente la estación que se encuentra en Santa Fe en el municipio de Tlajomulco. Se cotejaron los datos obtenidos de una semana de ambas estaciones y los resultados fueron bastante diferentes en cuanto a magnitud, sin embargo, se observan tendencias similares en los resultados.

Drones para fotogrametría:

En cuanto al proyecto de fotogrametría, se cuentan con un par de drones, los cuales han presentado algunas dificultades técnicas al momento de operarlos por los que se requiere analizar un poco el funcionamiento de estos para mejorarlo. El equipo está programado para seguir programas de vuelo que están establecidos por puntos marcados geográficamente que el dron sigue en modo de vuelo automático para hacer un barrido del área deseada. Los drones cuentan con una cámara fotográfica Canon de 20 megapíxeles con un intervalómetro que toma fotos cada segundo durante la duración del vuelo. Los drones cuentan con un registro de las posiciones geográficas en las cuales estuvo y también se registra el momento exacto en el cual lo hizo para posteriormente georreferenciar las imágenes tomadas con las cámaras para la creación de las ortofotos.

Identificación del problema

Debido al crecimiento acelerado de la población y que, según la ONU, en 2050 el 70% de las personas habitará en las grandes ciudades, es de suma importancia tener monitoreado el medio ambiente y el aire que respiramos para estar atentos a cualquier cambio en su composición y poder actuar correctamente ante alguna contingencia. En la Zona Metropolitana de Guadalajara se presenta una disminución significativa en la calidad del aire debido al gran parque vehicular existente, a las grandes empresas que arrojan emisiones de contaminantes criterio a la atmósfera y los incendios

forestales ya sean provocados por el hombre o naturales. Surge la necesidad de monitorear la calidad del aire constantemente para generar reportes y poder informar a la población para actuar a tiempo en caso de que se presente alguna contingencia.

Actualmente la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) es el hogar de aproximadamente 5 millones de personas (INEGI,2015) y es de suma importancia mantener a la gente informada de la calidad del aire que respiran y del estado actual de las áreas naturales que los rodean, siendo una de estas el Bosque de la Primavera. El Bosque ha sido afectado por diversos incendios ya sean provocados o por causas naturales que se repiten año tras año y que al menos en 2019, según la CONAFOR, se han quemado más de cinco mil hectáreas entre los meses de abril y mayo. Surge la necesidad de monitorear la zona desde el aire con vehículos no tripulados para analizar lugares de difícil acceso y abarcar grandes porciones de territorio con imágenes de alta resolución.

Sustento teórico y metodológico

Red de sensores:

Recapitulando lo que dice SIMAJ me quedo con que El Sistema de Monitoreo Atmosférico de Jalisco que está constituido por un sistema de RED automática la cual está coordinada de acuerdo a convenios de coordinación y operación entre el gobierno del Estado de Jalisco por medio de la SEMADET y los ayuntamientos de los municipios pertenecientes a la ZMG. Se cuenta con 10 estaciones las cuales miden de manera continua la concentración de contaminantes en el área urbana, las estaciones están distribuidas de acuerdo con los criterios establecidos, procurando que donde se instalen sea representativo para la población. Una de las estaciones de monitoreo se encuentra localizada en el municipio de Zapopan, específicamente en Las Águilas, sobre la unidad administrativa. (SIMAJ, 2013)

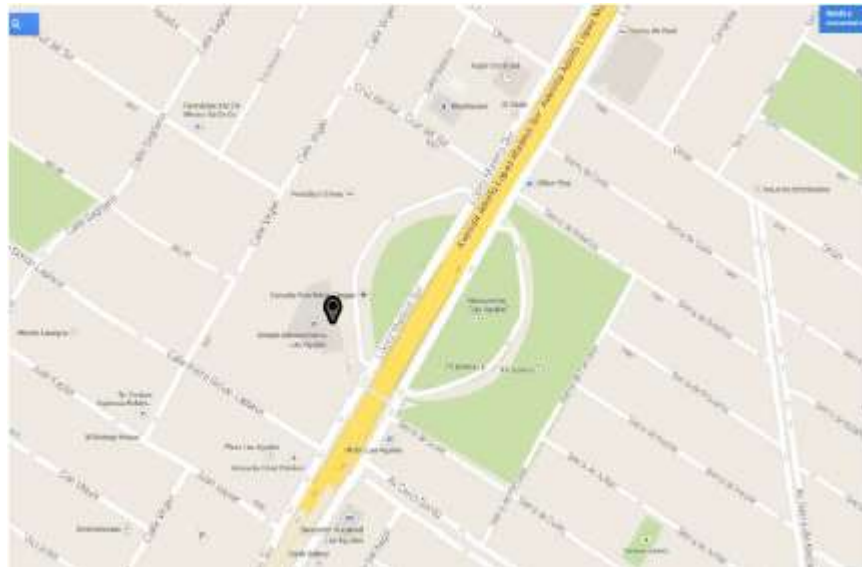


Figura 1 Ubicación de estación de monitoreo Las Águilas de SEMADET

Por otro lado, en el ITESO, se cuenta con una plataforma de sensores los cuales son modelo *Waspote* de la marca *Libelium*. Los sensores están diseñados para ser de bajo consumo de energía y completamente autónomos, conectándose entre sí por redes inalámbricas y guardando los datos de las lecturas en servidores externos. Uno de los sensores del ITESO se encuentra ubicado en la colonia las águilas y realiza mediciones cada media hora.

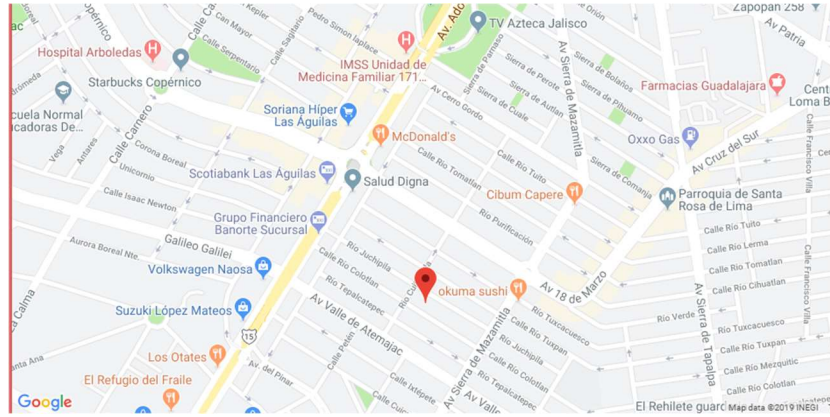


Figura 2 Ubicación de sensor de monitoreo Waspote

Drones:

FOTOGRAMETRÍA

La fotogrametría etimológicamente se deriva de las palabras griegas que significan *photos*, *gramma* y *metrón* que significan luz, escrito y medir respectivamente. Utilizando el conjunto de las palabras, el significado sería medir gráficamente por medio de la luz.

La definición de fotogrametría, dada por la sociedad americana de fotogrametría y sensores remotos (ASPRS) es la siguiente: El arte, ciencia y la tecnología para obtener información confiable de objetos físicos y su entorno, mediante el proceso de exponer, medir e interpretar tanto imágenes fotográficas como otras, obtenidas de diversos patrones de energía electromagnética y otros fenómenos.

La fotogrametría es un conjunto de procedimientos y métodos en los cuales, mediante el uso de fotografías de una superficie se pueden deducir dimensiones de este. La fuente principal de información son fotografías tomadas normalmente desde el aire de las cuales se realizan análisis cualitativos. La fotogrametría es utilizada para reconstrucción de mapas y creación de imágenes 3D de una superficie a partir de imágenes 2D. La técnica existe desde el siglo 19, sin embargo, con las herramientas actuales es posible recolectar información más rápido y desde vehículos no tripulados.

Las aplicaciones de la fotogrametría pueden ser desde agricultura de precisión utilizando fotografías térmicas para controlar las cosechas, levantamientos topográficos para ingeniería civil mediante la creación de ortofotos con modelos de elevación digital que pueden ser utilizados también para minería y para medición de terrenos en poco tiempo.

Planeación y seguimiento del proyecto

Red de sensores:

Ampliación de red sensores de monitoreo que nos permitan medir los contaminantes criterio, factores meteorológicos, la temperatura y humedad del suelo, así como la calidad del agua de la planta de tratamiento. Añadiendo un pluviómetro y un nodo utilizado para medir CO², O², temperatura y humedad del aire. Instalar para cada uno de los sensores la etapa de potencia adecuada para su correcto funcionamiento.

Realizar comparación entre sensores *Waspmote*, *Kunak* y los utilizados por el SIMAJ para determinar cuáles son los más acercados a las mediciones correctas.

Drones:

El proyecto se realiza con el fin de generar imágenes de alta resolución del bosque de la primavera, para darle seguimiento a las áreas boscosas, identificar las áreas afectadas por incendios y saber el estado de salud de los árboles, para que posteriormente se realicen las estrategias necesarias de restauración y/o control de incendios forestales, así como tratamiento de enfermedades detectadas en los árboles. Construir y programar un vehículo no tripulado capaz de cargar una cámara para fotogrametría y tener acceso a lugares remotos en menor tiempo.

Plan de trabajo

Drones:

Tabla 1 Plan de trabajo Drones para Fotogrametría

Producto	Sub-Producto	Actividades	Fecha de entrega	Horas estimadas	Responsable	Participante 1	Tipo
Ortofoto generada				32			
2.1	Imágenes tomadas por dron	Obtención de imágenes	5 de junio	1	Profe	Fernando	Operativo
	Imágenes tomadas por dron	Captura de imágenes con dron en BLP	6 de junio	3	Profe		Técnico
2.2	Documento que describa los programas para generar ortofotos	Documento que describa el programa seleccionado para generar las ortofotos: Determinación del programa a utilizar realizando pruebas	13 de junio	10	Fernando		Técnico
2.4	Ortofotos	Documento del proceso que se siguió para generar la ortofoto: Procesamiento de imágenes	17 de junio	15			Operativo
2.5	Información obtenida con ortofoto	Documento de la información que puede obtenerse con la ortofoto: Recopilación de información obtenida del software	01 de julio	3			Profesional

Red de sensores:

Tabla 2 Plan de trabajo Red de sensores

Producto		Sub-Producto	Actividades	Fecha	Tiempo en Horas	Responsable	Participantes	Tipo
Reinstalación de nodo sensor entre biblioteca y edificio central	1.4	Reporte de comparación de lecturas de prueba	Realizar lecturas de prueba y comparar los resultados con los actuales.	20-jun	10	Fernando	Fernando	Tecnico
Reinstalación de nodo de medición dentro de la planta de tratamiento de agua (Waspote - WiFi).	4.3	Insalación de nodo en PTAR	Visita a la planta para reactivar el nodo. (Agendar visita)	02-jul	3	Esteban	Todos	Operativo
Instalación de un nodo de medición de humedad del suelo y temperatura en el área del Bosque	5.3	Sensor de Temperatura y Humedad en BLP	Instalar el nodo.	05-jul	2	Fernando	Fernando	Operativo
Instalar varios nodos con sensores de temperatura y humedad del suelo dentro del campus con red ZigBee, conectándose a los routers ya instalados (Waspote – ZigBee).	7.4	Reporte de comparación de lecturas.	Comparar Waspote con sensores de Semadet	17-jul	10	Fernando	Fernando	Tecnico

Recursos humanos

Red de sensores:

Luis Roberto Lomeli Plascencia, estudiante de ingeniería electrónica.

Diego Eduardo Reyna Cruz, estudiante de ingeniería electrónica.

Enrique Alvarado Requena, estudiante de ingeniería electrónica.

Fernando Iván Rico Quintero, estudiante de ingeniería ambiental.

Dr. Jorge Arturo Pardiñas Mir, cliente y asesor en producto.

Dr. Carlos González Figueredo, asesor de redes de sensores.

Drones:

Fernando Iván Rico Quintero, estudiante de ingeniería ambiental.

Diego Eduardo Reyna Cruz, estudiante de ingeniería electrónica.

Gustavo Araiza Obeso, estudiante de ingeniería electrónica.

Esteban González Moreno, estudiante de ingeniería electrónica.

Mtro. Hugo de Alba Martínez, asesor en fotogrametría y sistemas de información geográfica.

Recursos tecnológicos

Drones:

Mission Planner, que permite realizar las misiones de vuelo de los drones y exportar los logs.

Agisoft Metashape Pro, que sirve para procesar las fotos y crear ortofotos.

GeoSetter, que se utiliza para georreferenciar las fotografías tomadas.

Red de sensores:

IDE Waspnote, que sirve para programar el funcionamiento del *Waspnote*.

IDE Arduino, utilizado para hacer pruebas con el pluviómetro.

X-CTU, que permite configurar los módulos *X-Bee*

Recursos materiales:

Red de sensores:

Tarjetas Grove-XBee Carrier

X-Bee Carrier es una tarjeta base para la creación de Redes de Sensores Inalámbricas (WSN) diseñada para ser utilizada con módulos de la serie *Bee*; en el caso del proyecto se utiliza en conjunto con la tarjeta *XBee*. Cuenta con un cargador USB, una batería y un cargador solar para la batería.

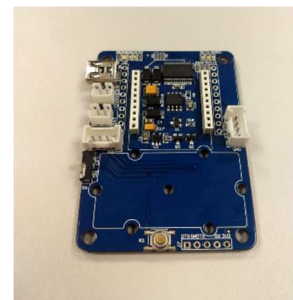


Figura 3 Tarjeta Grove-XBee Carrier



Figura 4 Módulo XBee Zigbee

Módulos XBee ZigBee

Dispositivos de bajo costo y bajo consumo de energía para la constitución de redes inalámbricas de sensores empleando el protocolo ZigBee.

Bases DIP para módulo XBee

Se utiliza para conectar el módulo *Xbee* a un microcontrolador, al ser una versión de 5V se puede conectar directamente al Arduino.



Figura 5 Base DIP para módulo XBee



Figura 6 Gateway WiFi-ZigBee

Gateway WiFi-ZigBee

El Gateway es un dispositivo que permite la recepción de tramas de datos de sensores provenientes de módulos XBee ZigBee configurados como nodos de muestreo (*End Devices*) y de nodos *Wasmote* que emplean la trama ZigBee de envío de datos. De las tramas recibidas se obtiene la información de los valores de los sensores medidos y se envían al servidor del sistema en el formato de la trama de transmisión de datos, empleando un medio de comunicación hacia internet.

Arduino UNO

Según MiArduino, Arduino Uno es una placa electrónica basada en el microcontrolador ATmega328. Cuenta con 14 entradas/salidas digitales, de las cuales 6 se pueden utilizar como salidas PWM (Modulación por ancho de pulsos) y otras 6 son entradas analógicas. Además, incluye un resonador cerámico de 16 MHz, un conector USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de reseteado. La placa incluye todo lo necesario para que el microcontrolador haga su trabajo, basta conectarla a un ordenador con un cable USB o a la corriente eléctrica a través de un transformador. (JADIAZ, 2016)



Figura 7 Arduino UNO

Sensores *Vegetronix* de Humedad VH-400 y Temperatura TERM200 para suelo.

El THERM200 es un sensor de temperatura del suelo con un rango de -40°C a 85°C con una precisión de 0.125°C. La forma de medir la temperatura es mediante la salida de voltaje del sensor, donde 0V hace referencia a -40°C y 3V a 85°C.



Figura 8 Sensor THERM200



Figura 9 VH400

El VH400 es un sensor de humedad del suelo el cual mide la constante dieléctrica de la tierra. La forma de medir la temperatura es mediante la salida de voltaje del sensor, donde 0V hace referencia a bajos niveles de humedad y 3V a altos niveles de humedad.

Waspote Plug&Play con 1 antena y 2 sensores conectados (Temperatura y Humedad)

Es un encapsulado sensorial que cuenta con diversas conexiones para unir sondas que permiten realizar mediciones simultáneas y crear redes modulares reduciendo el tiempo de instalación y mantenimiento de estas. Los dispositivos *Waspote* cuentan con tecnología 3G para subir los datos a la nube desde cualquier lugar que tenga acceso a la red y tienen protección contra agua y polvo.



Figura 10 Nodo Waspote



Figura 11 Weather Station WS3000

Weather Station WS3000

Es un kit que se puede conectar al *Waspote*, consiste en 3 sensores los cuales son: anemómetro, veleta y pluviómetro. Generalmente es utilizado en agricultura, sin embargo, por su bajo costo y funcionalidad se puede utilizar en otros lugares como estación meteorológica.

Drones:

Dron F450 DJI: (Ejemplo de modelo)



Figura 12 Dron DJI F450

A continuación, se mostrará una lista de los componentes utilizados y una pequeña descripción de este.

Chasis del dron:

Este dron cuenta con un chasis modelo F450, el cual consta de una estructura de 4 brazos de plástico resistente con un centro en PCB en cual es posible montar los ESC para los motores, así como la controladora, batería, etc.



Figura 13 Chasis del dron



Figura 14 Motores 920kv para dron

Motores 920kv:

El motor 920Kv es un poderoso reemplazo para cualquier aplicación multirrotor. Con un peso de 54 g, este motor es capaz de producir hasta medio kilogramo de empuje sobre un puntal estándar DJI. Fabricado a los más altos estándares de rendimiento y fiabilidad óptima.

ESC:

Por sus siglas (*Electronic Speed Controller*) nos encontramos ante un controlador de velocidad electrónico. Un sistema capaz de definir la velocidad de giro de un motor *brushless* mediante la generación de pulsos compatibles con este tipo de motores.



Figura 15 Controlador de velocidad electrónico



Figura 16 Unidad GPS para dron

GPS:

La unidad GPS es la encargada de transmitir información sobre la posición en el planeta a la controladora de vuelo. Dicha conexión se realiza mediante un protocolo de comunicación serie estandarizado conocido como NMEA. Basta con conectar correctamente la unidad de GPS a la controladora (teniendo en cuenta como siempre que los conectores Tx van a Rx y viceversa en ambos dispositivos).

Controladora:

Esta controladora posee un procesador de 32 bits ARM Cortex M4F capaz de realizar unas asombrosas 252MIPS a 168MHz. Adicionalmente, incorpora un coprocesador de emergencia redundante también de 32 bits. La alimentación se puede realizar desde el conector *Power*, desde el bus de entradas y salidas o desde el conector USB con un funcionamiento redundante. Se pueden tener todos conectados al mismo tiempo y conseguir mayor tolerancia ante faltas de tensión en alguna entrada.

En cuanto a los sensores, cuenta con:

- Acelerómetro de seis ejes con 14 bits de resolución.
- Giróscopo con 16 bits de resolución.
- Barómetro con una precisión mayor a 50cm.

En cuanto a comunicaciones y puertos de entrada y salida tenemos:

- 5 puertos serie (dos de ellos con control de flujo por hardware).
- 2 puertos CAN Bus
- Puerto *Spektrum DSM Satellite*
- S.BUS I/O
- Entrada de radio tipo PPM
- RSSI (mediante PWM o tensión)
- 1 puerto I2C
- 1 puerto SPI
- Entradas analógicas
- 8 salidas de motor (PWM)
- 6 entradas/salidas auxiliares digitales
- Puerto microUSB y microSD



Figura 17 Controladora PixHawk



Figura 18 Batería para dron

Batería

La batería es uno de los elementos electrónicos que más cuidadosamente se debe elegir. Principalmente se emplean baterías de LiPo y las tensiones que ofrecen junto con su capacidad y peso es la elección que cada cual debe hacer.

Telemetría:

La radio telemetría usa tecnología de radio para realizar medidas remotas con motivo de analizar información. Los datos son transferidos de un punto a otro por medio de un sistema de radio para crear sistemas de radio telemetría, habilitando a los usuarios para poder reunir información y usarla para determinar algo sobre un objeto o cosa. Normalmente el sistema requiere instrucciones externas para poder hacer sus funciones. Esto se hace por medio de un proceso llamado control de tele comandos.



Figura 19 Antenas y módulo para telemetría



Figura 20 Buzzer para pixhawk

Buzzer:

Con el buzzer el sistema nos proporciona su estatus por medio de sonidos, así podemos conocer si todo está funcionando perfectamente o cuenta con un error.

Switch:

El interruptor de seguridad (botón de seguridad) es un componente obligatorio del sistema de piloto automático Pixhawk, te permite manejar la seguridad de tu vehículo desactivando los motores hasta que actives el interruptor. El interruptor de seguridad incluye un conector de tres posiciones para conectar directamente al piloto automático.



Figura 21 Interruptor de seguridad

Fechas previstas

Fecha	Propósito	Acuerdos
Semana 1	Reunión de equipo para definir alcances del proyecto.	Se creó el documento de inicio y se definieron los alcances y entregables del proyecto.
Semana 2	Reunión con maestros Hugo de Alba y Carlos González Figueredo para ver softwares a utilizar.	Se definieron los programas a utilizar y la forma de analizar los datos obtenidos.
Semana 3	Junta con profesor Jorge Pardiñas para ver requerimientos del cliente.	Se establecieron los requerimientos del cliente para los entregables.
Semana 4	Junta con maestros Carlos Figueredo y Jorge Pardiñas por separado para ver análisis de datos.	Se estableció el intervalo y los sensores a comparar.
Semana 5	Junta con integrantes del equipo de Redes de sensores para checar documentación de <i>SmartWater</i>	Se estudió el proceso para calibración del sensor y se determinaron los materiales a utilizar
Semana 6	Sesión en laboratorio con equipo de Sensores para calibración de nodo <i>SmartWater</i>	Se calibraron en el laboratorio del DPTI los electrodos para instalar el nodo.
Semana 7	Sesión con profesor para revisar entregables del proyecto	Se revisaron los entregables del proyecto y el avance realizado.

Desarrollo de propuesta de mejora

Red de sensores:

Reporte de comparación de lecturas de prueba

Se descargaron datos de la página del SIMAJ correspondientes a la estación de monitoreo Las Águilas en un intervalo de tiempo comprendido del 26 de junio al 1 de julio de 2019. También se descargaron los datos de los sensores *Waspnote*, *Waspnote PRO* y *KUNAK* ubicados cerca de la estación del SIMAJ en la colonia Las Águilas.

Debido a que los datos del SIMAJ se reportan como promedios de cada hora y los datos de los sensores *Waspnote* y *Waspnote PRO* se reportan cada media hora, se realizaron manualmente los promedios horarios para poder compararlos.

Posteriormente se descargaron datos de nodos *Waspnote PRO* los cuales están ubicados en diferentes puntos rodeando al bosque de la primavera.

Los nodos *Waspote* PRO son:

Nodo P2 – Tala

Nodo P5 – Ejido La Primavera

Nodo P6 – Mariano Otero

Nodo P7 – San Isidro Mazatepec



Figura 22 Ubicación de sensores *Waspote* PRO

En cuanto al NO₂, representado en la Figura 24, las lecturas entre los sensores *Kunak* y *Waspnote* PRO tuvieron tendencias similares, aunque diferentes a las mediciones realizadas por el SIMAJ. En cuanto al *Waspnote* normal, se tuvieron que dividir los datos entre 10 para que lograra entrar en el rango de las demás y comparar las tendencias, las cuales fueron diferentes a los demás sensores.

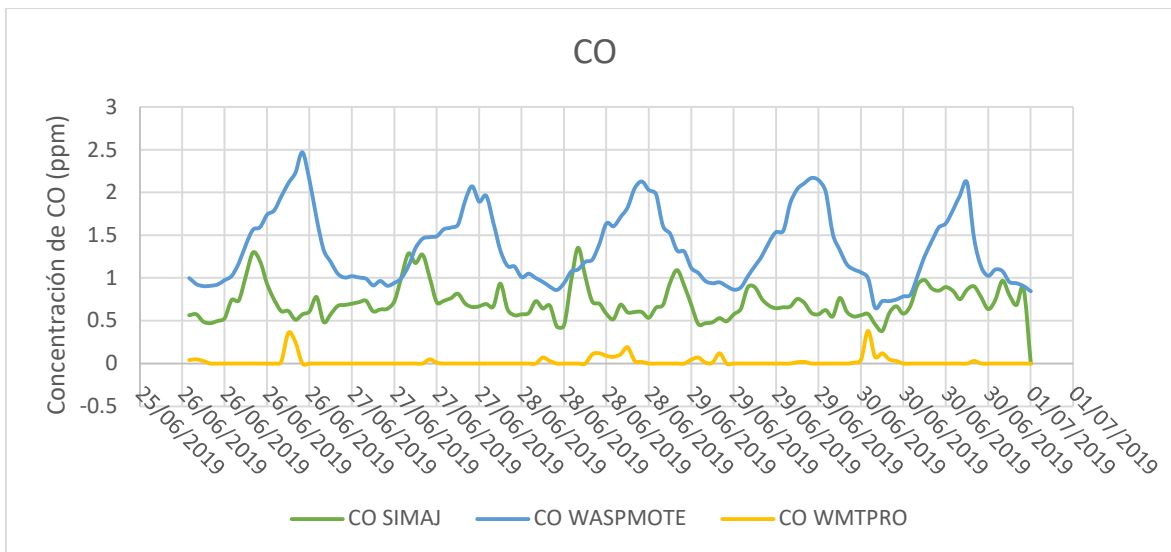


Figura 25 Concentración de CO medida por diferentes sensores

Las mediciones de monóxido de carbono solo fueron hechas por los sensores *Waspnote*, *Waspnote* PRO y el SIMAJ. Las mediciones son completamente diferentes en los tres casos por lo que no hay un sensor que haya tenido mayor parecido al que en este momento es el que utilizamos como referencia, el de SIMAJ.

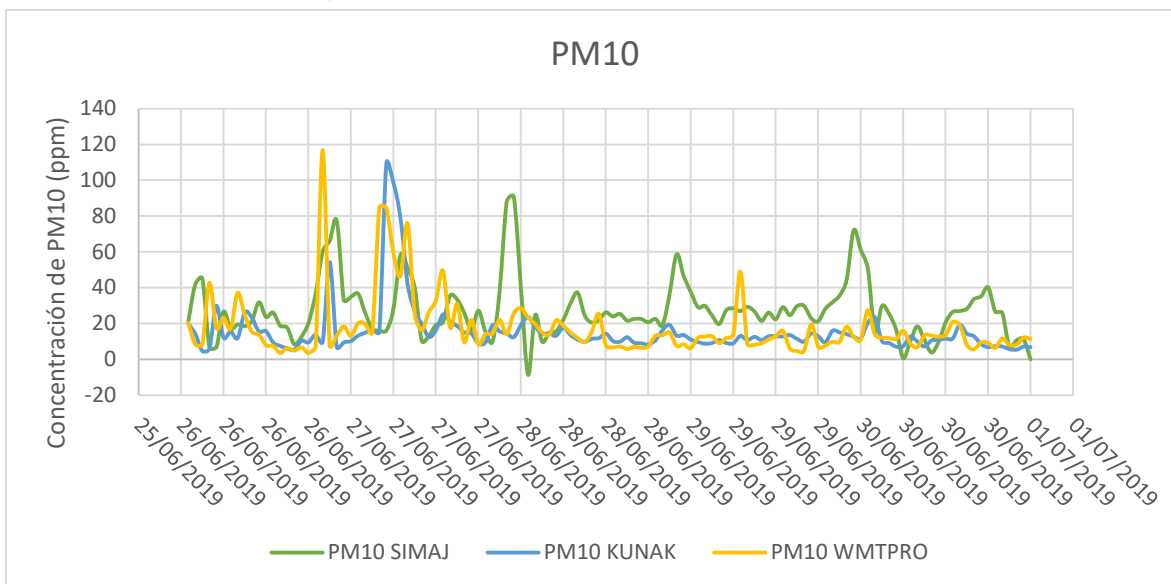


Figura 26 Concentración de PM10 medida por diferentes sensores

Como podemos apreciar en la Figura 26, las mediciones realizadas tuvieron cierta congruencia al principio, sin embargo, a partir del día 27 a las 10PM, los datos del SIMAJ y de los sensores *Kunak* y *Waspnote* PRO conservan la misma tendencia entre sí, pero diferentes a las lecturas realizadas por los sensores del SIMAJ.

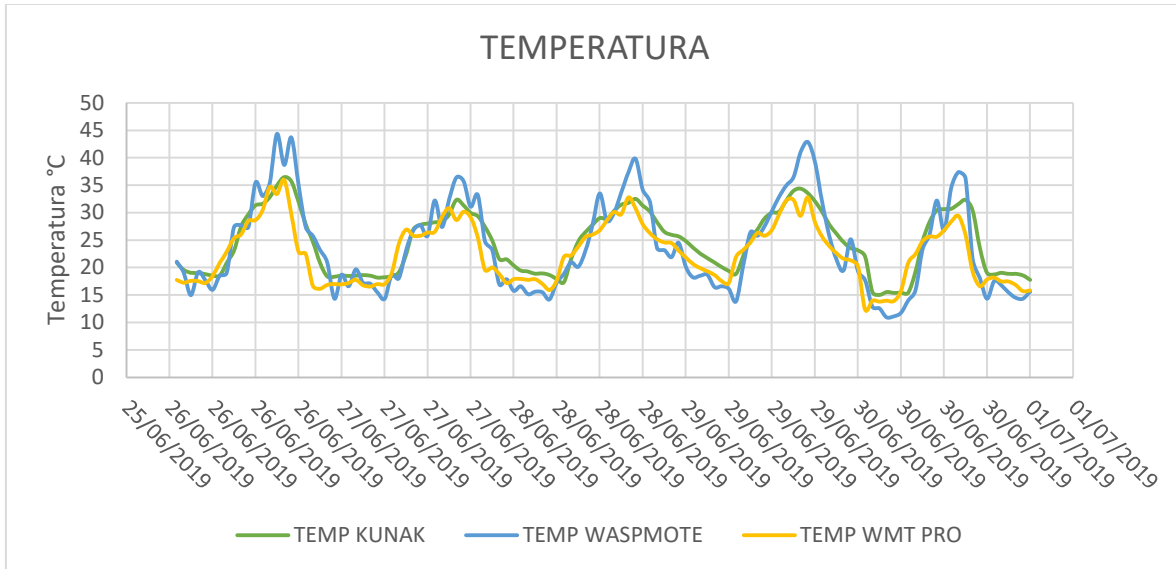


Figura 27 Mediciones de Temperatura realizadas por diferentes sensores

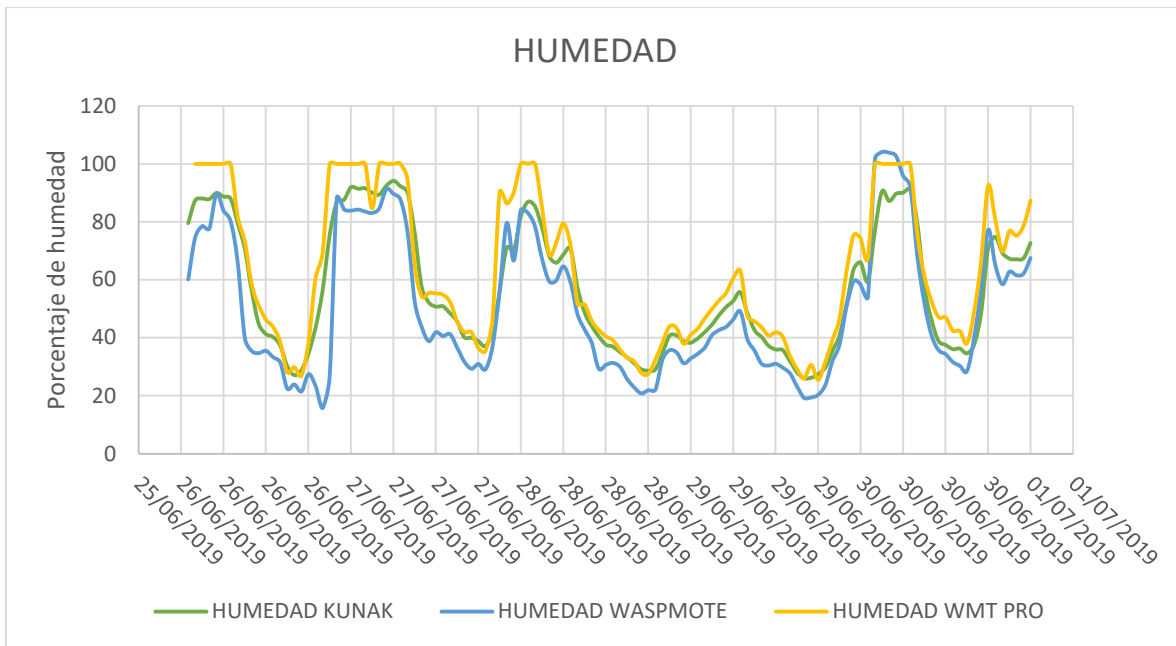


Figura 28 Mediciones de Humedad realizadas por diferentes sensores

En el caso de la temperatura y humedad, las mediciones se realizaron con los sensores *Kunak*, *Waspnote* PRO y *Waspnote*. Las mediciones tuvieron valores similares en ambos casos.

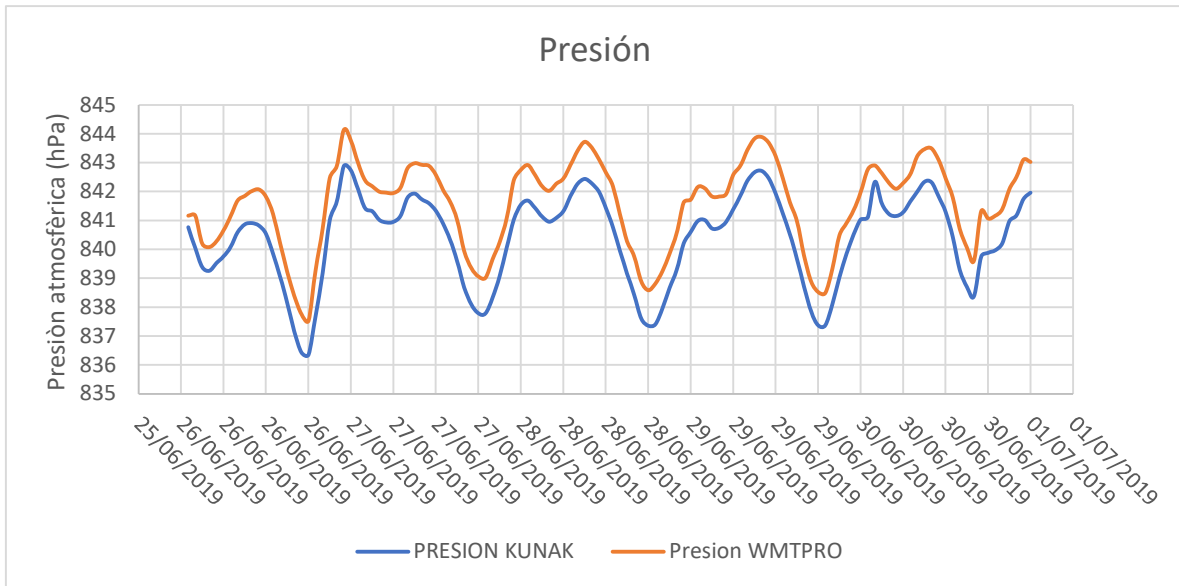


Figura 29 Mediciones de presión atmosférica realizadas por diferentes sensores

Las mediciones de presión atmosférica se realizaron con los sensores *Kunak* y *Waspnote* PRO, los resultados fueron bastante parecidos en ambos casos, teniendo valores un poco menores con el sensor *Kunak* que los del sensor *Waspnote* PRO.

Conclusiones

Debido a que las estaciones se encuentran ubicadas en lados diferentes de la Av. López Mateos en Zapopan, una de las más transitadas en la ciudad, se debe tomar en cuenta que los valores deberían ser diferentes ya que la avenida cambia totalmente la dinámica del viento y de los contaminantes en ambos lados de esta. En el caso del SIMAJ, la estación se encuentra a escasos metros de la avenida mientras que el sensor *Waspnote* instalado por el ITESO se encuentra más retirado por lo que las mediciones deberían de ser diferentes. Tomando en cuenta que las estaciones de monitoreo cubren un área de 2km a la redonda (SIMAJ,2013), los datos obtenidos a menos de 500 metros en línea recta de la estación como lo está el módulo *Waspnote* deberían de ser similares pero no lo son en todos los casos, debido a que se lograron ver comportamientos similares entre el *Waspnote* PRO y el sensor *Kunak* en mediciones de ciertos contaminantes y éstos eran diferentes a los registrados por los sensores del SIMAJ, es necesario instalarlos en el mismo lugar para poder hacer la comparación real de los sensores ya que a simple vista el único de los sensores que no presenta tendencias similares a los demás es el *Waspnote*.

Calibración de nodo de PTAR

Los sensores *Smart Water* sirven para realizar mediciones en agua para tener un control de la calidad de esta. El agua resultante de la planta de tratamiento de aguas del ITESO se utiliza para riego de los jardines del campus.

Libelium, la marca que fabrica los sensores de monitoreo tiene diferentes opciones para los electrodos a conectar al sensor principal y medir diferentes variables. En el caso del *SmartWater* que se instaló en la planta de tratamiento de aguas, se cuentan con los sensores de pH, oxígeno disuelto, conductividad, potencial óxido-reducción y temperatura.



Figura 30 Calibración de sensor *SmartWater*

Desarrollo

El sensor *SmartWater* cuenta con 6 conexiones para electrodos, las posiciones son las siguientes:



Figura 31 Conexiones disponibles en sensor

Se conectaron los electrodos al *SmartWater* con el siguiente acomodo:

Tabla 3 Conexiones de sensores

Conexión	Sensor
C	PH
E	OXIGENO DISUELTO
F	CONDUCTIVIDAD
B	POTENCIAL OXIDACION REDUCCION (ORP)
D	TEMPERATURA

pH

Se utilizaron soluciones búfer de pH 4, 7 y 10 que fueron solicitadas en el almacén de los laboratorios del Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales (DPTI) del ITESO. Se realizó la calibración siguiendo las instrucciones que el proveedor tiene para calibración y utilizando el código proporcionado por el cliente al que se le tuvo que hacer una modificación para que pudiera compilar y cargarlo en el aparato.

El primer paso del procedimiento para calibrar el sensor del pH es enjuagar el electrodo con agua destilada y sumergirlo en la solución búfer de pH 4 al mismo tiempo que el sensor de temperatura. Se espera a que se estabilice la lectura y se anota el valor que reporta la consola del programa. Se repiten los pasos para los pH de 7 y 10.

Los valores reportados fueron los siguientes:

PH 4

pH value: 2.2532024383volts | temperature: 25.2089233398degrees | pH Estimated:
3.6913876533

PH 7

pH value: 2.1153616905volts | temperature: 25.0359497070degrees | pH Estimated:
6.3704915046

PH 10

pH value: 2.0591187477volts | temperature: 24.2330322265degrees | pH Estimated:
7.4882159233

Oxígeno disuelto

En el caso del oxígeno disuelto (OD) se siguió el procedimiento establecido en el manual. Se cargó el programa proporcionado por el cliente para calibración y se abrió el monitor para revisar las lecturas.

Para realizar la medición de 100% de Oxígeno disuelto se enjuagó con agua destilada y se dejó el electrodo al aire. Se anotó el valor obtenido en el monitor.

En el caso del valor cero de oxígeno disuelto se realizó el procedimiento siguiente:

Carga el tanque agua de la llave, se Inyecta aire a flujo máximo desde la bomba, y agita a 600 rpm. Después se sumerge el sensor del medidor de oxígeno disuelto, y determina la concentración de saturación. Una vez medido se apaga la bomba y el agitador. Posteriormente se agrega bisulfito de sodio (Na_2SO_3) para abatir la concentración de oxígeno disuelto a cero. Esto se va a lograr ya que se lleva a cabo la siguiente reacción:



Por estequiometría, la cantidad a agregar de bisulfito de sodio es 7.9 mg /L, por cada miligramo de oxígeno disuelto por litro que se haya medido como concentración de saturación. Además, agrega un 20% más para asegurar que el oxígeno disuelto sea el reactivo limitante. Se agrega CoCl_2 en una concentración tal que se tenga al menos 1.5 mg Co^{+2} /L, calcula para el volumen de agua utilizado. Una vez que el medidor de oxígeno disuelto muestre que la concentración de oxígeno ha bajado hasta el valor de cero (y que se ha estabilizado la medición), proceder a tomar valor para el sensor.

Debido a que la reacción no logró reducir el oxígeno disuelto por completo, se tomó la recomendación del manual de insertar un cero en el valor del código.

Los valores obtenidos fueron los siguientes:

100%: DO Output Voltage: 1.8956743240 DO Percentage: 102.2452697753

0%: Output Voltage: 0 DO Percentage: 0

Conductividad

En el caso de la conductividad se siguió el procedimiento establecido por el proveedor en el manual de uso. Se cargó el programa de calibración en el sensor y se prepararon las disoluciones requeridas para crear 12990 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 80000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En 250mL de agua se disolvieron 4.00 y 6.44 gramos de NaCl respectivamente y se introdujo el electrodo en cada una enjuagándolo con agua destilada antes de introducirlo.

Los valores obtenidos fueron los siguientes:

12880 - Conductivity Output Resistance: 178.92218 Conductivity of the solution (mS/cm):
9434.15332

80000 - Conductivity Output Resistance: 78.83396 Conductivity of the solution (mS/cm):
27293.24218

Potencial Oxido-Reducción

En el caso del sensor de potencial óxido-reducción, se siguió el procedimiento establecido por el proveedor en el manual de uso. Se cargó el programa de calibración en el sensor y se preparó una disolución de acetato de sodio y vinagre para tener un búfer de pH 3.06. Se introdujo el electrodo después de enjuagarlo con agua destilada y se anotaron los datos obtenidos en el monitor. Como la solución genera 225mV, se le resta este valor al obtenido para reportar el offset en el código.

Los valores obtenidos fueron los siguientes:

ORP: ORP Estimated: 0.242 volts

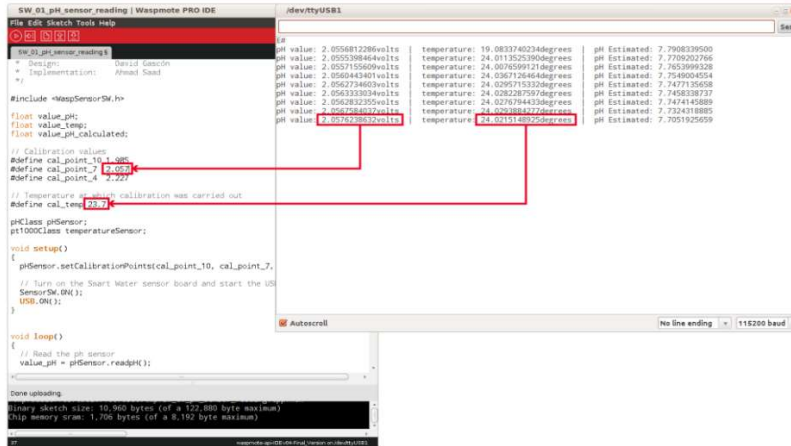


Figura 22 Forma de insertar los valores obtenidos en el código

Una vez obtenidos todos los valores de los sensores, se insertaron en el código de funcionamiento del *SmartWater* para que corriera con los actualizados. En este procedimiento, la única sección del código de funcionamiento que se modifica es la de “*Calibration Values*”.

La sección del código actualizado correspondiente a los valores obtenidos en la calibración es la siguiente:

```
// Calibration values
#define cal_point_10 2.059
#define cal_point_7 2.11
#define cal_point_4 2.253

// Temperature at which calibration was carried out
#define cal_temp 24.82

// Offset obtained from sensor calibration
#define calibration_offset 0.017

// Calibration of the sensor in normal air
#define air_calibration 1.8956

// Calibration of the sensor under 0% solution
#define zero_calibration 0.0

// Value 1 used to calibrate the sensor
#define point1_cond 12880

// Value 2 used to calibrate the sensor
#define point2_cond 80000

// Point 1 of the calibration
#define point1_cal 178.92
```

```
// Point 2 of the calibration
```

```
#define point2_cal 78.83
```

La calibración se realizó el día 3 de julio de 2019, sin embargo, la instalación se realizó días después por fallas con la red a la que se conecta el nodo para subir la información al servidor.

Reporte de comparación de lecturas nodos *Wasmote* PRO

Se descargaron los datos de los siguientes nodos *Wasmote* PRO:

- Nodo P2 – Tala
- Nodo P5 – Ejido La Primavera
- Nodo P6 – Mariano Otero
- Nodo P7 – San Isidro Mazatepec

Los datos obtenidos corresponden a lecturas realizadas desde el 1 de enero hasta el 4 de julio del 2019.

Se utilizaron tablas dinámicas en Excel para realizar los promedios mensuales de los datos obtenidos debido a que se presentan 5604 lecturas.

Una vez obtenidos los promedios mensuales, se compararon con los demás nodos PRO para evaluar el comportamiento de estos.

Resultados

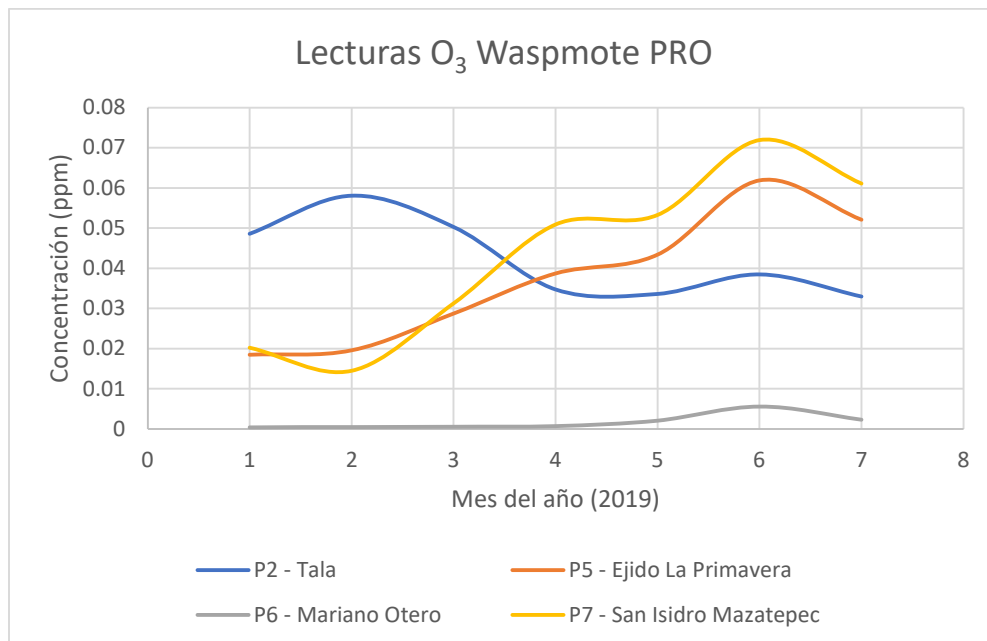


Figura 33 Lecturas de O_3

De la Figura 33 podemos observar cómo se comporta el contaminante O_3 durante la primera mitad del año 2019. Según los datos obtenidos, el sensor P6 instalado en Mariano Otero y el P2 instalado en Tala presentan mediciones menores a los sensores instalados cerca del Bosque, así como tendencias diferentes.

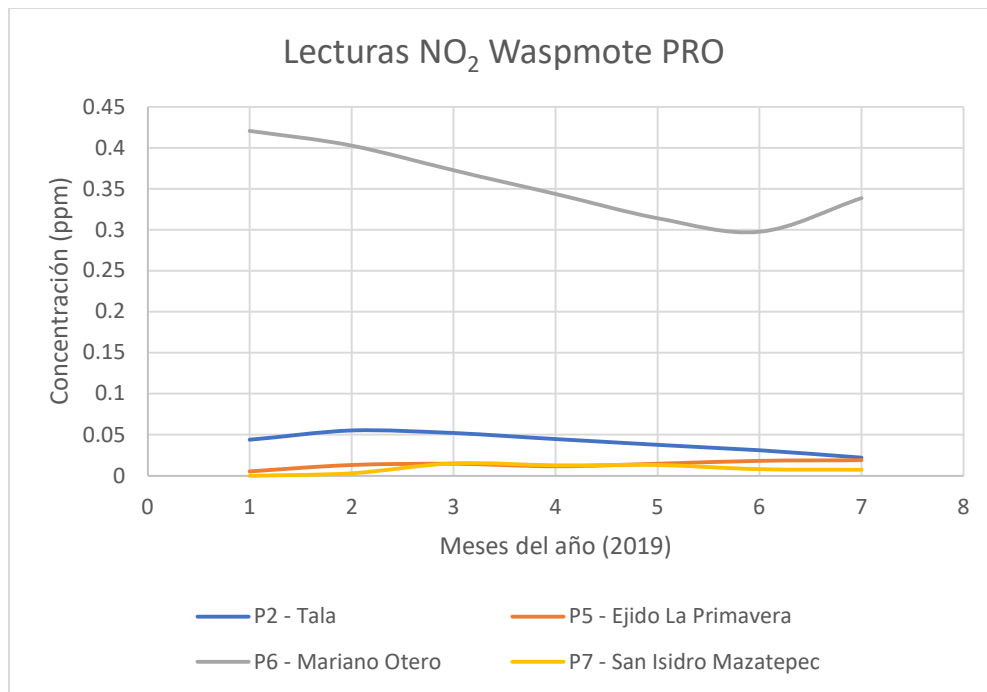


Figura 34 Lecturas de NO₂

Según la Figura 34, el sensor P6 instalado en Mariano otero presenta un comportamiento bastante diferente a los demás sensores.

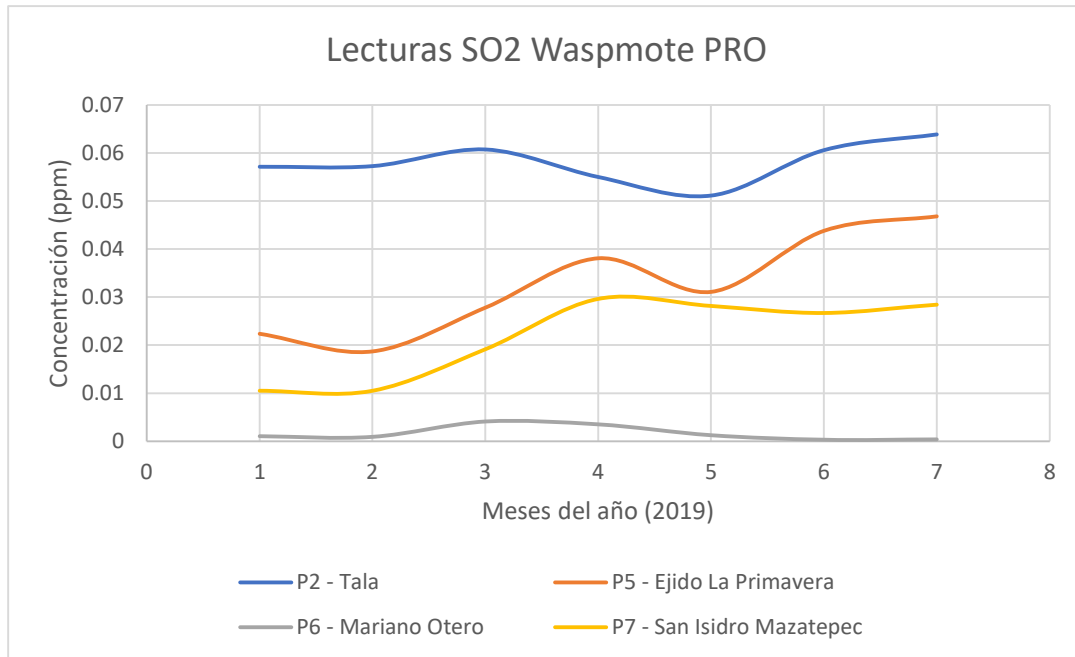


Figura 35 Lecturas de SO2

De acuerdo con la Figura 35, el sensor P6 instalado en Mariano Otero presenta valores menores y tendencias diferentes a los demás sensores instalados. El nodo instalado en Tala presenta valores diferentes, pero se alcanza a notar una tendencia similar.

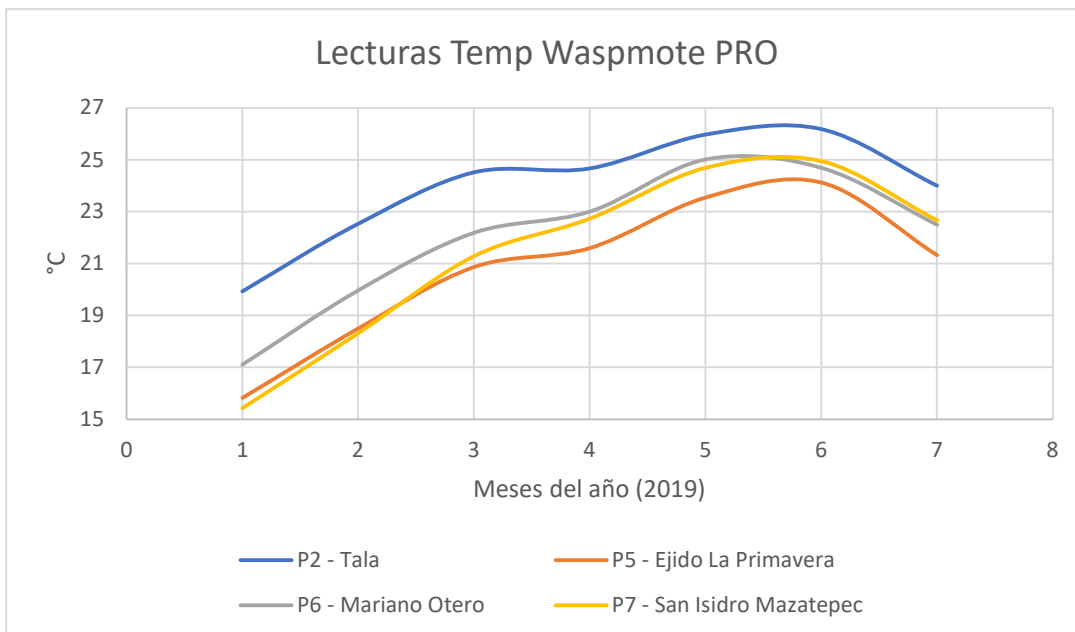


Figura 36 Lecturas de Temperatura

Los valores de temperatura mostrados en la Figura 36 son similares en las cuatro ubicaciones.

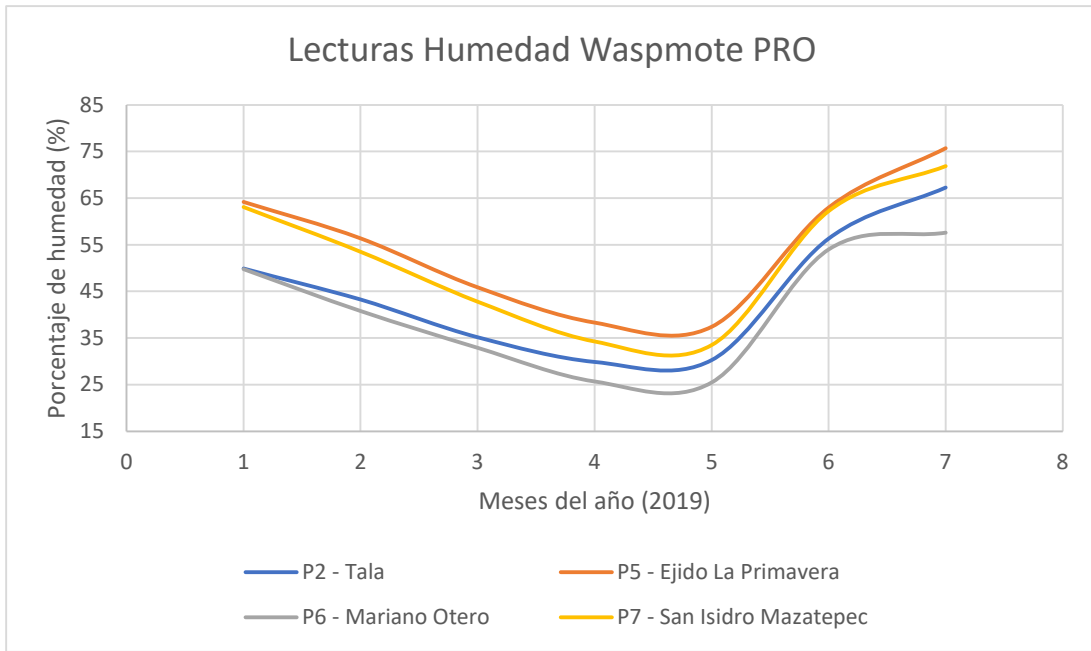


Figura 37 Lecturas de Humedad

Los valores de humedad que muestra la Figura 37 son similares en las cuatro estaciones y siguen la misma tendencia.

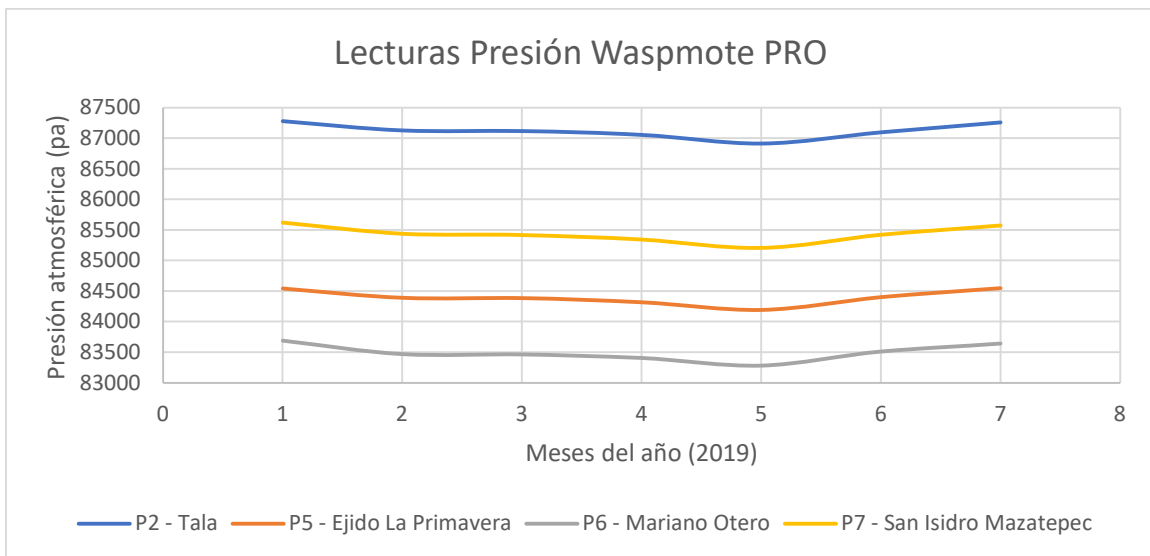


Figura 38 Lecturas de Presión atmosférica

En cuanto a la presión atmosférica, representada por la Figura 38, cada uno de los sensores presenta diferentes valores lo que puede ser debido a que cada uno está instalado a diferente altitud.

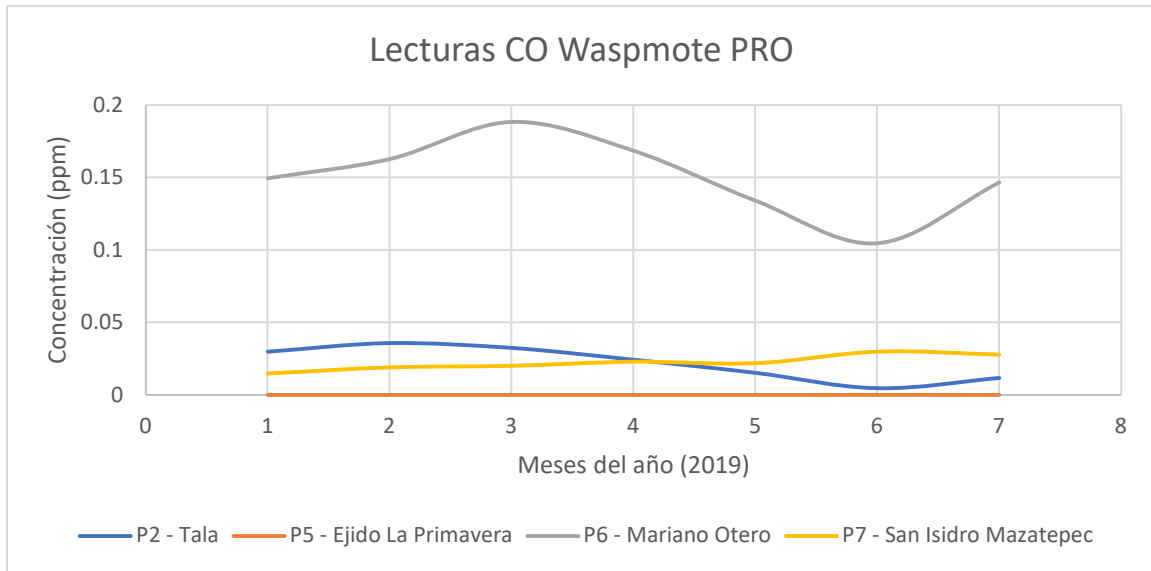


Figura 39 Lecturas de CO

Las lecturas de monóxido de carbono (CO), que podemos observar en la Figura 39, fueron diferentes en cada uno de los sensores teniendo valores significativamente mayores en el nodo P6 instalado en Mariano Otero.

Conclusión

Los nodos presentan comportamientos similares a lo esperado teniendo en cuenta que cada uno está posicionado en diferentes lugares y que la dinámica de los contaminantes no es igual en las zonas. Se esperaba que los valores fueran diferentes, sin embargo, los valores obtenidos por el nodo P6 ubicado en Mariano Otero fueron los que presentaban diferencias mayores a los demás en varias ocasiones por lo que se recomienda realizar un chequeo del equipo para verificar su óptimo funcionamiento

Drones:

Generación de ortofotos

Parte 1. Obtención de fotos.

Mediante el uso de un dron con GPS. Ver Figura 40 y una cámara de 20mpx se tomaron fotos de un predio en el Bosque de la Primavera perteneciente al ITESO. Las fotos fueron tomadas en dos ocasiones, una de ellas fue el 10 de octubre del 2017 y la última fue tomada el 6 de junio de 2019,

dos meses después de un incendio que acabó con casi el 90% del predio. Del vuelo se obtienen las fotografías y el log de la misión del dron. Ver Figura 41.



Figura 40 Dron con cámara



Figura 41 Fotografías obtenidas

Parte 2. Conversión de archivo Tlog a GPX.

Abrir programa Mission Planner.

Hacer clic en **Logs Telemetría**.

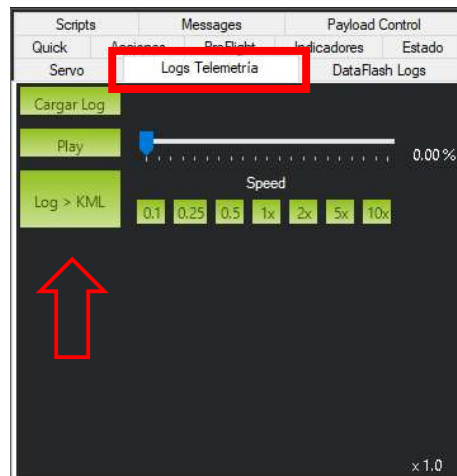


Figura 42

Cargar el log del dron utilizando el botón **Cargar Log**.

Clic en **Log>KML**. Ver figura 42.

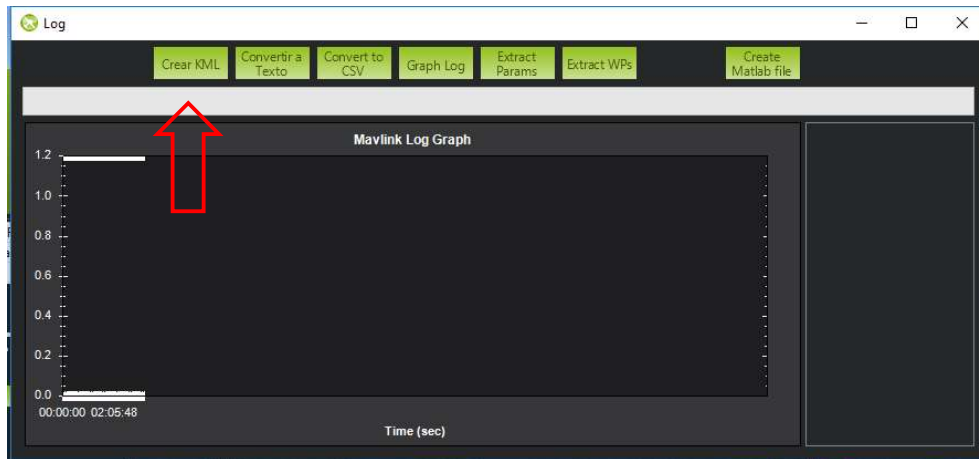


Figura 43

Damos clic en **Crear KML** y seleccionamos el archivo Tlog de la misión.

Si el programa nos pide ingresar la altitud del lugar donde se tomaron las fotos le damos la información, de lo contrario lo dejamos en cero para utilizar altitud absoluta.

En la carpeta de origen se pueden observar los archivos creados.

Parte 3. Georreferenciar imágenes.

Abrir programa **GeoSetter**.

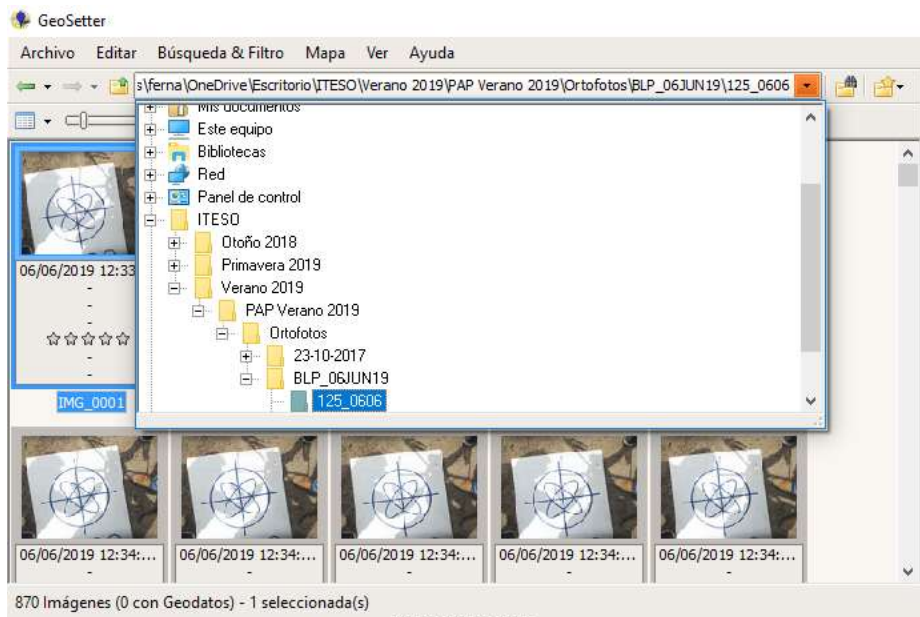


Figura 44

Seleccionar la **carpeta** contenedora de las imágenes. Ver figura 44.

En la pestaña **Ver** activamos la opción **Rutas**.

Hacemos clic en **Abrir archivo con rutas** y seleccionamos el archivo exportado previamente con extensión **gpx**. Ver figura 45.

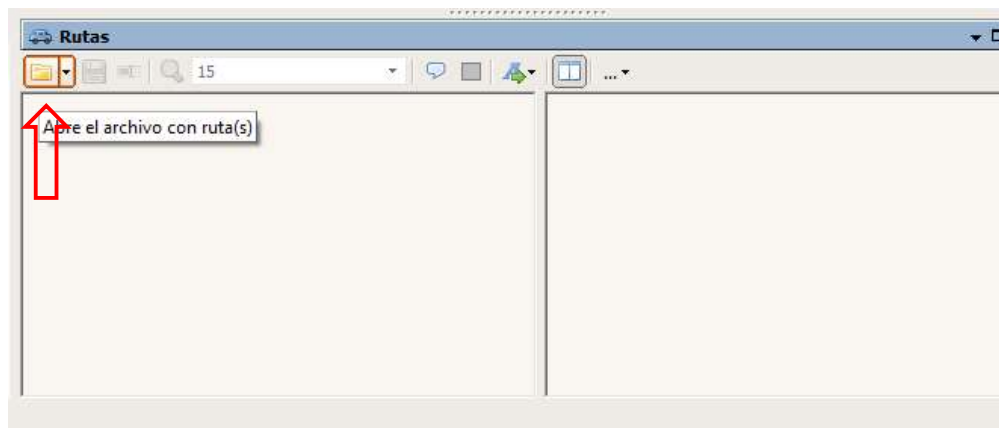


Figura 45

En la ventana superior derecha nos muestra la ruta que siguió el dron en un mapa como el de la figura 46.

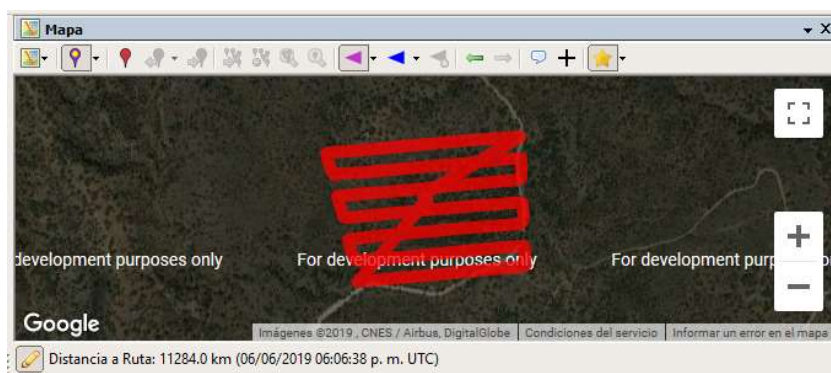


Figura 46

Seleccionamos todas las fotografías importadas y hacemos clic en **la ruta**.

En el menú **Editar**, hacemos clic en **Sincronizar con archivos Datos GPS**. Ver figura 47

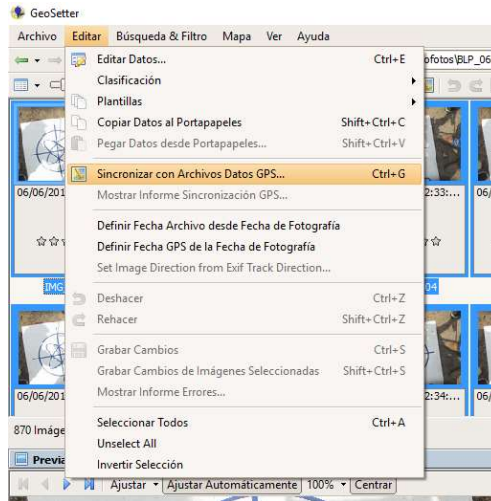


Figura 47

Seleccionamos **Sincronizar con rutas Visibles e Interpoler en base a Hora de Disparo o Con Anterior O Siguiente Posición.**

Establecemos la máxima diferencia entre Fecha Fotografía y Puntos de Ruta. En este caso la diferencia fue de 1 segundo porque la cámara tomaba imágenes cada segundo.

Seleccionamos la opción **Usar punto de ruta del mapa** para que utilice la ruta que cargamos previamente.

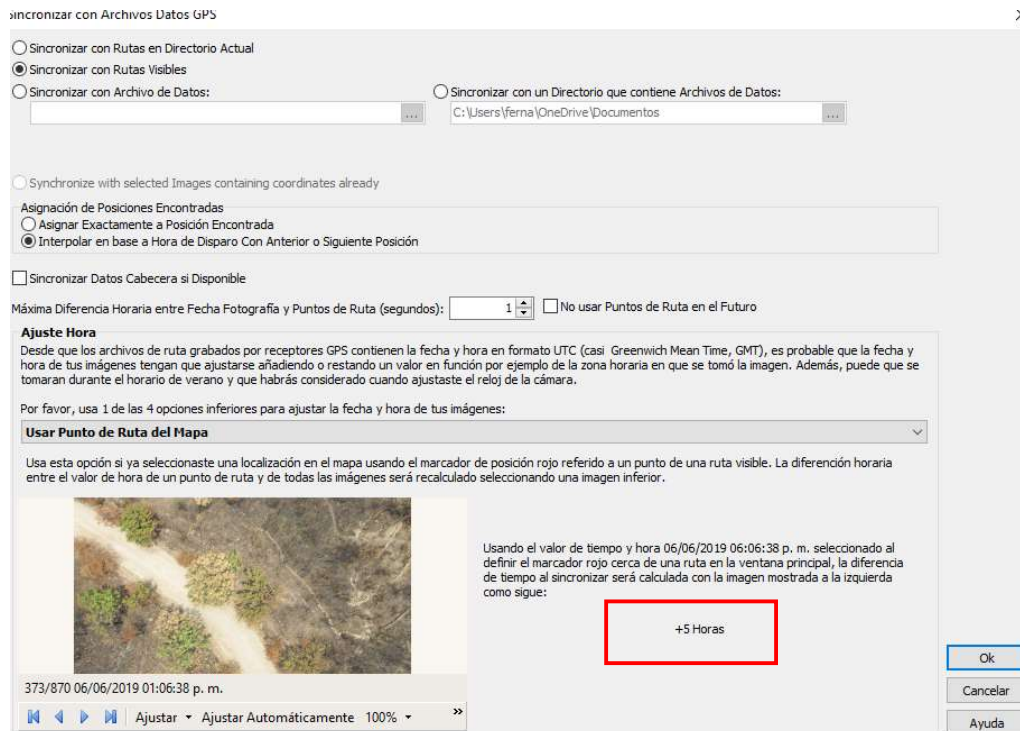


Figura 48

Debido a la diferencia de horario entre la cámara y el dron y tomando en cuenta que hay 5 horas de diferencia entre ambas, seleccionamos la foto con el valor más cercano a 5. Ver figura 48.

El mapa nos mostrará los puntos en los cuales fue tomada cada fotografía como lo podemos observar en la Figura 49.

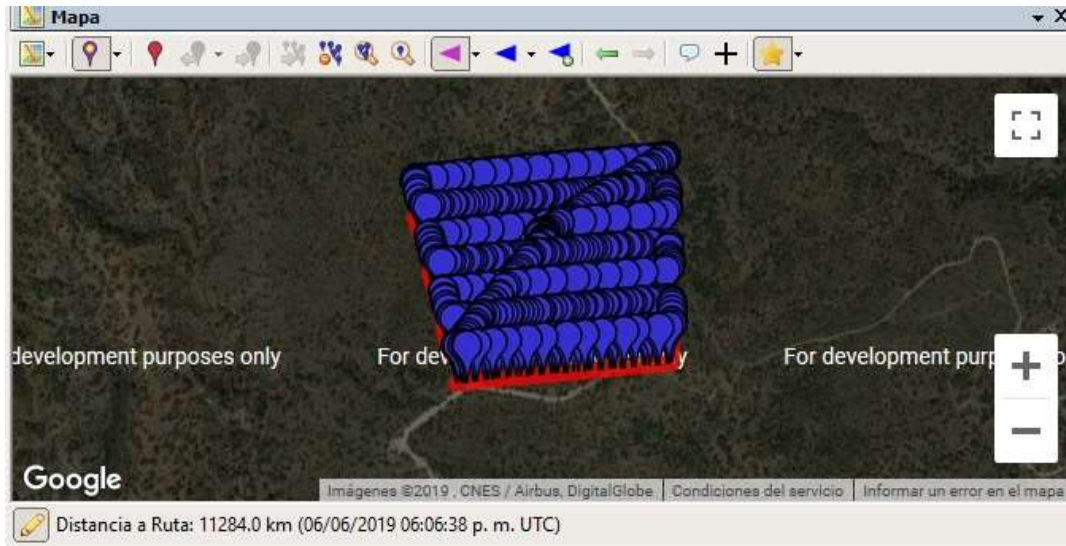


Figura 49

Damos clic en **Grabar todos los cambios en las imágenes** o presionamos las teclas *Ctrl* + *S* para guardar cambios.

Después de algunos minutos tendremos las imágenes seleccionadas con el globo azul, lo que significa que ya han sido georreferenciadas.

En la **carpeta de origen** podemos observar que nos duplicó los archivos, sin embargo, los archivos anteriores tienen una extensión diferente. Los únicos que utilizaremos en los siguientes pasos serán los que tienen la extensión **.jpg**.

Parte 4. Generación de ortofoto.

Abrir programa **Agisoft Metashape Professional**

Hacemos clic en **agregar fotos**. Ver Figura 50

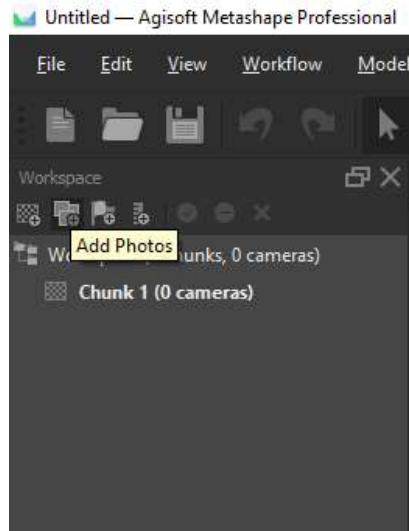


Figura 50

Una vez agregadas las fotos, seleccionamos y eliminamos las fotografías que no vamos a utilizar, estas incluyen fotografías tomadas mientras el dron está despegando, regresando al punto de partida y aterrizando.

En el menú **Workflow**, seleccionamos la opción **Align photos**. Ver Figura 51

En **Accuracy**, seleccionamos **highest** o dependiendo de las capacidades de la computadora puedes escoger menor exactitud.

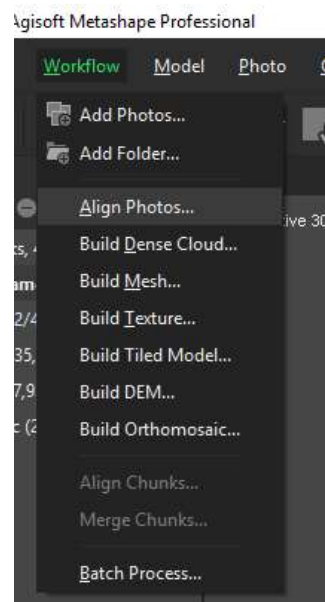


Figura 51

Después de cierto tiempo dependiendo de la exactitud seleccionada, se terminará el proceso y se recomienda guardar el proyecto en este punto.

Posteriormente seleccionamos **Build Mesh** y en **Surface Type** utilizamos **Height Field** porque nuestro resultado será una imagen 2D.

Activamos la **interpolación** y damos clic en **OK**. Ver Figura 52

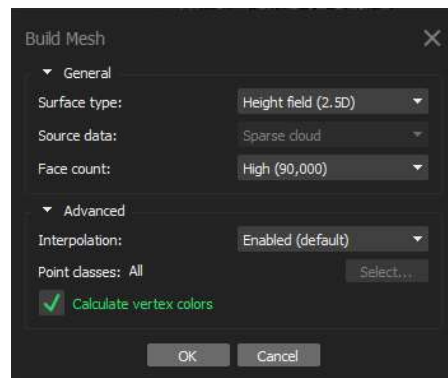


Figura 52

Después de que se termine de construir la malla, procedemos a construir el modelo de elevación digital, hacemos clic en **Build DEM** del menú **workflow**, esto tardará unos minutos.

Una vez construido el modelo de elevación digital, seleccionamos la opción de **Build Texture** en el menú de **Workflow**.

En **Mapping mode**, seleccionamos **Orthophoto**, en **Blending Mode** seleccionamos **Mosaic y Texture size/count** lo dejamos como está. Ver Figura 53

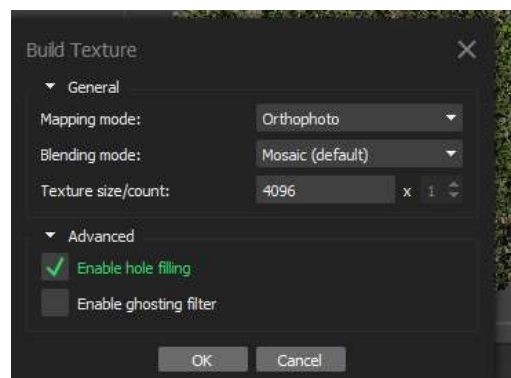


Figura 53

Damos clic en **OK** y esperamos, puede tardar desde unos minutos hasta un par de horas dependiendo de la capacidad de procesamiento de la computadora utilizada.

Una vez terminada la textura podemos proceder a crear el Ortomosaico y para esto vamos de nuevo al menú **workflow** y seleccionamos **Build Orthomosaic** como lo vemos en la Figura 54.

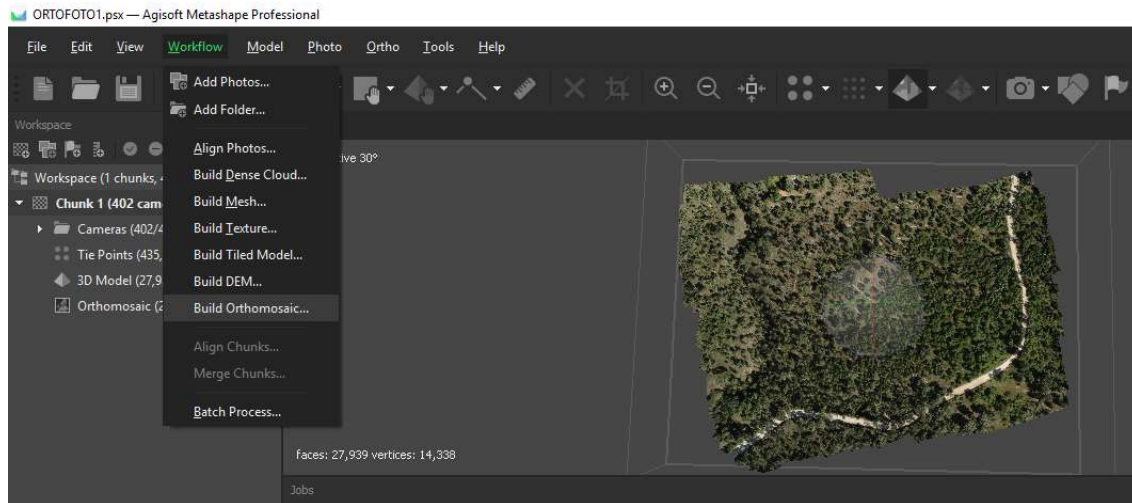


Figura 54

En **Surface** Seleccionamos **DEM** y en **blending mode** seleccionamos **Mosaic**.

En este punto nos pedirá guardar el proyecto si es que no lo hemos guardado anteriormente.

Damos **OK** para construir el ortomosaico.

Después de que termine el proceso, estamos listos para exportar nuestros archivos.

Nos vamos al menú **Archivo-Exportar-Exportar Ortomosaico-Exportar JPEG/TIF/PNG**. Ver Figura 55.

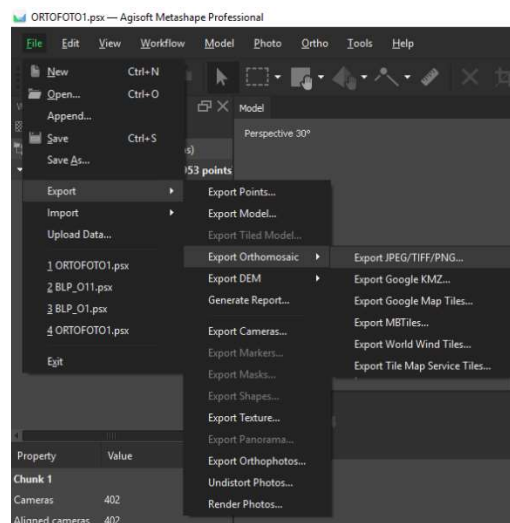


Figura 55

Aquí podemos exportar nuestras **ortofotos** (Ver figura 56) a la carpeta en la que tenemos los archivos en diferentes formatos para poder utilizarlas en otros programas.



Figura 56

Conclusiones

Las ortofotos obtenidas con este software pueden servir para análisis espacial, sin embargo, algunas áreas de estas pierden calidad o están borrosas, revisando las fotografías originales tomadas por el dron, se observó que un gran número de fotografías estaban desenfocadas por lo que se propone cambiar el intervalo de toma de fotografías a 2 segundos en lugar de 1 para darle más tiempo a la cámara de enfocar y guardar el archivo antes de realizar la siguiente toma.

Parte 5. Software de Código abierto *WebODM* como propuesta alternativa

El siguiente programa para utilizar se llama *Open drone map* el cual se puede ejecutar directamente desde una máquina virtual en Docker.

Las instrucciones para instalarlo, según los documentos en *Github* son las siguientes:

Primero necesitamos tener instalados los programas

- Docker
- Python (cuidar que esté agregado a las variables de entorno del sistema)
- Pip
- Git

Una vez instalados los programas, abrimos el *Docker Toolbox* e insertamos las siguientes líneas de código en orden y quitando el número inicial.

1. `git clone https://github.com/OpenDroneMap/WebODM --config core.autocrlf=input --depth 1`
2. `cd WebODM`

```
3. ./webodm.sh start
```

Después de que termine de descargar los archivos e instalarlos, abrimos en cualquier navegador el siguiente enlace <http://localhost:8000>

Si se utiliza una computadora con Windows o no se conoce la dirección IP se puede acceder desde otra dirección, primero se obtuvo la dirección IP insertando el código `docker-machine ip` en Docker.

Después se copió el número y se insertó de la siguiente forma <http://192.168.1.100:8000> pueden diferir los números dependiendo de la dirección IP.

Hacemos clic en nuevo proyecto y agregamos las fotografías, posteriormente dejamos los valores en default y comenzamos el proceso. Esto puede tardar algunas horas.

Al terminar el procesamiento de fotografías con una muestra de 20 elementos, se obtuvo una fotografía que no mostraba las características requeridas para hacer el análisis por lo que se descartó la opción del código abierto para esta parte del proyecto.

Información obtenida de la ortofoto

Se tomaron fotografías durante dos visitas realizadas al bosque de la primavera, una fue el 27 de octubre del 2017 y la segunda fue el 6 de junio del 2019, en ambas visitas se utilizó un dron el cual seguía la misma ruta para cubrir toda el área de un predio perteneciente al ITESO en el bosque de la primavera.

Debido a que las fotos fueron tomadas con una cámara fotográfica normal y para hacer los índices de vegetación es necesario utilizar cámaras con sensores infrarrojos, se buscó la manera en la cual se pudiera detectar los colores verdes en las imágenes capturadas. Utilizando el software Adobe Photoshop se realizó una selección por gama de colores y mediante el uso del histograma se sacaron

porcentajes de área ocupada en la foto. Cabe mencionar que debido a que existen pixeles en blanco en las fotos, el análisis será mayormente cualitativo y no cuantitativo.

Desarrollo

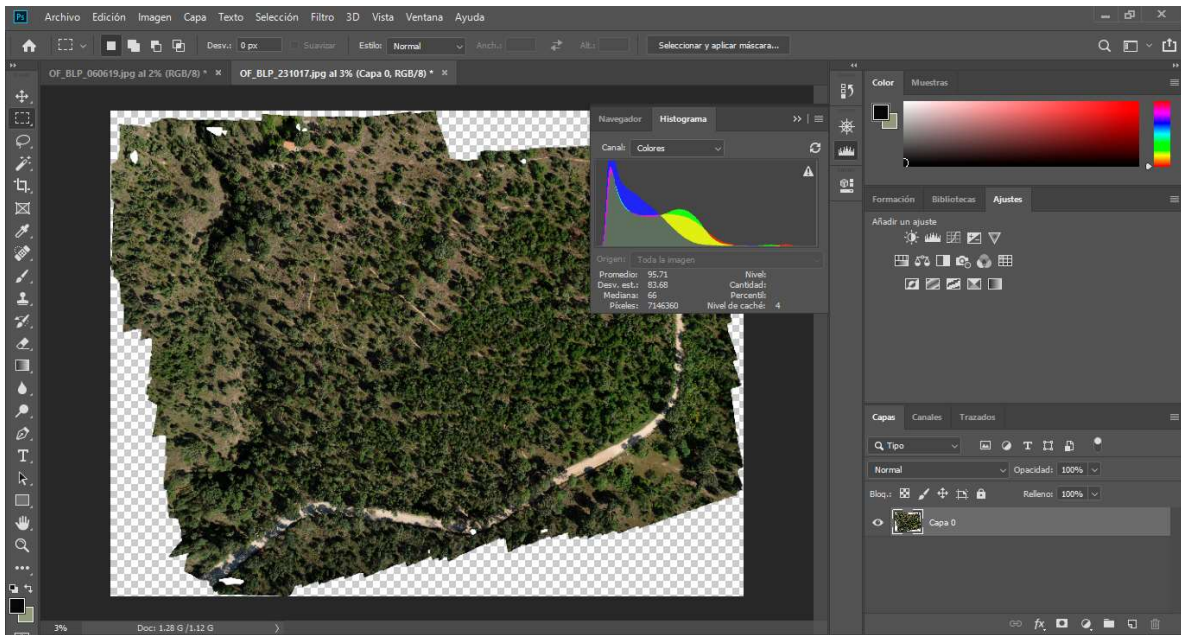


Figura 57 Pixeles totales en la imagen tomada en la fecha 27/10/2017

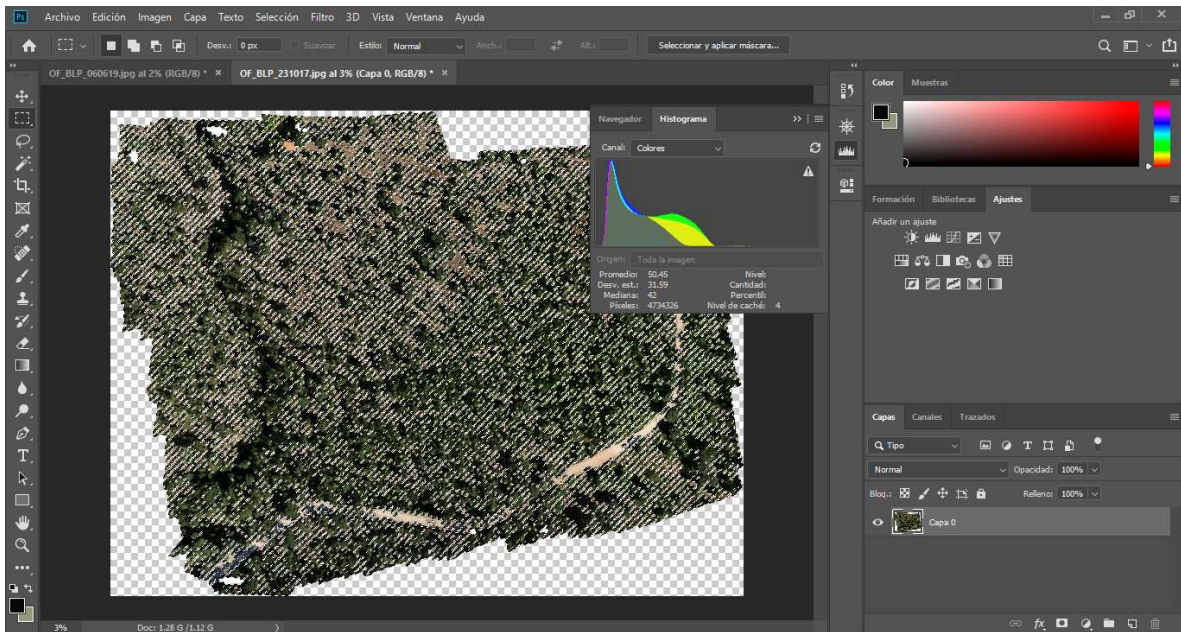


Figura 58 Pixeles correspondientes a vegetación en la imagen tomada el 27/10/2019

Realizando la selección por color en las imágenes tomadas el 27 de octubre del 2017, se calculó que el 66.24% del área tenía una tonalidad verde, lo que nos dice que existía vegetación.

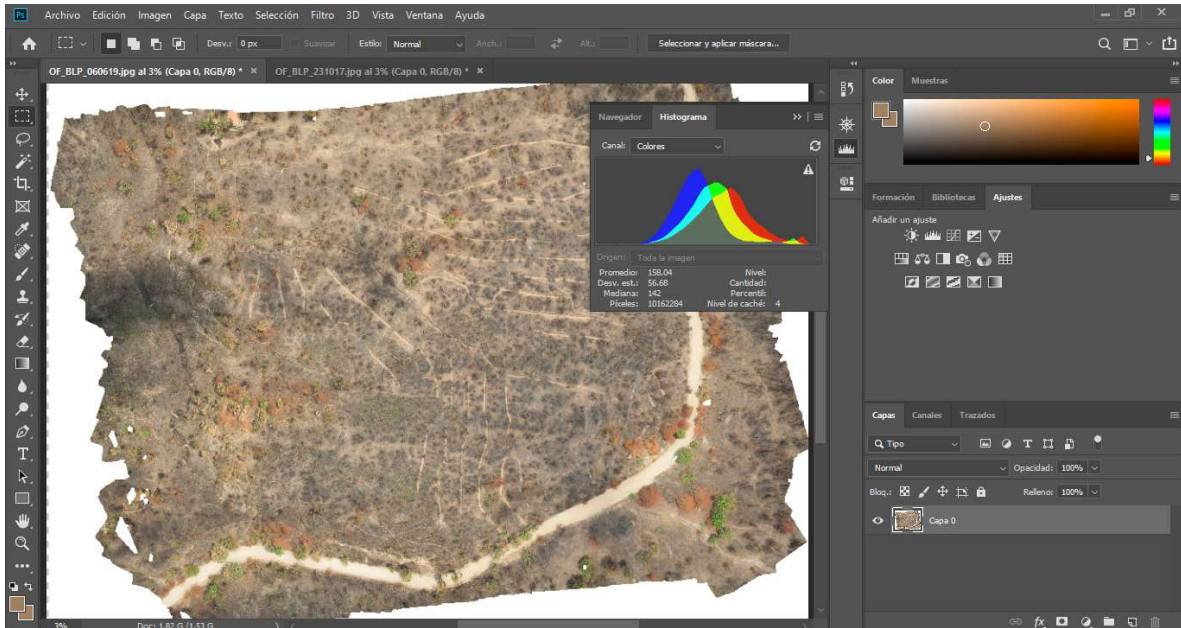


Figura 59 Píxeles totales en la imagen tomada el 06/06/2019

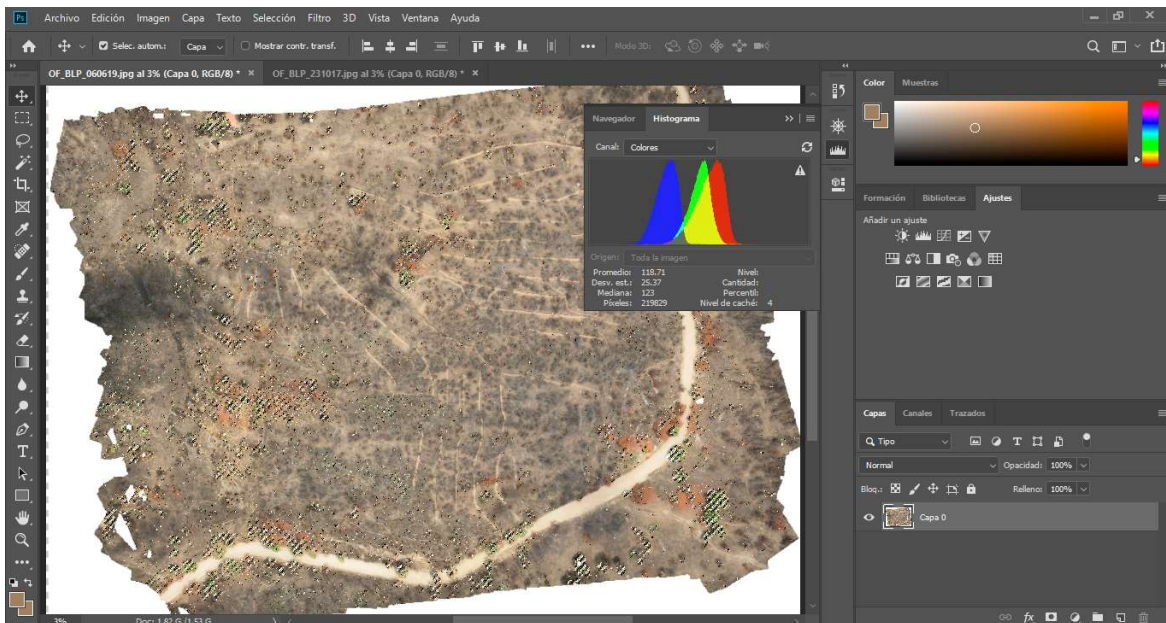


Figura 60 Píxeles correspondientes a vegetación en imagen tomada el 06/06/2019

Realizando el mismo proceso con las imágenes tomadas el 6 de junio de 2019, se calcula que el valor obtenido de vegetación respecto al área total es de 2.16%.

Conclusión

Tomando en cuenta que el 66.24% de la imagen tomada en octubre 2017 representa el 100% de la vegetación, tenemos una disminución del 96.7% de la vegetación existente en el predio correspondiente al ITESO en el bosque de la primavera.

Resultados del trabajo profesional

Red de sensores:

En cuanto a la red de sensores, se realizaron las comparaciones de los nodos *Kunak* y *Waspote* PRO ubicados en las Águilas contra la estación de monitoreo del SIMAJ, los resultados obtenidos fueron bastante similares en algunos casos como lo podemos observar en las Figuras 23 a 29. En cuanto a los sensores instalados en la primavera, los resultados obtenidos a lo largo de los primeros 6 meses del año muestran tendencias coherentes en 3 de los 4, siendo el último el nodo P6 ubicado en Mariano Otero como lo podemos observar en las Figuras 33 a 39.

Drones:

De las imágenes tomadas durante la visita al Bosque de la Primavera se realizó una ortofoto en la cual se puede apreciar claramente la zona que fue afectada directamente por el incendio. Utilizando el polígono del terreno correspondiente a la propiedad del ITESO, se realizó un recorte de la ortofoto original para comparación con las fotos tomadas previamente. De las fotos recortadas, se concluyó que el 96.74% de la vegetación se perdió según el análisis realizado. Se necesitan tomar fotos de nuevo con menor velocidad en el dron y/o un intervalo mayor entre la toma de fotografías para obtener menos fotografías, pero con mayor nitidez.



Figura 61 Ortofoto tomada el 27 de octubre de 2017



Figura 62 Ortofoto tomada el 6 de junio de 2019

Reflexiones del proyecto

Aprendizajes profesionales

Al momento de realizar el proyecto se desarrollaron trabajos en equipo los que nos ayudó a tener una mejor comprensión del trabajo que realizaban los demás integrantes, así como experiencia en proyectos multidisciplinarios. Aprendimos que la problemática presentada en cuanto al proyecto de sensores son los precios elevados de las estaciones de monitoreo ambiental y se busca generar redes de menor costo mediante el estudio de los equipos mencionados. Los saberes puestos a prueba en el proyecto fueron desde conocimientos básicos en química para la calibración de los sensores, el comportamiento de los contaminantes criterio para emitir una opinión acerca del funcionamiento de los nodos, el uso de herramientas computacionales para generar gráficos y reportarlos. En cuanto al proyecto de los drones, se requirió conocimientos en sistemas de información geográfica y realización de mapas para poder generar y georreferenciar las ortofotos. Los saberes obtenidos me servirán para mi proyecto de vida profesional porque me interesan mucho las redes de monitoreo ambiental y de este modo sé cómo funciona internamente, así como la generación de mapas rápidos para evaluación de los daños causados por algún desastre.

Aprendizajes sociales

Uno de los principales objetivos de las redes de monitoreo ambiental es mantener informada a la población de la calidad del aire que están respirando. En este caso se utilizan herramientas tecnológicas como lo son los nodos para que teniendo la información más a la mano, la calidad de la vida de las personas pueda aumentar sabiendo realmente que sucede y cómo reaccionar cuando alguna de las variables medidas presente valores de riesgo. Los grupos sociales beneficiados por el proyecto serían las personas que viven a ciertos km de cada uno de los sensores instalados y algunas de las ubicaciones se encuentran cerca de comunidades vulnerables o segregadas. Mi visión del mundo social es diferente ahora ya que me doy cuenta de que es nuestra misión como profesionistas y más en lo ambiental de preocuparnos por la sociedad para ayudarlos a tener una mejor calidad de vida y mitigar los daños.

Aprendizajes éticos

En cuanto a lo ético, se tomaron las decisiones necesarias para realizar una comparación de sensores que fuera lo más precisa posible y poder hacer propuestas basados en la información real y no en información manipulada.

Aprendizajes en lo personal

El PAP me dejó con aprendizajes buenos principalmente personales ya que aprendí como manejar mi tiempo para lograr cumplir con los entregables que nosotros mismos habíamos propuesto. Aprendimos a dar prioridad a las tareas para abarcar mayor campo. Aprendí a trabajar en proyectos multidisciplinarios y ver las cosas desde la perspectiva de las demás personas en cuanto a conocimiento. En mi caso tuve que aprender a utilizar herramientas de electrónica para poder aportar y entender lo que se estaba realizando para que la red funcionara. Esto enriquece mucho mi idea de proyecto de vida ya que no había tenido la oportunidad de trabajar de esta manera en otros lugares y me ayuda a darme cuenta de que puedo aplicar mis conocimientos combinados con los que los demás integrantes puedan aportar y así generar resultados más enriquecidos.

Conclusiones

Red de sensores:

La red creada por el ITESO está creciendo cada vez más con sensores de mayor calidad, sin embargo, es de suma importancia continuar con el análisis de las lecturas para supervisar el funcionamiento óptimo de los equipos. En el caso de los sensores *Kunak* y *Waspmote* PRO ubicados en Las Águilas, es necesario instalarlos directamente junto a la base del SIMAJ para realizar una comparación verdadera y no tener factores intermedios que causen lecturas diferentes. Con los nodos PRO instalados cerca del Bosque de la Primavera, hay que seguir monitoreando los datos para verificar si el nodo P6 está funcionando o hay que realizar algún ajuste.

Drones:

Las fotografías tomadas con los vehículos autónomos presentan áreas borrosas las cuales deben de corregirse, se pensaron en dos opciones, bajar la velocidad del dron o el intervalo con el que se toman las fotografías para que la cámara tenga más tiempo de enfocar y guardar el archivo. Se generaron ortofotos con las imágenes obtenidas, sin embargo, solo sirvieron para análisis espacial debido a las franjas que se presentaban desenfocadas en las fotografías originales. El programa que funcionó de una mejor manera fue el Agisoft Photoscan ya que al utilizar los de código abierto se generaban imágenes distorsionadas que para fines del proyecto no eran útiles. También es necesario contar con una cámara que cuente con un sensor infrarrojo para poder hacer estudios de índice de vegetación.

Referencias

SIMAJ. (2013). Sitio de Sistema de Monitoreo Atmosférico de Jalisco. Junio 2019, de Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET) Sitio web: <https://semadet.jalisco.gob.mx/medio-ambiente/calidad-del-aire/sitio-de-sistema-de-monitoreo-atmosferico-de-jalisco>

Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L. (June de 2016). SmartWater Technical Guide.

D'Urquiza, A. (2017). Modelación Matemática de la Calidad del Agua en Cuerpos Hidrológicos Superficiales. México: ITESO.

JADIAZ. (2016). PLACA ARDUINO UNO. Junio 2019, de MiArduino Sitio web: <http://www.iescamp.es/miarduino/2016/01/21/placa-arduino-uno/>