

Informe de Práctica Profesional Supervisada

Soluciones Tecnológicas para el Monitoreo Distribuido Mediante Redes Inalámbrica de Sensores

Ramos Rolando Javier

Tutores:

Ing. Diego Gonzales Dondo

Ing. Gonzalo Perez Paina

Tabla de contenido

1	Introducción.....	4
1.1	Plataforma de ensayos de WSN fija y móvil.....	5
1.2	Reuter CNC.....	5
2	Diseño y construcción de robot móviles.....	7
2.1	Diseño del primer prototipo Mini-Robot (P-01)	7
2.2	Maquinado de piezas P-01.....	9
2.3	Armado y evaluación del P-01	10
2.4	Diseño del segundo prototipo P-02	11
2.5	Maquinado de piezas P-02.....	13
2.6	Armado y evaluación del prototipo P-02	14
2.7	Diseño CAD 3D de plataforma de vuelo GOING PRO V2.....	15
2.8	Construcción y ensamblado GOINGPRO V2.....	21

1 Introducción

Una red de sensores inalámbricos (WSN, Wireless Sensor Network) consiste de un conjunto de dispositivos generalmente idénticos, llamados nodos, desplegados sobre un región geográfica de interés, que se usa para la medición y monitoreo de diversos fenómenos físicos, o para la detección y seguimiento de eventos, en forma cooperativa y coordinada. Los nodos que conforman la red pueden estar interconectados entre sí mediante una estructura de malla, o bien siguiendo un esquema jerárquico con estructura de árbol con nodos cabecera que reciben la información sensorial de varios otros nodos, información que luego remiten hacia un nodo central que procesa toda la información sensorial. Las WSN se utilizan en una gran cantidad de aplicaciones, como ser agricultura, monitoreo industrial y/o ambiental, automoción, tracking, domótica.

Los eventos a medir pueden ser de dos tipos: extendidos o localizados. Algunos ejemplos de la primer categoría puede ser analizar la temperatura, humedad, o radiación solar en toda una región de interés. Mientras que los de la segunda categoría generalmente se busca determinar aparición o evaluación de eventos móviles dentro del área de cobertura, cuyas aplicaciones pueden ser el control demográfico de especies animales en situación de riesgo ambiental (como el monitoreo de focos de incendio forestales), monitoreo de tráfico urbano, etc.

Los esquemas tradicionales de WSN asumen posiciones estáticas para los nodos y una interconectividad entre todos ellos, es decir que cada nodo se puede comunicar con cualquier otro en la red a través de rutas multilazo. Nuevas aplicaciones de WSN consideran la movilidad de los nodos. En ellas se adoptan esquemas de redes móviles, como las Mobile ad hoc Network (MANET) y los sistemas tolerantes a retardos, como Delay-Tolerant Network (DTN).

Este tipo de esquema de red son beneficiosas en situaciones donde los nodos se encuentran desplegados sobre medios cambiantes, como ser ríos y mares, lo que conlleva a que las posiciones de los nodos pueden ser dinámicas. Otro tipo de aplicación son en redes que se encuentran desplegadas en forma dispersa y donde no exista una conectividad entre todos los nodos. En este caso se utilizan nodos estáticos en conjunto con nodos móviles, donde estos últimos se utilizan como nodos recolectores (o sink) que reúnen datos de las redes. Estos nodos pueden ser vehículos autónomos (robots móviles como por ejemplo multirrotores) que pueden vincular redes dispersas haciendo uso de su capacidad de desplazamiento. Otro tipo de aplicación es en situaciones en las que se requiere hacer una reubicación de los nodos para mejorar el área de censado. Para ello,

los robots móviles pueden desplazar los nodos sensores según criterios preestablecidos como por ejemplo una mejor señal, ganancia de información, etc.

Las aplicaciones de redes de sensores con nodos móviles definen los diferentes roles que pueden tomar los elementos dotados con la capacidad de desplazamiento.

1.1 Plataforma de ensayos de WSN fija y móvil

Para poder evaluar los algoritmos y aplicaciones de las redes de sensores inalámbricas (WSN) es necesario contar con un banco de prueba o plataforma de experimentación. La mayoría de los bancos de pruebas son sistemas complejos donde además de los nodos sensores, existe toda una infraestructura por detrás para la distribución de energía, y para programar o depurar el funcionamiento de cada nodo. Esto resulta en una estructura que además de ser costosa resulta poco flexible en cuanto a la modificación de la topología de la red, como su aplicación o actualización.

Por otro lado, existen también bancos de pruebas para redes de sensores móviles en las cuales surgen dos consideraciones importantes: primero que la infraestructura de apoyo (para alimentación, programación y depurado) resulta poco viable y segundo, que en una red móvil es necesario definir de alguna forma la movilidad de cada nodo de la red. Si bien esta movilidad dentro de la plataforma de testeo puede ser provista por vehículos móviles, su costo puede ser crítico a la hora de aumentar la escalabilidad de la misma.

1.2 Reuter CNC

Las instalaciones del laboratorio del CII entre sus equipamientos cuenta con un Router CNC de fabricación Belga, marca COLINBUS modelo LaboFlex 60/HF adquirida con el objetivo de realizar PCB de manera rápida y precisa, así también esta máquina entre sus características nos brinda la posibilidad de realizar modelados en 3D, aspecto importante del cual no haremos uso hasta una etapa muy madura del proyecto.

LaboFlex

3D modelling en PCB milling
Unique software
User-friendly
0,23 μm resolution
High speed
HF spindle motor

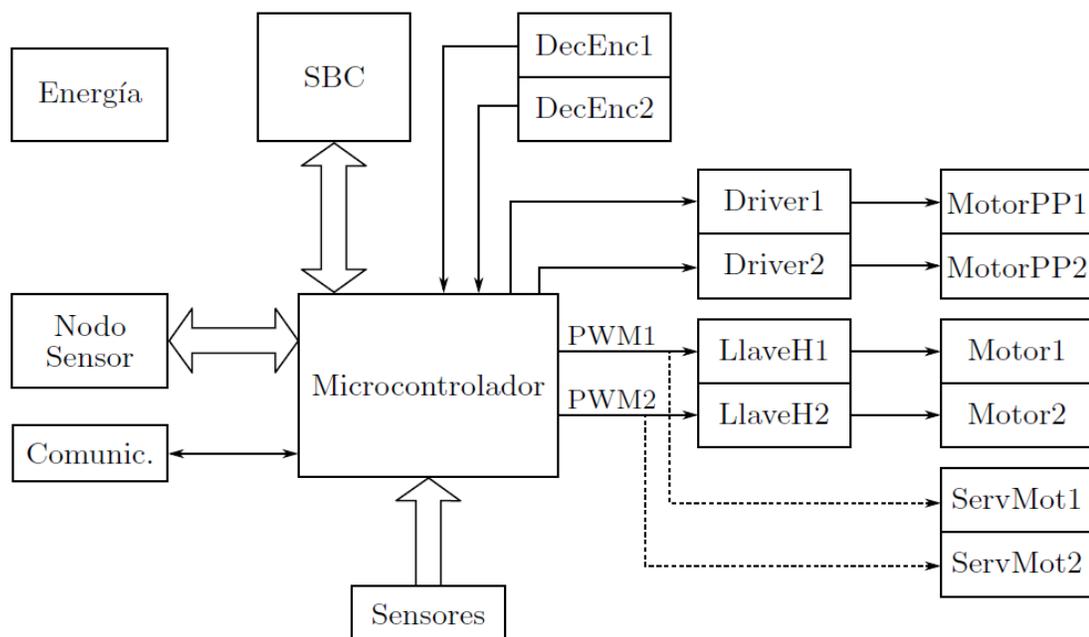


	Colinbus LaboFlex 30/HF	Colinbus LaboFlex 60/HF
Item number	COLM0033	COLM0036
Working area (X/Y/Z)	278mm x 360mm x 70mm	400mm x 600mm x 70mm
Clamping area (X/Y)	415mm x 530mm	540mm x 770mm
Resolution	0,23 μm	0,23 μm
Repeatability	1 μm	1 μm
Drilling speed	120 strokes/min	120 strokes/min
X/Y drives	Hybrid motors	Hybrid motors
Z drive	Hybrid motor	Hybrid motor
Spindle motor	60,000 rpm, software-controlled	60,000 rpm, software-controlled
Machine table	Flat-milled T-slot table	Flat-milled T-slot table
Tool changing	Manual with convenient pushbutton	Manual with convenient pushbutton
Tool holder	1/8" standard; others available as options	1/8" standard; others available as options
Engraving head	With micron-level depth adjustment	With micron-level depth adjustment
Dimensions (W x D x H)	440mm x 585mm x 390mm	560mm x 825mm x 390mm
Weight	40 Kg	55 Kg
Power	115/ 220VAC, 50 - 60 Hz	115/ 220VAC, 50 - 60 Hz
Included software	ColiDrive/ ColiLiner/ 3D CAM	ColiDrive/ ColiLiner/ 3D CAM
Optional accessories	Vacuum table, camera, sound enclosure, milling head lamp, power-switch	Vacuum table, camera, sound enclosure, milling head lamp, power-switch

Entre las diversas posibilidades de uso de esta máquina, nos permite mediante un software, cargar diseños CAD en 2D (específicamente archivos de extensión dxf) para luego realizar los cortes respectivos sobre el material a una profundidad fijada en cada proceso de maquinado.

2 Diseño y construcción de robot móviles

Las actividades del CIII (UTN-FRC) están relacionadas al diseño y construcción de robots móviles de dimensiones reducidas y bajo costo, los cuales serán utilizados como base para la construcción de una plataforma de ensayos para redes de sensores móviles (WSN). El diseño y desarrollo debe ser completamente abierto y libre, o sea implementado bajo la filosofía de Open Source Hardware y Software. Uno de los requerimientos principales de estos robots es de ser modulares para permitir adaptarse a diferentes experimentos.

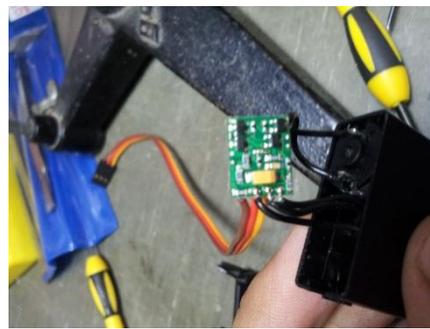


2.1 Diseño del primer prototipo Mini-Robot (P-01)

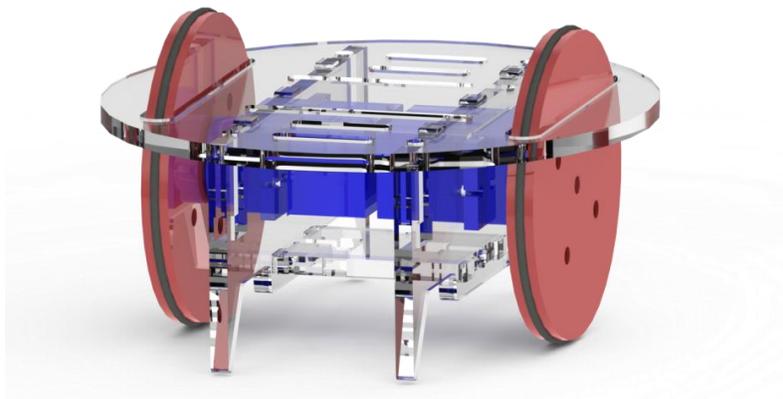
La primera versión del prototipo base se realizó siguiendo las especificaciones mencionadas en el anterior apartado. Se optaron por usar servomotores como

mecanismo de tracción (tracción diferencial), esto debido a su reducido tamaño, fácil montaje y velocidad adecuada a nuestras necesidades.

Para realizar el control de los servomotores es necesario usar una señal PWM a una frecuencia de 50Hz (en el caso de servomotores analógicos, existen servomotores digitales que aceptan señales de control a una frecuencia mucho mayor) lo que nos permite controlar la posición angular del eje. Llevada a cabo una breve investigación se logró constatar que luego de unas ligeras modificaciones en la electrónica y mecánica interna asociada al servomotor se pudo lograr el control de la velocidad angular del eje haciendo uso de la misma señal PWM anteriormente explicada.



Partiendo de la pieza fundamental en el robot que es el servomotor, se procedió a realizar los dibujos CAD correspondientes de la estructura o frame de la plataforma móvil. Los mismo se realizaron haciendo uso un software de diseño en 3D adecuándonos a las especificaciones de dimensiones reducidas, bajo costo, modular y fácil armado. Resultando en la primera versión de la plataforma denominada P-01.

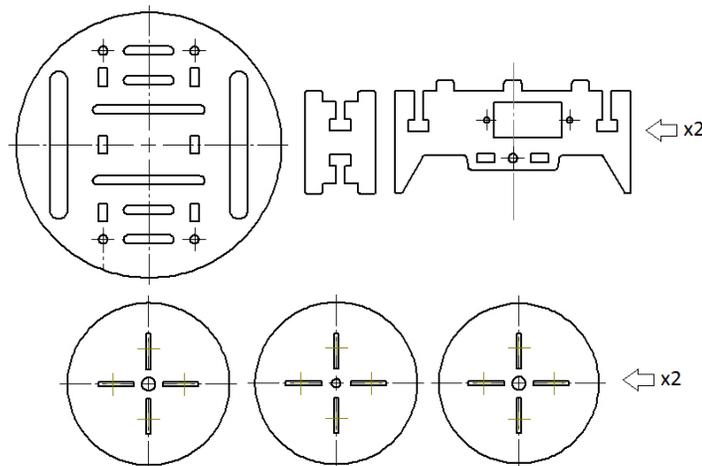


Para transmitir de forma más eficiente el movimiento generado por los servomotores a la superficie del suelo se diseñó una rueda compuesta por 3 placas circulares de fibra de vidrio apiladas de forma que la placa central sea siempre de menor diámetro que las exteriores dando lugar a poder integrar un anillo de goma (O-Ring) que tiene el contacto directo con la superficie del suelo. De esta manera conseguimos gran agarre.



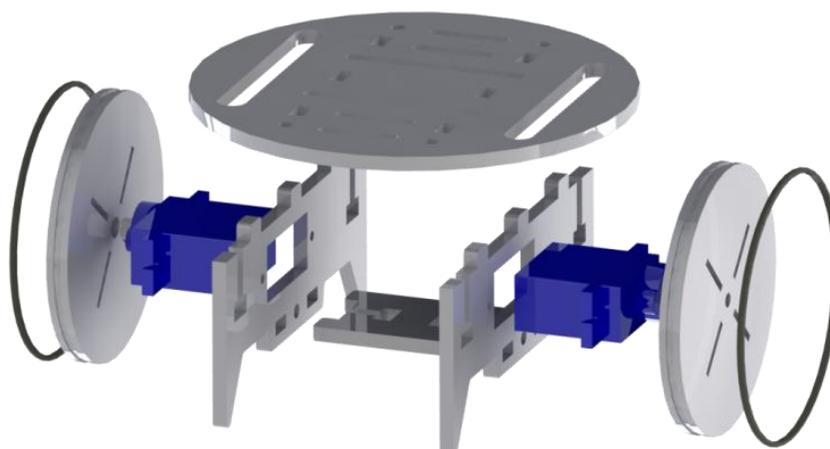
2.2 Maquinado de piezas P-01

Para la etapa de fabricación de las piezas que conforman el P-01 se hizo uso del CNC Router disponible en el laboratorio del CIIL. El mismo acepta dibujos 2D en formato dxf. La primer versión y al ser una etapa de prueba los cortes se realizaron sobre una placa de MDF (Medium Density Fibreboard) para la estructura y las ruedas en fibra de vidrio procedente de las placas para realizar PCB.



2.3 Armado y evaluación del P-01

El armado resulta fácil y sencillo debido a su sistema de encastre y sujeción con la mínima cantidad de tornillos necesarios.



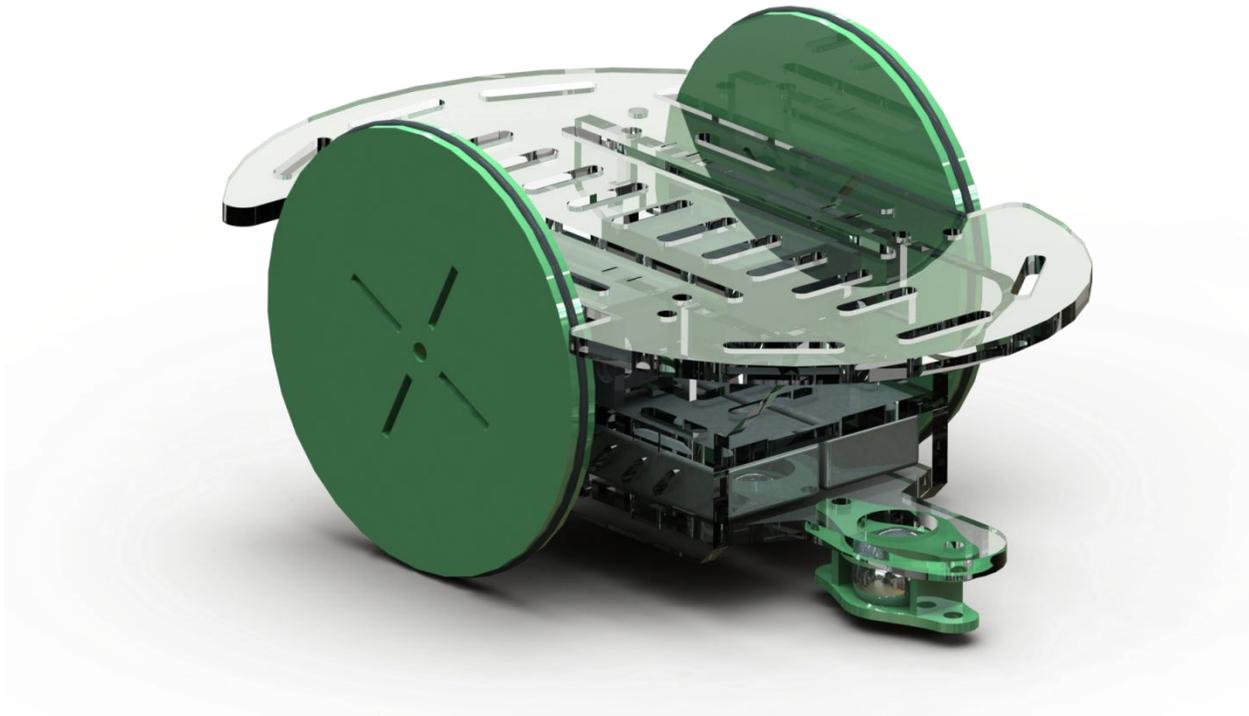
Se sometió a la plataforma a numerosas pruebas para evaluar su comportamiento y durabilidad. Lo que resultó en una serie de conclusiones a tener en cuenta para mejorar el prototipo.

- Los servomotores tienden a tener un juego natural en su eje de acción por lo que hace inestable la rueda y produce un rozamiento continuo en la ranura de la placa superior.
- El diseño con patas como soporte es funcional únicamente en superficies lisas y con poca fricción, lo que imposibilita a esta plataforma a moverse en pisos con cerámicos o con mínimas irregularidades.
- Al momento de realizar las pruebas nos encontramos con poca superficie para montar la electrónica de control y baterías, así también notamos que el peso distribuido a favor de una de sus patas generaba mayor fricción, motivo por el cual las ruedas giraban en falso.

2.4 Diseño del segundo prototipo P-02

El segundo prototipo denominado P-02 presenta significativas mejoras respecto de su antecesor P-01. Se optó por incluir en el diseño servomotores de calidad superior que cuentan con mayor torque, estos disponen de rodamientos en el eje de acción para minimizar el juego radial de las ruedas. También se realizaron las mismas modificaciones en la electrónica de los servos para obtener control sobre la velocidad angular.

Siguiendo la línea del prototipo P-01, esta nueva versión se diseña con una plataforma superior de mayor superficie para alojar la electrónica y dispone de ranuras específicas en la periferia para montar diversas variedades de sensores (sonar, lidar, infrarrojo, cámara, etc.) Contamos con la posibilidad extender otros pisos con la misma pieza mediante columnas de aluminio.



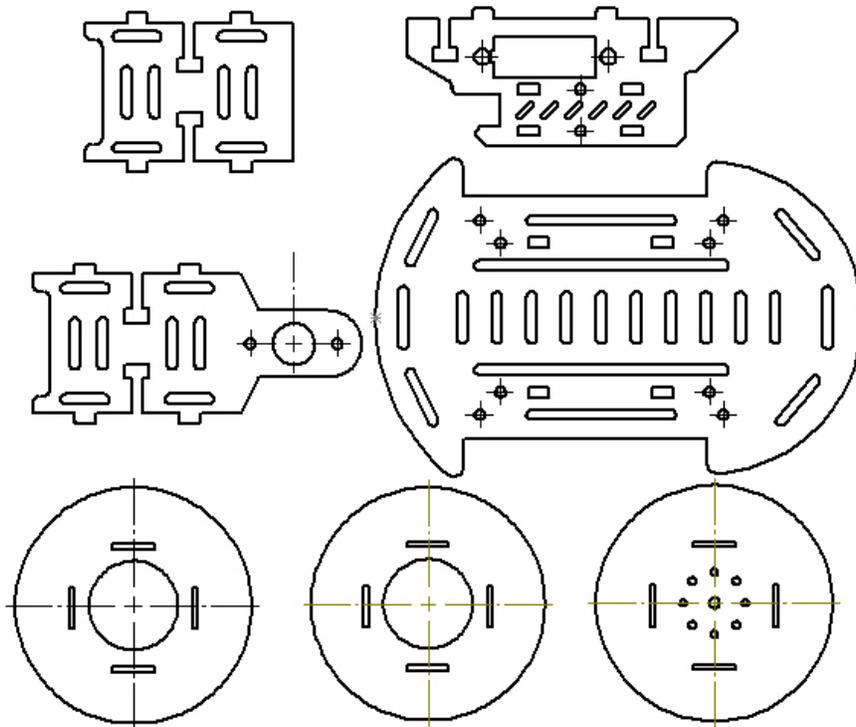
Luego de un breve ensayo realizado a los servomotores se constató un consumo de corriente elevado en funcionamiento sin carga, este consumo era notablemente mayor al aumentar la carga aplicada al eje de acción, lo que nos dio la pauta de la necesidad de una fuente de energía relativamente grande. Se optó por hacer uso de baterías LiPo (Polimero de Litio), que se caracterizan por su gran descarga de corriente a niveles normales de uso. Por lo que en el diseño se pensó en la inclusión de un alojamiento para dichas baterías.

Un aspecto destacable en este nuevo modelo es la subsanación del principal problema de movilidad de la versión anterior por hacer uso de patas. Se diseñó una rueda castor, ya que son ampliamente usadas en robots de este tipo. Esta rueda castor nos da la posibilidad de tener un punto de apoyo extra generando un mínimo de fricción y de esta forma poder traccionar en distintas superficies. Para su construcción se usó una bola de acero proveniente de los rodamientos y se construyeron piezas de fibra de vidrio que funcionan como alojamiento para dicha bola.



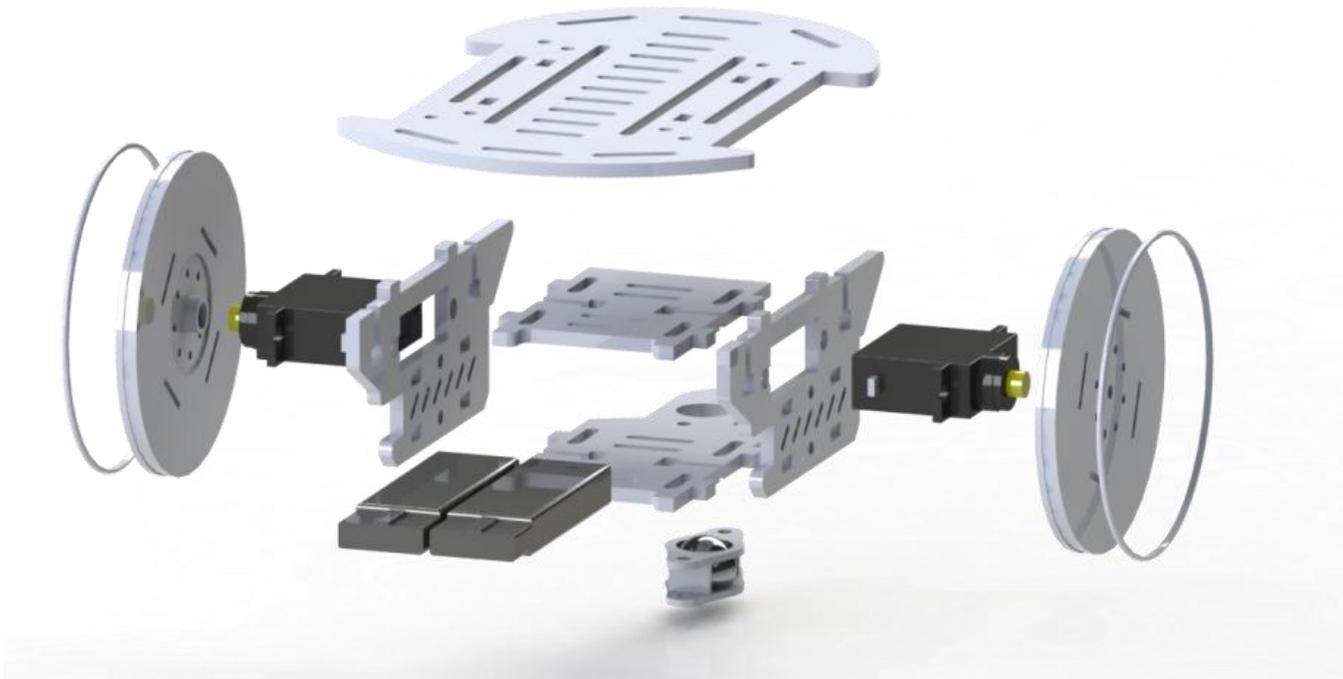
2.5 Maquinado de piezas P-02

El procedimiento que se realizó para el maquinado de las piezas es el mismo que se explicó para construir las piezas del P-01.



2.6 Armado y evaluación del prototipo P-02

Resultado de su nuevo diseño, la versión prototipo P-02 resulta en un armado un poco más complejo que el P-01 debido a una mayor cantidad de piezas y número de encastrés.



Se realizaron diversas pruebas sobre la plataforma P-02 a fin de poder corroborar el subsanado de las falencias que presentaba la versión anterior.

- Notamos que este prototipo se mueve con mayor facilidad sobre distintas superficies no muy irregulares.
- Comprobamos que los servomotores con rodamientos disminuyen en gran medida el juego radial del eje y por consecuencia disminuye el error en la trayectoria asignada.
- Al ser una plataforma de mayores dimensiones que su antecesor, resulta más sencillo organizar la electrónica a bordo de robot ya que cuenta con numerosas ranuras. Inclusive si fuera el caso de necesitar más espacio, tenemos la posibilidad de ampliar otro piso de forma sencilla y rápida.

2.7 Diseño CAD 3D de plataforma de vuelo GOING PRO V2

Otra alternativa interesante desde el punto de vista del desarrollo en la rama de las redes de sensores móviles, es el uso de aeronaves no tripuladas comúnmente denominados drones para cumplir diversos propósitos.

Un concepto interesante nace del uso conjunto entre las plataformas terrestres y estas plataformas aéreas. Si bien es importante saber que el promedio de tiempo de vuelo de este tipo de aeronaves es muy corto (aproximadamente 15 minutos) en relación a un nodo sensor diseñado para permanecer en tierra con el mínimo de consumo de potencia. Lo que nos da un corto margen para que la plataforma de vuelo pueda realizar una tarea, es por esto que se abordó la idea de usar la aeronave para hacer tareas importantes solo en determinados momentos de cortos periodos de tiempo como:

- Llevar información entre redes de sensores.
- Actualizar el firmware de los nodos sensores desde el aire.
- Tomar las lecturas de los nodos sensores para luego transportarlas a una estación terrena.
- Realzar tareas de reconocimiento del terreno mediante una cámara montada en la aeronave.

Se incursiono en la tarea de desarrollar una plataforma de vuelo del tipo multicoptero.

Un multicopter es un vehículo aéreo mecánicamente sencillo cuyo movimiento es controlado por exceso de velocidad o de frenar varias unidades de motor / hélice que generan empuje hacia abajo.

Los multicopteros son aerodinámicamente inestable y absolutamente requieren un ordenador de a bordo (controlador de vuelo) para un vuelo estable. El controlador de vuelo combina datos de pequeños giroscopos y acelerómetros (IMUS) para mantener una estimación precisa de su orientación y posición.

El quadcopter es el tipo más simple de multicopter, con cada motor / hélice girando en la dirección opuesta de los dos motores a cada lado de ella (es decir. motores en esquinas opuestas del marco giro en el mismo sentido).

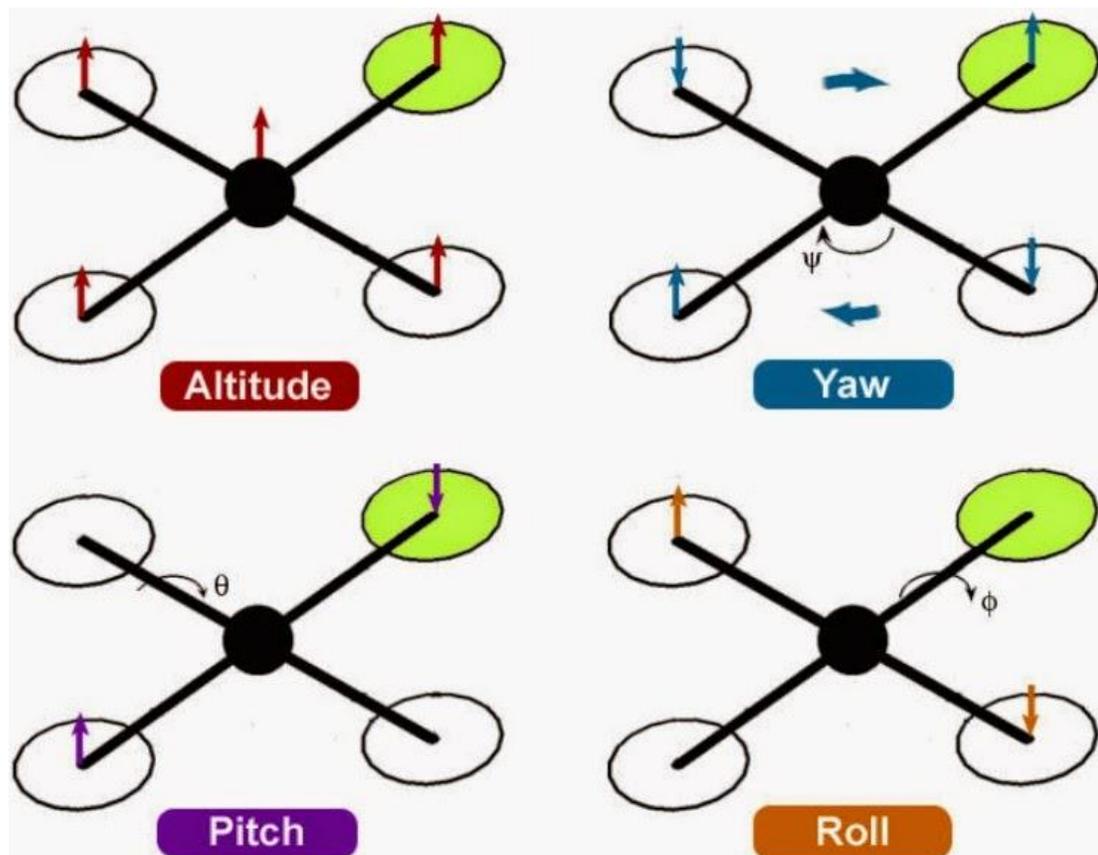
Un helicóptero quad puede controlar es la rotación de balanceo y cabeceo al acelerar dos motores en un lado y frenar los otros dos. Así por ejemplo, si el helicóptero quad quiere

rodar a la izquierda sería acelerar los motores en el lado derecho del marco y reducir la velocidad de los dos de la izquierda. Del mismo modo, si quiere girar hacia adelante que acelera los dos motores de la espalda y reduce la velocidad de los dos delanteros.

El yaw (también conocido como “guiñada”) hacia la izquierda o derecha se realiza acelerando dos motores que están en diagonal frente a la otra, y ralentizar los otros dos.

El movimiento horizontal se lleva a cabo mediante la aceleración temporalmente / desaceleración algunos motores para que el vehículo se inclina en la dirección de desplazamiento deseada y el aumento de la orientación general de todos los motores para que el vehículo se incline hacia delante. En general, si el vehículo se inclina más, más rápido se viaja.

La altitud es controlada por acelerar o ralentizar todos los motores al mismo tiempo.

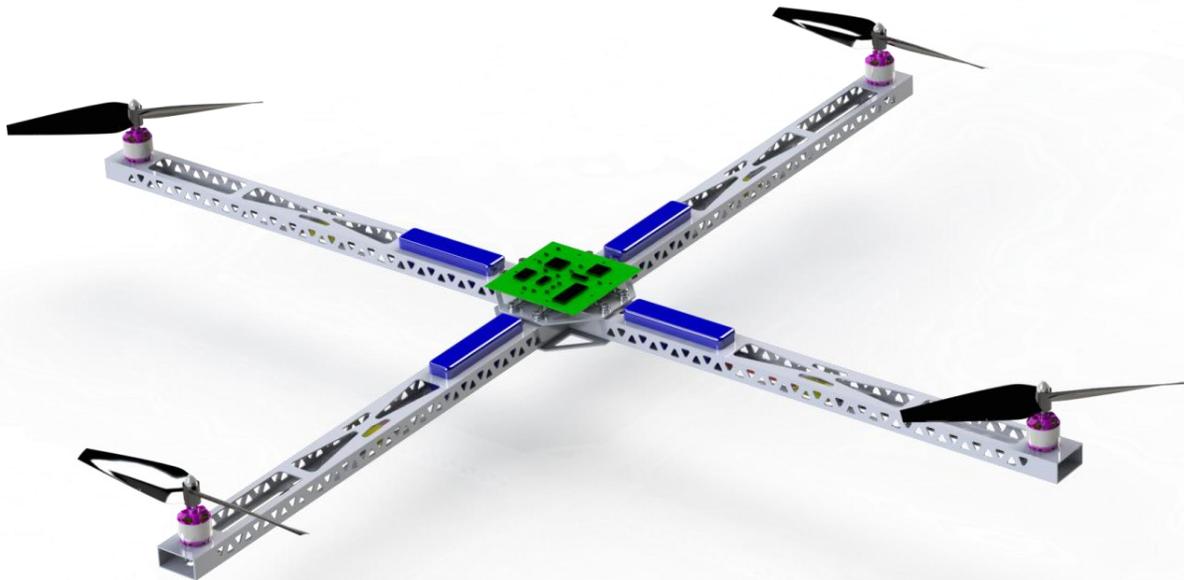


Debido a la experiencia obtenida en la construcción de anteriores versiones de multirrotores (QA3x1000, MiniQA3 y GOINGPRO). Se logró diseñar una plataforma aérea

con materiales ya conocidos e anteriormente implementados que dieron muy buenos resultados.

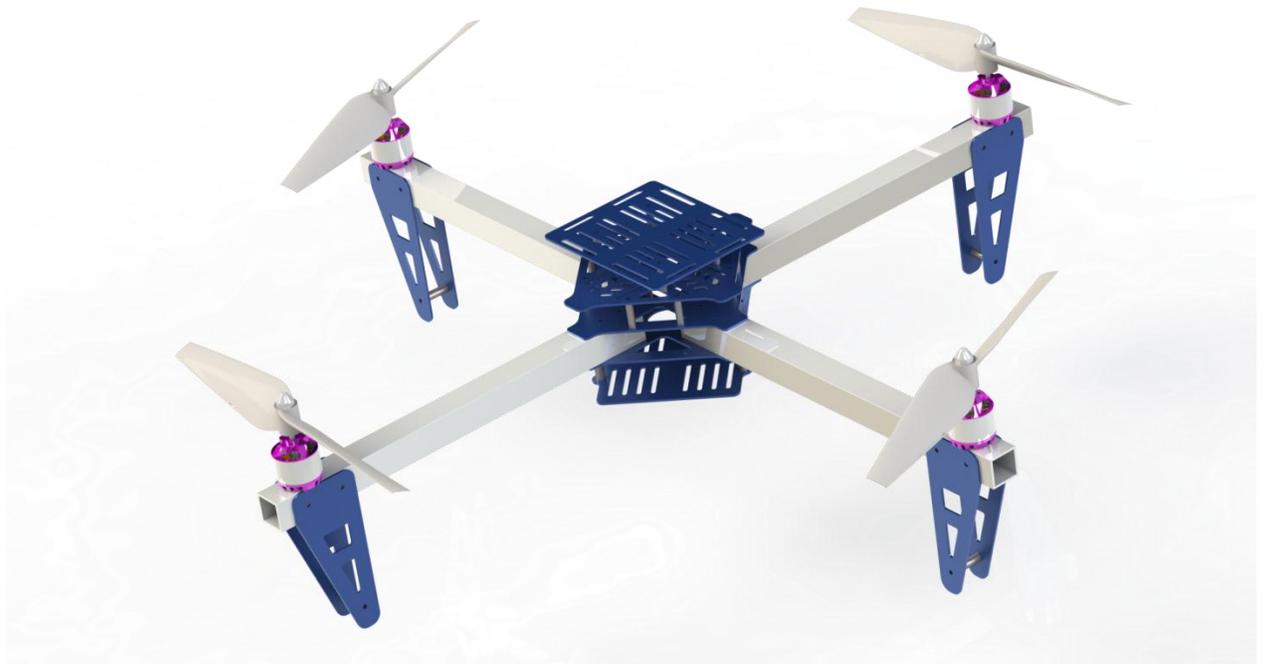
QA3x1000

Plataforma multirrotor QA3x1000 (Quatrirrotor de Arquitectura Abierta) de 4 Motores. Frame construido en aluminio y debilitado para absorber las vibraciones generadas por los motores. Diseñado para soportar condiciones adversas.



MiniQA3

Plataforma multirrotores MiniQA3. En esta versión se realizaron las primeras implementaciones de nuevos materiales que conforman el frame como planchas de fibra de vidrio y barras de aluminio. Diseñado para pruebas de algoritmos en el laboratorio y estructuralmente más fuerte.



GOINGPRO

Plataforma multirrotores GOINGPRO. Pensado para tareas de filmación aérea, se diseñó el frame con aluminio, fibra de vidrio y fibra de carbono.



Siguiendo la línea de la plataforma GOINGPRO se decidió realizar una nueva plataforma GOINGPRO V2 la cual cuenta con numerosas mejoras en su funcionalidad. Como la inclusión de MotorMount que nos brinda la posibilidad de realizar un cambio rápido de motores ya que este sistema abraza al bastidor de aluminio a diferencia de la versión anterior que necesitaba tornillos pasantes para la sujeción que además debilitaba la estructura.

Esta nueva versión incluye también un PropGuard diseñado de manera que genere un mínimo de oposición a los flujos de aire generados por la hélice del motor. Así también nos permite vuelos indoor protegiendo las hélices de golpes contra objetos y consecuentemente a las personas que se encuentren cerca.



La estructura central fabricada en placa de fibra de vidrio nos permite la inclusión de un GIMBAL comercial para el montaje a bordo de una cámara GoPro.

Se dispone de toda la electrónica de potencia para el control de los motores entre las placas del centro, de esta manera se desea obtener el mínimo necesario de peso alejado del centro de masa del multicoptero debido a que en experiencias anteriores, resulta en una disminución significativa del movimiento de YAW.



2.8 Construcción y ensamblado GOINGPRO V2

El ensamblado del GOINGPRO V2 resulta una tarea ardua que implica varias horas. Para ello fue necesario.

- Ensamblar por separado cada conjunto MotorMount y PropGuad haciendo uso de cementos de contactos para obtener una fijación confiable.
- Extender los cables de los motores
- Extender los cables del ESC
- Realizar las correspondiente terminación de pintura a las piezas fabricadas
- Realizar el conexionado de los cables de alimentación provenientes de la batería, dando lugar a usar varios tipos de modelos de baterías.
- Montar todo en la estructura y ajustar.

Foto del GOINGPRO V2 terminado

