



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN
INGENIERÍA CIVIL**

**MODELO DE UN DRON PARA LA VALUACIÓN DE CONSTRUCCIONES
DAÑADAS POR SISMOS**

**TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTA:
AQUINO HERNÁNDEZ IRVING URIEL**

**DIRECTOR DE TESIS
M. EN I. ALEJANDRO PINEDA CHAVEZ**

CIUDAD NEZAHUALCÓYOTL, ESTADO DE MÉXICO., 2019





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

RESUMEN.....	
INTRODUCCIÓN.....	
1. ANTECEDENTES.....	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.2. JUSTIFICACIÓN	
1.3. OBJETIVO GENERAL	
1.4. HIPÓTESIS	
2. MARCO CONCEPTUAL.....	
2.1. QUE ES UN DRON	
2.2. COMPONENTES MECANICOS	
2.3. COMPONENTES ELECTRONICOS	
2.4. DRONES EN LA CONSTRUCCIÓN	
2.5. VENTAJAS DEL USO DEL DRON A DISTANCIA	
2.6. RECONSTRUCCIÓN POR MEDIO DE FOTOGRAFÍA	
2.7. SENSOR ULTRASÓNICO	
2.8. ONDAS	
3. CONSTRUCCIÓN DRON.....	
3.1. CARACTERISTICAS DEL MODELO DEL DRON	
3.2. SENSORES	
4. PARÁMETROS.....	
4.1. EVALUACIÓN DAÑO EN ESTRUCTURAS	
4.2. CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE VULNERANILIDAD	
4.3. PARAMETROS PARA LA EVALUACIÓN CON DRON	
4.3.1. SENSOR SONAR	
4.3.2. SENSOR LASER	
4.3.3. CAMARA Y MAPA TÉRMICO	
CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES.....	

RESUMEN

En el presente estudio se creó un prototipo virtual de un Dron, se le agregaron sensores, los cuales se esperan como resultado que puedan ayudar al rescate de personas, animales o localización de cuerpos atrapados por un Sismo, así como la evaluación de estructuras que sufrieran un daño total o parcial, esto mantendría a los peritos o personal de apoyo a salvo en caso de que la estructura se encuentre en riesgo de colapso o que sean de difícil acceso al inmueble.

Debido a que el Dron no se ha fabricado no se encuentran parámetros comparativos, por lo tanto, se establecerán parámetros propios y arbitrarios; sin embargo, se tomará como un punto comparativo los parámetros y normas (CENAPRED y Protección Civil), para tener una base a lo que ya está establecido y poder obtener de mejor manera datos que nos sirvan para compararlos.

1. ANTECEDENTES

México ha sufrido grandes Sismos a lo largo de su historia, teniendo como ejemplo el Sismo del 7 de junio de 1911 el cual se le denominó **“El Sismo de Madero”** teniendo epicentro en la costa de Michoacán, con una Magnitud de 7.7 y 7.8 (Mw); dejando más de 45 muertos, 16 heridos y la desaparición del municipio de Ciudad Guzmán.

El 28 de julio de 1957 este sismo se le conoce como **“Sismo del Ángel”, “Con una magnitud de 7.7 grados este sismo tuvo epicentro cerca del puerto de Acapulco, lo que generó un tsunami con olas de hasta 2.6 metros de altura, según consta en los registros de los mareógrafos de Salina Cruz, Oaxaca y del propio puerto”**. (Secretaría de Salud, 2018)

Alcanzó una intensidad **X** en la escala de Mercalli, teniendo como saldo 52 muertos, 569 heridos, más de 1000 derrumbes y pérdidas materiales calculadas en 100 millones de pesos de aquella época.

Después de estos se registró el sismo del 19 de septiembre de 1985, siendo el segundo de mayor magnitud que se presentó en nuestro país.

El epicentro se localizó en las costas de Michoacán y Guerrero, rotura del contacto entre las placas de Cocos y de Norteamérica, en una extensión de 50 km x 170

km y unos 18 km de profundidad. Su magnitud fue 8.1, según informó el Instituto de Geofísica de la UNAM, con una duración de casi cuatro minutos, de los cuales, un minuto y treinta segundos corresponden a la etapa de mayor movimiento. (CENTRO DE INSTRUMENTACION Y REGISTRO SISMICO, N/A)

Este sismo alcanzó 9 en la escala Mercalli Modificada **“Dañando considerablemente estructuras de diseño especial; estructuras con armaduras bien diseñadas pierden la vertical; daño grande en edificios sólidos con colapso parcial. Los edificios se desplazan de los cimientos. Grietas visibles en el suelo. Tuberías subterráneas rotas”** (CENTRO DE INSTRUMENTACION Y REGISTRO SISMICO, N/A); en este terremoto los edificios que sufrieron más daño fueron los que tenían una altura de 7 a 15 pisos.

El día 20 de septiembre de 1985 reaparece un sismo con magnitud de 7.6, y una duración de un minuto y medio, teniendo como coordenadas del epicentro 17.4 latitud norte y 102.0 longitud oeste; con este nuevo terremoto se derrumbaron 20 edificios más, los edificios que el día anterior habían sufrido daños estructurales también colapsaron; se origina un Tsunami en la zona de Ixtapa con altura de 1.5 m. aproximadamente.

El gobierno de la Ciudad, dio cifras preliminares del desastre: aproximadamente mil personas atrapadas entre los escombros; cinco mil heridos y tres mil damnificados; 250 edificios caídos y otros 50 en peligro de derrumbarse. Entre los edificios colapsados y que por su importancia destacan, están: El Hospital Juárez de 11

pisos, donde se encontraban, se dice, unas 700 personas; la unidad de Gineco Obstetricia del Hospital General, con más de 500 pacientes y un número indeterminado de niños recién nacidos; el edificio "Nuevo León" en Tlatelolco, donde vivían 185 familias; un multifamiliar de la Unidad Juárez; los hoteles: Regis, Montreal, De Carlo, Romano, Principado y Versalles con un número indeterminado de huéspedes. (CENTRO DE INSTRUMENTACION Y REGISTRO SISMICO, N/A); las cifras que se dieron a conocer fueron 20,000 muertos, 2831 inmuebles afectados y 5 MMD en daños materiales.

El 19 de septiembre de 2017 a las 13:41:40 se presenta un sismo, con una magnitud de 7.1 y un epicentro en la latitud 18.40 norte, longitud 98.72 oeste, a una profundidad de 57 km, al sureste de Axochiapan, Morelos, en el límite con el estado de Puebla. Este originó una falla considerada como “normal” esto quiere decir que las placas de la tierra sufrieron un desplazamiento en sentido opuesto una de la otra, este tipo de movimientos nos original un mayor contenido de alta frecuencia lo cual provoca daños en a la estructura del inmueble, así como a sus componentes no estructurales, por eso se apreciaban edificios dañados en torno a su fachada, pero no tienen riesgo de colapso.

En la actualidad los sismos en México se han presentado con mucha frecuencia lo cual ha derivado en grandes pérdidas de vidas humanas como en el sector económico, aun teniendo en consideración que no se presentan magnitudes considerables la mayoría del tiempo.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Teniendo en cuenta las cifras que se dieron a conocer de los daños causados por el sismo de 2017 que fueron 800 heridos, 39 edificios completamente caídos, una cifra de 500 a 600 inmuebles dañados y 30 inmuebles que se tendrían que revisar con detenimiento debido a los daños sufridos, con los datos que fueron informados podemos ver que la cantidad de inmuebles, edificios, casas o alguna construcción son numerosos.

A partir de ello surge la idea de plantear la posibilidad de crear un modelo de un dron modificado para salvo resguardar la integridad física de los rescatistas o peritos, ya que al ingresar a un inmueble no sabemos si es seguro para el ingreso de personas ya que si sufren algún percance pueden causar un mayor número de víctimas.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Con los antecedentes que se tienen sobre los sismos en México a través de su historia, con pérdidas humanas y materiales, se hace la propuesta de la creación de un dron con sensores Térmicos y Ultrasónicos con el propósito de facilitar el trabajo de los rescatistas, los peritos, evaluadores o voluntarios y no poner en riesgo su vida.

La zona geográfica en la que se encuentra nuestro país hace que sea una zona vulnerable a los sismos, como puntos relevantes sabemos que existen 5 placas tectónicas las cuales son:

La de Cocos, de Norteamérica, del Pacífico, de Rivera y del Caribe. (Imagen 1)



Imagen 1. Conformación de Placas que interactúan con la Republica Mexicana.

Fuente: Imagen obtenida de <https://www.eluniverso.com/noticias/2017/09/20/nota/6392065/mexico-es-punto-encuentro-5-placas-tectonicas>

La Ciudad de México **“Está construida sobre suelos profundos y suaves que alguna vez fueron un lago. En lugar de amortiguar los terremotos, eso exagera sus efectos, dijo James Jackson, profesor de Geofísica en la Universidad de Cambridge en Inglaterra. "Es como construir sobre una gelatina".”** (EL UNIVERSO, 2017)

Esto hace que actualmente la Ciudad de México está asentada sobre capas de arena y barro con una profundidad aproximada de 91 metros que se encontraban debajo de lo que antes era lago, estos sedimentos suaves y acuosos hacen que la ciudad sea particularmente vulnerable y no solo a los sismos si no a diferentes problemas.

1.3 OBJETIVO

Analizar las estructuras dañadas provocadas por los sismos, así como ayudar a rescatar personas que se encuentren atrapadas en las construcciones dañadas por los sismos y evitar un mayor número de pérdidas humanas, porque la estructura no sea segura y se esté revisando y este se derrumbe.

Teniendo como antecedente el 20 de septiembre de 1985 donde se vuelve a sufrir un terremoto y las estructuras que se encontraban dañadas anteriormente colapsaron, se planteó la posibilidad de la aplicación de la tecnología que existe, pero con modificaciones que no pongan en riesgo vidas humanas, y sabiendo que muchas personas quedan entre los escombros de las construcciones que sufren colapsos haciendo difícil la localización exacta o dar una idea de cuántas personas están atrapadas se plantea la idea de incluir en el dron un sensor térmico el cual se espera que ayude a la localización de estas y sea más rápido el rescate, retiro de escombros; no dañar o poner en riesgo a la o las personas que se encuentren atrapadas.

1.4 HIPÓTESIS

Se lograran mitigar o reducir de manera significativa las pérdidas materiales y principalmente humanas.

2.-MARCO CONCEPTUAL

En este capítulo se dará una especificación de la funcionalidad del dron y cuáles son los principios que se tomaran en cuenta para la función de los sensores, así como los parámetros que existen para la evaluación de daños en los sismos.

2.1 ¿Qué es un Dron?

Para empezar, tenemos que dar una descripción de la idea de lo que queremos lograr iniciando por definir que es un Dron. Según la Real Academia de la Lengua Española define al Dron o Drone como una “**aeronave no tripulada**” (RAE, N/A), al hacer referencia a la palabra no tripulada podemos determinar que el manejo se hace a distancia o remotamente, entonces podemos definirlo como dron es un vehículo aéreo manejado de manera remota, coloquialmente se dice que un dron también es un robot aéreo, pero algunas agencias de seguridad no lo ven de este modo ya que prefieren usar diferentes términos para definirlos como: **RPAS** (Remote Piloted Aircraft System “Sistema de aviones pilotados a distancia”) o **UAV** (Unmanned Aerial Vehicle “Vehículo Aéreo no Tripulado). Podemos determinar que todos tienen en común la característica que lo definen como Volador.

En resumen, podemos decir que un Dron es un Vehículo Aéreo que puede ser controlado a distancia, desde un control remoto, celular o computadora, usados en funciones de trabajo, militar, jugar o fotografía.



Imagen 2. Dron en vuelo

Fuente: Imagen obtenida de <https://sipse.com/mexico/cuanto-es-multa-volar-drones-sin-permiso-normativa-diciembre-aeronautica-civil-diario-oficial-federacion-mexico-sipse-311492.html>

2.2 COMPONENTES MECÁNICOS.

Estructura: Cumple la función del esqueleto del Dron es donde se montarán todos los componentes y tendrá que cumplir con la función de reducir al máximo las vibraciones producidas por las hélices, dar soporte a las mismas y a la cámara.



Imagen 3. Muestra la estructura o cuerpo de metal que conforma el Dron

Fuente: Imagen obtenida de <https://www.xataka.com/especiales/como-montar-tu-mismo-un-dron-de-carreras-por-poco-dinero-guia-de-compras>

Hélices: Ayudaran a planear al Dron y el número de éstas dependerá del número de rotores que tenga el Dron, existiendo:

- Tricópteros: “Es la forma más simplificada posible dentro de las configuraciones que podemos encontrar dentro de los multirrotores” (Ruiperez, N/A) y se componen de 3 motores, 3 reguladores y 3 hélices. Son los más económicos, pueden ser plegables, son de mayor campo visual, sus ventajas son las siguientes:



Imagen 4. Se muestran 2 diseños de Tricópteros,

Fuente: Imagen obtenida de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73170/RUIP%C3%89REZ%20-%20Dise%C3%B1o%20y%20fabricaci%C3%B3n%20de%20un%20dron%20mediante%20impresi%C3%B3n%203D.pdf?sequence=5>

- Cuadricópteros: **“Presentan la configuración más común dentro de los multirrotores”** (Ruiperez, N/A); conformados por 4 hélices, 4 motores y 4 reguladores, entre sus ventajas tiene que tienen mayor capacidad de carga que los tricópteros, son más ágiles que los hexacóptero, existe gran variedad de diseños. Entre sus desventajas no es plegable complicando su traslado, mayor demanda de energía.



Imagen 5. Muestra 4 tipos de Cuadricópteros.

Fuente: Imagen obtenida de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73170/RUIP%C3%89REZ%20-%20Dise%C3%B1o%20y%20fabricaci%C3%B3n%20de%20un%20dron%20mediante%20impresi%C3%B3n%203D.pdf?sequence=5>

- Hexacóptero: “El prefijo griego «hexa» significa el número seis. Por definición un hexacóptero denomina a un multirrotor que dispone de 6 motores. Por lo tanto está constituido por 6 variadores, 6 brazos y 6 hélices.” (Ruiperez, N/A); la ventaja es que son más estables que los cuadricópteros, pueden soportar más carga, mayor área para colocar los complementos que sean necesarios. Desventajas son drones que su precio es muy elevado, mayor energía para propulsar motores, se necesita tener gran conocimiento para su construcción, no es plegable.



Imagen 6. Muestra 2 tipos de Hexacópteros

Fuente: Imagen obtenida de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73170/RUIP%C3%89REZ%20-%20Dise%C3%B1o%20y%20fabricaci%C3%B3n%20de%20un%20dron%20mediante%20impresi%C3%B3n%203D.pdf?sequence=5>

- Octocópteros: **“Los octocópteros son drones que disponen de 8 motores con sus respectivos componentes”** (Ruiperez, N/A), con este número de hélices se obtiene gran potencia, mayor carga y se podría utilizar una cámara de gran calidad.



Imagen 7. Muestra 2 tipos de Octocópteros

Fuente: Imagen obtenida de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73170/RUIP%C3%89REZ%20-%20Dise%C3%B1o%20y%20fabricaci%C3%B3n%20de%20un%20dron%20mediante%20impresi%C3%B3n%203D.pdf?sequence=5>

Motores: Los motores serán los encargados de propulsar el dron, se caracterizan por una alimentación con corriente continua y este proviene del sistema de alimentación, se debe tener en cuenta el número de revoluciones por minuto por cada Voltio de electricidad que reciba. Se tiene que tener en cuenta una relación entre el empuje del motor y el peso del dron, eficacia, torque y cantidad de polos.

“Los multirotores se propulsan por un tipo de motor eléctrico conocidos como brushless (sin escobillas).” (Ruiperez, N/A)



Imagen 8. Motores para Dron modelo AIR 2205/2000KV

Fuente: Imagen obtenida de <https://www.prometec.net/motores-para-drones/>

2.3 COMPONENTES ELECTRÓNICOS

Controlador de Vuelo: Es el cerebro del Dron, tiene funciones como controlar los motores, para que funcionen de manera adecuada y poder conseguir los movimientos que previamente se establezcan o se requieran al momento de su control, otra de sus funciones es la recolección y procesamiento de la información recibida, para después ser enviada al componente que se requiera. Dentro de sus componentes principales se encuentran:

- Acelerómetro: Tiene la función de medir la inercia de los movimientos.
- Giroscopio: Mide la velocidad angular cuando se sufre un cambio de posición
- Magnetómetro: Se utiliza como brújula la cual permite conocer la orientación del Dron
- Sensor barométrico: Sirve para conocer la altura exacta en la que se encuentra volando el Dron.
- GPS: Permite conocer las coordenadas exactas en las que se encuentra posicionado el Dron.
- Procesador: Es el encargado de procesar la información recibida del exterior y procesarla para distribuirla en donde sea requerida.

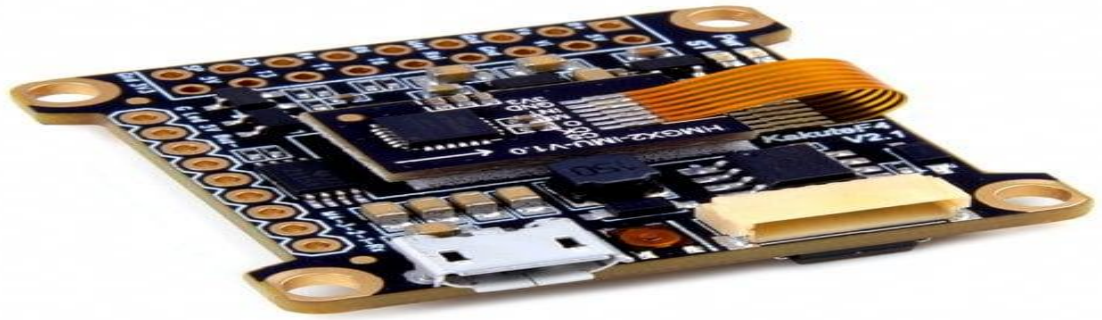


Imagen 9. Placa electrónica conformada por procesador, pines, receptores, etc.

Fuente: Imagen obtenida de https://mx.gearbest.com/flight-controller/pp_1371459.html?wid=1433363

Batería: Será la encargada de almacenar la energía y distribuirla a los componentes electrónicos del Dron. Por lo general son baterías de Li – Po (Litio-Polímero), y estas son usadas por sus características las cuales brindan ligereza, versatilidad, su capacidad de descarga y su tamaño; dependiendo del uso del Dron y sus características que tenga se emplean baterías compuestas por una celda (Drones recreativos), de dos celdas (Drones de mayor tamaño), de tres celdas (Drones de carreras y de uso profesional)



Imagen 10. Batería marca Parrot, modelo AR.Drone2.0, 1500 mAh

Fuente: Imagen obtenida de <https://www.mediamarkt.nl/nl/shop/advies-drones.html>

Control Remoto: Es lo que permite controlar de manera personalizada y con los movimientos requeridos el Dron, se maneja a través de radio frecuencia.



Imagen 11. Control remoto con pantalla, marca Parrot.

Fuente: Imagen obtenida de http://followtheart.info/kareff-Fri_2_20.html

Cámara: Existen diferentes tipos de cámaras entre las cuales se encuentran estas:

- Cámara FPV: **“Su traducción literal, (en primera persona) hace referencia a la posición de la cámara (normalmente situada en la parte delantera del *drone*)”** (Novodrone, 2018); Son muy económicas, pequeñas y ligeras, nos dan imagen a tiempo real, lo cual permite reaccionar al momento a cualquier situación se presente, tienen una calidad de imagen de 720p hasta una resolución de 1080p.



Imagen 12. 3 tipos diferentes de Cámaras tipo FPV.

Fuente: Imagen obtenida de <https://novodrone.com/drone-con-camara-tipos-de-camaras/?v=f13d2458f0fd>

- Cámara de Grabación: Estas cámaras están diseñadas para tomar fotografías y videos de alta calidad, sin embargo, este tipo de cámaras tienen un delay (retraso de imagen), que puede ir desde los .5 segundos hasta los 2, su calidad de imagen va desde los 1080p hasta tener una definición de 4k, estas se pueden clasificar en 3 tipos:
 - Cámaras de acción
 - Cámara deportiva
 - Cámaras profesionales de Fotografía y vídeo



Imagen 13. Cámara profesional con soporte y cámara de acción.

Fuente: Imagen obtenida de <https://novodrone.com/drone-con-camara-tipos-de-camaras/?v=f13d2458f0fd>

- Cámaras Especiales: Son cámaras para realizar alguna tarea en especial y en ámbitos particulares como la seguridad, agricultura, construcción; las cámaras que podemos encontrar son muy variadas como, térmicas, multiespectrales, de visión nocturna o fotométricas, por lo general con este tipo de cámaras son controladas con 2 pilotos, uno se encarga de manejar el Dron mientras el otro se encarga de manipular las funciones de la cámara.



Imagen 14. Fotografía tomada con Cámara tipo térmica.

Fuente: Imagen obtenida de <https://novodrone.com/drone-con-camara-tipos-de-camaras/?v=f13d2458f0fd>

2.4 DRONES EN LA CONSTRUCCIÓN

Los drones ofrecen grandes ventajas en torno de medición y control dentro de las áreas de Geodesia, Topografía y Construcción. Dentro del ámbito de la construcción permiten el control del progreso de la obra y calcular volúmenes de manera más rápida, al mismo tiempo se pueden tomar evidencias diarias, semanales o mensuales de los avances y ver el retraso o progreso que se tiene en torno al plan de obra.



Imagen 15. Fotografía tomada con un Dron.

Fuente: Imagen obtenida de <https://www.detea.es/los-drones-maquinas-en-la-construccion/>

En punto de obras de gran tamaño, se puede dar un seguimiento más delimitado, de manera más visual y gráfica, se pueden tener evidencias día con día en, fotografía como en video, se da seguimiento a la logística hasta la seguridad que deben cumplir los trabajadores, otra de las funciones que podemos obtener al usarlos es control y medición de la geografía del terreno (cartografía), el Dron tiene la capacidad de recorrer grandes hectáreas en un corto tiempo y tenemos como ventaja su costo se vuelve muy económico al ser comparado con la renta de un helicóptero, los cuales son utilizados para la obtención de imágenes aéreas (fotografías) y el modelaje 3D.

Dentro de unos años se espera que su uso llegue hasta levantamientos de mega construcciones, levantamientos de sitios con difícil acceso ya que ofrece una perspectiva diferente y el ahorro de espacio, el tiempo que llevaría a cabo la realización de estos trabajos y costos de ejecución, hablando en porcentaje se puede estimar que el uso de drones puede reducir hasta un 25% de costo total de una obra. En la actualidad los Drones pueden ser empleados para las siguientes labores:

- Seguimiento a tiempo real: El dron al tener una cámara se puede monitorear desde un lugar lejano a la construcción lo cual permite analizar los aspectos que el cliente quiera de su obra al momento, al igual nos permite ver el impacto ambiental.

- La inspección de algún punto de difícil acceso o zonas peligrosas como pueden ser, puentes, construcciones en voladeros, barrancos, debido a su movilidad y fácil maniobra hace que sea viable su uso.



Imagen 16. Fotografía Puente colgante Clifton en Bristol, Inglaterra.

Fuente: Imagen obtenida de <https://www.universolamaga.com/tableros-pendolas-puentes/>

Podemos encontrar ventajas en su uso:

- Obtener información a tiempo real para el diseño de vías, autopistas, puentes, construcciones de centros comerciales, unidades habitacionales, hoteles o cualquier obra civil.

- Economizar al no ser necesario gastar en vehículos aéreos tripulados lo cual implicaba mayor gasto y mayor riesgo.
- Obtención de evidencias como fotografías o videos del estado en la que se encuentra la obra.
- Reducir riesgos dentro de las labores que se van a realizar y planear la logística, equipo necesario y rutas para trabajar de manera adecuada y con en menor número de riesgos.



Imagen 17. Fotografía tomada con Dron en una obra de Ingeniería Civil.

Fuente: Imagen obtenida de <http://www.cmic.org/la-utilizacion-de-drones-en-la-construccion/>

Actual mente la SCT ya cuenta con un marco normativo con la finalidad de: **“Contribuir a la seguridad operacional de los drones en el espacio aéreo.”** (Revista Mexicana de la Construcción , 2018)

El director de Capacitación de CMIC menciona lo siguiente: **“El cambio tecnológico es un proceso de carácter temporal y acumulativo en los ámbitos de investigación, desarrollo e incorporación de nuevas tecnologías.”** (Revista Mexicana de la Construcción , 2018); se debe plantear el planteamiento de usar nuevas tecnologías que se van desarrollando día a día.

2.5 VENTAJAS DEL USO DE DRON A DISTANCIA

El uso de Drones se puede clasificar en uso Militar y Civil, teniendo en cuenta estas clasificaciones podemos observar los diferentes puntos de vista de los cuales se tienen registro como es el caso del Departamento de Defensa de los Estados Unidos de Norte América, que han hecho su propia clasificación en torno a 3 categorías que ellos definen como:

- Dull (Aburridas)
- Dangerous (Peligrosas)
- Dirty (Sucias)

La clasificación surge porque los Drones son utilizados en misiones llamadas ISR de inteligencia, vigilancia o reconocimiento, debido al carácter de estas misiones entran en el rango de Dull, ya que se tornan a ser de mucho tiempo y muy rutinarias, para ello se puede preestablecer un plan de vuelo en el cual la aeronave recolecta la información, lo cual hace que el control de una persona no sea necesario.

En misiones de reconocimiento de terreno son de gran ayuda ya que permiten determinar si existe algún riesgo, existe el riesgo de que la aeronave sea derribada, pero es preferible a que se adentren personas y sean tomadas por sorpresa en una emboscada.

El factor económico es otro dato a ser considerado ya que al ser de menor tamaño indica un menor costo de fabricación, mantenimiento y operación, entre otras ventajas que podemos obtener al usarlos se encuentra operaciones al interior de casas, edificios, construcciones, etc. Tener un mejor acercamiento a algún objetivo y el poder realizar maniobras de muy alta precisión, entrar en lugares muy reducidos o de difícil acceso; el no tener que usar una plataforma de despegue o infraestructura aeroportuaria, lo cual facilita su utilización en situaciones de emergencia y genera menor costo en su operación.

Se pueden obtener datos los cuales variarán su precisión teniendo en cuenta factores como su altura y la calidad del sensor que se ocupe o cámara, la combinación de los diferentes factores que utilicemos en dicha tarea nos permitirán tener una mejor recolección de datos y más precisos, la calidad del sensor con una altura adecuada permitirá una obtención de datos más exacta si el trabajo lo requiere en caso de que no se requiera una precisión milimétrica se puede ser flexible en la toma de decisiones entorno a altura, sensor y cámara. Se pueden realizar los vuelos que sean necesarios para la obtención de los datos, comprobación, corrección o toma de evidencia.

2.6 RECONSTRUCCIÓN POR MEDIO DE FOTOGRAFÍA

¿Qué es una fotografía?

La Fotografía se puede definir como la ciencia, el arte o la técnica que tiene como fin de obtener una imagen en un tiempo y espacio determinado, con condiciones que no pueden ser cambiadas y permanecerán inertes al momento de capturar la Fotografía. Esto se basa en un principio conocido como Cámara Oscura, el cual consta en la captura de una imagen a través de un pequeño orificio y de esta forma queda grabada la imagen, reducida y aumentada su nitidez, las cámaras antiguas usaban una película sensible y en la actualidad las cámaras digitales utilizan sensores CCD, CMOS o memorias digitales.

Al usar las fotografías para la restauración nos permite la obtención de imágenes Bidimensionales (Dos dimensiones), a partir de esto de imágenes podemos determinar coordenadas bidimensionales mejor conocidos como pixeles, y pasarlos a coordenadas tridimensionales, lo cual nos permitirá modelar; para poder tener un modelo tridimensional se tienen que tomar varias fotografías del mismo punto en diferentes direcciones y a la zona común entre 2 fotografías se les conoce como solape, dependiendo de lo que se quiera reconstruir es el número y posición de las fotografías que se tengan que tomar.

2.7 SENSOR ULTRASÓNICO

El sensor a utilizar tendrá el principio de los murciélagos los cuales emiten ondas sonoras para determinar la ubicación de objetos en el espacio, los murciélagos al emitir estas ondas y rebotar en algún objeto estas producen un eco y este regresa a las orejas de los murciélagos la cual permite determinar la ubicación, el tamaño y la forma del objeto, esto hace que los murciélagos puedan detectar cosas muy finas o pequeñas aun estando en la oscuridad.

Aparte de los murciélagos existen otros tipos de animales que utilizan la propagación de ondas para poder localizar su comida o navegar tal es el caso como los delfines, las ballenas o las musarañas, **“Cuando hablamos de ultrasonido, en realidad es un tipo de energía de sonido que un oído humano normal no puede escuchar.”** (WONG, 2013); por lo tanto los sonidos ultrasónicos no son perceptibles para el oído humano.

El mismo sistema que se ocupa fue llevado a la aplicación del ser humano específicamente en el uso militar generándose eco localizadores, a través de un sensor sonar este emite ondas sonoras para la navegación y la localización de objetos estos fueron colocados en submarinos la diferencia entre estos y los de los murciélagos es que el del murciélago es propagación en aire y estos se usan bajo el agua.

Se tiene un estudio donde las ondas que utiliza el delfín y estas viajan a través del agua a una velocidad de 1.5 km/seg, y esta es más rápida que la que viaja en el aire en total 4.5 veces, el delfín recibe las ondas acústicas en forma de impulsos nerviosos y es aquí donde el delfín

interpreta y él puede determinar las diferentes características de los objetos como el tamaño, la forma, velocidad, distancia y hasta se puede tener una idea de la estructura interna.

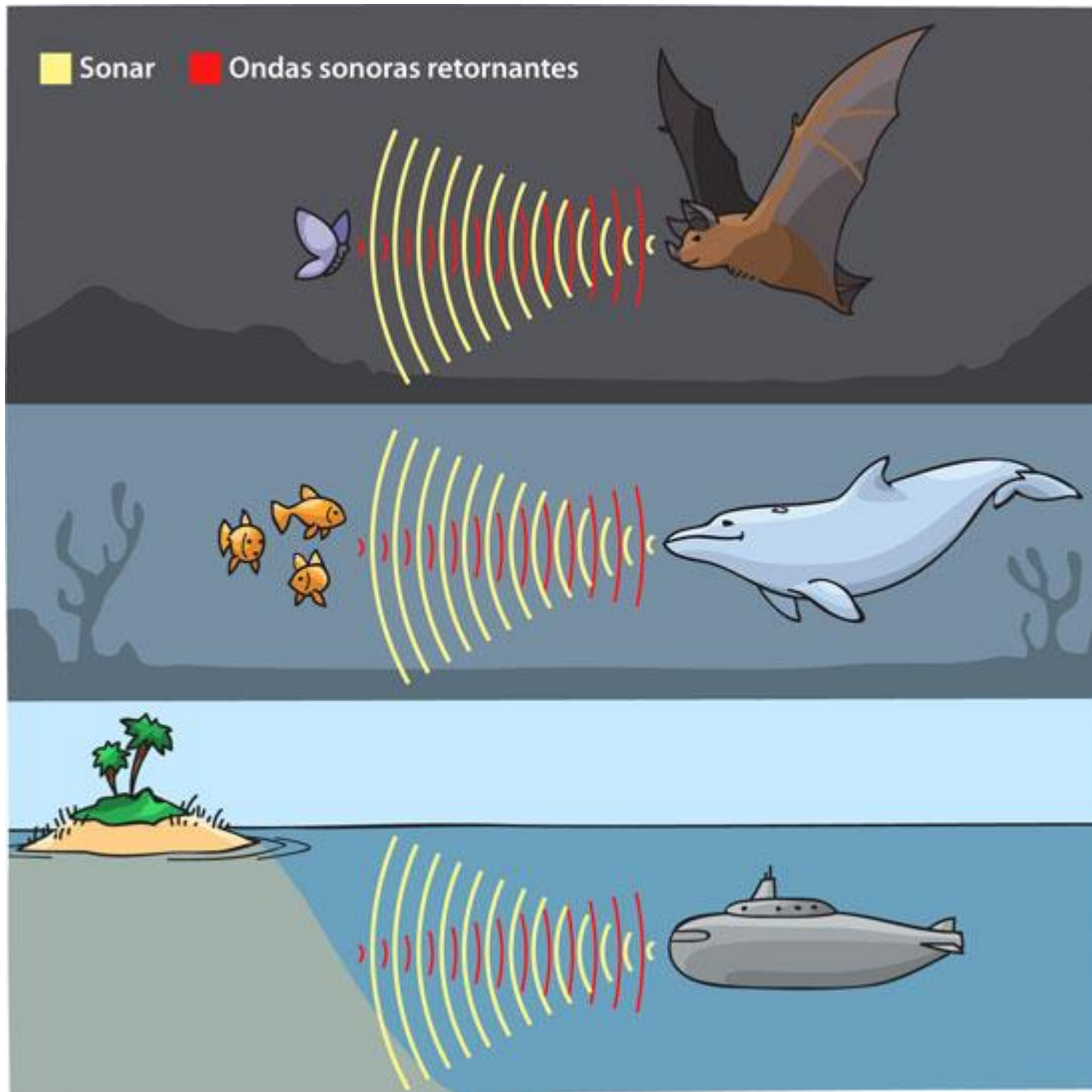


Imagen 18. Ejemplo del funcionamiento de las ondas ultrasónicas.

Fuente: Imagen obtenida de <https://www.supermeteo.com/analisi-di-sistemi-temporaleschi-alla-mesoscala-mediante-il-radar-di-torchiarolo/>

2.8 ONDAS

Una onda es la propagación de la energía, a través del espacio, debido a la perturbación de alguna de sus propiedades físicas y estas tienen su origen por medio de oscilaciones y vibraciones de la materia, cada tipo de onda tiene una característica y un comportamiento diferente y dependerá de cómo se origina, sus características y su medio en el cual se propagan, las ondas sonoras no se pueden propagar en el vacío, requiere de un medio para poder viajar.

Se puede generar una clasificación de ondas a través del medio en el que se propagan y son:

- Ondas Mecánicas: Son las ondas que se propagan en medios materiales y que tienen condiciones determinadas como la temperatura y presión un ejemplo de este tipo son las ondas sonoras.
- Ondas Electromagnéticas: Son las ondas que no requieren un medio para propagarse, pueden propagarse en el vacío, debido a que estas son variaciones cíclicas del campo electromagnético, en estas tenemos como ejemplo la luz.
- Ondas Gravitacionales: Son vibraciones en el tiempo-espacio, en 1916 el científico Albert Einstein, basado en su teoría de la Relatividad dice que algunos cuerpos liberan parte de su cuerpo en forma de energía a través de ondas, en ese tiempo pensaba que no podían ser detectadas debido a que tenían su origen demasiado lejos y no podrían

llegar a la Tierra, sin embargo, en el año 2016 un grupo de investigadores detectaron este tipo de ondas debido al choque de 2 agujeros negros.

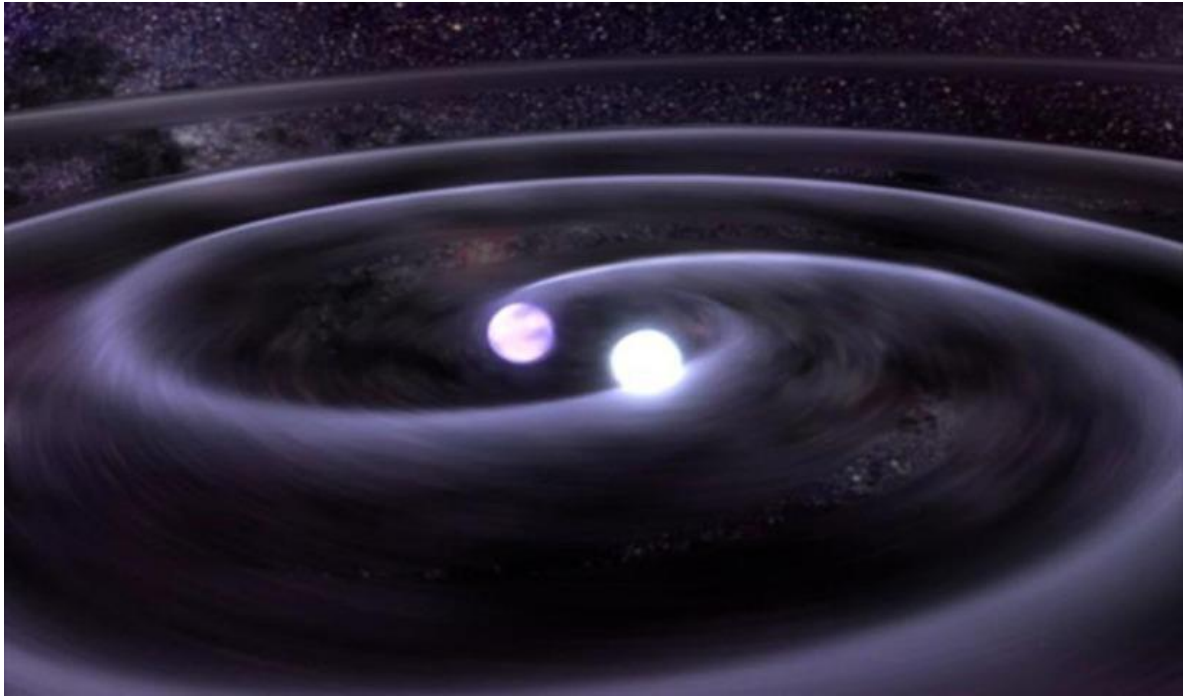


Imagen 19. Ejemplo de una Onda de tipo Gravitacional

Fuente: Imagen obtenida de <https://science.howstuffworks.com/10-space-landmarks10.htm>

También se pueden clasificar por:

- Dirección: Unidimensionales, bidimensionales o tridimensionales. Las primeras se caracterizan por solo propagarse en una dimensión del espacio, Las bidimensionales se propagan en a través de dos dimensiones y reciben el nombre de superficiales, por ultimo tenemos las tridimensionales las cuales se propagan en tres dimensiones y reciben en nombre de esféricas.
- Periodo: Periódicas y no periódicas; las ondas periódicas son las que presentan ciclos repetitivos, mientras que las no periódicas presentan ciclos irregulares.

- Movimiento: Longitudinales y transversales, las ondas longitudinales son las que sus partículas se mueven en la misma dirección en la que se llega a propagar la onda, mientras que las transversales las partículas tienen vibraciones perpendiculares a la dirección en la que se llega a propagar la onda.

Las ondas se componen de:

- Cresta: Es el punto más alto que alcanza la onda.
- Periodo: Se representa con la letra T y es el tiempo que transcurre entre dos puntos equivalentes en la onda.
- Amplitud: Se representa con la letra A y es una medida de la variación máxima del desplazamiento que varía periódicamente o cuasi periódicamente en un tiempo.
- Frecuencia: Se representa con la letra f y es una magnitud que contabiliza las veces que se repite la onda en un tiempo determinado.
- Valle: Es el punto más bajo que tiene la onda.
- Longitud de onda: Se representa con la letra λ del alfabeto griego y es la distancia entre dos crestas consecutivas de la ondulación.
- Ciclo: Es la ondulación completa.

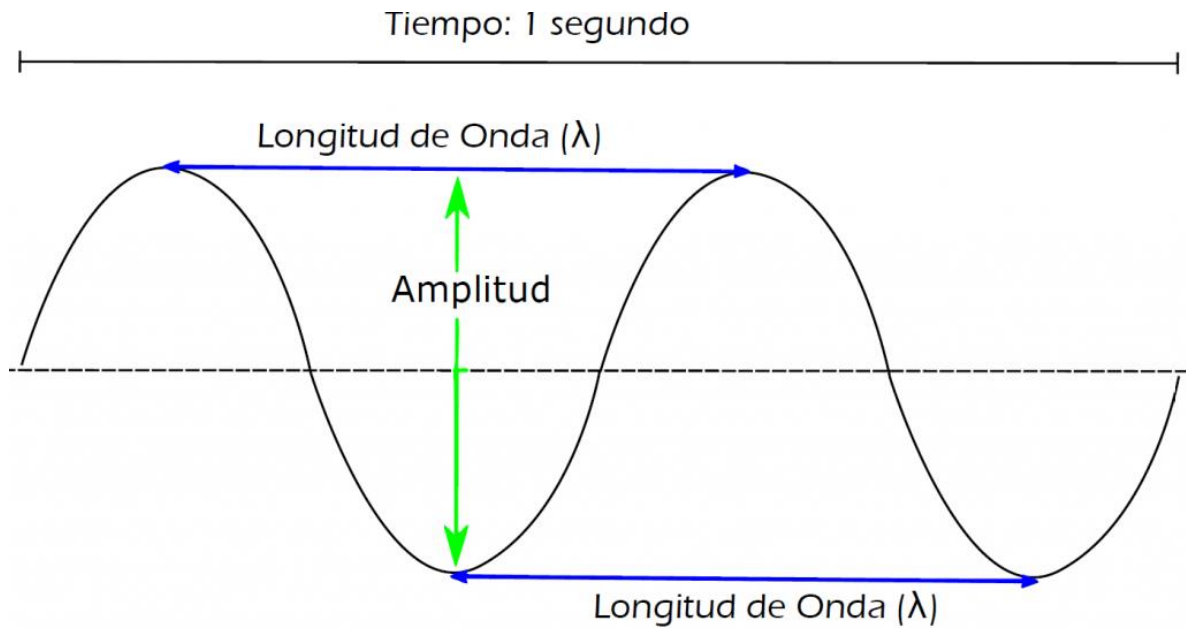


Imagen 20. Características de una onda

Fuente: Imagen obtenida de <https://iie.fing.edu.uy/proyectos/esopo/caracteristicas-ondas/>

Las ondas sonoras

Podemos definir que una onda sonora es una fluctuación de presión, el cual tiene la virtud de poder moverse a través de cualquier medio que le permita que sus moléculas tengan variaciones entre sí que se acerquen y se alejen una de otra, estas ondas pueden ser detectados por el oído humano siempre y cuando tengan una frecuencia entre 20 a 20000 Hz. A este tipo de ondas se le pueden conocer también como ondas acústicas y estas se pueden considerar como ondas longitudinales.

3. CONSTRUCCIÓN DRON

En este capítulo se dan a conocer las características y se sugieren los componentes para construir un Dron para poder dar un dictamen, analizar una estructura, salva guardar el bienestar de las personas.

3.1 CARACTERÍSTICAS DEL MODELO DEL DRON

Datos a tomar en cuenta para la elección de las piezas a conformar el Dron:

2. Estabilidad de Vuelo
3. Movilidad en espacios pequeñas
4. Capacidad de carga para cámara de alta definición si es necesaria
5. Rapidez de vuelo
6. Visualización a tiempo real
7. Espacio para colocar Sensores
8. Detección de peligros con la cámara
9. Facilidad de Manejo
10. Estabilidad para tomar datos de sensores y fotos

Después de analizar tanto las ventajas como las desventajas que se tienen al utilizar cada tipo de estructura se analiza la construcción virtual del dron como Cuadricóptero, debido a que se tiene mejor control al momento de vuelo y facilitaría la posición de los sensores y la cámara, el control de vuelo juega un papel muy importante dentro de lo que se quiere llevar a cabo debido a la variedad de construcciones que se pueden encontrar, el espacio para realizar las maniobras, los espacios a evaluar o los daños que se puedan tener en la construcción.

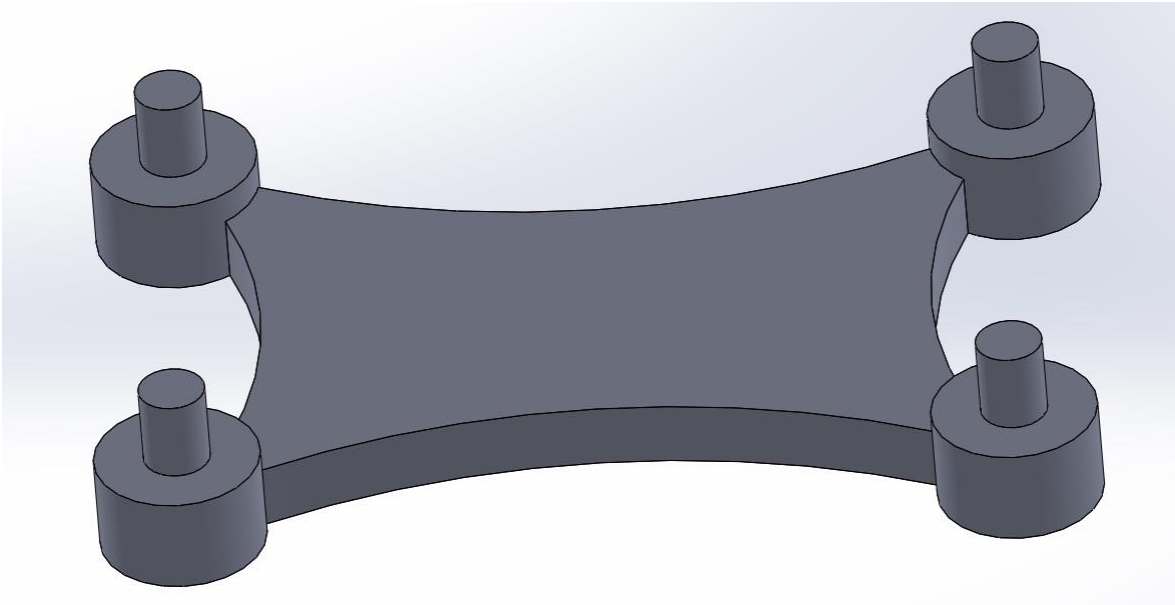


Imagen 21. Estructura y soporte del Dron.

Fuente: Imagen de autoría propia.

El motor pensado para el prototipo sería un motor profesional de 490 KV, debido a que nos permiten soportar una mayor carga, tienen un menor consumo de energía, peso de la cámara tanto como de los sensores, las revoluciones que manejan las hélices con estos motores son bajas lo cual permitiría un mejor control y mayor control de movimientos. Se requieren 4 motores uno para cada parte de la estructura y estos llevarán 1 hélice en cada motor, un variador de velocidad para controlar la velocidad, la dirección de giro de motores y freno dinámico, el variador de velocidad debe contar con un procesador con base en ARM Cortex de 32 bits son de nueva generación lo cual permite tener nuevas funciones lo que los procesadores de 8 bits no nos permiten.

Las hélices teniendo en cuenta que es un Cuadricóptero se requieren 2 hélices que giren en torno a las manecillas del reloj y otras 2 que giren en sentido contrario, el grado de inclinación

que deben presentar las hélices debe ser bajo para que nos brinde mayor aceleración y el sistema de amortización tenga un menor desgaste, pero como principal ventaja tendríamos una mayor estabilidad, el material de las hélices tiene que ser de fibra de carbono dando mayor estabilidad de vuelo que si se usaran hélices de plástico, referente a su forma se recomienda usar hélices con terminación en punta ya que brindan una mejor relación entre el consumo-empuje lo cual permite un mayor tiempo de vuelo.

Batería teniendo en cuenta el alto requerimiento de energía eléctrica que se necesitaría para hacer funcionar el Dron se plantea el uso de una batería de LiPoly de 5200 mAh, sugiriendo utilizar Turnigy High 6s 12c Lipo Pack con XT60 debido a que proporcionaría más capacidad de carga y con un mismo tamaño que una más pequeña, dando un mayor tiempo de vuelo sin un peso excesivo.



Imagen 22. Batería de LiPoly marca Turnigy de 5200 mAh.

Fuente: Imagen obtenida de <https://mx.gearbest.com/>

Controlador de vuelo se sugiere “Kit de Piloto Automático Navio2 para Raspberry Pi 2/3” ya que este está diseñado para realizar las variantes que se requieran de un Dron normal, elimina la necesidad tener varios controladores generando un menor espacio necesario y que pueda ser utilizado en otros dispositivos, se puede agregar una conexión Wifi o Lte, y cuenta con un localizador GPS, en caso de ser necesario tomar fotografías con coordenadas facilitaría su utilización.

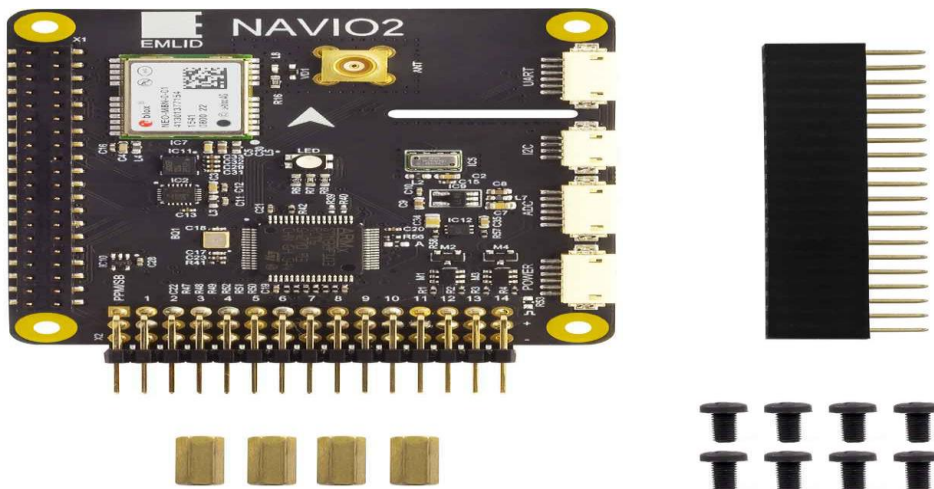


Imagen 23. Controlador de vuelo tipo NAVIO2.

Fuente: Imagen obtenida de <https://mx.gearbest.com/>

Cuerpo del Dron la estructura que estará en contacto con el exterior es de suma importancia ya que es la que permitirá mantener seguros los componentes electrónicos y las conexiones, del medio ambiente por ello es de suma importancia seleccionar de la mejor manera el material para la construcción de este se anexa un listado de los materiales que se pueden utilizar para su construcción, así como sus ventajas y desventajas de cada uno.

- Fibra de Carbono: La fibra de carbono es una fibra sintética que está formado por fibras de 5-10 micras de diámetro, y como su nombre lo refiere son fibras de átomos de carbono.
 - a. Ventajas:
 - i. Es un material ligero tiene una baja densidad
 - ii. Tiene una alta resistencia
 - iii. Alta resistencia a la tracción
 - iv. Resistencia a condiciones de calor o frio comparada con acero o aluminio
 - v. Mayor tiempo de vida útil en comparación con el metal
 - vi. Resistencia a la corrosión
 - vii. Buen conductor de energía eléctrica.
 - b. Desventajas:
 - i. Baja resistencia cuando se comprime
 - ii. Su alto costo

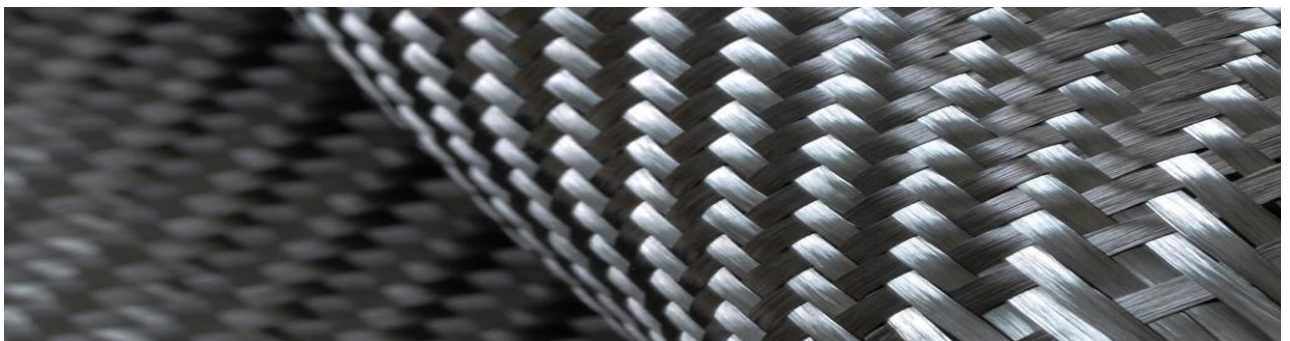


Imagen 24. Fibra de Carbono.

Fuente: Imagen obtenida de <https://www.motoryracing.com/pruebas/noticias/la-fibra-de-carbono-y-su-uso-en-el-mundo-automotriz/>

- Aluminio: Es un material que se utiliza en varios ámbitos como lo es la construcción, minería, aeronáutica, etc. Está constituido por la Alúmina, que es mezclada con la Criolita.

a. Ventajas:

- i. Muy ligero
- ii. Dureza
- iii. Tiene una densidad baja (2.7 g/cm^3)
- iv. Es un material económico
- v. Es un material maleable
- vi. Resistencia a la corrosión
- vii. Buen conductor de electricidad

b. Desventajas

- i. Más caro en comparación al acero
- ii. Su producción es energéticamente caro
- iii. Se necesita una gran cantidad de Bauxita siendo este un mineral escaso



Imagen 25. Aluminio

Fuente: Imagen obtenida de <https://www.jnaceros.com.pe/diferencias-saber-acero-inoxidable-aluminio/>

- Poliestireno: Es una resina sintética, su fabricación es hilando o polimerizando Estireno esta es una sustancia química que podemos encontrarla en los alimentos como fresas, canela, café y en la carne de res, su fabricación es en forma de espuma y se llama Poliestireno expandido tiene propiedad de aislamiento.

a) Ventajas:

- i. Materia muy ligero
- ii. Muy económico
- iii. Aislante térmico
- iv. Se puede reutilizar
- v. Maleabilidad a través de sistemas de inyección
- vi. Resistencia a la humedad

b) Desventajas:

- i. Material inflamable
- ii. No es biodegradable



Imagen 25. Poliestireno

Fuente: Imagen obtenida de <https://www.beliani.ch/material-de-relleno-eps-bolas-de-poliestireno-granulado-para-pufs-300-l.html>

- PLA: Es un polímero biodegradable este es un derivado del Ácido Láctico, este se fabrica de recursos 100% renovables, que son ricos en almidón, este material es usado en la impresión de piezas en impresoras 3D, por medio de un software llamado Solidworks.

a) Ventajas:

- i. Fácil uso
- ii. Tiene buena resistencia
- iii. No genera deformación
- iv. Permite creación de modelos complejos
- v. Ecológico
- vi. Su fabricación es con recursos renovables
- vii. Buen aislante

b) Desventajas:

- i. Difícil de reciclar
- ii. Riesgos al imprimir por la generación de partículas pequeñas de plástico
- iii.

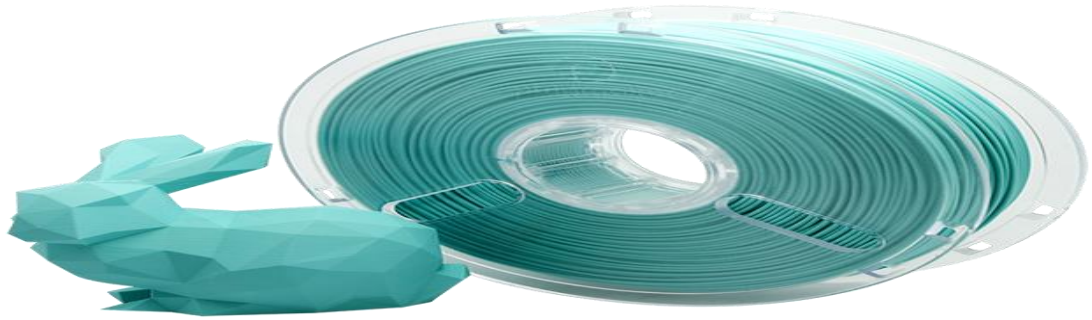


Imagen 26. PLA.

Fuente: Imagen obtenida de <https://shop.3dfilaprint.com/polyplus-pla-285mm-teal-3d-printer-filament-11755-p.asp>

- Fibra de Vidrio: Es vidrio liquido fundido y pasado a través de pequeños orificios para que sea muy fino y esto crea hilos estos son muy finos de 4 micras, al enfriarse se entretejen y este se puede combinar con resinas para tener una mejor calidad de material y tener una mejor dureza y resistencia.

a) Ventajas:

- i. Es un material versátil lo que permite crear diferentes tipos de piezas
- ii. Tiene excelente resistencia mecánica
- iii. Resistencia a la corrosión
- iv. Durabilidad tiene una vida útil muy buena
- v. Su precio es bajo

b) Desventajas:

- i. Puede causar picazón en la piel
- ii. Sus residuos son contaminantes
- iii. Para degradarlo se tienen que usar procesos químicos

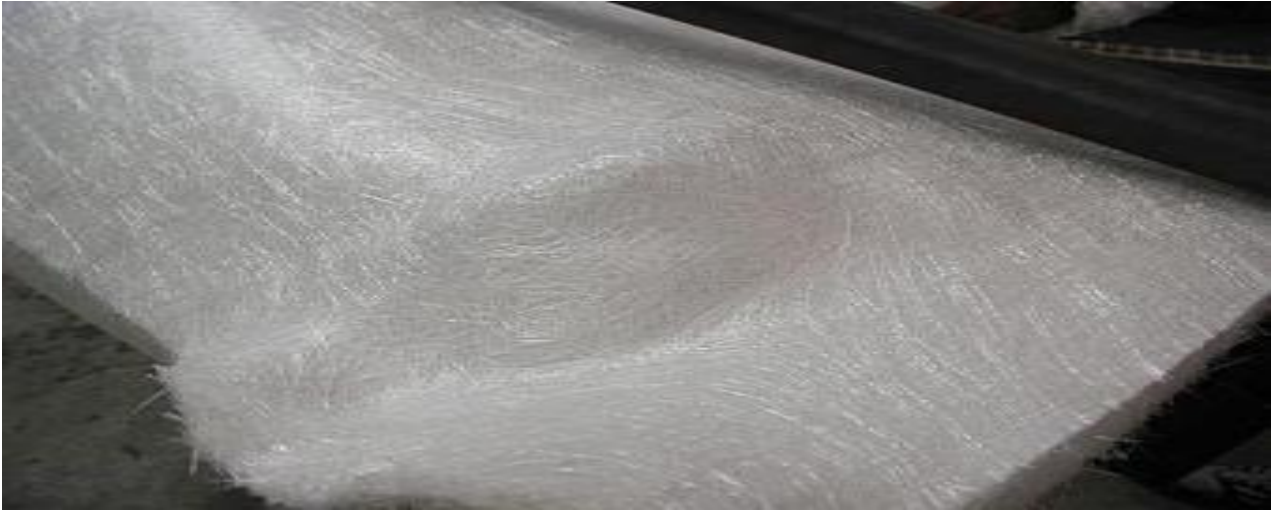


Imagen 26. Fibra de Vidrio.

Fuente: Imagen obtenida de <http://www.amawebs.com/>

3.2 SENSORES

El sensor ultrasónico es el que tiene más importancia dentro del prototipo ya que es el que nos permitiría la obtención de los datos para poder establecer los parámetros y dar un dictamen de la estructura, la construcción o algún elemento en particular que se analice; pero este dependerá de una buena estabilidad al momento del vuelo del dron.

Deberá ser colócalo en una posición donde no sea obstaculizado por ninguna parte del dron, lo cual facilitar la lectura de las estructuras y dará más precisión a los datos que se obtengan, en el diseño virtual es colocado en la posición posterior, teniendo en la parte de enfrente la cámara, al tener la visión de lo que se examinara se dará una vuelta de 180° grados para tener la visión del sensor.

Se sugiere el uso de un sensor ultrasónico M25U de Banner Engineering el cual permite la obtención de datos a pesar que la señal entre el emisor y el receptor se encuentre obstaculizada por algún objeto. Estos sensores son más rápidos y exactos que los sensores ultrasónicos convencionales.

La ventaja de utilizar sensores ultrasónicos sobre los sensores ópticos son que estos no son afectados por las condiciones de luz que se encuentre en el ambiente a analizar, pueden funcionar en condiciones donde los sensores ópticos no funcionan de manera correcta como puede ser un ambiente contaminado o húmedo, los sensores son inmunes al color, la reflectividad y la transparencia.

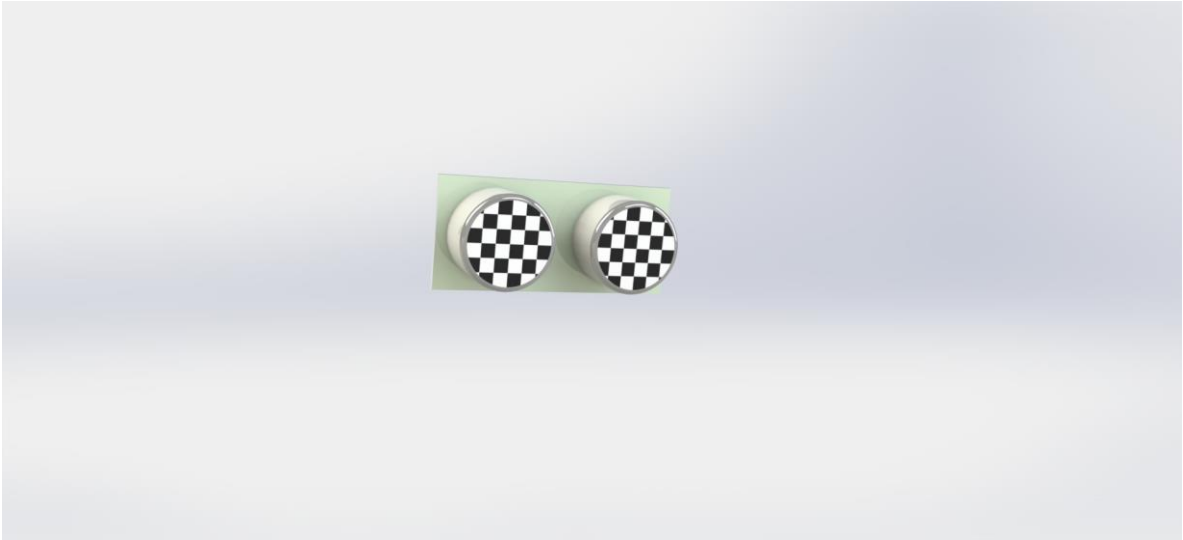


Imagen 27. Sensor Ultrasónico o Sonar.

Fuente: Imagen de autoría propia.

El sensor está diseñado para emitir la onda y que esta regrese con un valor en unidades de tiempo de cuanto se tardó en ir y regresar, puede ser un parámetro tomando en cuenta la distancia que tenemos entre el sensor y lo que se va a evaluar pero se puede modificar para en vez que nos de unidades de tiempo, nos de la intensidad de señal que se registra.

Si se quiere tener más precisión se puede utilizar un sensor basado en laser el cual nos permite la detención de los cuerpos y en caso de que se encuentre perforado, dañado o con algún daño, la señal emitida de luz cambia dependiendo el objeto que se esté analizando esta puede ser registrada por este sensor, el sensor registra como datos base una distancia, una intensidad que se puede registrar con anterioridad, entre más pequeño sea el punto de emisión del láser, se pueden analizar objetos más pequeños o finos, entre las ventajas que encontramos al usar

este sensor encontramos que no requiere mantenimiento.

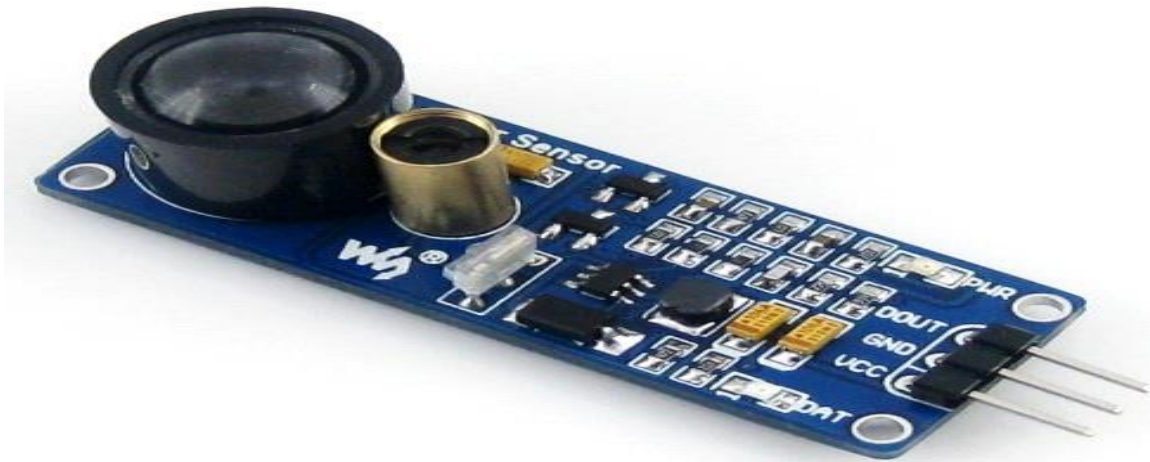


Imagen 28. Sensor laser.

Fuente: Imagen obtenida de <https://es.dhgate.com/product/diffuse-reflection-laser-sensor-module-laser/381200138.html>

Cámara

La cámara ira en la parte de enfrente de él Dron con la finalidad de poder tener imágenes a tiempo real de la que se esté valuando, poder moverse en la construcción libremente, examinar alguna parte en específico y poder tomar fotografías, la selección de la cámara es importante para poder tener un mejor alcance en el peritaje.

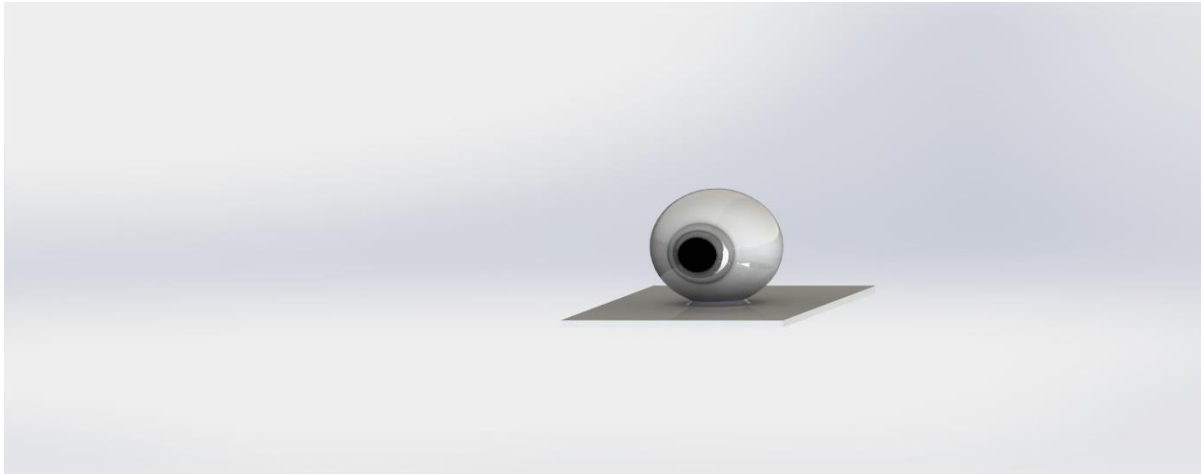


Imagen 29. Cámara.

Fuente: Imagen de autoría propia.

La cámara que se sugiere es una cámara térmica lo que permitiría tener un espectro de calor, otro parámetro que al contemplarlo junto con los otros sensores se tendría un dictamen más completo acerca de la estructura que se está analizando, la ventaja que obtenemos al utilizar una cámara de este tipo de cámara que no solo tienes imágenes, te permite generar fotografías con espectros de calor.



Imagen 30. Modelo del Dron virtual.

Fuente: Imagen de autoría propia.



Imagen 31. Modelo del Dron virtual.

Fuente: Imagen de autoría propia.



Imagen 32. Modelo del Dron virtual.

Fuente: Imagen de autoría propia.



Imagen 33. Modelo del Dron virtual.

Fuente: Imagen de autoría propia.

4.- PARÁMETROS

En este capítulo se darán muestra de la obtención de los parámetros para determinar la seguridad de una estructura, así como una comparación con los parámetros sugeridos por los organismos existentes.

4.1 EVALUACIÓN DE DAÑO EN ESTRUCTURAS.

Como se menciona en el Atlas Nacional de Riesgos se determina que **“Dentro de las edificaciones que resultan afectadas se encuentran principalmente las viviendas de bajo costo”** (Corona, Lopez Batis, Pacheco Martinez, Reyes Salinas, & Rivera Vargas, 2006), debido a que estas construcciones son informales, usan materiales de baja calidad y no tienen proyecto estructural, lo cual provoca que sean altamente propensas a sufrir daños por algún desastre natural, para poder evaluar el riesgo que presenta la construcción es necesario evaluar la vulnerabilidad que presenta cada tipo de construcción.

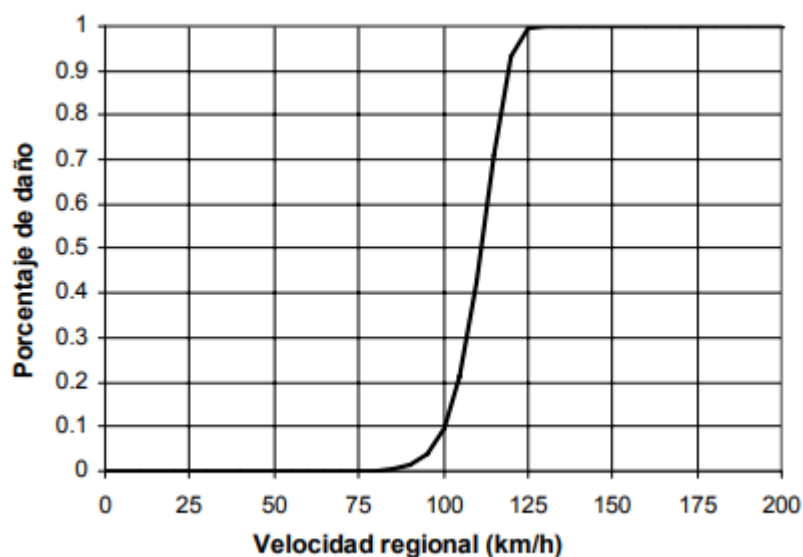
Los parámetros de vulnerabilidad preestablecidos toman en cuenta expresiones matemáticas que tratan de establecer una relación entre el parámetro o variable y la probabilidad que se presente algún daño.

Existen diferentes tipos de fallas o de daños físicos, y estas se pueden clasificar en consecuencias de costos directos que son la reparación del edificio, o costos indirectos como son las pérdidas humanas, en torno a los costos directos podemos considerar los siguientes:

- Falla total
- Daños de elementos estructurales
- Daños de elementos no estructurales
- Daños en instalaciones, equipo y contenidos

Otro aspecto a considerar es el tipo de falla, esta condición influye altamente la vulnerabilidad, tenemos como ejemplo que si se determina una construcción que sea altamente vulnerable por los aspectos ya mencionados su punto de colapso es con intensidades relativamente bajas, en caso contrario una construcción con baja vulnerabilidad los puntos de colapso sus intensidades son altas.

Si tenemos un tipo de falla frágil o abrupto, presenta un comportamiento como en la gráfica 1.

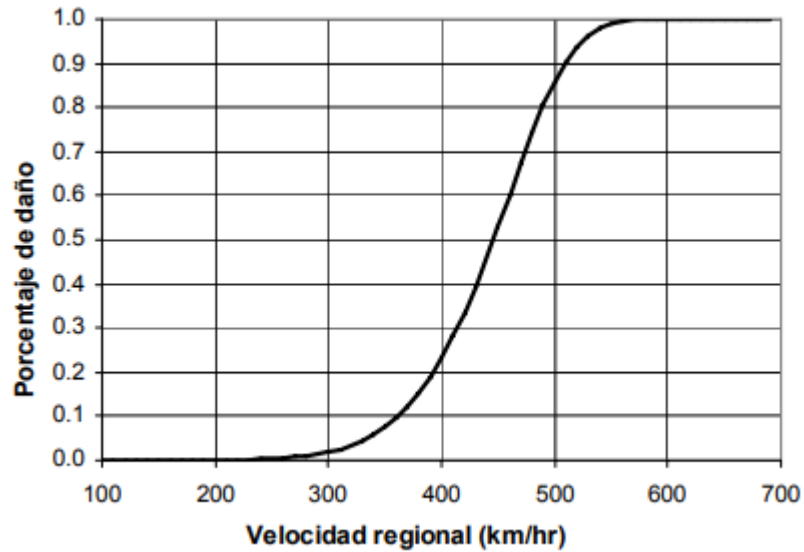


Gráfica 1.

Fuente: Gráfica obtenida de

<http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/descargas/Methodologias/SocioOrganizativo.pdf>

En caso de que presentemos un tipo de falla dúctil presentara un comportamiento como en la gráfica 2.



Gráfica 2.

Fuente: Gráfica obtenida de

<http://www.atlasmacionalderiesgos.gob.mx/descargas/Metodologias/SocioOrganizativo.pdf>

“El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), cuenta con una clasificación de viviendas el cual es por el material usado en la construcción de techos, pisos y muros (paredes)” (Corona, Lopez Batis, Pacheco Martinez, Reyes Salinas, & Rivera Vargas, 2006). En torno a los fines de vulnerabilidad ante los acontecimientos de sismos solo son de interés los datos de techos y muros.

Los elementos estructurales que componen una vivienda son:

- **Cimentación:** Es la encargada de transmitir los esfuerzos originados de las cargas verticales y horizontales, las cargas verticales tenemos las cargas vivas y las cargas

muertas, mientras tanto las cargas horizontales son las que se generan por la acción de los sismos o el viento.

- Muros de carga: Son los elementos estructurales que se encargan de resistir las fuerzas sísmicas y de igual manera se encargan de transmitir las cargas verticales y laterales hasta la cimentación.
- Techos y entrepisos: Podemos encontrar sistemas rígidos los cuales son losas de concreto, de tabique, entre otros. Estos son los encargados de transmitir las fuerzas sísmicas horizontales hacia los muros, además funcionan como punto de unión entre los muros.

Deben existir aspectos para poder tener un buen desempeño en caso de sismo los cuales son los siguientes:

- Debe existir unión entre el techo y los muros, ya que estos permiten una adecuada transmisión de las fuerzas que se producen durante los sismos.
- Una buena rigidez del techo garantiza que se transmita de manera adecuada las fuerzas horizontales hacia los muros, además que permite mantenerlos ligados.

4.2 CRITERIOS PARA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD

“Existen criterios ya establecidos para la evaluación de la vulnerabilidad, se pueden clasificar en dos niveles de información. El primer nivel involucra solo información del último censo de población y vivienda, este se encuentra disponible en la página del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática” (Corona, Lopez Batis, Pacheco Martinez, Reyes Salinas, & Rivera Vargas, 2006). El segundo nivel requiere una inspección de campo, en el cual se tiene que hacer un levantamiento topográfico, y se clasifican en apartados que están establecidos en INEGI, a continuación, en la tabla 1 se muestra la clasificación de dichos datos.

Tipo	Características de la vivienda
1	Muros de mampostería con techos rígidos
2	Muros de mampostería con techos flexibles
3	Muros de adobe con techos rígidos
4	Muros de adobe con techos flexibles
5	Muros de materiales débiles con techos flexibles

Tabla 1.

Fuente: Autoría Propia

Sin embargo, la clasificación usada por INEGI, restringe muchos aspectos ya que solo considera lo siguiente:

- Como muros de mampostería considera: tabique, bloque, piedra, cantera, etc.
- Los techos flexibles: material de desecho, lámina de cartón, lámina de asbesto, lámina metálica, palma, tejamanil, madera, teja y algunos que no se especifican dentro del censo que realiza dicho organismo.
- Los techos rígidos: losa de concreto, tabique, ladrillo, terrado con vigueta y bóveda catalana.

Se presenta un índice de riesgo que tiene como parámetros valores entre cero y uno, la medida solo da un indicador acerca de la evaluación del riesgo, tomando como valores cercanos a uno que la vivienda tiene mayor susceptibilidad al daño, mientras valores cercanos a cero son los que representan menor riesgo. Este índice contempla dos aspectos uno que tiene que ver con la parte física y el segundo que depende de la parte social, en la tabla 2 se dan los valores que se establecieron para cada zona, la “Zona A” es la que tiene menor peligro, en tanto la “Zona D” presenta mayor peligro.

Zona	Valor
A	0.08
B	0.14
C	0.36
D	0.80

Tabla 2.

Fuente: Autoría Propia

En lo que se refiere al Factor social toma valores que van de uno a cuatro, tomando como uno la condición más favorable y cinco con las condiciones con mayores riesgos, tabla 3.

Valor	Grados de vulnerabilidad social
1	Muy bajo
2	Bajo
3	Medio
4	Alto
5	Muy alto

Tabla 3.

Fuente: Autoría Propia

Las construcciones de obra civil, las estructuras, proyecto de infraestructura, etc. Son susceptibles a presentar distintas formas de fallas o de daños físicos, estos derivan en consecuencias de distintas clases, como ya se mencionó anteriormente en costos directos e indirectos. Estos se pueden clasificar desde sin daño hasta daño total, en la tabla 4 se muestra una explicación más detallada de cada uno de los daños.

Clasificación de daño	Daño estructural	Daño en acabados
Sin daño	Ninguno	Ninguno
Daño ligero	Grietas inclinadas en muros de mampostería con ancho entre 0.1 a 1 mm, sin daños en mampostería.	Ligeros en acabados de muros

Daño medio	Grietas inclinadas en muros de mampostería con ancho entre 1 y 3 mm	Medio en acabados de muros
Daño severo	Grietas en muros de mampostería	Severo en acabado de muros, rotura de vidrios y distorsión de puertas y ventanas
Daño total	Falla de la construcción	Daño total

Tabla 4.

Fuente: Autoría Propia



Imagen 34. Daño total en una construcción.

Fuente: Imagen tomada de <https://www.nbclosangeles.com/multimedia/Mexico-Chiapas-Earthquake-Damage-Photos-443226153.html>

4.3 PARÁMETROS PARA EVALUACIÓN CON DRON

En la actualidad no se cuenta con punto de referencia, que establezcan parámetros para dictaminar por medio de un dron, si una construcción, vivienda o estructura, es estable después de un sismo, por eso a continuación se proponen parámetros de manera teórica, detallando cada uno de manera particular los sensores sonar, sensor laser, cámara y mapa térmico.

4.3.1 SENSOR SONAR.

Para establecer los parámetros del sensor sonar tomamos en cuenta los parámetros que evalúa, los cuales son distancia e intensidad de onda, para la intensidad de onda tenemos valores de cero a uno, teniendo como valor uno en las condiciones más óptimas y cero con las condiciones más desfavorables, en la tabla 5 se establecen los rangos que se tomaran en consideración.

SENSOR SONAR		
PARAMETRO	LECTURA	DAÑO
A	0.00 A 0.25	Daño total
B	0.26 A 0.50	Daño severo
C	0.51 A 0.75	Daño ligero
D	0.76 A 1.00	Daño nulo

Tabla 5.

Fuente: Autoría Propia

Parámetro A: Sera considerado como daño total cuando se obtengan valores de lectura por parte del sensor sonar, entre el rango de 0 a 0.25, lo cual se determina que la construcción se

encuentra en con alto riesgo de colapso, en este caso los elementos estructurales que la componen colapsaron o están a punto de, por lo cual no es recomendable que alguna persona ya sea perito, voluntario o algún ser vivo, se encuentre dentro del mismo. Las construcciones que se encuentren en esta clasificación se tendrán que demoler ya que la estructura ya no es viable para reforzarlas. Los daños que se encuentran son colapso, o derrumbe parcial o total.



Imagen 35. Daño total de una construcción en la Ciudad de México.

Fuente: Imagen tomada de <https://www.forbes.com.mx/se-buscan-traductores-para-ayudar-en-las-labores-de-rescate/>

Parámetro B: Sera considerado como daño severo cuando se obtengan lectura de valores de 0.26 a 0.50, la estructura ha sufrido daños en marcos, muros de carga, columnas y en algunos casos la cimentación, no es recomendable el acceso a personas sin conocimientos, las estructuras con daño severo por lo general son demolidas, en algunos casos son susceptibles

para reparaciones siempre y cuando un perito dictamine que la cimentación aún se encuentra estable. Los tipos de daños que se encuentran son colapso, derrumbe parcial, caída de techos parcial, grietas en muros, en algunos casos se producen incendios por cortocircuitos, escape de gas, fugas de agua, entre otros.



Imagen 36. Daño Severo en una construcción.

Fuente: Imagen tomada de <https://obrasweb.mx/construccion/2017/10/17/edificios-con-dano-severo-por-sismo-pueden-evitar-demolicion-dicen>

Parámetro C: Será considerado como daños ligeros cuando se obtengan puntos de lectura de 0.51 a 0.75, se puede acceder a la construcción para poder realizar un peritaje, en caso de que así se requiera, los daños ligeros que se pueden encontrar son fisuras en muros,

desprendimiento de partes de revestimiento, muros, caída de ventanas, caída de muebles, lámparas u objetos, entre otros.



Imagen 37. Daño ligero en un muro.

Fuente: Imagen tomada de <https://www.civico.com/mexico/noticias/grietas-sismo-cdmx>

Parámetro D: Sera considerado como daño nulo, cuando los valores de lectura se encuentren en el rango de 0.76 a 1, no existe problema en el ingreso de personas, la estructura no sufrió ningún daño que sea de peligro para la estructura.

4.3.2 SENSOR LASER

El sensor está diseñado para emitir una luz y ser recibido por otra parte del sensor en la imagen se muestra el funcionamiento del sensor, en la imagen # se muestra cómo funciona el sensor.

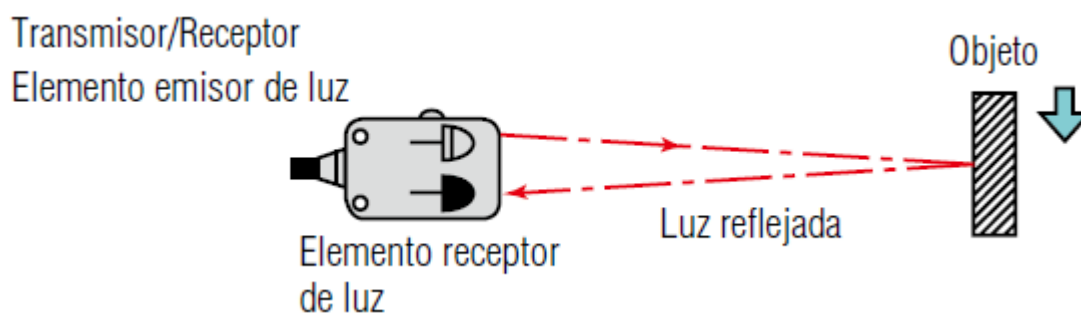


Imagen 38. Diagrama del funcionamiento de un Sensor Laser.

Fuente: Imagen tomada de <https://movilidadconectada.com/2017/04/17/descubriendo-los-sensores-que-hacen-y-porque-son-importantes/>

A continuación, en la tabla 6 se muestran los datos que se deben tomar en cuenta para determinar el daño que tiene la estructura.

SENSOR LASER				
PARÁMETRO	DISTANCIA	INTENSIDAD	TIEMPO	DAÑO
A	1 METRO	0.00 a 0.25	Mayor a 3 seg	Daño total
B	1 METRO	0.26 a 0.50	De 2 seg a 3 seg	Daño severo
C	1 METRO	0.50 a 0.75	De 1 seg a 2 seg	Daño ligero
D	1 METRO	0.76 a 1.00	Menor a 1 seg	Daño nulo

Tabla 6.

Fuente: Autoría Propia

Se deberá tomar en cuenta la distancia la cual deberán permanecer constante en cada componente estructural que se evalué.

- **Parámetro A:** Se considera daño total de la estructura cuando, la intensidad recibida por parte del sensor tenga valores en el rango 0.00 a 0.25, con un tiempo de retorno de la luz del láser mayor a 3 segundos y teniendo en cuenta que los valores fueron tomados a una distancia de un metro de distancia. Cumpliendo esta condición no es recomendable el ingreso de personas al inmueble.
- **Parámetro B:** Se considera daño parcial de la estructura cuando, la intensidad recibida por parte del sensor tenga valores en el rango 0.26 a 0.50, con un tiempo de retorno de la luz láser entre 2 segundos y 3 segundos, con la misma condición de un metro de distancia. Se tendrá que hacer un análisis más a fondo o combinar los diferentes parámetros con el sensor sonar, cámara o mapa térmico, para poder determinar si la estructura es habitable o no.
- **Parámetro C:** Se considera daño ligero de la estructura cuando, la intensidad recibida por parte del sensor tenga valores en el rango de 0.51 a 0.75, con un tiempo de retorno de la luz láser entre 1 segundo y 2 segundos, con la misma condición de un metro de

distancia. En este daño se analizará con un perito para ver como reparar los daños que tenga la estructura.

- Parámetro D: Se considera daño nulo de la estructura cuando, la intensidad por parte del sensor tenga valores del rango de 0.76 a 1.00, con un tiempo de retorno de la luz láser entre 0 segundos y 1 segundos, con la misma condición de un metro de distancia. Dentro de este parámetro es seguro ingresar al inmueble ya que no se sufrieron daños considerables o fueron nulos.

4.3.3 CÁMARA Y MAPA TÉRMICO.

Se podrán realizar la captura de fotografías para ser analizadas por un experto, ver el daño en tiempo real y poder analizar de cualquier punto que se requiera la estructura, se tiene la posibilidad de ver de puntos de difícil acceso o puntos que no están alcance de un perito, en tanto el mapa térmico permitirá tomar la fotografía y tener un mapa de calor con el cual se podrá tener una idea de cómo se encuentra la composición de la estructura.



Imagen 39. Foto tomada con Cámara térmica a una casa habitación.

Fuente: Imagen obtenida de <https://www.bevedo.cz/napoveda/clanky/termovize/>

Los mapas térmicos presentan diferentes tonos de color los cuales se identifican en cálidos y fríos, presentando colores como azul y violeta para el frío, empezando a cambiar desde el violeta al rojo, naranja, amarillo. Para tener una mejor precisión se recomienda tomar la fotografía a corta distancia para no verse afectada por la temperatura de algún otro objeto que se encuentre dentro del inmueble.

Teniendo en cuenta la información se podrá determinar que una estructura sufrió o no sufrió daño, sin poder tener un parámetro que cuantifique el daño que se alcanzó, esto debido a que solo se podrá identificar cuando algún elemento no tenga la continuidad, ya que se presentara un cambio de color en la fotografía, podrá pasar de un tono azul a naranja por dar un ejemplo, lo cual indicara la discontinuidad del elemento, los colores no se podrán cuantificar para poder tomar algún valor para determinar el daño que se tuvo.

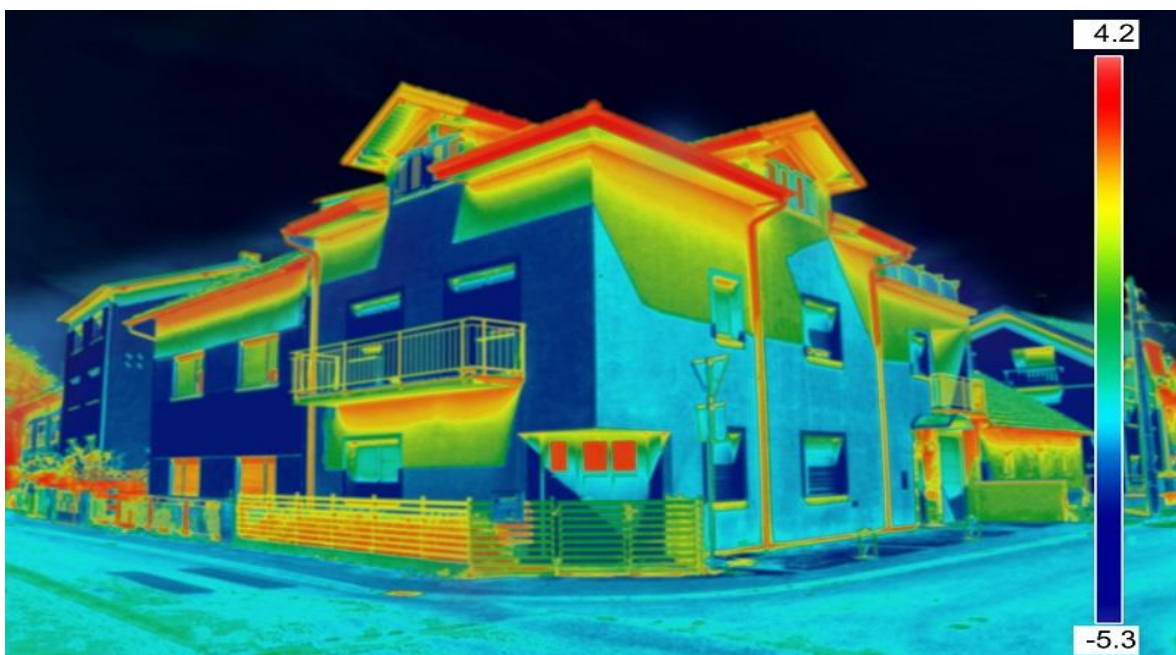


Imagen 40. Foto de una casa tomada con cámara térmica, con escala de -5.3 a 4.2, -5.3 para determinar menor presencia de temperatura y 4.2 siendo las zonas con mayor temperatura.

Fuente: Imagen obtenida de <https://www.oknoservis.pl/art,2777,analizy,html>

RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES.

Para la obtención de un dictamen correcto tendremos que tener en cuenta diversos factores como:

- El correcto uso del Dron
- Analizar de manera adecuada los valores obtenidos por los sensores del Dron
- Perfeccionar los parámetros con pruebas en campo
- Tener en cuenta el material de la construcción
- Intensidad del Sismo
- Conocer el comportamiento de los diferentes materiales que pueden estar presentes en la construcción
- Tener conocimientos en el ámbito de Ingeniería Civil para comparar los resultados con la experiencia

Si se realizan el proyecto y se combina con la experiencia de los peritos será una herramienta de mucha utilidad para tener un menor número de víctimas, evitar el colapso de más construcciones, localización de cuerpos que se encuentren atrapados por un derrumbe o no pudieran salir de una construcción.

Bibliografía

- CENTRO DE INSTRUMENTACION Y REGISTRO SISMICO. (N/A de N/A de N/A). *CIRES*. Obtenido de CIRES: http://www.cires.org.mx/1985_es.php
- Corona, L. F., Lopez Batis, O., Pacheco Martinez, M. A., Reyes Salinas, C., & Rivera Vargas, D. (N/A de Noviembre de 2006). *Atlas nacional*. Obtenido de <http://www.atlasmnacionalderiesgos.gob.mx/descargas/Metodologias/SocioOrganizativo.pdf>
- EL UNIVERSO. (20 de Septiembre de 2017). *El universo*. Obtenido de El universo: <https://www.eluniverso.com/noticias/2017/09/20/nota/6392065/mexico-es-punto-encuentro-5-placas-tectonicas>
- Novodrone, J. (4 de Octubre de 2018). *NOVO DRONE*. Obtenido de NOVO DRONE: <https://novodrone.com/drone-con-camara-tipos-de-camaras/?v=f13d2458f0fd>
- RAE. (N/A de N/A de N/A). *Real Academia Española*. Obtenido de [dle.rae.es](https://dle.rae.es/?id=ED2QqnQ): <https://dle.rae.es/?id=ED2QqnQ>
- Revista Mexicana de la Construcción . (5 de OCTUBRE de 2018). *CMIC*. Obtenido de CMIC: www.cmic.goorg/la-utilizacion-de-drones-en-la-construccion/
- Ruiperez, P. (N/A de N/A de N/A). *Riunet*. Obtenido de Riunet: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73170/RUIP%C3%89REZ%20-%20Dise%C3%B1o%20y%20fabricaci%C3%B3n%20de%20un%20dron%20mediante%20impresi%C3%B3n%203D.pdf?sequence=5>
- Secretaria de Salud. (14 de Octubre de 2018). *Gobierno de México*. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/salud/75aniversario/articulos/1957-la-ciudad-de-mexico-se-sacude-con-el-sismo-del-angel?state=published>
- WONG, J. (21 de Mayo de 2013). *bjultrasonic*. Obtenido de [bjultrasonic](http://www.bjultrasonic.com/es/uses-of-ultrasonic-waves/): <http://www.bjultrasonic.com/es/uses-of-ultrasonic-waves/>