

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**Diseño de un sistema de transmisión
inalámbrica de video para boyas marinas**
(Design of a transmission system wireless
video for marine buoys)

Para acceder al Título de

***Graduado en
Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación***

Autor: Sergio Sierra Menéndez

Junio -2018



GRADUADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

CALIFICACIÓN DEL TRABAJO FIN DE GRADO

Realizado por: Sergio Sierra Menéndez

Director del TFG: Adolfo Cobo García

Título: “Diseño de un sistema de transmisión inalámbrica de video para boyas marinas.”

Title: “Design of a transmission system wireless video for marine buoys.”

Presentado a examen el día: 21 de junio

para acceder al Título de

GRADUADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

Composición del Tribunal:

Presidente (Apellidos, Nombre): Adolfo Cobo García

Secretario (Apellidos, Nombre): Antonio Quintela Incera

Vocal (Apellidos, Nombre): Jesús Arce Hernando

Este Tribunal ha resuelto otorgar la calificación de:

Fdo.: El Presidente

Fdo.: El Secretario

Fdo.: El Vocal

Fdo.: El Director del TFG
(sólo si es distinto del Secretario)

Vº Bº del Subdirector

Trabajo Fin de Grado Nº
(a asignar por Secretaría)

AGRADECIMIENTOS

En este apartado quiero agradecer a todas las personas que han contribuido de alguna manera a la realización de este proyecto.

En primer lugar, Adolfo, mi tutor, sin su paciencia, simpatía y disponibilidad en todo momento, no habría sido posible llevar a cabo este proyecto.

A Francisco Sánchez del instituto Español de Oceanografía (IEO) por la información suministrada.

A mi familia por el apoyo en todo momento y la educación que me habéis otorgado. En especial a mis padres, que están ahí día tras día, tanto en los momentos buenos como en los malos. Por todo esto, gracias.

Por último, pero no por eso menos importante, como no, quiero agradecer a mis amigos, a mi novia y compañeros de clase, por todos estos años que hemos pasado juntos y por los que quedan por venir.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	3
ÍNDICE GENERAL	4
I.ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
II. ÍNDICE DE TABLAS.....	7
1.RESUMEN	8
ABSTRACT.....	8
2.DISPOSITIVOS A UTILIZAR	11
2.1 BOYA METEOROLÓGICA	12
2.2 RASPBERRY PI B+.....	12
2.3 ANTENA.....	13
2.3.1¿Qué relación hay entre mW, dBi y dBm de las antenas Wi-Fi?.....	16
2.3.2 ESPECIFICACIONES DE LA ANTENA.	16
2.4 CÁMARA RASPBERRY PI	16
3. DISEÑO DE RED FOTOVOLTAICA	17
3.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA DE LA RED.....	17
3.2 CÁLCULO DE CONSUMOS ESTIMADOS.....	19
3.3 CAPACIDAD DE LOS ACUMULADORES.....	21
4.POSIBLES PROBLEMAS	22
4.1 ELECCIÓN BANDA WI-FI	22
4.1.1 Redes Wi-Fi 2,4Ghz.....	23
4.1.2 Redes Wi-Fi 5Ghz.....	23

4.1.3 Elección final de la Red	24
4.2 ENLACE CURVATURA TIERRA	24
4.2.1 Tasa binaria alcanzable según coordenadas.	27
4.2.2 Potencia de señal	28
4.4 FALTA DE LUZ EN LAS PROFUNDIDADES MARINAS	30
4.5 PROFUNDIDAD MÁXIMA	32
4.6 TASA BINARIA MÍNIMA PARA UN <i>STREAMING</i> DEPENDIENDO SU RESOLUCIÓN.	32
5. DESARROLLO PRÁCTICO.....	33
5.1 CONFIGURACIÓN DE LA ANTENA UBIQUITI LB	34
5.1.1 IP estática.....	34
5.1.2 Red Ad-hoc.....	37
5.1.3 Configuración de la antena.....	41
5.2 CÁMARA	46
5.4 COMPROBACIÓN DE FUNCIONAMIENTO.....	50
6.CONCLUSIONES.....	54
7.LINEAS FUTURAS.....	54
REFERENCIAS.....	56

I.ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Ilustración 1 Situación del área protegida del Cachucho y profundidades.</i>	9
<i>Ilustración 2 Distancias y puntos de referencia del proyecto.</i>	10
<i>Ilustración 3 Primera opción, conexión con un router.</i>	10
<i>Ilustración 4 Segunda opción, red Ad-hoc.</i>	11
<i>Ilustración 5 Boya meteorológica</i>	12
<i>Ilustración 6 Raspberry pi</i>	12

<i>Ilustración 7 Cámara Raspberry pi v1.3</i>	17
<i>Ilustración 8 Radiación según coordenadas.</i>	18
<i>Ilustración 9 Comparación bandas W-Ffi.</i>	23
<i>Ilustración 10 Alcance según banda Wi-Fi</i>	24
<i>Ilustración 11 Línea de vista óptica contra radio de la línea de vista.</i>	25
<i>Ilustración 12 Calculo con ejemplo altura antenas.</i>	25
<i>Ilustración 13 Antena Tx y Rx</i>	26
<i>Ilustración 14 Alturas antena Tx y Rx.</i>	27
<i>Ilustración 15 Datos banda 2,4Ghz.</i>	28
<i>Ilustración 16 Datos banda 5Ghz.</i>	28
<i>Ilustración 17 Calidad señal</i>	29
<i>Ilustración 18 Multipath</i>	30
<i>Ilustración 19 Diferencia de fotografía con filtro y sin filtro fondo marino.</i>	31
<i>Ilustración 20 Resoluciones típicas.</i>	33
<i>Ilustración 21 Conexiones antena.</i>	34
<i>Ilustración 22 Configuración IP estatica en Windows.</i>	35
<i>Ilustración 23 Red Ad-hoc.</i>	38
<i>Ilustración 24 Configuración IPs de Pc y puerta de enlace.</i>	38
<i>Ilustración 25 Red Ad-hoc</i>	40
<i>Ilustración 26 Controlador tarjeta Wi-Fi USB.</i>	40
<i>Ilustración 27 Login AirOS</i>	41
<i>Ilustración 28 Apartado Main configuración antena.</i>	42
<i>Ilustración 29 Apartado Network configuración antena por defecto.</i>	42
<i>Ilustración 30 Rango de direcciones IP de la red</i>	43
<i>Ilustración 31 Apartado Network configurado</i>	44
<i>Ilustración 32 Apartado Wireless por defecto.</i>	44

<i>Ilustración 33 Ventana configuración Cámara.....</i>	47
<i>Ilustración 34 Ipconfig Pc</i>	50
<i>Ilustración 35 Tabla Arp antena Ubiquiti</i>	50
<i>Ilustración 36 Ping antena Ubiquiti.....</i>	51
<i>Ilustración 37 Ping Raspberry Pi.....</i>	51
<i>Ilustración 38 VNC.....</i>	52
<i>Ilustración 39 Imagen del Streaming e información de cada fotograma en Gstreamer.</i>	53
<i>Ilustración 40 Datos sobre la calidad de la señal del enlace.</i>	54

II. ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Características antena Ubiquiti</i>	15
<i>Tabla 2 Comparación antenas Ubiquiti</i>	15
<i>Tabla 3 Hora solar pico según mes.</i>	18
<i>Tabla 4 Consumo Raspberry según modelo.</i>	19
<i>Tabla 5 Características panel fotovoltaico</i>	21
<i>Tabla 6 Color dominante->color de filtro a utilizar.....</i>	31
<i>Tabla 7 Redes disponibles banda 5Ghz.....</i>	45
<i>Tabla 8 Apartado Wireless configurado</i>	46

1.RESUMEN

Este proyecto está apoyado en una idea del gobierno de Asturias para crear un centro de interpretación en el área protegida del Cachucho. El mismo, se basa en un enlace vía Wi-Fi a una distancia de aproximadamente 65 km, teniendo en cuenta que el primer punto, el observatorio, se situaría en el faro de Ribadesella, siendo su punto más alto superior a los 100m (aproximadamente 115m), el segundo punto es una boya meteorológica situada mar adentro con la intención de hacer *streaming* en el fondo marino. Este *streaming* servirá como base del trabajo en el observatorio de la costa. Se han encontrado bastantes dificultades para hacer un diseño con una adecuación completa a los fenómenos físicos debido a los dispositivos de los que se dispone, además de la dificultad y el sobrecoste de tener que llevar los dispositivos al fondo marino, y todo lo que esto conlleva. Sin embargo, podemos testar un *streaming* a través de una Raspberry PI con la ayuda del programa *Gstreamer*, enviando los datos dentro de la misma red sin necesidad de internet a través de una conexión Wi-Fi a larga distancia.

A lo largo del proyecto surgieron dos opciones de resolución de este, la primera a través de una red ad-hoc entre un PC y la propia Raspberry PI conectada via ethernet a una antena en el mar y la segunda opción, utilizar la propia señal de un *router* situado en el faro. Por último, y solo con base teórica, se dispuso el diseño de una red fotovoltaica que iría instalada en la boya meteorológica y alimentaría tanto a la antena como a la Raspberry PI con su respectiva cámara.

ABSTRACT

This project is supported by an idea of the government of Asturias to create an interpretation center in the protected area of Cachucho. It is based on a link via Wi-Fi at approximately 65 km, taking into account that the first point, the observatory, would be located in the Ribadesella lighthouse, being its highest point over 100m (approximately 115m), the second point is a meteorological buoy located offshore with the intention of streaming on the seabed. This streaming will serve as a base of work in the observatory of the coast. Many difficulties have been found to make a design with a complete adaptation to physical phenomena due to the devices that are available, in addition to the

difficulty and the extra cost of having to take the devices to the seabed, and all that this entails. However, we can test a streaming through a Raspberry PI with the help of the Gstreamer program, sending the data within the same network without the need of internet through a long-distance Wi-Fi connection.

Throughout the project, two resolution options emerged, the first through an ad-hoc network between a PC and the Raspberry PI itself connected via ethernet to an antenna at sea and the second option, using the signal itself. a router located in the lighthouse. Finally, and only with theoretical basis, the design of a photovoltaic network was installed that would be installed in the meteorological buoy and feed both the antenna and the Raspberry PI with its respective camera.

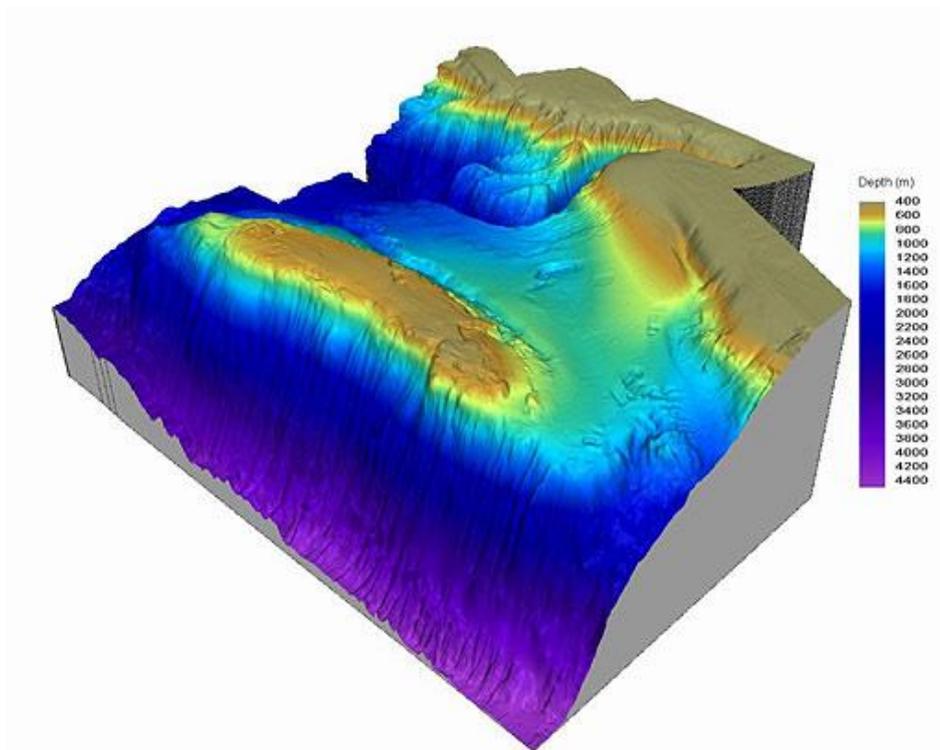


Ilustración 1 Situación del área protegida del Cachucho y profundidades.

En la *ilustración 1* podemos ver un mapa con las profundidades que se pueden encontrar en el área.



Ilustración 2 Distancias y puntos de referencia del proyecto.

En la *ilustración2* podemos ver los dos puntos del enlace, sus situaciones geográficas y la distancia entre ambos puntos.

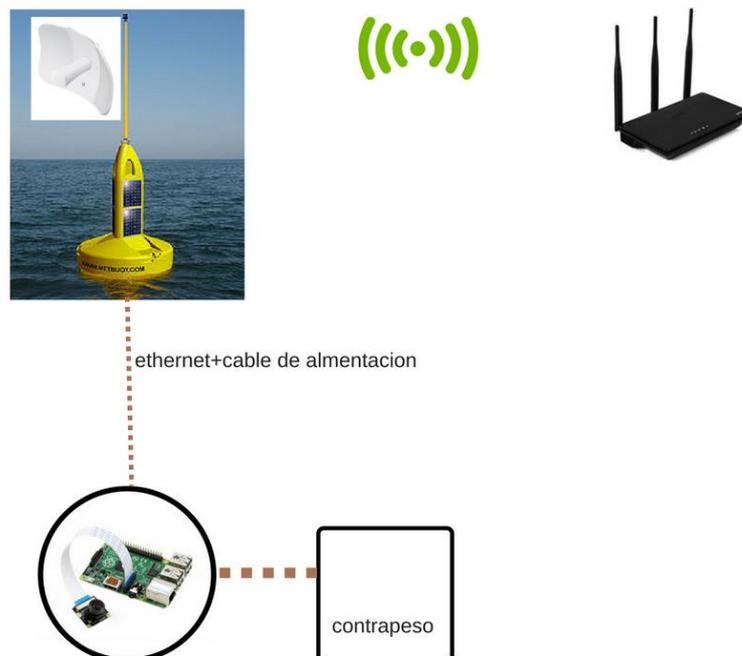


Ilustración 3 Primera opción, conexión con un router.



Ilustración 4 Segunda opción, red Ad-hoc.

En la *Ilustración 1* e *ilustración 2* se puede ver un ejemplo de la situación geográfica donde se ubicaría el diseño, mientras que en *Ilustración 3* se puede ver el propio diseño elegido basado en una boya meteorológica, en la cual irán colocadas placas fotovoltaicas para la alimentación de todo el circuito, además de una antena que capte la señal Wi-Fi que emita un *router* en la costa, actuando este de enlace con la antena.

En la *Ilustración 4*, utilizaríamos el propio portátil creando una red Ad-hoc dentro de la cual trabajaríamos. Además, la Raspberry PI estaría colocada en el fondo marino con su respectiva cámara, ambas dentro de una cápsula sellada de manera apropiada para aguantar las condiciones adversas del fondo marino, como la presión, la sal o las propias especies marinas que se puedan sentirse intimidadas por la capsula. Además, contará con un contrapeso de plomo para evitar el tambaleo de la esfera, otorgando a la cámara mayor estabilidad.

2. DISPOSITIVOS A UTILIZAR

En este punto se hablará de los dispositivos y las diversas configuraciones que haremos de los mismos a lo largo del proyecto. Además, de las especificaciones técnicas en caso de que sea necesario.

2.1 BOYA METEOROLÓGICA

Situada a una distancia aproximada de 65Km de la costa, la utilizaremos para colocar una placa fotovoltaica como la que vemos en la *Ilustración 5*. Además, una antena, colocada a una altura (de la que se hablará más adelante), buscando ofrecer una visión directa punto a punto entre la antena del observatorio y la del mar, para salvar el problema que nos supone la curvatura de la tierra.



Ilustración 5 Boya meteorológica

2.2 RASPBERRY PI B+

Es una computadora de placa única. Consume alrededor de los 2W a máximo rendimiento. Trabajaremos con el sistema operativo Raspbian para todo el proyecto con el software *Gstreamer*.



Ilustración 6 Raspberry pi

2.3 ANTENA

Para la prueba del *streaming* con el software que se utilizará para conseguirlo (*Gstreamer* anteriormente citado), se dispone del sistema de radio LBE-M5-23 Ubiquiti, que es un dispositivo que funciona en una banda con una frecuencia de 5 GHz. Se caracteriza por el estándar 802.11n MIMO 1x1 y un ancho de banda de 100 Mbps. La antena Ubiquiti LBE-M5-23 puede trabajar en dos modos, como *router* o como *bridge*. En este caso será utilizado como *bridge* del modo cliente, otorgando conexión a la Raspberry PI vía ethernet. Funciona en una banda con una frecuencia de 5150 - 5875 MHz.

Transmisión de datos	
Tasa de transferencia (máx)	100 Mbit/s
Antena	
Ganancia de la antena (max)	23 dBi
Características de LAN inalámbrico	
Frecuencia de banda	5.15 - 5.875 GHz
Red	
Estándares de red	IEEE 802.11n
Puertos e Interfaces	
Tecnología de conectividad	Wired

Características

Color del producto	White
--------------------	-------

Tipo	1x1 SISO
------	----------

Indicadores LED	Si
-----------------	----

Memoria interna 	64 MB
---	-------

Control de energía

Voltaje de entrada AC	24 V
-----------------------	------

Fuente de alimentación	4 W
------------------------	-----

Energía sobre Ethernet (PoE)	Si
------------------------------	----

Condiciones ambientales

Intervalo de temperatura operativa	-40 - 70 °C
------------------------------------	-------------

Intervalo de humedad relativa para funcionamiento	5 - 95 %
---	----------

Aprobaciones reguladoras

Certificación	FCC, IC, CE, RoHS
---------------	-------------------

Peso y dimensiones

Peso 	750 g
--	-------

Dimensiones (Ancho x Profundidad x
Altura)

362 x 267 x 184 mm

Tabla 1 Características antena Ubiquiti

Comparación

			
Frequency Band	5 GHz	5 GHz	5 GHz
Antenna Gain	23 dBi	23 dBi	16 dBi
Antenna Type	1x1 SISO	2x2 MIMO	2x2 MIMO
Polarization	Vertical	Vertical + Horizontal	Vertical + Horizontal
airMAX ac		✓	✓
Gigabit Ethernet		✓	✓
Point-to-Point Functionality	✓	✓	✓
Point-to-MultiPoint Functionality			✓

Tabla 2 Comparación antenas Ubiquiti

Para una mejor conexión entre *router* y antena, un aspecto importante es conocer la polarización de la antena que colocaremos en el mar. En este caso vertical, como vemos en la *Tabla 2*. Por lo general, en los *routers*, como explica All Watt, "la recepción se maximiza cuando tanto el cliente como el punto de acceso concuerdan en polarización. En otras palabras, cuando tienen sus antenas orientadas en el mismo plano." Por lo tanto, la polarización de las antenas del *router* debería estar en el mismo plano que la antena Ubiquiti (vertical).

En segundo lugar, podemos observar la ganancia de la antena, este es el dato más importante de una antena en este caso 23dBi para la antena transmisora. Cuanto mayor sea la ganancia mejor será la antena.

Teóricamente hablando, Ubiquiti afirma que utilizando dos antenas con una ganancia de 23dBi (como la que tiene la que se va a utilizar para el proyecto) para la transmisión de datos entre dos puntos con visión directa entre las antenas, podríamos llegar a emitir a una distancia de 100km aproximadamente.

2.3.1 ¿Qué relación hay entre mW, dBi y dBm de las antenas Wi-Fi?

La potencia de salida de un adaptador Wi-Fi se puede medir en Vatios o milivatios. Sin embargo, dBm se refiere a la relación de los decibelios (dB) con los milivatios. Esta conversión de vatios a dBm utiliza una fórmula compleja pero que se puede resumir en: 1 vatio (o 1000mW) es igual a 30dBm. Para lograr la máxima ganancia, es necesario utilizar cables de baja pérdida y siempre con menos pérdida que los dBi de la antena.

2.3.2 ESPECIFICACIONES DE LA ANTENA.

Viendo las especificaciones de la antena a utilizar, las considero apropiadas para el cometido, ya que tiene una resistencia ante la humedad muy alta, aunque no es capaz de trabajar con MIMO 2x2, trabaja con un estándar de red apropiado como es el 802.11n y, además, trabaja en la línea de los 5GHZ estando esta mucho menos ocupada, teniendo menos interferencia al ser más nueva y estar menos explotada. En cuanto al consumo, es importante tenerlo en cuenta para el diseño de la placa fotovoltaica que alimentará los dispositivos, como ya hablamos anteriormente. Esta antena consume unos 4W a máxima potencia.

En este caso se utilizará la antena en modo cliente, también llamado modo estación, pero podríamos usarla como punto de acceso y que la propia antena cree la red en la que vamos a trabajar. En ambos casos la Raspberry PI ira conectada a la antena vía Ethernet lo que nos otorga una velocidad máxima de 100Mbps.

Nuevamente observando las especificaciones de las antenas de la *tabla 2* se puede ver que quizá la mejor opción, por un precio accesible y equiparable a la que utilizaremos en el proyecto, sería la LBE-5AC-23, debido a que trabaja con 2x2MIMO, pero en esta ocasión únicamente se dispone del primer modelo para la práctica.

2.4 CÁMARA RASPBERRY PI

Para el proyecto utilizaremos la cámara propia de la Raspberry PI (Raspicam v1.3). Con el objetivo es hacer un *streaming* en el mar, deberíamos colocar un filtro rojo en esta para poder obtener una mayor veracidad en los colores de las especies marinas, ya que sin un filtro adecuado perderíamos intensidad en los colores cogiendo los mismos un tono azul verdoso debido al propio tono del agua del mar. Además, la ausencia o escasez de rayos

solares, cuanto más profundo deseamos poner a trabajar la cámara ya sea esta o una con mejores especificaciones más problemas nos dará. Es decir, cuanto más profundo deseemos trabajar, menos luz tendremos. La resolución máxima de la cámara es de 1080p.



Ilustración 7 Cámara Raspberry pi v1.3

3. DISEÑO DE RED FOTOVOLTAICA

En este apartado se hablará de las distintas fases a tener en cuenta en el diseño de una red fotovoltaica para alimentar tanto a la antena Ubiquiti LBE-M5-23, como a la Raspberry PI con su respectiva cámara.

3.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA DE LA RED

En primer lugar, tendremos que situar el proyecto, conocer sus coordenadas geográficas, ya que no incide la misma radiación solar en una comunidad como Andalucía que otra en el norte de España, como es este caso. La radiación solar recibida en Asturias a lo largo del año será una de las menores de toda España. Para obtener exactamente la radiación recibida en cada mes del año utilizaremos las coordenadas exactas del lugar obteniendo así la hora solar pico de la zona. En este caso utilizaremos las coordenadas Latitud: 44.12 Longitud: -5.16, coordenadas de la zona protegida del Cachucho. Aunque estas no variarán demasiado en toda la comunidad autónoma.

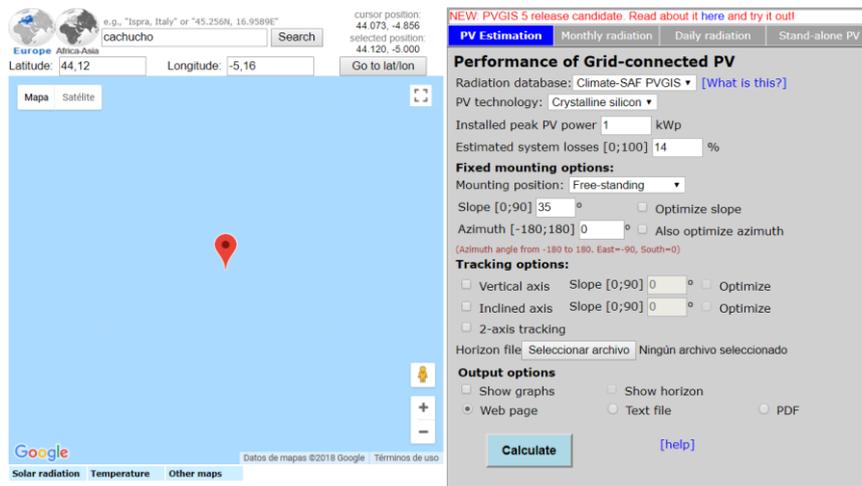


Ilustración 8 Radiación según coordenadas.

Fixed system: inclination=35°, orientation=0°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	1.81	56.1	2.27	70.4
Feb	2.61	73.0	3.29	92.1
Mar	3.66	114	4.74	147
Apr	3.99	120	5.21	156
May	4.21	130	5.51	171
Jun	4.21	126	5.57	167
Jul	4.42	137	5.92	184
Aug	4.39	136	5.87	182
Sep	4.04	121	5.35	160
Oct	3.03	93.8	3.96	123
Nov	1.97	59.2	2.51	75.4
Dec	1.73	53.6	2.18	67.6
Yearly average	3.34	102	4.37	133
Total for year		1220		1600

Tabla 3 Hora solar pico según mes.

La hora solar pico de Asturias en el peor mes del año, diciembre, para una inclinación de 35° y una atmosfera (supuestamente limpia al estar metida en la costa), es de 2.18 kW/m² al día aprox. Por lo tanto, la hora solar pico será de 2,18.

3.2 CÁLCULO DE CONSUMOS ESTIMADOS

Para ver el consumo de cada elemento debemos saber la intensidad y el voltaje con el que trabaja cada aparato, para ello se comenzará con la Raspberry PI y sus diferentes consumos dependiendo del modelo. Para este caso tomaremos los 5,19 voltios que tiene un transformador estándar.

	Zero	Zero W	A+	A	B+	B	Pi2B	Pi3B
	/mA	/mA	/mA	/mA	/mA	/mA	/mA	/mA
Idling	100	120	100	140	200	360	230	230
Loading LXDE	140	160	130	190	230	400	310	310
Watch 1080p Video	140	170	140	200	240	420	290	290
Shoot 1080p Video	240	230	230	320	330	480	350	350

Tabla 4 Consumo Raspberry según modelo.

Por lo tanto, según estos datos vistos en la *Tabla 4* tenemos que dotar a la Raspberry PI B+ que utilizaremos para el proyecto al menos 1,8Wh. Además, debemos alimentar la antena Ubiquiti LEB MS-23 que según lo visto en la *Tabla 1* tiene un consumo de 4Wh, debido a la necesidad de tenerlo en continuo funcionamiento para el *streaming*,

- ✓ Raspberry Pi → $1,8 \times 24 = 43W$
- ✓ Antena Ubiquiti LEB MS-23 → $4 \times 24 = 96W$

Sabemos que debemos obtener por vía fotovoltaica como mínimo aproximadamente 43W/día de la Raspberry PI y 96 W/día de la antena. Intentando minimizar los errores debido a trastornos del clima, buscaremos obtener al menos $139/0,75 = 185,3$ W/día.

Para instalaciones de uso diario utilizaremos la fórmula:

Numero de módulos = (energía necesaria) / (HSP * rendimiento de trabajo * potencia pico del módulo)

El rendimiento de trabajo tiene en cuenta pérdidas producidas por el posible ensuciamiento y/o deterioro de los paneles fotovoltaicos (normalmente 0,7 – 0,8).

En este caso queremos utilizar un único módulo, ya que al ser una cantidad de Watios relativamente pequeña y al estar en el mar, considero mejor tener un único módulo para poder instalarlo con mayor comodidad.

$$I = 185,3 / (2,18 * 0,8 * \text{PotenciaDePico})$$

Si queremos un único módulo de potencia de pico deberá ser de al menos 107W. Buscando en internet se encontró una única placa fotovoltaica con las especificaciones de la *Tabla3*.

COMPORTAMIENTO BAJO CONDICIONES ESTÁNDAR DE PRUEBA (STC)	
Máxima potencia:	120W
Tensión en vacío:	22.00V
Tensión a máxima potencia:	17.20V
Corriente de cortocircuito:	7.792A
Corriente a máxima potencia:	6.977A
DATOS GENERALES	
Voltaje nominal:	12V
Fabricante:	DSP
DIMENSIONES Y MATERIALES	
Longitud:	1485mm
Ancho:	670mm

Altura:	35mm
Peso:	13Kg
Número de células:	36

Tabla 5 Características panel fotovoltaico

Con un tamaño relativamente cómodo como para colocarlo en el mar y una potencia de pico de 150W, esta sería una opción interesante.

3.3 CAPACIDAD DE LOS ACUMULADORES

Para diseñar la capacidad de las baterías de acumulación, primero tendremos que establecer la autonomía necesaria en caso de tener días desfavorables (sin insolación por abundante nubosidad).

En la batería viene indicada su capacidad expresado por el código 'CX Y Ah', donde X es el tiempo de descarga y Ah es la corriente de dicha descarga, siempre para un voltaje fijo. Por ejemplo, si tenemos una batería C10 50Ah, significa que la batería de 50 Ah puede descargarse durante 10 horas.

Este código suele expresarse en las baterías para tiempos de 10, 20 y 100 horas, es decir C10, C20 y C100 con sus respectivas corrientes.

Por lo tanto, tenemos que calcular los amperios que toda la red necesita, pero ¿Cómo calcular los amperios que necesitamos para proporcionar energía a un dispositivo?

- ✓ Calcular la capacidad en amperios-hora según la fórmula:

$$\text{CapacidadDía} = x \cdot t$$

En esta fórmula, x serían los amperios que necesita cada dispositivo conectado, en este caso Raspberry PI y antena, y t es el tiempo en horas que queremos que funcione cada dispositivo, en nuestro caso todo el día, por lo tanto 24 horas. Entonces, se necesitará:

- $\text{CapacidadDía} = (330\text{mA (Raspberry PI)} + 230\text{mA(antena)}) \cdot 24 \text{ horas} = 13,44 \text{ Ah}$

- ✓ En segundo lugar, tenemos que calcular la capacidad que necesitaremos de la batería sin llegar a descargarla del todo. Las descargas completas, hasta llegar a cero, no son recomendables. Por ejemplo, si se va a utilizar una batería de plomo ácido en muchos ciclos, no se recomienda que extraiga más del 50% de su carga, es decir, que siempre quede un 50 % de la carga en la batería. De esta manera, la batería se degrada menos y se alarga su vida útil. Se realiza el siguiente cálculo, donde CapacidadDía es la capacidad calculada en el anterior punto:
- $\text{CapacidadBatería} = \text{CapacidadDía}/0,5 \rightarrow \text{CapacidadBatería} = 13,44/0,5 = 26,88 \text{ Ah}$

Según el resultado anterior se requiere una batería que nos proporcione una capacidad de al menos 27Ah.

Una posible opción encontrada en internet tiene las siguientes especificaciones:

Batería Solar AGM de 12V y 38 Ah C20 es decir que tiene 38Ah y se descarga en 20 horas. Es ideal para instalaciones de poca potencia como es el caso, además de su pequeño tamaño.

Sus características son:

- ✓ Batería de 12V.
- ✓ Tipo de batería AGM No necesita mantenimiento.
- ✓ Medidas: 197x165x170, 12,5 Kg

4.POSIBLES PROBLEMAS

En este apartado se indicarán los posibles problemas que se puedan encontrar a la hora de llevar a cabo el proyecto real, problemas como la curvatura de la tierra, la poca luminosidad a grandes profundidades marinas, etc.

4.1 ELECCIÓN BANDA WI-FI

En esta parte del proyecto, haremos una pequeña comparación entre las redes de la banda de 2,4Ghz y la de 5Ghz priorizando en qué queremos trabajar en un *streaming*.

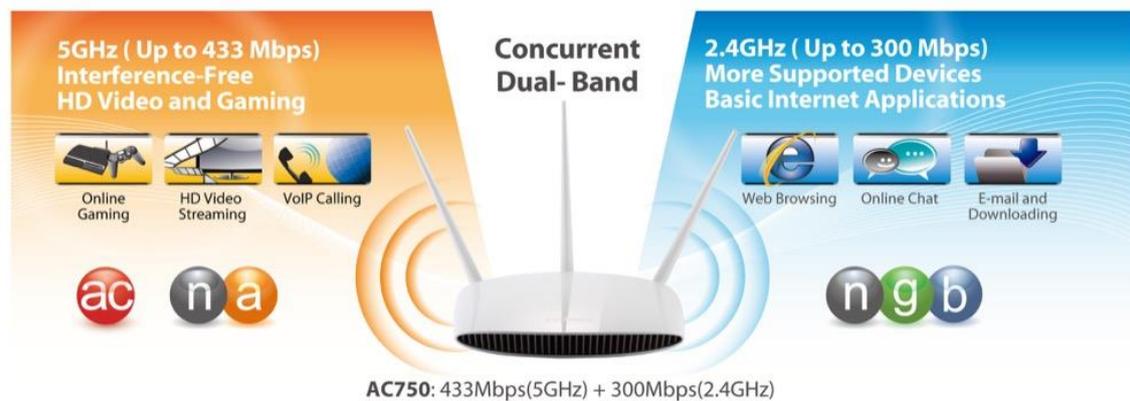


Ilustración 9 Comparación bandas W-Fi.

En la *Ilustración 9* se puede ver claramente para qué es más indicado utilizar cada banda en condiciones normales y sin problemas de compatibilidad entre los componentes de la red. La banda más tradicional de 2,4Ghz se puede utilizar sin problema para búsquedas en internet, chat online, emails..., sin embargo, la banda de 5Ghz es óptima para juegos online, *streaming* de video en alta definición, etc.

4.1.1 Redes Wi-Fi 2,4Ghz

En primer lugar, se hablará de las Wi-Fi de 2.4Ghz, la cual es la más compatible, ya que prácticamente todos los dispositivos tienen asegurada esta banda. Permiten operar a través de 13 canales, pero la saturación de los canales (dado la cantidad de *routers* domésticos actuando bajo esta frecuencia) empieza a convertirse en un problema que conlleva interferencias entre vecinos, entre dispositivos o incluso por ondas de determinados electrodomésticos como los microondas. Estas interferencias pueden derivar en problemas de errores, saturación, alcance o velocidad limitados en caso de que la frecuencia esté realmente saturada en nuestra zona en cuestión. Así, podemos experimentar pérdidas de conexión, baja cobertura o ver cómo no rentabilizamos la velocidad contratada.

4.1.2 Redes Wi-Fi 5Ghz

Viendo los problemas que se presentaron con la anterior banda, se empezaron a comercializar en mayor medida los dispositivos compatibles con frecuencias de 5 GHz, los cuales en un primer momento no eran tan considerados por temas de costes, ya que

son más caros que los de 2.4 GHz. Teniendo en cuenta que hemos cambiado la frecuencia, la descongestión juega a nuestro favor, permitiendo que al haber menos redes emitiendo a esta frecuencia, las interferencias son mucho menores. Entrando más en detalle, estas Wi-Fi nos permiten enviar datos en varios canales de forma simultánea, lo que deriva en que podemos conseguir una velocidad mucho mayor. Además, cada canal cuenta con 20MHz, por los 80 en total de la frecuencia de 2.4GHz.

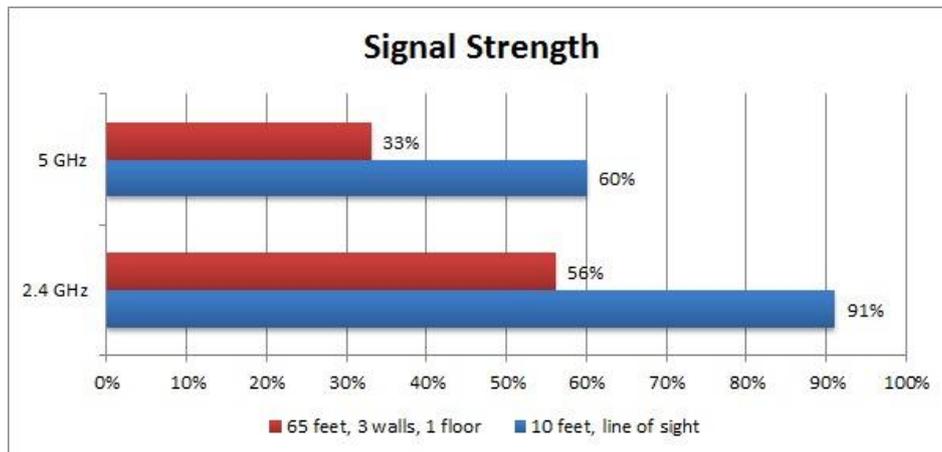


Ilustración 10 Alcance según banda Wi-Fi

4.1.3 Elección final de la Red

Si lo que queremos es hacer *streaming*, deberíamos utilizar la banda de los 5Ghz otorgándonos mayor tasa binaria sacrificando el alcance de la señal, sin embargo, podemos contrarrestar este problema utilizando antenas con grandes ganancias, adecuando el diseño asegurando su alcance a la distancia deseada. Por tanto, si la compatibilidad no es un problema y contamos con dispositivos compatibles con la banda de 5Ghz, podremos decantarnos por las Wi-Fi en esta banda, ya que aun siendo algo más caras y no tan generalizadas, estas son las indicadas para esta clase de proyectos, especialmente cuando queramos poder distribuir *streaming*, para lo que necesitaremos una velocidad mayor que nos proporciona esta frecuencia.

4.2 ENLACE CURVATURA TIERRA

La curvatura de la tierra es un aspecto muy importante a tener en cuenta en este proyecto, debido a que estamos trabajando con grandes distancias para el enlace Wi-Fi. Si no hacemos un buen diseño podemos tener un enlace mucho menos optimo o incluso sin posibilidad de utilizar este enlace, ya que una antena no detecte la señal de la otra, por lo tanto, debemos diseñar un enlace variando las alturas a las que colocaremos ambas

antenas. Por óptimo me refiero a que ambas antenas tengan visión directa entre sí. Para que esto sea posible, utilizaremos los siguientes cálculos, tratando de ajustar la altura a la que debemos colocar cada antena y ver si es posible en la práctica, ya que una de las antenas estará colocada en una boya en el mar, por lo que si tuviese demasiada altura podría balancearse tanto que llegaría a caer debido al vaivén de las mareas.

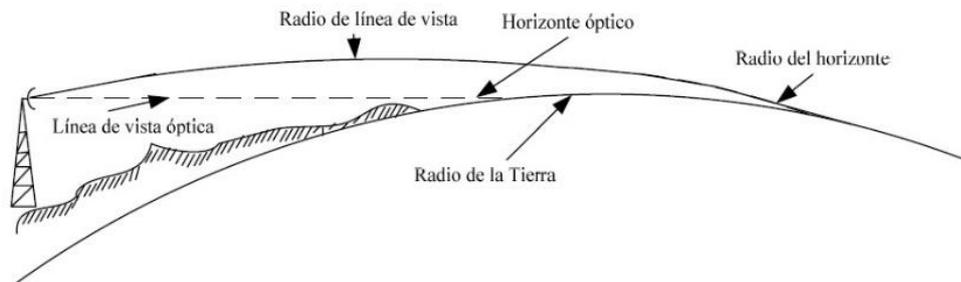


Figura 3.3 Línea de vista óptica contra radio de la línea de vista

Ilustración 11 Línea de vista óptica contra radio de la línea de vista.

Cálculo de la distancia de una línea de vista

Se incluye en el cálculo la altura en que está la antena receptora

Entonces, se obtiene un valor aproximado para la **distancia máxima** entre antena transmisora y receptora, sobre un terreno razonablemente plano.

$$r_1(\text{km}) = \sqrt{17h_1(\text{m})}$$

$$r_2(\text{km}) = \sqrt{17h_2(\text{m})}$$

Tierra

El diagrama muestra la curvatura de la Tierra con dos antenas a alturas h_1 y h_2 . Se indican las distancias r_1 , r_2 y la distancia total r entre ellas.

$$r(\text{km}) = \sqrt{17h_1(\text{m})} + \sqrt{17h_2(\text{m})}$$

r = distancia máxima entre antenas. En km.
 h_1 = altura en que está la antena transmisora. En m.
 h_2 = altura en que está la antena receptora. En m.

Ejemplos para frecuencias que requieren línea de vista

Ejemplo 1 **Compañía de taxis** (Blake, 2004)

Una compañía de taxis, para comunicarse con sus taxis, ha instalado, en su oficina central, una antena en la parte superior de una **torre** de 15 m de altura. Las antenas de los taxis están sobre sus **techos**, más o menos a 1,5 m del suelo. Calcule la distancia de comunicación máxima: **a)** entre la central y un taxi y **b)** entre dos taxis.

Respuesta.-

a) $r = 21$ km.
b) $r = 10$ km.

A veces la distancia se amplía por difracción, si hay obstáculos afilados en el trayecto.

www.colmbaweb.com 15

Ilustración 12 Calculo con ejemplo altura antenas.

Suponiendo que la antena trasmisora se encuentra a una altura aproximada de 2m, no sería problema ya que esto es prácticamente la altura que alcanza la placa fotovoltaica que irá colocada en la boya. La antena receptora se encuentra, como se mencionó anteriormente, en lo alto del faro, que está aproximadamente a 115m de altura. La distancia de línea de vista será de:

$$R1=\sqrt{17 * 2}=6 \text{ km aprox.}$$

$$R2=\sqrt{17 * 115}=44 \text{ km aprox.}$$

$R=44+6=50$ km, por lo tanto, sin edificar encima del faro, la distancia aproximada a la que podríamos transmitir sería de unos 50km.

Para transmitir a una distancia mayor, habría que variar las alturas de ambas antenas hasta acotar la distancia necesaria.

Estos cálculos, sin embargo, son teóricos y sin obstáculos de por medio, como es el caso, ya que se trata de un enlace desde la costa al mar, no tenemos edificios o materiales metálicos que disminuyan nuestra señal, aunque sí efectos meteorológicos o los reflejos de la señal en el agua, que pueden variar la calidad de esta.

Además, aprovechando herramientas como las que nos ofrece una de las aplicaciones de Ubiquiti llamada *Airlink*, apoyada en *Google earth*, permite estimar siempre según la aplicación, los enlaces y la señal que recibirá la antena receptora con las coordenadas que nosotros deseemos, pudiendo observar datos importantes como distancia entre TX y RX, además de la velocidad teórica que recibiremos dependiendo la banda Wi-Fi en la que se quiera trabajar.



Ilustración 13 Antena Tx y Rx

Como se puede ver en la *Ilustración 13* esta sería la situación de los dos puntos, el primero en el faro de Ribadesella y el segundo en el área del Cachucho.

Además, en esta aplicación se puede variar las alturas de las antenas obteniendo así diferencias en los resultados y buscando siempre la mejor opción.

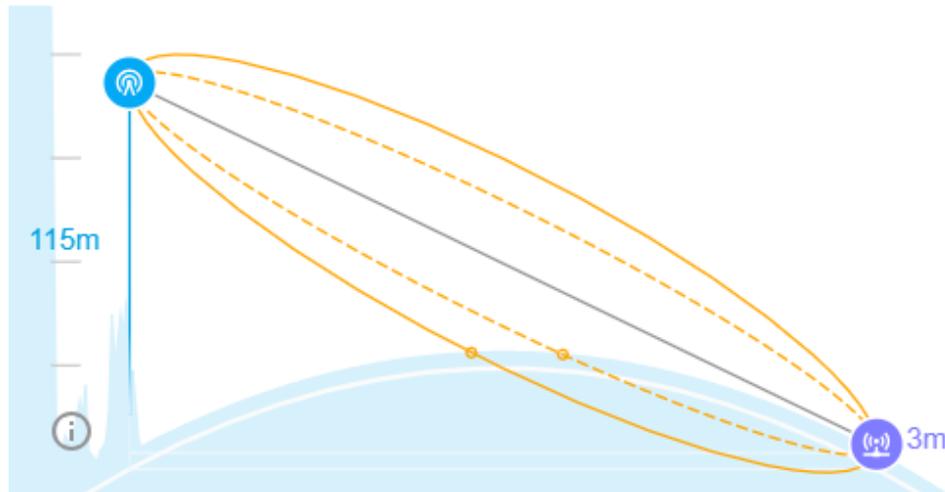


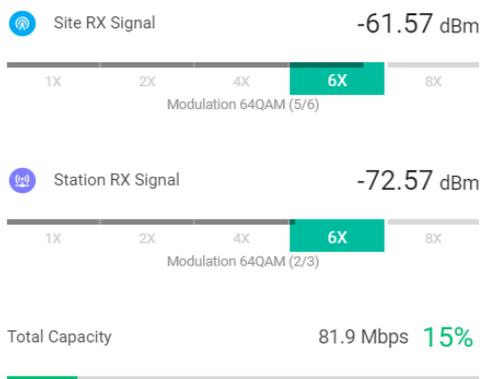
Ilustración 14 Alturas antena Tx y Rx.

Como se puede ver en la *Ilustración 14*, se eligió la opción de una antena Tx a una altura de 115m para poder así conseguir un enlace limpio y de visión directa entre antenas. Esta altura no será ningún problema, el faro se encuentra a ese nivel por lo que incluso podríamos aumentarla con una infraestructura que mejore el ángulo de visión con facilidad.

La altura de la antena Rx en el mar será de 3m, esto no supone ningún inconveniente ya que esta antena debe estar en lo alto de la boya meteorológica. La placa fotovoltaica que también irá colocada en la misma boya tiene una altura cercana a los 2m.

4.2.1 Tasa binaria alcanzable según coordenadas.

Por último, con dicha aplicación podemos conocer las medidas teóricas más importantes del enlace elegido. Estas medidas, como la modulación de la señal en cada antena, la calidad de la señal en dBm obtenidos en cada una y la tasa binaria máxima teórica del enlace, variarán dependiendo del modelo Ubiquiti que elijamos. Se puede ver con claridad en la *Ilustración 15* e *Ilustración 16*, medidas tomadas en la banda de 2,4 y 5 GHz respectivamente.

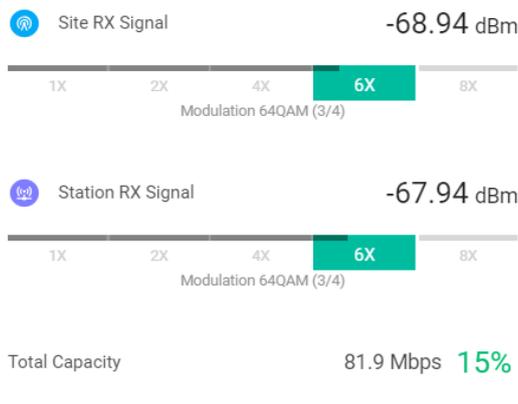


airMAX ac airFiber airFiber LTE ↔ 20 MHz

2.4GHz 5GHz

2.4G Rocket 2AC Prism 24 dBi | 13 dBm Antenna Gain 23 dBi STA Output Power 24 dBm

Ilustración 15 Datos banda 2,4Ghz



airMAX ac airFiber airFiber LTE ↔ 20 MHz

2.4GHz 5GHz

5G LiteBeam 5AC Gen2 23 dBi | 25 dBm Antenna Gain 23 dBi STA Output Power 24 dBm

Ilustración 16 Datos banda 5Ghz.

4.2.2 Potencia de señal

La potencia de la señal indica como de buena será la señal, cuanto más cercana sea a 0dBm mejor será la misma, por lo tanto, en este caso, teóricamente se tendrá una mejor calidad de señal en la banda de los 2,4Ghz. Como se puede apreciar en ambas frecuencias

tenemos unos dBm de entre -65 y -70dBm lo que nos da una calidad que, lejos de ser la mejor, es bastante aceptable para una transmisión de video. Sin embargo, esta calidad puede bajar debido a condiciones climatológicas adversas. A continuación, en la *Ilustración 17* se adjunta una tabla con los rangos de cada señal y la calidad de estos según la escala.

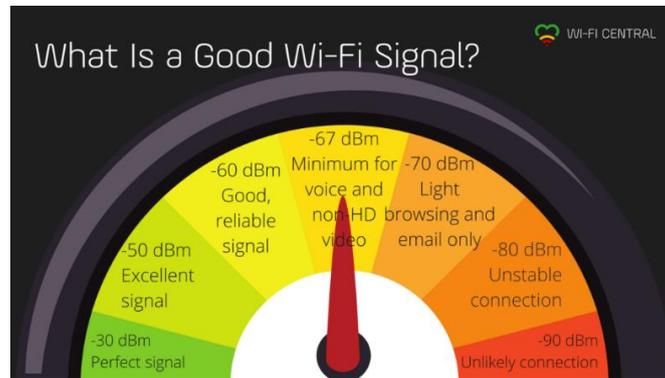


Ilustración 17 Calidad señal

4.3 MULTIPATH

La señal recibida por un cliente, que es la suma de las señales directas y reflejadas y se denomina con el término inglés “*multipath*”, es un problema común a toda comunicación por radiofrecuencia, pero que afecta especialmente en el caso de redes Wi-Fi, ya que habitualmente son redes que se despliegan en interiores o ambientes urbanos donde existen gran cantidad de obstáculos, tanto arquitectónicos como objetos que pueden provocar estas reflexiones. Sin embargo, estas reflexiones son especialmente importantes con el agua, y al estar trabajando sobre un diseño en el que las ondas van a desplazarse tanto tiempo sobre el mar, es especialmente importante tener en cuenta este problema. Para procurar minimizar las pérdidas de la señal debemos utilizar la norma 802.11n que contempla la inclusión de sistemas M.I.M.O. (Multiple Input Multiple Output) que disponen de varias antenas, las cuales no siempre visibles externamente, permiten emitir y recibir desde diversos puntos y direcciones, logrando así un sistema más robusto ante interferencias, rebotes de señal y alcanzar mayores distancias y velocidades, lo cual es especialmente importante en un proyecto como el que se está llevando a cabo.

Durante los últimos años la tecnología MIMO ha sido aclamada en las comunicaciones inalámbricas, ya que aumenta significativamente la tasa de transferencia de información, utilizando diferentes canales en la transmisión de datos o la multiplexación espacial por tener las antenas físicamente separadas.

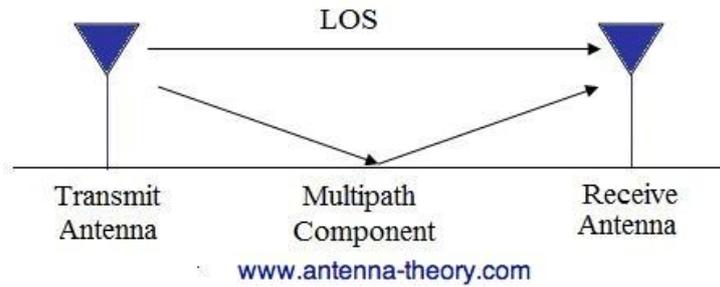


Ilustración 18 Multipath

4.4 FALTA DE LUZ EN LAS PROFUNDIDADES MARINAS

Como antes mencionamos cuanto más profundo bajemos o se desee trabajar, menos luz solar incidirá, por lo tanto, perderemos fiabilidad, tanto en el color de las especies marinas a visionar como en el alcance de la visión de la cámara. Para corregir esto utilizaremos un filtro de color rojo que corregirá los balances de blancos o incluso en casos extremos deberemos trabajar con luz artificial incluida. ¿Pero cómo funcionan estos filtros?

Hemos hablado de que las ondas o colores bajo el agua se pierden. A poca profundidad, los rojos y naranjas disminuyen sustancialmente. Y las ondas de luz dominantes son las de los verdes y azules. Bien, pues los filtros trabajan para compensar la falta de rojos existente, dejando pasar menos ondas de los colores dominantes. Es decir, disminuyen la cantidad de azules que llegan a la cámara para así, equilibrar la falta de rojos que hay. Por lo tanto, lo que hacen es atenuar los colores dominantes, dejando pasar el color que se quiere corregir (rojo, naranja...) y ‘reteniendo’ los otros. De esta forma se compensa el conjunto de colores de la imagen.

En la *Ilustración 19* se puede ver la diferencia y la pérdida de nitidez en el color de una imagen capturada sin filtro. Pudiendo observar los tonos azules verdosos propio del agua marina.



Ilustración 19 Diferencia de fotografía con filtro y sin filtro fondo marino.

Hay que tener en cuenta que la pérdida de colores en el agua no sólo se da en términos de profundidad, también hay que sumarle la distancia con el sujeto a fotografiar. Cuanto más alejado esté el sujeto o aquello que fotografiamos, más colores perderemos en el camino. Por lo que debemos acercarnos lo más posible al sujeto. Pero ¿Qué color de filtro corrector elegir?

Dado que los colores dominantes son diferentes según el lugar de buceo y sus aguas, los fabricantes de filtros también disponen de una variedad de colores. Por lo general, en fotografía submarina se usa un filtro magenta para aguas verdes y uno rojo o naranja para aguas azules.

A continuación, se muestra una tabla para saber qué filtros usar en cada caso. Todo esto dependerá de las especies marinas que queramos observar y sus colores principales

COLOR DOMINANTE: COLOR DE FILTRO A USAR

AMARILLO: MAGENTA, CIAN o AZUL

MAGENTA: CIAN, AMARILLO o VERDE

CIAN: NARANJA o ROJO

AZUL: AMARILLO

VERDE: MAGENTA

ROJO: CIAN

Tabla 6 Color dominante->color de filtro a utilizar

4.5 PROFUNDIDAD MÁXIMA

Uno de los problemas que nos surgen por la gran profundidad de la zona a la que se desea proveer el *streaming* viene dado a través de la conexión ethernet utilizada, ya que el límite teórico de los cables UTP son los 100 m, es decir, se podría introducir nuestra Raspberry PI hasta 100m de profundidad. Sin embargo, esto no sería suficiente en la zona ya que la profundidad mínima es de 400m

Una posible opción sería el uso de fibra óptica en vez de cable UTP tradicional, sin embargo, esto supondría un sobrecoste en el proyecto, por lo que para nuestra prueba práctica se utilizara cable Ethernet tradicional para la conexión a la red de la Raspberry PI con la antena. Pero es mencionable que este tipo de cable no valdría en condiciones normales para el proyecto real.

4.6 TASA BINARIA MÍNIMA PARA UN *STREAMING* DEPENDIENDO SU RESOLUCIÓN.

En este apartado vamos a ver las resoluciones más típicas de video y la tasa binaria mínima de subida que requieren para un *streaming* estable.

- El primero, aunque ya en desuso, es la resolución 480p. Esta es la resolución que utilizan los DVDs. Para esta resolución se requiere una tasa mínima de 1 Mbps.
- A continuación, tenemos la resolución 720p, que es la primera resolución que se consideró HD, aunque con las resoluciones con las que se trabaja hoy en día, ya quizás no se la pueda llamar HD como tal. Esta requiere al menos 2,5Mbps de subida.
- Por último, la que en un principio se desea utilizar, 1080p o full HD. Para esta resolución necesitamos un mínimo de 4,5Mbps.

Como podemos ver en la *Ilustración 20* hay más resoluciones, mejores incluso que la 1080p, sin embargo, la resolución máxima de la Raspicam es 1080p. Por lo tanto, trataremos en todo momento de tener una velocidad de subida mínima de al menos 4,5Mbps.

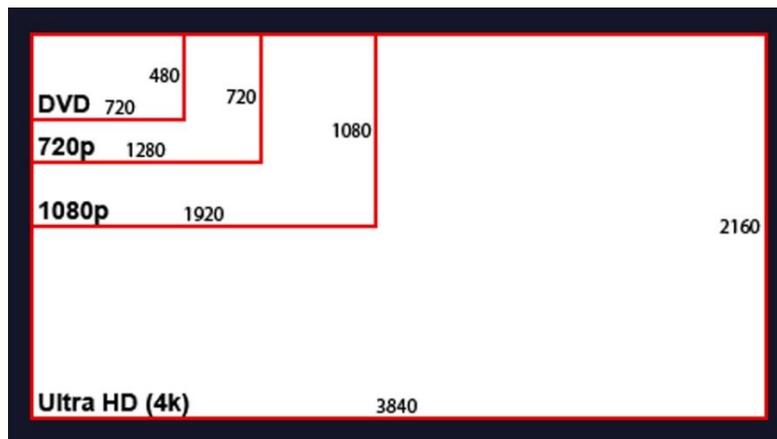


Ilustración 20 Resoluciones típicas.

5. DESARROLLO PRÁCTICO

Como se mencionó en el resumen, para el desarrollo práctico se ha pensado dos métodos distintos.

El primero sería trabajar con una red inalámbrica ad-hoc que trabaje en la banda de los 5Ghz, entre un pc con una antena USB, creando de esta forma una red propia y configurando la misma a través de IP estáticas. Esta opción es bastante útil, ya que el usuario tendría mucha libertad y no tendría por qué ser siempre el faro el único punto de observación, sin embargo, este método tendría una desventaja que podría ser importante en caso de desear que el *streaming* trabajara en alta definición, debido a la poca velocidad de transmisión de estos enlaces ad-hoc llegando como máximo a 11Mbps en condiciones ideales.

La segunda opción, vendría dada para evitar los problemas de la velocidad de transmisión del primer método. Este consistiría en la utilización de un *router* que trabaje en la banda de los 5Ghz y configurar nuestra propia red desde la señal que emita el mismo.

En ambos casos se menciona la importancia de trabajar en la banda de los 5Ghz, debido a que la antena Ubiquiti es la única banda en la que trabaja o percibe las señales. Sin embargo, a partir de conocer ambos procedimientos, el trabajo de organización de ambas redes será el mismo, trabajando con IPs estáticas y configurando la antena como un cliente más.

5.1 CONFIGURACIÓN DE LA ANTENA UBIQUITI LB

Lo primero es conectar la antena de forma correcta utilizando el POE. Es importante no conectar la salida POE del inyector con la tarjeta de red del PC, ya que esta salida lleva la alimentación a la antena, por lo que podríamos quemar la tarjeta de red del ordenador. La conexión se realiza de la siguiente forma:

- ✓ El cable de alimentación se conecta directamente al inyector POE.
- ✓ El Puerto LAN del inyector se conecta al PC (modo cliente o configuración), a un AP (modo cliente), o a un *Router* ADSL (modo AP).
- ✓ El puerto POE del Inyector se conecta al puerto principal (main) de la antena.

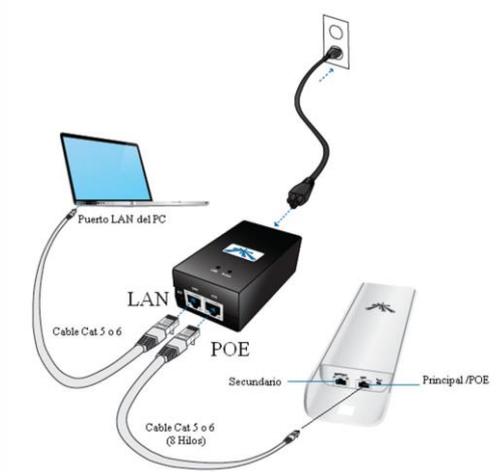


Ilustración 21 Conexiones antena.

5.1.1 IP estática

Debido a que la antena no trae habilitado por defecto el protocolo DHCP, esta no dará ninguna dirección IP, por lo que será necesario configurar la tarjeta de red tanto del PC como de la Raspberry PI de forma manual, con una dirección IP dentro del rango de red de la antena.

5.1.1.1 IP estática en Windows

La IP estática en Windows se configura en el apartado de conexiones de red, buscamos la conexión de área local a la que tenemos conectada la antena y abrimos las propiedades. Una vez dentro de las propiedades de la conexión de área local, seleccionamos el protocolo TCP/ IP versión 4 y pulsamos propiedades.

La antena que utilizaremos tiene por defecto la dirección IP: 192.168.1.20, por lo que nosotros podemos ponerle a nuestro ordenador, por ejemplo, la 192.168.1.10.

Como puerta de enlace utilizamos la propia antena, por lo que ponemos su dirección IP anteriormente mencionada.

Y, por último, como servidor DNS podemos utilizar la dirección IP de la antena, del router ADSL, o de la compañía que nos suministra la conexión a internet. En este caso he colocado también la dirección IP de la antena.

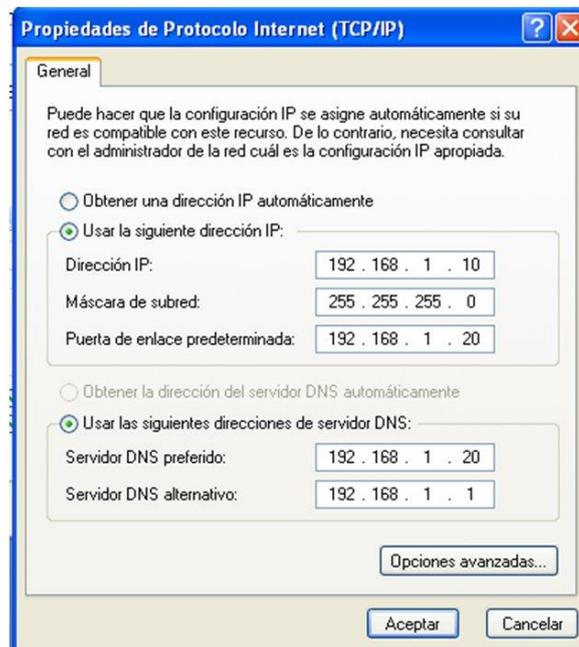


Ilustración 22 Configuración IP estática en Windows.

5.1.1.2 IP estática en la Raspberry Pi.

A continuación, ejemplificamos cómo asignar a Raspberry Pi una dirección IPv4 fija de 32 bits. Antes de comenzar con la asignación de una dirección IP fija estática a Raspberry Pi, se debe comprobar si DHCPD está activado. Para ello, se utilizará el siguiente comando:

```
✓ sudo service dhcpd status
```

Si este no es el caso, puedes activar el DHCPD de esta forma:

```
✓ sudo service dhcpd start
```

```
✓ sudo systemctl enable dhcpcd
```

El siguiente paso es asegurarse de que la configuración del archivo */etc/network/interfaces* se encuentra en su estado original. Para ello, la interfaz de configuración debe cambiarse de “iface” a “manual”.

Una vez activado el DHCPCD, puedes comenzar a configurarlo, insertando el siguiente comando en el archivo de configuración */etc/dhcpcd.conf*:

```
✓ sudo nano /etc/dhcpcd.conf
```

En este punto, la Raspberry Pi estará lista para configurar la IP fija. Si la Raspberry Pi está conectada por Ethernet o cable de red, se deberá ejecutar el comando con “interface eth0”. Si, por el contrario, este usa una red inalámbrica, se utilizará el comando “interface wlan0”.

Para asignar la dirección IP a Raspberry Pi, usa el comando:

- **static ip_address=**

seguido por la dirección IPv4 deseada y el sufijo “/24”. Si, por ejemplo, deseas vincular el ordenador con la dirección IPv4 *192.168.1.100*, el comando que se tiene que utilizar es “static ip_address=192.168.1.100/24”. En este punto es importante asegurarse de que la dirección no está siendo utilizada para ningún otro fin.

A continuación, se debe especificar la dirección de tu puerto de enlace y del servidor de nombres de dominio, que es, por lo general, el router, sin embargo, en este caso será la antena. La Raspberry Pi la usa como dirección de puerto de enlace cuando se quiere enviar algo a una dirección IP que está fuera de la máscara de subred. En este caso la puerta de enlace será la antena, con la dirección IPv4 *192.168.1.20* se utiliza como puerto de enlace y servidor DNS para poder abrir en el buscador con dicha dirección la configuración de la antena. Así, en el ejemplo del cable de red para la conexión a Internet que se utilizará en este caso práctico, el comando completo resulta así:

```
interface eth0
static ip_address=192.168.1.100/24
static routers=192.168.1.20
static domain_name_servers=192.168.1.20
```

Se guardará los cambios con “Ctrl + O” y presiona Enter. “Ctrl + X” para cerrar el archivo de configuración. En caso de que se reinicie algún dispositivo, las direcciones recién asignadas seguirán en vigor:

```
sudo reboot
```

Así, con un comando ping puedes comprobar si Raspberry Pi está disponible en la red a través de su nueva dirección:

```
Ping raspberrypi.local
```

Si el comando anterior ha tenido éxito se podrá acceder a la nueva dirección a través de un ping.

5.1.2 Red Ad-hoc

Para nuestro proyecto vamos a configurar una red ad-hoc en la que utilizaremos mi ordenador portátil con una antena USB de 5Ghz. En esta versión de Windows (Windows 10) no podemos crear una red AD-hoc directamente, para ello debemos acceder al administrador con privilegios de símbolo del sistema.

Pero, antes que nada, se dará una pequeña indicación de qué es y en qué se basa una red ad-hoc:

Una red ad hoc inalámbrica es un tipo de red inalámbrica descentralizada. La red es ad hoc porque no depende de una infraestructura preexistente, como *routers* o de puntos de accesos en redes inalámbricas administradas. En lugar de ello, cada nodo participa en el encaminamiento mediante el reenvío de datos hacia otros nodos, de modo que la

determinación de estos nodos hacia la información se hace dinámicamente sobre la base de conectividad de la red.

Una red ad hoc se refiere típicamente a cualquier conjunto de redes donde todos los nodos tienen el mismo estado dentro de la red y son libres de asociarse con cualquier otro dispositivo de red ad hoc en el rango de enlace. Las redes ad hoc se refieren generalmente a un modo de operación de las redes inalámbricas IEEE 802.11.

Sin embargo, un problema en esta versión frente a la versión de la utilización de un *router* como puerta sería los 11Mbps como máximo que podríamos utilizar en la transmisión de datos para toda la red.



Ilustración 23 Red Ad-hoc.

Una vez que ya se sabe qué es y para qué sirve una red ad-hoc podemos indicar por qué es una opción muy útil para nuestro proyecto. La principal y más importante es que no tenemos necesidad de tener internet para el envío de paquetes, aunque en caso de que esto fuese necesario, conque el PC tuviese conexión a internet podría ceder también a los demás dispositivos, en este caso la Raspberry PI su propia conexión.

Esta red Ad-hoc trabajaría de la siguiente manera:

```
Adaptador de LAN inalámbrica Conexión de área local* 12:
Sufijo DNS específico para la conexión. . . :
Vínculo: dirección IPv6 local. . . . . : fe80::24bb:f810:cf1b:a06b%40
Dirección IPv4. . . . . : 192.168.137.1
Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.0
Puerta de enlace predeterminada . . . . . : 192.168.137.2
```

Ilustración 24 Configuración IPs de Pc y puerta de enlace.

En la red se puede comprobar que el pc tendría la dirección 192.168.137.1 mientras que el nodo de la Gateway sería la dirección 192.168.137.2(para que este funcionase bien deberíamos poner esta dirección a la antena en la configuración más adelante), es decir, la antena Ubiquiti. La Raspberry PI trabajaría con una IP estática, con una dirección 192.168.137.3 y su *Gateway* sería la antena de nuevo (192.168.137.2).

A continuación, los pasos para crear nuestra propia red ad-hoc:

- i. Para empezar a crear nuestra red AD-hoc manualmente abriremos la consola de nuestro PC y escribiremos el comando:

- ***netsh wlan set hostednetwork mode=allow ssid= key=***

Habrá que rellenar con el nombre que le queremos dar a la red (SSID) y además la contraseña (key) que no puede ser menor de 8 caracteres.

En este caso, como se puede ver en la *Ilustracion 25*, se llamó a la red ubntPRUEBA con una contraseña arbitraria como 12345678.

- ii. En segundo lugar, se escribirá en la consola de comandos:

- ***netsh wlan start hostednetwork***

Con este comando iniciaremos la red y ya será visible y disponible para cualquier dispositivo con una tarjeta de red Wi-Fi para utilizarla ya sea otro pc, un teléfono o la propia Raspberry PI, en el caso que esta tuviese colocada una tarjeta de red.

```

Administrador: Símbolo del sistema
No se pudo iniciar la red hospedada.
El grupo o recurso no está en el estado correcto para realizar la operación solicitada.

C:\WINDOWS\system32>netsh wlan set hostednetwork mode=allow ssid=ubntPRUEBA key=12345678
El modo de red hospedada se estableció en permitir.
Se cambió correctamente el SSID de la red hospedada.
Se cambió correctamente la frase de contraseña de clave de usuario de la red hospedada.

C:\WINDOWS\system32>netsh wlan start hostednetwork
No se pudo iniciar la red hospedada.
El grupo o recurso no está en el estado correcto para realizar la operación solicitada.

C:\WINDOWS\system32>net stop wlansvc
El servicio de Configuración automática de WLAN está deteniéndose.
El servicio de Configuración automática de WLAN se detuvo correctamente.

C:\WINDOWS\system32>net start wlansvc
El servicio de Configuración automática de WLAN está iniciándose.
El servicio de Configuración automática de WLAN se ha iniciado correctamente.

C:\WINDOWS\system32>netsh wlan start hostednetwork
Se inició la red hospedada.

```

Ilustración 25 Red Ad-hoc

Sin embargo, aunque bastaría con colocarle una antena USB utilizaremos esta red AD-hoc para configurar la antena Ubiquiti y se conectara antena y Raspberry PI vía ethernet. Algo importante a tener en cuenta es que, en este caso, se disponía de una tarjeta de red USB para crear la red Ad-hoc que trabajaba en la banda de 2,4Ghz y en la de 5Ghz indistintamente, pero como la antena solo trabaja en la banda de los 5GHz hubo que forzar a la tarjeta a que trabajase en esta banda de la siguiente forma:

- ✓ Entramos al administrador de dispositivos → adaptadores de red.

Y una vez dentro nos aparecerán las tarjetas de red del dispositivo, en este caso mi PC. Pinchamos en la USB y nos aparecerá lo siguiente:

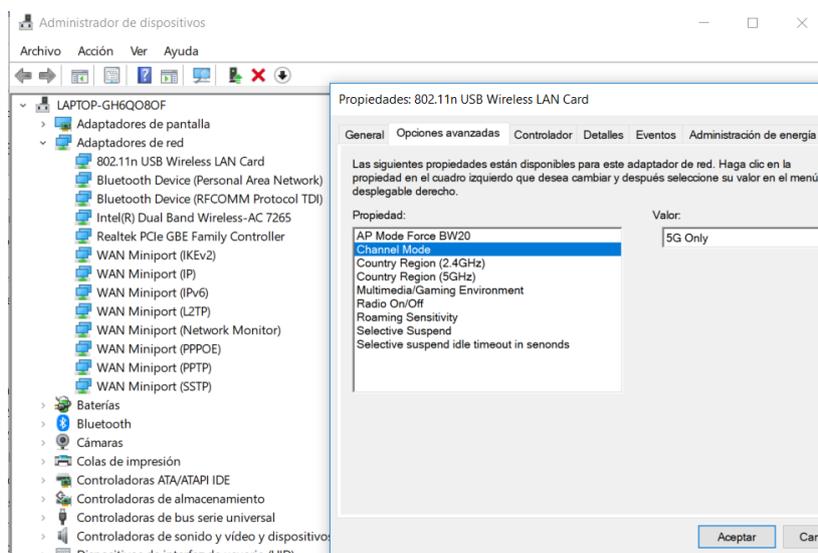


Ilustración 26 Controlador tarjeta Wi-Fi USB.

Para que cree la red ad-hoc en la banda de los 5Ghz basta con marcar la opción *channel mode* a *5G only*.

5.1.3 Configuración de la antena.

Este punto es común en ambas opciones de diseño, lo único que cambiaría para cada una de ellas sería el SSID, que en las imágenes adjuntadas es el de la red que nos ofrece el *router*, mientras que en caso de utilizar la red Ad-hoc, únicamente deberíamos buscar su SSID creado y vincularlo de la misma forma con una dirección propia del rango de la red en la que trabajemos.

Por lo tanto, una vez configurada la tarjeta de red del dispositivo, ya podemos acceder a la configuración de la antena. Para ello se abrirá un explorador web y en la barra de direcciones escribimos la dirección IP de la antena: 192.168.1.20.

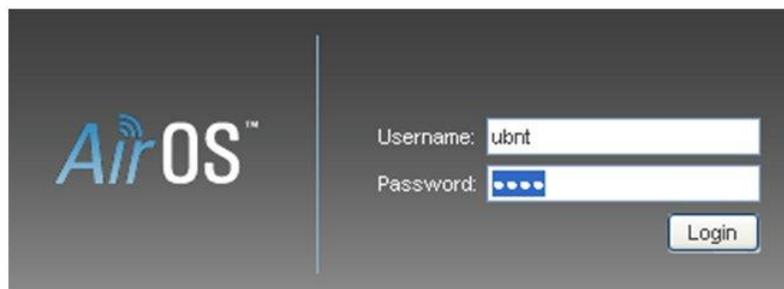


Ilustración 27 Login AirOS

Ahora nos debe aparecer la pantalla de inicio de la antena donde debemos introducir el nombre de usuario y contraseña, que por defecto son Usuario: ubnt y contraseña: ubnt.

Una vez dentro de la configuración estaremos en el apartado MAIN. Aquí se puede ver, por ejemplo, la configuración actual del equipo, configuración de las frecuencias, direcciones MAC, además del rendimiento y ver que dispositivos están conectados a la antena entrado en su tabla ARP. En esta se puede ver las direcciones IP de estos además de las velocidades a las que trabaja su enlace con ellos.

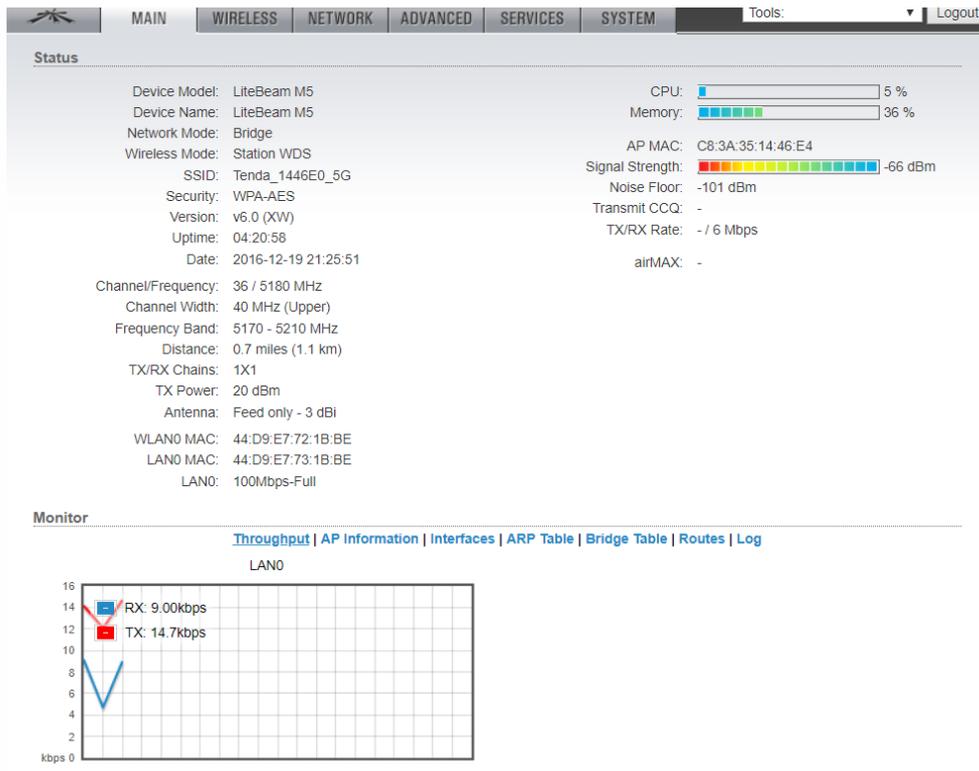


Ilustración 28 Apartado Main configuración antena.

- Para empezar con la configuración en modo cliente de la antena, nos cambiamos al apartado de NETWORK. Aquí debemos modificar las direcciones de la gestión de la red.

Función de red

Modo de máscara de red: Puente
 Desactivar red: Ninguno

Modo de configuración

Modo de configuración: Simple

Gestión de ajustes de red

Gestión Dirección IP: DHCP Estática
 Dirección IP: 192.168.1.20
 Máscara de red: 255.255.255.0
 IP de la puerta de enlace: 192.168.1.1
 IP de la DNS primaria:
 IP de la DNS secundaria:
 MTU: 1500
 Gestión VLAN: Activar
 Solapamiento automático de IP: Activar
 STP: Activar

IPv6: Activar

Cambiar

Ilustración 29 Apartado Network configuración antena por defecto.

- i. En gestión de dirección IP, se elegirá una dirección IP estática dentro del rango. Se colocará una dirección IP que esté dentro de nuestro rango de direcciones. Para conocer el rango de direcciones disponible basta con poner en Windows en la consola el comando *ipconfig*, en cuyo apartado LAN podremos ver en las direcciones que trabaja la red otorgando a cada máquina una dirección.

```
Adaptador de LAN inalámbrica Wi-Fi:

Sufijo DNS específico para la conexión. . . :
Vínculo: dirección IPv6 local. . . . . : fe80::5526:bea1:7675:c300%12
Dirección IPv4. . . . . : 192.168.0.137
Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.0
Puerta de enlace predeterminada . . . . . : 192.168.0.1
```

Ilustración 30 Rango de direcciones IP de la red

En la *Ilustración 30* se puede ver las direcciones IP tanto del Pc como del router al que estamos conectados.

- ii. La máscara de red no hará falta cambiarla, lo dejaremos como está en 255.255.255.0
- iii. La puerta de salida y la IP del DNS principal es la dirección IP de nuestro router o servidor. En este caso, también observando en la anterior imagen del comando *ipconfig*, podremos ver que la puerta de enlace predeterminada es la 192.168.0.1
- iv. En la dirección de DNS secundario se colocó la dirección 8.8.8.8 por si se desease conexión a internet. Esta dirección es la de Google, cuya mayor ventaja es la velocidad de respuesta.

Después de hacer estos cambios nos quedaríamos con la configuración que se muestra en la *Ilustración 31*.

The screenshot shows the 'NETWORK' configuration page for a LiteBeam M5 device. The interface includes a top navigation bar with tabs for MAIN, WIRELESS, NETWORK, ADVANCED, SERVICES, and SYSTEM. The 'NETWORK' tab is active. Below the navigation bar, there are three main sections:

- Network Role:** Network Mode is set to 'Bridge' and Disable Network is set to 'None'.
- Configuration Mode:** Configuration Mode is set to 'Simple'.
- Management Network Settings:**
 - Management IP Address: DHCP (radio button) and Static (radio button, selected).
 - IP Address: 192.168.0.20
 - Netmask: 255.255.255.0
 - Gateway IP: 192.168.0.1
 - Primary DNS IP: 192.168.0.1
 - Secondary DNS IP: 8.8.8.8
 - MTU: 1500
 - Management VLAN: Enable
 - Auto IP Aliasing: Enable
 - STP: Enable
 - IPv6: Enable

A 'Change' button is located at the bottom right of the configuration area.

Ilustración 31 Apartado Network configurado

- En segundo lugar, una vez configurado el apartado NETWORK nos dirigiremos al apartado WIRELESS que tendrá esta dirección de base:

The screenshot shows the 'WIRELESS' configuration page for a LiteBeam M5 device. The interface includes a top navigation bar with tabs for MAIN, WIRELESS, NETWORK, ADVANCED, SERVICES, and SYSTEM. The 'WIRELESS' tab is active. Below the navigation bar, there are two main sections:

- Configuración inalámbrica básica:**
 - Modo inalámbrico: Estación
 - WDS (Modo puente transparente): Activar
 - SSID: ubnt (with a 'Seleccionar...' button)
 - Bloquear a AP: [Empty field]
 - Código del país: Spain
 - Modo IEEE 802.11: A/N mezclado
 - Ancho de canal: Auto 20/40 MHz
 - Lista de frecuencias escaneadas, MHz: Activar
 - Ocultar canales interiores: Activar
 - Calcular límite EIRP: Activar
 - Antena: Solo fuente (1x1) - 3 dBi
 - Potencia de salida: [Slider] 25 dBm
 - Módulo de velocidad de datos: Predeterminado
 - Índice TX máx., Mbps: MCS 7 - 65/72.2 [135/150] Auto
- Seguridad inalámbrica:**
 - Seguridad: ninguno

A 'Cambiar' button is located at the bottom right of the configuration area.

Ilustración 32 Apartado Wireless por defecto.

En el apartado modo inalámbrico tenemos el modo estación y estación WDS, al igual que punto de acceso y punto de acceso WDS. Los modos WDS se utilizan para conectar dos equipos de los cuales sabemos las direcciones MAC. En este manual vamos a configurar el equipo en modo estación, de forma que la antena se podrá conectar a cualquier equipo que este emitiendo una señal Wi-Fi de 5GHz, ya que es la única banda en la que trabaja nuestra antena.

En este caso, tendremos que cambiar el SSID de ubnt por defecto a la Wi-Fi de la banda de 5Ghz que queramos conectarnos. En esta ocasión nos conectaremos a la red *Tenda_144E0_5G*. Para ello basta con pulsar en seleccionar y se iniciará el rastreo de las redes disponibles en esta banda. Elegiremos a la que queramos conectar nuestra antena.

Site Survey

Scanned Frequencies:
 5.18GHz 5.185GHz 5.19GHz 5.195GHz 5.2GHz 5.205GHz 5.21GHz 5.215GHz 5.22GHz 5.225GHz 5.23GHz 5.235GHz 5.24GHz 5.26GHz 5.265GHz
 5.27GHz 5.275GHz 5.28GHz 5.285GHz 5.29GHz 5.295GHz 5.3GHz 5.305GHz 5.31GHz 5.315GHz 5.32GHz 5.5GHz 5.505GHz 5.51GHz 5.515GHz
 5.52GHz 5.525GHz 5.53GHz 5.535GHz 5.54GHz 5.545GHz 5.55GHz 5.555GHz 5.56GHz 5.565GHz 5.57GHz 5.575GHz 5.58GHz 5.585GHz 5.59GHz
 5.595GHz 5.6GHz 5.605GHz 5.61GHz 5.615GHz 5.62GHz 5.625GHz 5.63GHz 5.635GHz 5.64GHz 5.645GHz 5.65GHz 5.655GHz 5.66GHz 5.665GHz
 5.67GHz 5.675GHz 5.68GHz 5.685GHz 5.69GHz 5.695GHz 5.7GHz

MAC Address	SSID	Device Name	Radio Mode	Encryption	Signal / Noise, dBm	Frequency, GHz / Channel
<input type="radio"/> C8:3A:35:14:46:E4	Tenda_144E0_5G		802.11ac	WPA	-68 / -101	5.18 / 36
<input type="radio"/> A4:2B:8C:6F:4C:FC	WLAN5GH_4CFB		802.11n	WPA2	-59 / -96	5.52 / 104

Selectable SSID's must be visible and have compatible channel bandwidth and security settings.

Lock to AP Select Scan

Tabla 7 Redes disponibles banda 5Ghz.

En la *Tabla 7* se puede observar el rango de frecuencia en el que trabaja la antena y cuáles son las redes disponibles en ese momento para dicho rango. El router con el que vamos a trabajar es en este caso de la marca Tenda. Por lo tanto, se eligió la red cuyo SSID es *Tenda_144E0_5G*. Además, gracias a este buscador se puede ver que es una red 802.11ac cuyo cifrado viene dado por WPA y se encuentra en la frecuencia entre 5.18 y 5.36 GHz.

Para continuar configurando la conexión se debe seguir los siguientes pasos:

- i. Simplemente marcamos la red a la que nos queremos conectar y pulsamos selección. Al volver a la pantalla de configuración vemos que el nombre de la red ha cambiado al que se ha elegido.
- ii. A continuación, elegimos el país en el que estamos para que la potencia del equipo se regule según las normas establecidas.

The screenshot shows the configuration page for the LiteBeam M5 device. The 'Basic Wireless Settings' section is expanded, showing various wireless parameters. The 'Wireless Security' section is also visible below it.

Tabla 8 Apartado Wireless configurado

- iii. Si la red Wi-Fi a la que nos conectamos tiene clave, como es el caso, es necesario indicarla en el siguiente apartado, el de seguridad inalámbrica. Aquí podemos elegir el tipo de clave WEP/ WPA/WPA2, colocaremos nuestro usuario y contraseña para la red.

5.2 CÁMARA

Para estos ejemplos se utiliza el módulo *Raspberry Pi Camera V1.3*. Para trabajar con él se debe habilitar la interfaz de cámara en la Pi con *raspi-config* en la sección de *Interfacing Options*

Para encontrar esta opción bastara con escribir en una ventana de la consola el siguiente código:

```
i. sudo raspi-config
```

Este comando abrirá una ventana como esta:

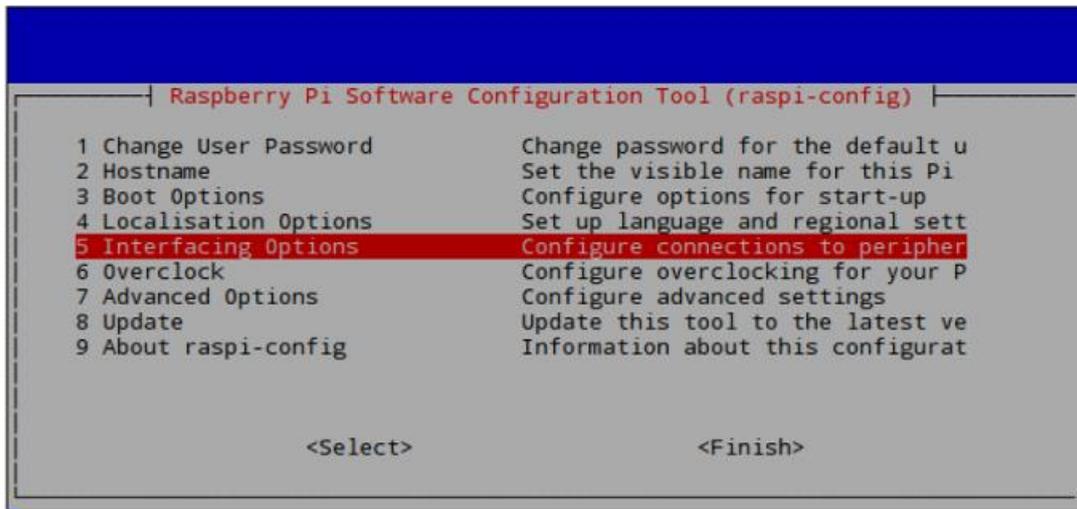


Ilustración 33 Ventana configuración Cámara.

Aquí abriremos la opción marcada y activaremos la opción de la cámara en la Raspberry PI guardando y haciendo un reboot a la Raspberry PI. Este paso es importante ya que en caso de no activarlo la Raspberry PI no localizará la señal de la cámara y no podremos usarla.

5.3 GSTREAMER

Con las Raspberry Pi se pueden implementar sistemas de captura útiles en aplicaciones de grabación de video, toma de fotografías y *streaming*, por mencionar unos ejemplos. *GStreamer* es un *framework* con el que se puede ensamblar un sistema multimedia completo.

La base del trabajo es el *streaming* en tiempo real. *Streaming* es un término usado para definir la visualización de videos y audio. Básicamente, tendríamos dos tipos de *streaming*. Dependiendo del protocolo de transporte podemos usar indistintamente protocolos de datagrama no fiables como UDP o un protocolo fiable orientado a conexión como el TCP, aunque este último protocolo no es común en la transmisión de datos multimedia, ya que TCP puede provocar demoras y retrasos en el audio/video debido a sistemas de control de errores y pérdidas.

Para nuestro cometido es importante darnos cuenta de qué es lo que queremos priorizar, es decir, si queremos que el video tenga todas las tramas una por una en orden sin fallo o queremos que sea más cercano al tiempo real. En nuestro caso sacrificaríamos algo de calidad en pro de tener un *streaming* lo más verídico posible en el tiempo.

Por lo tanto, trabajaremos con el protocolo de transporte UDP. Una vez dentro del código de *Gstreamer* será el momento en el que tengamos que tener en cuenta dicho paso y colocar un protocolo de transporte como UDP.

El sistema donde se instala *GStreamer 1.0* tiene las siguientes especificaciones:

1. `lsb_release -a`
2. No LSB modules are available.
3. Distributor ID: Raspbian
4. Description: Raspbian GNU/Linux 8.0 (jessie)
5. Release: 8.0
6. Codename: Jessie

Para la instalación de *GStreamer 1.0* y del `libraspberrypi-dev` en la Raspberry PI únicamente debemos de abrir una ventana de comandos y escribir en esta el siguiente código:

- a. `sudo apt-get install libgstreamer1.0-dev libgstreamer-plugins-base1.0-dev libgstreamer-plugins-bad1.0-dev gstreamer1.0-tools libraspberrypi-dev`
- b. `sudo apt-get install libgstreamer1.0-dev libgstreamer-plugins-base1.0-dev libgstreamer-plugins-bad1.0-dev gstreamer1.0-tools libraspberrypi-dev`

En primer lugar, abriremos un archivo de texto en blanco, escribiendo el código en su interior:

- i. Windows batch script: `@echo off cd C:\gstreamer\1.0\x86_64\bin gst-launch-1.0 -e -v udpsrc port=5000! application/x-rtp, payload=96! rtpjitterbuffer! rtph264depay! avdec_h264! fpsdisplaysink sync=false text-overlay=false`

Este archivo deberá ser guardado como `.bat`

En este caso explicaremos cada línea de código que define y para qué sirve en nuestro código.

- ✓ *gst-launch-1.0* es un comando básico para iniciar una Fuente en *Gstreamer*.

En segundo lugar, abriremos un archivo en blanco en la ubicación `/bin` en la que escribiremos el siguiente código:

```
ii. Raspberry Pi Bash Script: #!/bin/bash clear raspivid -n -t 0 -rot 270 -w 1920 -h 1080 -fps 30 -b 6000000 -o - | gst-launch-1.0 -e -vvvv fdsrc! h264parse ! rtph264pay pt=96 config-interval=5 ! udpsink host=***YOUR_PC_IP*** port=5000
```

Este archivo deberá ser guardado como `.sh`

Ahora pasaremos a explicar lo que indica principalmente cada comando del código que utilizamos en la Raspberry PI.

- ✓ *w 1920 -h 1080* en primer lugar, encontramos esta parte del código que indica la resolución a la que vamos a ver el *streaming*, en este caso, 1920X1080. Es decir, una calidad de imagen 1080p, el máximo con el que puede trabajar la cámara utilizada.
- ✓ En segundo lugar, tenemos el número de fotogramas por segundo que tenemos configurados, en este caso 30.
- ✓ *-b 6000000* nos indica el *bit rate* en este caso 6 Mb/s.
- ✓ *gst-launch-1.0* es un comando básico para iniciar una Fuente en *Gstreamer*.

Para comenzar el *streaming*, una vez guardados ambos códigos en el dispositivo correspondiente ejecutaríamos en la Raspberry PI el segundo de la siguiente forma:

```
./nombreDelArchivo
```

En este caso, el nombre del archivo será “start_stream.sh”. Acto seguido iremos a nuestro PC en Windows y ejecutaremos con doble clic en el archivo `.bat`, que se ha llamado “rpi_stream.bat”. Una vez ejecutado podemos ver el *streaming* de lo que ve nuestra cámara ininterrumpidamente.

5.4 COMPROBACIÓN DE FUNCIONAMIENTO

Por último, vamos a comprobar que tenemos todos los componentes dentro de la red y que tienen conexión entre ellos. Esto es tan fácil de comprobar cómo hacer un ping con la dirección IP de cada elemento. En este caso se dispuso a hacer un ping desde el PC hasta la antena Ubiquiti, la cual tiene una dirección IP estática como antes mencionamos 192.168.0.20. A continuación, se adjunta captura del comando `ipconfig` desde el pc y además el ping a la antena.

```
Adaptador de LAN inalámbrica Wi-Fi:

Sufijo DNS específico para la conexión. . . :
Vínculo: dirección IPv6 local. . . . . : fe80::5526:bea1:7675:c300%12
Dirección IPv4. . . . . : 192.168.0.11
Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.0
Puerta de enlace predeterminada . . . . . : 192.168.0.20
```

Ilustración 34 Ipconfig Pc

[Throughput](#) | [Stations](#) | [Interfaces](#) | [ARP Table](#) | [Bridge Table](#) | [Routes](#) | [Log](#)

IP Address	MAC Address	Interface
192.168.0.100	B8:27:EB:95:0B:65	BRIDGE0
192.168.0.11	88:B1:11:01:5F:27	BRIDGE0

Ilustración 35 Tabla Arp antena Ubiquiti

En la *Ilustración 35* podemos ver la tabla ARP desde la página web de la antena. En ella se puede comprobar las direcciones IP de todos los dispositivos conectados a la misma. En este caso únicamente dos. El PC con una dirección IP de 192.168.0.11 y la Raspberry PI con una dirección de 192.168.0.100.

```
C:\Users\sergi>ping 192.168.0.20

Haciendo ping a 192.168.0.20 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.20: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.20: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.20: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.20: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.0.20:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 1ms, Máximo = 2ms, Media = 1ms
```

Ilustración 36 Ping antena Ubiquiti

Y, por último, haremos un ping a la dirección IP de la Raspberry PI, la cual tiene una IP estática 192.168.0.100 como se puede ver en la *Ilustración 37*, para comprobar si hay conexión entre PC y Raspberry PI. Si este envío de paquetes fuese recibido correctamente podemos confirmar que los paquetes provenientes del *streaming* también lo serán.

```
C:\Users\sergi>ping 192.168.0.100

Haciendo ping a 192.168.0.100 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.100: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.0.100:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 2ms, Máximo = 2ms, Media = 2ms
```

Ilustración 37 Ping Raspberry Pi

Una vez configuradas las IPs pasamos a la comprobación del propio *streaming*. Para ello, nos basamos en una aplicación llamada VNCViewer, la cual, descargaremos e instalaremos en la Raspberry PI con el comando:

✓ `sudo apt-get install tightvncserver`

Además, debemos descargar e instalar VNCViewer en nuestro PC de Windows u otro sistema operativo.

Esta aplicación trabaja como escritorio remoto, es decir, sin necesidad de pantalla conectada a la Raspberry PI podemos visualizar el escritorio de nuestra Raspberry PI en nuestro PC, con la única condición de que ambos dispositivos estén dentro de la misma red. Esto es especialmente útil si en algún momento deseamos parar el *streaming* para que, por ejemplo, la Raspberry PI consuma menos energía de la red fotovoltaica cuando este no vaya a ser visualizado.

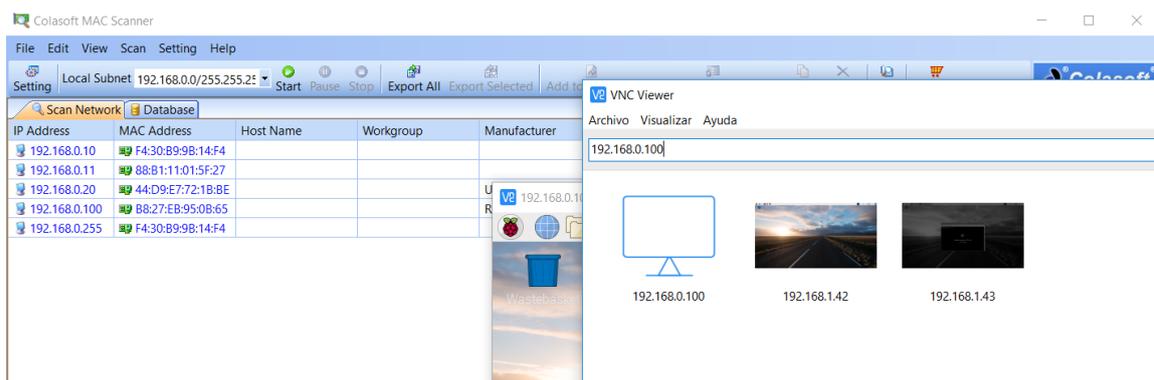


Ilustración 38 VNC

Como se puede ver en la *Ilustración 38* basta con conocer cuál es la dirección IP con la que está trabajando la Raspberry PI dentro de nuestra red, en este caso, la 192.168.0.100 y escribir esa dirección en el buscador. Una vez encontrada la dirección IP, la propia aplicación pedirá el usuario y la contraseña que estemos utilizando en la Raspberry PI.

Una vez conectados remotamente, basta con ejecutar por terminal tanto el archivo “rpi_stream.bat” en Windows como el archivo “start_stream.sh” en la Raspberry PI para comenzar el *streaming*. Una vez ejecutados ambos archivos se podrá ver en pantalla un cuadro de consola y además una ventana con el *streaming* procedente de nuestra cámara como la que podemos ver en la *Ilustración 39*.

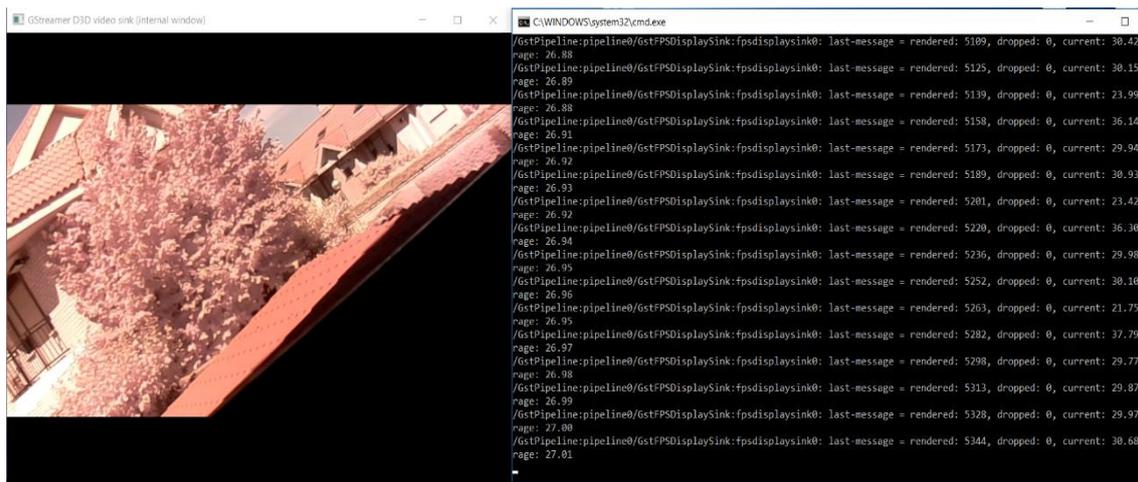


Ilustración 39 Imagen del Streaming e información de cada fotograma en Gstreamer.

En este caso, con los códigos utilizados sobre *Gstreamer* estamos trabajando con la cámara al máximo de sus posibilidades, es decir, con una resolución 1080p. Además, podemos ver a la derecha de la *Ilustración 39* información de cada fotograma del *streaming*. Esta prueba se llevó a cabo con una distancia entre pc y Raspberry PI de unos 200m. Aunque se ha comentado anteriormente, ni se ha podido llevar a cabo la prueba a una distancia como la del proyecto real, 65km, ni tampoco con los mismos fenómenos ya que en este caso se tuvo edificios de por medio y no había visión directa.

Para ver mejor la calidad del *streaming* y la calidad de la señal que se ha logrado alcanzar a dicha distancia, se puede ver en la *Ilustración 40* algunos datos que nos indica la web de configuración de la antena sobre el enlace de la antena con el PC (IP 192.168.0.11), tales como la velocidad de transmisión y recepción de la antena que para el enlace antena PC es de 52Mbps de transmisión y 65Mbps de recepción o el porcentaje de CCQ (calidad de conexión del cliente), que muestra la eficiencia del uso del ancho de banda, relacionándolo con el mayor ancho de banda teórico y es del 98% para este enlace. Además, podemos ver la distancia a la que nos encontramos de la antena, en este caso como se habló con anterioridad entre 0.1 y 0.2 millas, por lo que aproximadamente el enlace es de unos 200m. Y, por último, la latencia, es decir, el retardo producido por la demora en la propagación y transmisión de los paquetes dentro de la red, en este caso es de 11 ms.

Throughput | [Stations](#) | [Interfaces](#) | [ARP Table](#) | [Bridge Table](#) | [Routes](#) | [Log](#)

Station MAC	Device Name	TX Signal, dBm Combined	RX Signal, dBm Combined	Noise, dBm	Latency, ms	Distance, miles	TX/RX, Mbps	CCQ, %	Connection Time	Last IP	Action
88:B1:11:01:5F:27	-	-	-69	-101	11	0.1	52 / 65	98	00:30:46	192.168.0.11	kick

Ilustración 40 Datos sobre la calidad de la señal del enlace.

6. CONCLUSIONES

Como conclusión, una vez seguidas las líneas del proyecto y aunque ha sido imposible llevarlo a una práctica real, debido a los altos costos de tener que contratar una tripulación, alquiler de un barco y un submarinista que coloque la Raspberry PI con la cámara en el fondo marino, se puede afirmar, que se ha conseguido hacer *streaming* entre Raspberry PI y PC en una misma red sin necesidad de internet y que los dispositivos como son la antena Ubiquiti y la Raspberry PI, que forman parte del diseño del punto situado mar adentro, tienen su propio diseño de red fotovoltaica para ser alimentados por la misma. Además, concluimos, que la configuración de la red, tanto a través de la red Ad-hoc creada, como a través de la señal emitida por un router, ha sido óptima, siendo probada para un *streaming* con resolución 1080p, con al menos 200m de distancia entre el PC y la Raspberry PI, a esta distancia se ha podido comprobar que la velocidad de transmisión que alcanza el enlace es de unos 52Mbps, velocidad más que suficiente para hacer un *streaming* con garantías, con una latencia de únicamente 11ms, es decir, apenas tendremos diferencia de tiempo entre el *streaming* y la realidad.

7. LINEAS FUTURAS

Este proyecto puede servir de base, para en el futuro, mejorar algunas de sus prestaciones, tales como tratar la calidad del video del *streaming* con una cámara de mejores prestaciones, ya que únicamente una resolución de 1080p empieza a quedar un poco obsoleta. Además, hay cámaras especialmente preparadas para un entorno marino. También podríamos probar un enlace a mayor distancia colocando dos antenas Ubiquiti en cada punto, ya que en la práctica se disponía de una sola antena y esto resta capacidad en enlaces de larga distancia.

Por último, se podría comprobar si el diseño de la red fotovoltaica incluido en este trabajo únicamente de forma teórica es válido en la práctica para alimentar eléctricamente ambos dispositivos.

REFERENCIAS

- [1] <https://www.testdevelocidad.es/wifi/wi-fi-2-4ghz-vs-wi-fi-5ghz-diferencias-elegir-wi-fi-mejor-se-adapte-nuestras-necesidades/>
- [2] <https://geekytheory.com/video-streaming-live-con-raspberrypi-y-playstation-eye>
- [3] <https://www.siliceo.es/como-establecer-un-puente-de-conexion-wifi-con-antenas-punto-a-punto-a-mas-de-15km/>
- [4] <http://www.viajarbuceando.com/uso-del-filtro-rojo-video-fotografia-submarina/>
- [5] “Tutorial conexión redes AD-hoc windows10” <https://www.howto-connect.com/create-wireless-ad-hoc-internet-connection-on-windows-10/>
- [6] “Redes Wi-Fi 2,4Ghz vs redes Wi-Fi5Ghz”
<https://www.taringa.net/posts/info/19561485/Redes-WiFi-de-2-4-y-5-GHz-cual-ofrece-mejor-cobertura.html>
- [7] <https://www.1and1.es/digitalguide/servidores/configuracion/como-asignar-una-ip-fija-a-raspberry-pi/>
- [8] <http://profesores.elo.utfsm.cl/~agv/elo322/1s14/projects/reports/G16/Redes%20Ad-Hoc.pdf>
- [9] “Legislación y normativa de los sistemas fotovoltaicos de conexión” de red Vicente Salas Merino Editorial: LIBER FACTORY Lengua: CASTELLANO.
- [10] <https://www.sfe-solar.com/baterias-solares/manual-calculo/>
- [11] https://es.wikipedia.org/wiki/El_Cachucho
- [12] <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/como-calcular-la-capacidad-de-las-baterias>
- [13] <https://www.redeszone.net/2017/03/02/energia-consumida-raspberry-pi/>
- [14] <https://www.agenciasinc.es/Noticias/El-Cachucho-primera-area-marina-prottegida-en-Espana>
- [15] “Bateria acumuladora” <https://www.elalmacensolar.es/acumuladores-solares-agm/662-bateria-solar-victron-agm-de-12v-y-38-ah-c20.html>
- [16] <https://streamingdiez.com/que-conexion-se-necesita-para-hacer-un-streaming/>