

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y  
ELECTRÓNICA**

**DISEÑO DEL SISTEMA DE CCTV IP CON ENLACES  
INALÁMBRICOS DE LARGO ALCANCE EN BANDA LIBRE PARA  
LA EMPRESA VALDIMAR.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**MARCELO ERNESTO ANDRANGO MARCILLLO**  
marceloernesto88@hotmail.com

**DIRECTOR: DR. DIEGO JAVIER REINOSO**  
diego.reinoso@epn.edu.ec

**CODIRECTOR: DRA. MARTHA CECILIA PAREDES**  
cecilia.paredes@epn.edu.ec

**Quito, febrero 2018**

## **AVAL**

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Marcelo Ernesto Andrango Marcillo, bajo nuestra supervisión.

---

**DR. DIEGO JAVIER REINOSO CHISAGUANO**  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

**DRA. MARTHA CECILIA PAREDES PAREDES**  
**CODIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Yo Marcelo Ernesto Andrango Marcillo, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

MARCELO ERNESTO ANDRANGO  
MARCILLO

## **DEDICATORIA**

Dedicado a mis padres por hacer de mi la persona que soy ahora, por inculcar en mi vida la correcta manera de afrontar los problemas y por ser una guía de vida que quiero seguir.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia por su ayuda incondicional, a mis hermanas por su ayuda directa e indirecta en mi vida y un agradecimiento a todo aquel que me ayudo sin saberlo.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AVAL.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	II
DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos.....	2
1.2 Alcance .....	2
1.3 Marco Teórico.....	2
Comunicaciones Inalámbricas .....	2
Equipos para Comunicaciones Inalámbricas .....	5
Redes Inalámbricas .....	7
Frecuencias de Trabajo .....	13
Componentes de un Radioenlace.....	14
Parámetros de Análisis del Diseño de Enlace.....	14
Protocolo IEEE 802.11.....	18
Video Vigilancia .....	21
Ancho de Banda de CCTV IP .....	25
Unidades de Almacenamiento de CCTV IP .....	26
Estandarización de los Sistemas de Vigilancia IP .....	26
Modulación .....	27
Proceso de Compresión .....	28
2. METODOLOGÍA.....	30
2.1 Diseño del Sistema de CCTV IP .....	30
2.2 Estructura Operacional de la Empresa Valdimar .....	30
2.3 Problemas en el Departamento de Crianza y Pesca .....	31
2.4 Problemas en el Departamento de Seguridad.....	38
2.5 Detalle de la Ubicación Geográfica de la Empresa Valdimar.....	40

2.6	Situación Actual de la Camaronera .....	41
2.7	Situación Actual del Centro de Monitoreo .....	42
2.8	Detalle de Requerimientos del Cliente .....	43
2.9	Establecimiento de Puntos para el Monitoreo .....	43
2.10	Justificación de Alturas de las Torres 1 y 2 .....	44
2.11	Estructura del Sistema de CCTV IP .....	48
2.12	Distribución de Equipos de CCTV IP en las Locaciones de la Empresa Valdimar .....	49
2.13	Selección del Tipo de Comunicación de los Equipos .....	50
2.14	Selección de Equipos para el Sistema de CCTV IP .....	52
2.15	Cálculo del tráfico para un óptimo funcionamiento y visualización de las cámaras .....	58
2.16	Enlaces Inalámbricos .....	59
2.17	Dimensionamiento de Energía Auxiliar del sistema .....	72
2.18	Marco Regulatorio de Enlaces Inalámbricos .....	78
2.19	Título Habilitante Requerido Para el Diseño Propuesto .....	82
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	86
3.1	Simulación de Enlaces .....	86
3.2	Comparación de Resultados .....	94
3.3	Costos del Sistema de CCTV IP .....	96
4.	CONCLUSIONES .....	98
4.1	Recomendaciones .....	100
5.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
6.	ANEXOS .....	103
	ORDEN DE EMPASTADO .....	117

## RESUMEN

En la actualidad los sistemas de CCTV IP (*Circuito Cerrado de Televisión sobre Protocolos de internet*) son utilizados para resolver problemas de seguridad física e industrial y control de personal. El debido dimensionamiento de estos sistemas permite tener gran ahorro de recursos y mejorar los procesos de operación de una empresa.

El presente documento busca determinar en la empresa VALDIMAR los problemas que existen dentro de los procesos que allí se realizan, identificarlos y dimensionar la solución más acorde con sus requerimientos.

El marco teórico aborda de manera breve la teoría relacionada con redes de datos, comunicaciones inalámbricas y temas afines. También el estudio concierne a sistemas de CCTV IP, equipos que lo conforman, tipos de cámaras, tipos de compresión y demás.

En la metodología se presenta la actividad de la empresa VALDIMAR, los departamentos que la conforman y el funcionamiento de cada uno. Aquí se identifican los departamentos de interés y se revisan los procesos que tienen a cabo en cada uno de ellos; además se identifican los problemas, para posteriormente identificar geográficamente las áreas que conforman a la empresa. Se toman los requerimientos del cliente para dimensionar el sistema de CCTV IP, también se detallan los lugares en los que se ubicarán los componentes del sistema y los equipos eléctricos y electrónicos que se necesitan. Se eligen las tecnologías para comunicar todos los componentes del sistema de cctv, se realizan los cálculos de enlaces y se menciona el marco regulatorio que rige a los enlaces utilizados en la comunicación del sistema de cctv y el título habilitante para su correcto funcionamiento en caso de implantarse.

En este documento no se abordan instalaciones eléctricas al detalle y tampoco configuraciones de los equipos.

Finalmente se muestran las simulaciones para el diseño propuesto, se comparan los resultados obtenidos con los cálculos teóricos y se muestra también el costo de los equipos considerados para el diseño.

## ABSTRACT

Nowadays, IP CCTV (*Internet Protocol Closed Circuit Television*) systems are used to solve physical and industrial security problems and personnel control. The proper sizing of these systems allows to have great savings of resources and improve the operating processes of a company.

This document seeks to determine in the company VALDIMAR the problems that exist within the processes that are carried out there, identify them and size the solution that best meets their requirements.

The theoretical framework briefly addresses the theory related to data networks, wireless communications and related topics. Also the study concerning IP CCTV systems, equipment, types of cameras, compression types and others.

In the methodology, the activity of the company VALDIMAR, the departments that make it up and the operation of each is presented. Here the departments of interest are identified and the processes that are carried out in each of them are reviewed; In addition, problems are identified, to later identify geographically the areas that make up the company. The requirements of the client are taken to size the IP CCTV system, the places where the system components are located and the electrical and electronic equipment needed are also detailed. The technologies are chosen to communicate all the components of the CCTV system, link calculations are carried out and the regulatory framework that governs the links used in the communication of the CCTV system and the enabling title for its correct operation is mentioned.

This document does not deal with detailed electrical installations and equipment configurations.

Finally, it shows the simulations for the proposed design, then the simulation results are compared to the theoretical ones and also show the cost of the equipment considered for the design.

# 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la tecnología es utilizada en áreas en las que antes no era posible utilizarlas, por su alto costo, por su falta de desarrollo o porque en años anteriores las características tecnológicas no cumplían con los requerimientos necesarios para su uso. Un ejemplo de esto es la empresa VALDIMAR, la misma que se dedica a la siembra y cosecha de camarón, esta actividad la ha venido realizando a lo largo de su vida económica y en este periodo de tiempo ha ido mejorando sus procesos, pero estos requieren de control visual que hoy en día todavía lo siguen realizando de manera personal. Por tanto, se plantea diseñar un sistema de CCTV IP (*Circuito Cerrado de Televisión sobre Protocolos de Internet*) que cumple con las expectativas de trabajo en función de la tecnología existente y las necesidades de la empresa.

Este sistema de CCTV requiere de un correcto dimensionamiento en función de los lugares que requieren ser monitoreados al igual que la estructura necesaria para permitir la comunicación entre los equipos que lo conforman.

Este trabajo describe las funciones de los departamentos de la empresa Valdimar, entiende sus procesos y problemas, los analiza y desarrolla en conjunto con el cliente los requerimientos del funcionamiento. Para posteriormente ir cumpliendo los requerimientos mientras se seleccionan las tecnologías de comunicación y la distribución de los componentes en las locaciones que comprenden la empresa VALDIMAR.

El funcionamiento del sistema de CCTV permite el control de las cámaras desde el centro de monitoreo como si los componentes se hubiesen instalado en la misma área física, de tal manera que la visualización, operación de las cámaras y la revisión de archivos se realizaran sin ningún retardo. El diseño de CCTV propuesto está estructurado como una LAN local que utiliza enlaces inalámbricos para comunicar los equipos distantes como son las cámaras PTZ y el PC con el NVR.

Al final se presentan los costos de todos los equipos que involucra el diseño propuesto y se realiza una recopilación de artículos que explican el marco regulatorio que rigen el enlace largo utilizado para comunicar el centro de monitoreo con la camaronera. Además, se muestra el proceso de inscripción del diseño propuesto en el caso que se llegue a su implementación.

## **1.1 Objetivos**

### **Objetivo General**

Diseñar un Sistema CCTV IP y la comunicación con la central de monitoreo remota para la camaronera VALDIMAR ubicado, en la provincia del Oro.

### **Objetivos específicos**

- 1) Estudiar brevemente las comunicaciones inalámbricas, tipos de enlaces, tipos de red y las tecnologías de CCTV IP.
- 2) Diseñar el sistema de CCTV IP y los enlaces de largo alcance con frecuencias no licenciadas
- 3) Analizar el marco regulatorio que rige en este tipo de enlaces y el proceso de inscripción de frecuencias.
- 4) Realizar un cuadro de costo de equipos que intervienen en el diseño de CCTV IP.

## **1.2 Alcance**

En este proyecto de titulación se pretende solucionar los problemas de la camaronera VALDIMAR, para conseguir este fin se diseñará un sistema de CCTV IP y monitoreo para lograr el control de los procesos que intervienen en la crianza del camarón.

Se estudiarán también los enlaces inalámbricos que nos permitan solucionar el problema de la distancia entre la camaronera y el sitio de monitoreo.

Este proyecto analizará el proceso de inscripción de la frecuencia, que rige al diseño del enlace de larga distancia.

Finalmente, se presentará un análisis económico del proyecto propuesto, enfocando únicamente en el costo de equipos.

## **1.3 Marco Teórico**

### **Comunicaciones Inalámbricas**

#### **Historia de las comunicaciones inalámbricas**

La historia de las comunicaciones inalámbricas se basa en el concepto del electromagnetismo. Después que Hertz demostró la existencia en la naturaleza de las ondas electromagnéticas que Maxwell había determinado de forma matemática y sobre las

que había determinado las leyes que las rigen, se inició una serie de estudios teóricos y experimentales para encontrar sus diversas propiedades.

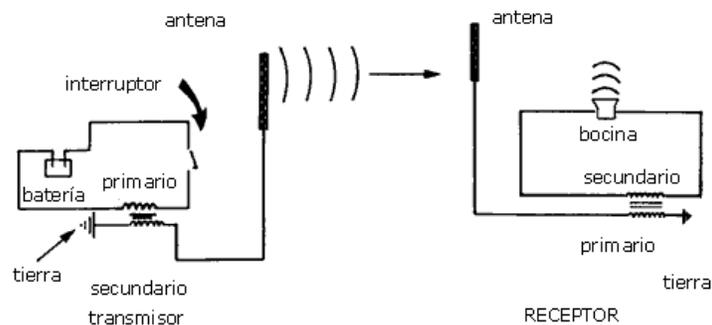
Transcurrido cierto tiempo, en Estados Unidos Nikola Tesla logró hacer varias demostraciones usando descargas de alto voltaje y de alta frecuencia, para lo cual inventó una bobina, llamada bobina de Tesla, que posteriormente fue de utilidad para las comunicaciones inalámbricas [1]. En 1892 William Crookes publicó un trabajo en la revista inglesa *Fortnightly Review*, en el que proponía las bases para utilizar ondas electromagnéticas como medio para transmitir señales telegráficas a través del espacio, es decir, telegrafía sin hilos o inalámbrica. Fue en 1894 cuando el físico inglés Oliver Lodge, basándose en el trabajo de Crookes, desarrolló el primer sistema de comunicación inalámbrica. Con los aparatos que construyó demostró la recepción de una señal a través de una distancia aproximada de 100 m, para lo cual usó un circuito sintonizador. Avances posteriores le permitieron ampliar la distancia a un kilómetro.

En 1894 el ingeniero italiano Guglielmo Marconi (1874-1937) leyó la biografía de Hertz e inmediatamente empezó a trabajar en la idea de usar las ondas electromagnéticas para transmitir señales. Construyó los aparatos descritos por Hertz, a los cuales les añadió un cohesor, que es un tubo de vidrio que contiene limaduras de hierro, y conectó tanto el transmisor como el receptor a una antena. Una señal eléctrica que pase por el cohesor hace que las limaduras se unan durante el intervalo que dura la señal; de esta manera este dispositivo detecta ondas electromagnéticas. En 1895 Marconi probó sus aparatos, con los cuales logró enviar señales hasta distancias de un par de kilómetros [1]. Marconi afirmaba que sería posible enviar señales a distancias de 150 km. Sin embargo, muchos científicos rechazaron su pretensión con el argumento de que, si las señales se propagaban en línea recta, entonces se perderían en el espacio antes de poder seguir la curvatura de la Tierra.

Marconi realizó muchos experimentos y fue aumentando poco a poco la distancia de la transmisión. Descubrió que si conectaba a tierra uno de los extremos del transmisor y el otro extremo a una varilla larga, entonces las ondas parecían ser guiadas alrededor de la superficie terrestre; de esta manera logró transmisiones a través de distancias increíbles para su época. En 1898 transmitió señales a través del Canal de la Mancha y en 1901 logró una transmisión a través del Océano Atlántico: de Polhu en Cornualles, Inglaterra, hasta San Juan de Terranova, Canadá.

El transmisor utilizado por Marconi fue muy sencillo, pues consistía en un transformador con un extremo de su secundario conectado a una varilla o antena y el otro a tierra. En la figura 1 se observa un esquema del circuito usado. El primario del transformador forma

parte del circuito. Al cerrar el interruptor la corriente que circula por él varía con el tiempo, por lo que el primario del transformador induce en el secundario una corriente. La relación de vueltas en el transformador es tal que en el secundario se genera un alto voltaje, dando lugar a que la antena radie ondas electromagnéticas. Al llegar estas ondas al receptor (Figura 1.1) son captadas por la antena, por lo que circula una corriente variable por el primario del transformador del receptor, que a su vez induce una corriente en el secundario. Pero el secundario forma parte de un circuito que contiene una bocina que transforma la corriente en una señal sonora. Así se pueden transmitir señales codificadas, por ejemplo por medio de la convención de Morse, que fue lo que hizo Marconi [1].



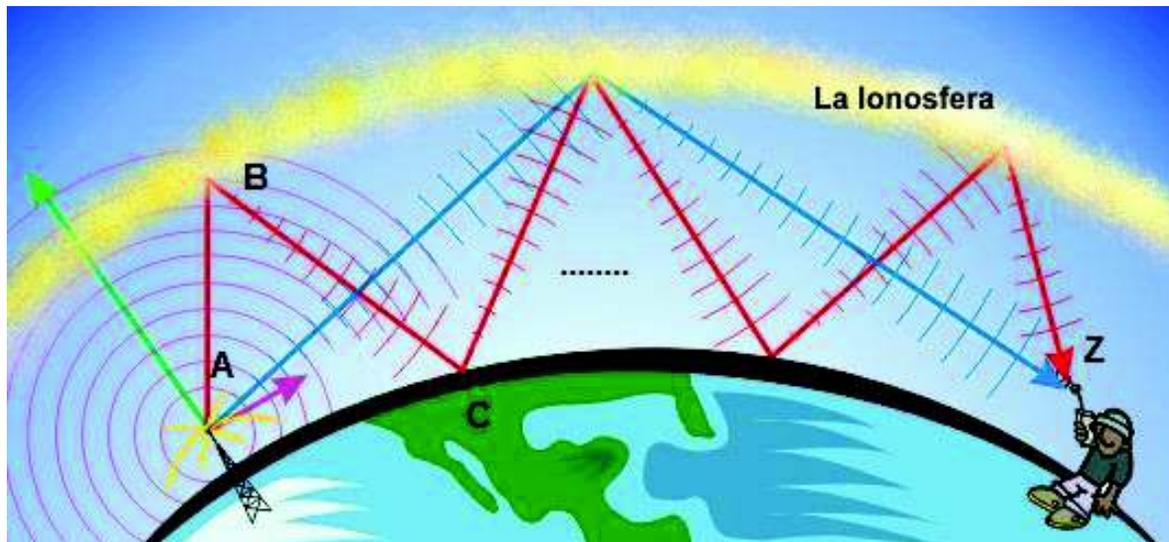
**Figura 1.1** Esquema de los circuitos emisor y receptor utilizados por Marconi.[1]

Una vez que Marconi logró transmitir una señal trasatlántica, formó de inmediato una compañía con el fin de explotar su invento. El éxito obtenido por Marconi en sus transmisiones a larga distancia hizo que varios investigadores se pusieran a pensar cuál era el motivo de que las ondas electromagnéticas siguieran la curvatura de la Tierra.

Fueron A. E. Kennelly y Heaviside quienes, en forma independiente, desarrollaron una teoría en la que proponían que en la atmósfera había una capa formada por partículas eléctricamente cargadas que reflejaba las ondas electromagnéticas. Al enviar una señal de A (Figura 1.2) la onda se reflejaba en el punto B y regresaba a la superficie en el punto C; la Tierra refleja nuevamente esta señal a la ionósfera y se volvía a repetir esta sucesión hasta que la señal llegaba a su destino en Z. En 1882 Balfour Stewart, en un contexto completamente distinto había propuesto la existencia de la ionósfera para poder explicar los cambios sistemáticos que ocurrían en el campo magnético terrestre.

Fue hasta 1925 cuando se empezaron a medir directamente las características de la ionósfera. Se encontró que esta capa está situada entre 80 y 300 km de altura sobre la superficie terrestre y la componen electrones. La ionósfera controla las comunicaciones por medio de ondas electromagnéticas, y establece los límites, tanto superior como inferior, al valor de las frecuencias que se pueden usar; las ondas deben tener longitudes de onda

relativamente pequeñas (entre 1 y 10 m). Estas comunicaciones ocurren en la llamada banda de onda corta [1].



**Figura 1.2** La ionósfera como rebote de las ondas de radio [2]

La ionósfera no es una capa estática, tiene variaciones debido a que la densidad de los electrones que hay en ella varía. Estas variaciones dependen de diversas circunstancias: del lugar, el momento del día, la actividad solar, etc., lo que en ocasiones causa que haya malas comunicaciones [1].

A pesar de lo maravilloso que resultó esta aplicación del electromagnetismo, lo único que se podía transmitir era una serie de zumbidos de duración variable; es decir, telegrafía. No era posible enviar palabras o música, o sea que no era todavía telefonía. Para lograr esto último hubo que esperar al invento de los bulbos o válvulas termiónicas<sup>1</sup> y en el futuro los transistores.

## **Equipos para Comunicaciones Inalámbricas**

### **Transmisor**

El transmisor es un equipo que está encargado de modificar la información original de tal manera que pueda ser adecuada para su transmisión. En los transmisores digitales la energía electromagnética se transmite y recibe como niveles discretos por lo que se requiere la digitalización de las señales a transmitir.

---

<sup>1</sup> Válvulas Termoiónicas: Dispositivos electrónicos que regulan el paso de la energía eléctrica por medio de una grilla.

## Receptor

Este dispositivo es el encargado de recibir las ondas electromagnéticas que se encuentran en el ambiente. Su función es la de transformar las señales que ingresa pues están moduladas, proceso que se conoce como demodulación. La información demodulada se la traslada a otros procesos del dispositivo para obtener la información generada en el transmisor.

Finalmente, el receptor cumple con la tarea de convertir a su forma original la información recibida para posteriormente transferirla a su destino y donde será procesada [3].

## Canal

El canal es el medio por el que se traslada la información de cualquier tipo. El medio de transmisión es aquel por el que viaja la información del transmisor al receptor, por lo que bien puede considerarse como una conexión entre ambos elementos. En el caso de las comunicaciones inalámbricas es el ambiente. Hay que resaltar que muchas de estas comunicaciones al atravesar su canal pueden pasar por medio de varios efectos naturales tanto negativos como positivos, los que deben ser considerados en el diseño de cualquier tipo de transmisión [4].

## Antenas

Las antenas son dispositivos indispensables en los sistemas de transmisión. Las antenas son los medios por los que se transmite o recepta las ondas electromagnéticas. El dispositivo se alimenta con energía de alta frecuencia para que se dé el efecto de resonancia. Después de ese proceso irradia al espacio en forma de ondas electromagnéticas (antena de transmisión) en el transmisor, o que, situado en un campo de ondas electromagnéticas, capta de energía de alta frecuencia (antena de recepción) en el receptor [5].

Las características de las antenas son importantes en el caso de los radio enlaces pues la ganancia, la impedancia y la configuración permiten lograr las mejores o peores condiciones de los enlaces.

Las antenas se clasifican según la manera en que irradian la señal:

**Antenas direccionales:** concentran la potencia de la señal en una dirección.

**Antenas omnidireccionales:** emiten la señal de igual manera en todas las direcciones.

## **Radioenlaces**

Los radioenlaces son los enlaces de comunicación inalámbrica entre dos o más sitios geográficamente distantes. Los radioenlaces deben tener los dispositivos elementales de una comunicación inalámbrica: transmisor, receptor y canal [6].

## **Redes Inalámbricas**

Las redes inalámbricas son un conjunto de dos o más equipos que intercambian información entre sí, pero por medios inalámbricos, estos medios inalámbricos son todos aquellos que se propagan sin necesidad de un medio físico que conecte a los equipos en la red. Los dispositivos de la red se comunican entre sí transmitiendo información en forma de grupos de impulsos eléctricos pequeños, conocidos como paquetes. Los paquetes contienen la dirección del dispositivo transmisor, la del receptor y la información necesaria pertinente [7].

Las redes inalámbricas de la misma forma que cualquier red de datos cumplen con las mismas clasificaciones que cualquier red, solo que el medio de "interconexión" es el inalámbrico. A continuación, se mencionan las dos principales formas de clasificación de las redes de datos y por supuesto las redes inalámbricas.

### **Por Magnitud**

Por magnitud dimensional las redes inalámbricas se las puede clasificar en:

#### **WPAN(Wireless Personal Area Network).**

La característica principal de las redes inalámbricas de área personal es que enfocan sus sistemas de comunicaciones a un área típica de 10 metros a la redonda que envuelve a una persona o a algún dispositivo ya sea que esté en movimiento o no. Una conexión hecha a través de una WPAN involucra a muy poca o nula infraestructura o conexiones directas hacia el mundo exterior. Este tipo de tecnología también procura hacer un uso eficiente de recursos, por lo que se han diseñado protocolos simples y lo más óptimos para cada necesidad de comunicación y aplicación [8].

Existen principalmente cuatro grupos de trabajo para la tecnología WPAN, cada uno de ellos con características e intereses específicos que generan estándares que satisfacen necesidades específicas de comunicación.

El grupo 1 de trabajo 802.15.1 realiza el estándar basado en las especificaciones del SIG de Bluetooth. Este grupo de trabajo publicó el estándar IEEE 802.15.1 el 14 junio de 2002.

El grupo 2 de trabajo 802.15.2 desarrolló un modelo de coexistencia entre las WLAN y WPAN, así como de los aparatos que las envuelven.

El grupo 3 de trabajo 802.15.3 trabaja para establecer los estatus y publicar un estándar nuevo de alta velocidad (20 Mbits/s o mayores) para WPANs. Además de ofrecer una alta velocidad de transmisión, este estándar se está diseñando para consumir poca energía y ofrecer soluciones a bajos costos, así como aplicaciones multimedia.

El grupo 4 de trabajo T4 investiga y desarrolla soluciones que requieren una baja transmisión de datos y con ello una duración en las baterías de meses e incluso de años, así como una complejidad relativamente baja. Dicho grupo de trabajo ha publicado el estándar que lleva su nombre; IEEE 802.15.4.

El grupo de trabajo IEEE 802.15 ha definido tres clases de WPANs que se diferencian por su rango de datos, consumo de energía y calidad de servicio (QoS). Las WPANs con un rango de velocidad elevada (802.15.3) diseñado para aplicaciones multimedia que requieren altos niveles de QoS. WPANs de rango medio (802.15.1/Bluetooth) que manejarán una cantidad de tareas que van de teléfonos celulares hasta comunicación entre PDAs y tienen QoS apropiado para aplicaciones de voz. La última clase de aplicaciones son las LR-WPAN (baja transmisión, low rate) (802.15.4).

Las tres principales tecnologías de este tipo de redes son:

**Bluetooth:** Su radio de acción varía entre 1 y 100 metros. Lo incluyen todos los laptop y teléfonos modernos, ofrece velocidades entre 1 y 3 Mbps, que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de los 2,4 GHz. Su objetivo principal objetivo es facilitar las comunicaciones entre equipos móviles y fijos, eliminar cables y conectores entre éstos y ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre equipos personales.

**ZigBee:** Su uso es más en entorno industrial o empresarial, es barato, consume muy poca energía y es bastante resistente a las interferencias. No está diseñado para grandes velocidades de transferencia. Fluctúa entre 20 y 250 kbps, muy por debajo del Bluetooth.

**Infrarrojo:** Las redes inalámbricas de infrarrojo no funcionan a través de objetos sólidos. Su alcance normal es menor que el del Bluetooth o el ZigBee. Para que su transmisión sea posible el emisor y el receptor tienen que "verse" mutuamente, en la actualidad se ha sustituido en gran medida por el Bluetooth. La velocidad varía mucho de unos tipos a otros. Con un mínimo de sólo unos pocos kbps hasta un máximo de 16 Mbps.

## **WLAN(*Wireless Local Area Network*)**

Redes inalámbricas de área local. Se han convertido en un estándar como red inalámbrica doméstica y empresarial para compartir el acceso a Internet y recursos, se usa para ampliar los límites de la red del área local [8].

Existen cinco estándares que son:

**802.11 ac:** Actualmente los dispositivos alcanzan coberturas mayores y velocidades en torno a 1 Gbps, y existen ya en el mercado routers Wi-Fi o adaptadores de red del tipo 802.11 ac.

**802.11 n:** Es la más usada en la actualidad su cobertura y su capacidad, tiene un alcance de hasta 100 m para uso en el interior de edificios. La velocidad máxima normal es de 450 Mbps.

**802.11 g:** Su zona de cobertura es más o menos la mitad que la del 802.11 n. Su velocidad máxima también es más reducida. Puede llegar a unos 54 Mbps.

**802.11 b:** Fue el primer estándar Wi-Fi en utilizarse de modo generalizado. Su alcance es similar al del 802.11g, soporta mejor posibles interferencias y consume menos. La velocidad sólo llega hasta un máximo de 11 Mbps.

**802.11 a:** Es la más antigua y alcanza una velocidad de hasta 54 Mbps. En la actualidad suele estar integrado en dispositivos Wi-Fi y es compatible con estándares más modernos. Su alcance es limitado y menor, es para uso interno pues no supera los 20m.

## **WMAN(*Wireless Metropolitan Area Network*)**

El radio de acción de las redes inalámbricas de área Metropolitana es mayor que el de las WLAN. Lo suficiente para cubrir una población completa, las WMAN pueden interconectar unas WLAN con otras. La principal tecnología WMAN hoy en día es el WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access, en español, Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas). Ya que es capaz de brindar cobertura inalámbrica en un área geográfica relativamente grande, sobre todo en zonas rurales o de difícil acceso donde no llegan el ADSL u otros sistemas de acceso a Internet.

El WiMAX tiene una velocidad de transferencia bastante alta, pero en general debe repartirse entre múltiples usuarios. La velocidad efectiva para cada uno suele estar entre 1 y 5 Mbps.

## **WWAN(Wireless World Area Network)**

Redes inalámbricas de área mundial. Un buen ejemplo de esta tecnología WWAN es la red por teléfono celular. Estas redes utilizan tecnologías como el acceso múltiple por división de código (CDMA, Code Division Multiple Access) o el sistema global para comunicaciones móviles (GSM, Global System for Mobile Communication) y están generalmente reguladas por entidades gubernamentales [9].

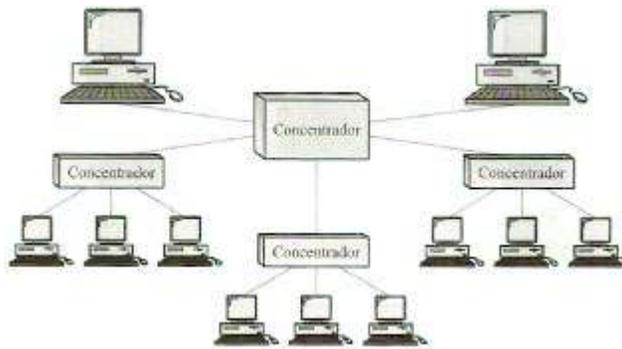
## **Por configuración o topología**

Por la configuración o la estructura de las redes se clasifican en:

### **Hub o de Árbol**

Donde los dispositivos se conectan a un derivador básico, tal como se observa en la figura 1.3. Es una variante de la de estrella, los nodos del árbol están conectados a un concentrador central que controla el tráfico de la red, pero no todos los dispositivos se conectan directamente al concentrador central. La mayoría de los dispositivos se conectan a un concentrador secundario que, a su vez, se conecta al concentrador central.

El controlador central del árbol es un concentrador activo. Un concentrador activo contiene un repetidor, es decir, un dispositivo hardware que regenera los patrones de bits recibidos antes de retransmitidos [10].

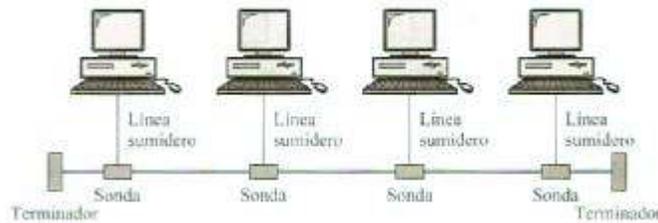


**Figura 1.3** Topología Hub o Árbol [10]

### **Bus**

Una topología de bus es multipunto, como se observa en la figura 1.4. Un cable largo actúa como una red troncal que conecta todos los dispositivos en la red, todas las estaciones están conectadas a un único cable de comunicaciones por medio de unidades de interfaz y derivados, estas unidades utilizan dicho canal para comunicarse con el resto.

El cable troncal puede tenderse por el camino más eficiente y, después, los nodos se pueden conectar al mismo mediante líneas de conexión de longitud variable. De esta forma se puede conseguir que un bus use menos cable que una malla, una estrella o una topología en árbol [10].



**Figura 1.4** Topología Bus [10]

### **Anillo**

Los dispositivos se encuentran interconectados uno seguido de otro. Cada dispositivo tiene una línea de conexión dedicada y punto a punto solamente con los dos dispositivos que están a sus lados, eso se observa en la figura 1.5. La señal pasa a lo largo del anillo en una dirección, o de dispositivo a dispositivo, hasta que alcanza su destino. Cada dispositivo del anillo incorpora un repetidor, pasando la señal a la siguiente estación del anillo.

La comunicación se da por el paso de un token o testigo, que recoge y entrega paquetes de información, de tal manera que se evita pérdida de información debido a colisiones.



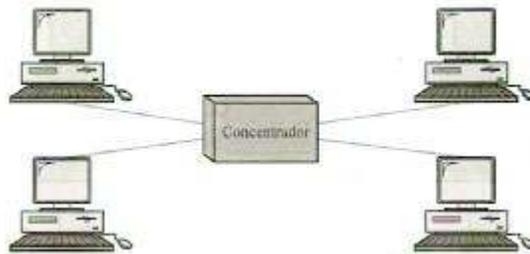
**Figura 1.5** Topología anillo [10]

### **Estrella**

Cada dispositivo simplemente tiene un enlace punto a punto dedicado con el controlador central, habitualmente llamado concentrador. Los dispositivos no están directamente enlazados entre sí, las estaciones están conectadas por separado, eso se puede observar en la figura 1.6.

La topología en estrella no permite el tráfico directo de dispositivos. El controlador actúa como un intercambiador, pues si un dispositivo quiere enviar datos a otro, envía los datos al controlador, que los retransmite al dispositivo final.

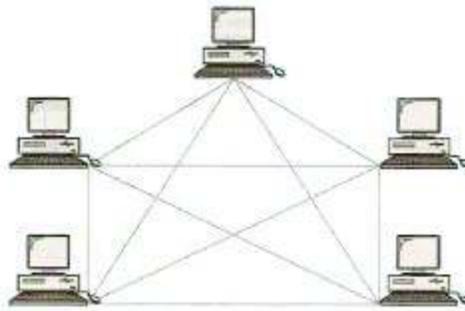
La fiabilidad de esta red se basa en si existe un mal funcionamiento de un ordenador no afecte en nada a la red completa. Una topología en estrella es más barata que una topología en malla, cada dispositivo necesita solamente un enlace y un puerto de entrada/salida para conectarse a cualquier número de dispositivos.



**Figura 1.6** Topología estrella [11]

## **Malla**

Los dispositivos se intercomunican de forma independiente a entre ellos sin la necesidad de la existencia de una estación. Es una topología de red en la que cada nodo está conectado a uno o más de otros nodos, es posible llevar los mensajes de un nodo a otro por diferentes caminos, si esta red está completamente conectada no puede haber ninguna interrupción en las comunicaciones, como se puede observar en la figura 1.7, cada uno tiene un enlace punto a punto [11].



**Figura 1.7** Topología malla [11]

Una malla ofrece varias ventajas sobre otras topologías de red, el uso de los enlaces dedicados garantiza que cada conexión sólo debe transportar la carga de datos propia de

los dispositivos conectados, eliminando el problema que surge cuando los enlaces son compartidos por varios dispositivos.

## **Frecuencias de Trabajo**

Cuando se habla de redes inalámbricas se debe revisar el medio de intercambio de información. La forma de transmitir los datos es por medio del uso de ciertas frecuencias, las mismas que se clasifican en dos tipos, que se citan a continuación.

### **Comercial**

Las frecuencias de uso comercial son las frecuencias que en la actualidad son un medio muy cotizado de forma mundial, continental y local. Existen requerimientos y regulaciones de la misma índole para su uso. Por esa razón las empresas o personas que hacen uso de ellas realizan cobros y pagos a fin de realizar sus actividades de cualquier índole [12]. A estas bandas se las ha clasificado en HF (high frequency), VHF(very high frequency), UHF (ultra high frequency), VUHF(very ultra high frequency), entre otras.

El Comité Consultivo Internacional de las Comunicaciones de Radio (CCIR) dividió en 1953 el espectro de frecuencias dedicado a la propagación de las ondas de radio, en las bandas y utilizaciones más importantes.

Las ondas de radio utilizadas en Radiodifusión Marina, están comprendidas entre 30 y 300 KHz(HF). La gama de Onda Media comprende las frecuencias entre 300 KHz y 3 MHz(VHF), de uso preferente en Radiodifusión.

La gama de Ondas Cortas que alcanzan distancias más elevadas, entre 3 y 30 MHz. Finalmente, las Ondas Ultracortas entre 30 y 300 MHz(UHF). En estos últimos puntos ya existe un solapamiento entre ondas de radio, televisión y frecuencia modulada. Esto es así porque esta última trabaja en el margen de frecuencia comprendido entre 88 -108 MHz en América, 66 y 72 MHz en Europa Oriental y entre 88 - 104 MHz en el resto del mundo. A partir de 54 MHz comienza la banda de televisión que se extiende hasta 216 MHz, banda en la que se encuentran todas las comunicaciones a media y larga distancia [12].

### **ISM**

A mediados de los años 80, el FCC (Federal Communications Commission) asignó las bandas **ISM** (Industrial, Scientific and Medical) 902-928 MHz, 2.4 GHz, 5.725-5.85 GHz a las redes inalámbricas [13]. Por decreto internacional las frecuencias de las bandas ISM son bandas de frecuencias para uso comercial y sin licencia (son las utilizadas por los teléfonos inalámbricos domésticos DECT y los microondas).

## **Componentes de un Radioenlace**

Los componentes dentro de la WLAN deben cumplir con los mismos requerimientos tanto de frecuencia como de protocolos de trabajo. Los componentes que deben ser incluidos son:

### **Cliente Inalámbrico**

Todos los dispositivos host que se enlazan a una red inalámbrica. Se conectan a una WLAN por medio de una NIC inalámbrica y el software adecuado. Pueden ser estacionarios o portátiles. Se suelen denominar STA.

### **Punto de Acceso (AP)**

Controla el acceso entre una red por cable y una inalámbrica. Cumple la función de conversor de medios al aceptar tramas de Ethernet de la red por cable y convertirlas en tramas 802.11 antes de transmitir las en la WLAN. Los puntos de acceso admiten conexiones inalámbricas dentro de un área limitada, conocida como celda o conjunto de servicios básicos (BSS).

### **Bridge Inalámbrico**

Se conecta dos redes por cable mediante un enlace inalámbrico. Establece conexiones punto a punto de gran alcance entre redes. Al emplear las frecuencias de RF sin licencia se pueden conectar redes ubicadas a 40 km (25 millas) o más de distancia sin utilizar cables.

### **Antena**

Usadas en AP (puntos de acceso) y bridges inalámbricos. Envían la potencia de la señal de salida de los transmisores. Reciben señales inalámbricas de otros dispositivos como STA.

## **Parámetros de Análisis del Diseño de Enlace**

A fin de realizar un enlace inalámbrico es necesario revisar ciertas consideraciones eléctricas, magnéticas y físicas que son necesarias para un correcto funcionamiento.

## Potencias

La densidad de potencia radiada se define como la potencia por unidad de superficie en una determinada dirección. Las unidades son vatios por metro cuadrado. Se puede calcular a partir de los valores eficaces de los campos como [14]:

$$\vec{P}(\theta, \phi) = \text{Re}(\vec{E} \times \vec{H}^*)$$

### Ecuación 1.1 Densidad de Potencia Radiada

Donde:

$\vec{P}(\theta, \phi)$  Función densidad de potencia de radiación

$\vec{E}$  Vector de campo eléctrico

$\vec{H}$  Vector de campo magnético

r radio entre el dipolo y el punto de las componentes de campo

La relación entre el módulo del campo eléctrico  $|\vec{E}|$  y el módulo del campo magnético  $|\vec{H}|$  es la impedancia característica del medio:

$$\frac{|\vec{E}|}{|\vec{H}|} = \eta$$

### Ecuación 1.2 Impedancia Característica del Medio

Por lo tanto, la densidad de potencia radiada también se puede calcular a partir de las dos componentes del campo eléctrico.

$$\vec{P}(\theta, \phi) = \frac{E_{\theta}^2 + E_{\phi}^2}{\eta}$$

### Ecuación 1.3 Densidad de Potencia Radiada

La potencia total radiada  $W_r$  se puede obtener como la integral de la densidad de potencia en una esfera que encierre a la antena.

$$W_r = \iint \vec{P}(\theta, \phi) \cdot \vec{ds}$$

### Ecuación 1.4 Potencia Total Radiada

La intensidad de radiación es la potencia radiada por unidad de ángulo sólido en una determinada dirección. Las unidades son vatios por estereoradián. Dicho parámetro es independiente de la distancia a la que se encuentre la antena emisora.

La relación entre la intensidad de radiación  $K(\theta, \phi)$  y la densidad de potencia radiada es

$$K(\theta, \phi) = P(\theta, \phi)r^2$$

**Ecuación 1.5** Intensidad de Radiación

La potencia total radiada se puede calcular integrando la intensidad de radiación en todas las direcciones del espacio.

$$W_r = \iint K(\theta, \phi) d\Omega = \iint K(\theta, \phi) \sin \theta d\theta d\phi$$

**Ecuación 1.6** Potencia Total Radiada

**Ganancias**

La ganancia de una antena  $G(\theta, \phi)$  se define como la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección y la densidad de potencia que radiaría una antena isotrópica  $W_e$ , a igualdad de distancias y potencias entregadas a la antena [15].

$$G(\theta, \phi) = \frac{P(\theta, \phi)}{\frac{W_e}{4\pi r^2}}$$

**Ecuación 1.7** Ganancia de la Antena

Si no se especifica la dirección angular, se sobreentiende que la Ganancia se refiere a la dirección de máxima radiación de la potencia  $P_{max}$ .

$$G = \frac{P_{max}}{\frac{W_e}{4\pi r^2}}$$

**Ecuación 1.8** Ganancia

En la definición de Directividad se habla de potencia radiada por la antena, mientras que en la definición de ganancia se habla de potencia entregada a la antena. La diferencia entre ambas potencias es la potencia disipada por la antena, debida a pérdidas óhmicas.

La eficiencia se puede definir como la relación entre la potencia radiada por una antena y la potencia entregada a la misma. La eficiencia es un número comprendido entre 0 y 1.

La relación entre la ganancia  $G(\theta, \phi)$  y la directividad  $P(\theta, \phi)$  es la eficiencia  $\eta$ .

$$G(\theta, \phi) = P(\theta, \phi)\eta$$

Si una antena no tiene pérdidas óhmicas, la directividad y la Ganancia son iguales.

## **PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente)**

El PIRE es el promedio de la potencia entregada por un transmisor a una antena y la ganancia isotrópica de la antena en una dirección específica. Conociendo la PIRE y la ganancia de la antena real es posible calcular la potencia real y los valores del campo electromagnético.

$$\text{PIRE} = P_t - L_c + G_a$$

### **Ecuación 1.9** Potencia Isotrópica Radiada Equivalente

donde PIRE y  $P_t$  (potencia del transmisor) son dBm, las pérdidas del cable ( $L_c$ ) están en dB, y la ganancia de la antena ( $G_a$ ) se expresa en dBi, relativos a la antena de referencia isotrópica [16].

La PIRE se utiliza para estimar el área en el que la antena puede dar servicio y coordinar la radicación entre transmisores para que no se solapen las coberturas.

## **Estudio topográfico**

El estudio topográfico es de gran importancia en el radioenlace pues permite determinar el lugar donde se ubicarán las antenas, repetidores o cualquier otro equipo que permita el trabajo eficiente del radio enlace. Así se puede identificar por medio de sistemas de apoyo como mapas, GPS, software de aplicaciones topográficas los lugares más adecuados para ubicar los equipos de transmisión y recepción.

Uno de los factores que permite obtener un buen radio enlace es tener una adecuada zona de Fresnel, lo que en pocas palabras es tener una adecuada línea de vista en el área donde se difunde una onda luego de ser emitida. Esto permite evitar las interferencias por cuerpos que interrumpan los radioenlaces que estén entre el transmisor y el receptor. Además, el estudio topográfico permitirá ubicar las cámaras IP para definir el lugar y el área de cobertura de las mismas.

## **Altura de antenas**

Obtener la altura de las antenas es necesario para que se logre un radioenlace adecuado. El objetivo de trazar el perfil de radioenlace considerando el efecto de la atmósfera con el factor de radio terrestre efectivo (K), es determinar la posición en altitud de cada una de las antenas las cuales se instalarán en soportes (torres) metálicos, orientada una con la otra. Conociendo la posición (o altura de torres) de cada una de las antenas ( $h_1$  y  $h_2$ ), se obtiene la longitud de las líneas de alimentación de las antenas, y se calculan las pérdidas en alimentadores ( $L_{FTX}$  y  $L_{FRX}$ ) de antenas considerando el dato que proporciona el fabricante

respecto a la pérdida (en dB) por cada 100 metros sobre la señal de RF. Las pérdidas de alimentadores se suman a las pérdidas que existan entre la salida del dispositivo transmisor y la entrada del dispositivo receptor [17].

Un enlace terrestre LOS (Line of Sight o línea de vista) incluye el trazo del haz directo entre antenas de los dos sitios con altitud  $h_1$  y  $h_2$  (respecto al nivel del mar), primera zona de Fresnel y las alturas de torres de antenas y, respectivamente. Las alturas de torres de antenas establecen las longitudes de líneas de transmisión en posición vertical que se utilizarán en la conexión de los equipos transceptores con las antenas correspondientes.

### **Energía de alimentación**

Las fuentes de alimentación de los dispositivos del sistema CCTV y el radioenlace deben obtenerse por medio de un análisis de cargas, lo que permite tener una idea de cuanta energía se requiere para el sistema incluido un porcentaje de respaldo, para casos de sobre cargas repentinas.

Se debe tomar en cuenta que la alimentación eléctrica puede lograrse por medio de dos formas. Usando las redes eléctricas convencionales, para lo que se debe tender redes eléctricas por los extremos de las piscinas y el área que subtenderá. Otro método sería usar medios de recolección de energía como sistemas de paneles solares, a los que cada cierto tiempo se los debe dar un mantenimiento leve.

### **Protocolo IEEE 802.11**

El estándar IEEE 802.11 define el uso de los dos niveles de modelo OSI (capa física y capa de enlace de datos), especificando sus normas de funcionamiento en una red de área local inalámbrica (WLAN).

El primer estándar de WLAN lo generó el organismo IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) en 1997 y se denomina IEEE 802.11. Desde entonces varios organismos internacionales han desarrollado una amplia actividad en la estandarización de normativa de WLAN y han generado un abanico de nuevos estándares.

El protocolo IEEE 802.11 es una tecnología de acceso a la red que permite proporcionar conectividad entre estaciones wireless e infraestructuras de red cableadas. En USA el fuerte de la actividad lo mantiene el organismo IEEE con los estándares 802.11 y sus variantes (b, g, a, e, h, etc), define dos velocidades de transmisión de 1,2 y 16 megabits por segundo (Mbit/s) que se transmiten por señales infrarrojas (IR) [18]. Actualmente se

encuentran en estudio Giga-Ir comunicaciones infrarrojas con velocidades teóricas de hasta 5Gbit/s.

El estándar original también define el protocolo "múltiple acceso por detección de portadora evitando colisiones" (carrier sense multiple access with collision avoidance, CSMA/CA) como método de acceso. Una parte importante de la velocidad de transmisión teórica se utiliza en las necesidades de esta codificación para mejorar la calidad de la transmisión bajo condiciones ambientales diversas, lo cual se tradujo en dificultades de interoperabilidad entre equipos de diferentes marcas. Estas y otras debilidades fueron corregidas en el estándar 802.11b, que fue el primero de esta familia en alcanzar amplia aceptación entre los consumidores [19].

IEEE 802.11 es llamado de varias maneras tales como Wi-Fi, Wireless-Fidelity, WLAN, Wireless LAN. Wi-Fi es una "marca" que es licenciada por la alianza Wi-Fi para los productos que cumplen los requerimientos para la interoperabilidad entre productos basados en el estándar IEEE 802.11.

Una red Wi-Fi es una red que sigue al estándar IEEE 802.11. El nombre Wi-Fi es hoy en día de uso general en vez de "IEEE 802.11" de la misma forma que Ethernet se está utilizando para "IEEE 802.3".

La arquitectura 802.11 está compuesta por distintos componentes: estaciones (STA) o los dispositivos de terminales, Access point (AP) o transmisor del sistema, independent basic service set (IBSS), basic service set (BSS), distribution system (DS) y extended service set (ESS).

**IBSS:** es una red Wi-Fi que consiste en al menos dos STAs sin acceso a una DS, se refiere también a redes Wi-Fi ad hoc.

**BSS:** es un bloque básico de una WLAN. Compone una red inalámbrica formada por un único AP con soporte para múltiples clientes. Se refiere comúnmente a una red inalámbrica de infraestructura. Todas las STAs en un BSS se comunican a través del AP. El AP proporciona conectividad a la red LAN cableada actuando de puente cuando una STA inicia una comunicación con otra STA u otro nodo de un DS.

**ESS:** es un conjunto de 2 o más APS conectados a la misma red cableada, formando un único segmento de red lógico asociado a un router.

**APs de múltiples BSS:** son inter-conectados por el DS, permitiendo movilidad de forma que las STAs se puede desplazar de un BSS a otros. (Roaming).

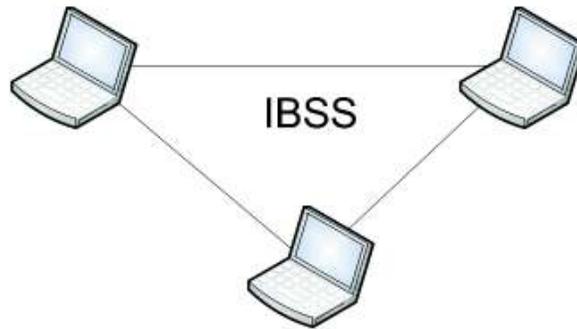
**DS:** es el mecanismo por el cual se comunican los puntos de acceso de los distintos BSS.

### **Funcionamiento de 802.11**

Este tipo de estándar define dos modos de operación:

#### **Modo Ad-hoc:**

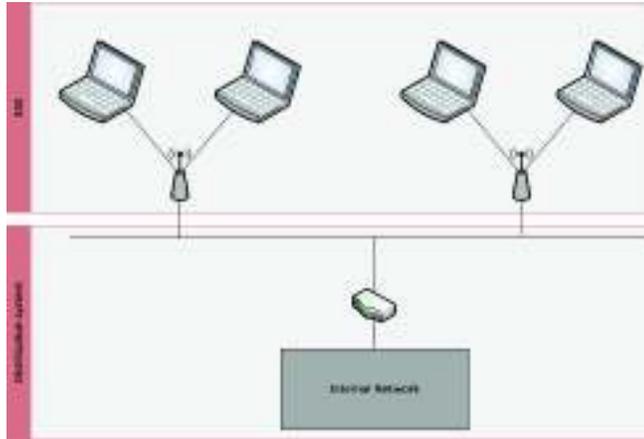
Las STAs constituyen un IBSS (Independent Basic Service Set) en este modo de funcionamiento las STAs se comunican directamente, sin requerir un punto de acceso, como se muestra en la figura 1.8.



**Figura 1.8** Diseño IBSS

#### **Modo infraestructura:**

Debe disponer de un punto de acceso a través del cual se conectan las STAs. El cliente utiliza el AP para acceder a los recursos de la red cableada como se observa en la figura 1.9. La red cableada puede ser la intranet de una organización o Internet [20].



**Figura 1.9** Sistema de distribución

Tanto en el modo infraestructura como en el modo ad hoc el SSID (Nombre de la red) permite identificar la red Wi-Fi. El SSID es publicado periódicamente por el AP mediante la utilización de "beacon frames".

## Video Vigilancia

Los sistemas de CCTV son también conocidos como circuito cerrado de televisión: Aparecieron en 1942, cuando fueron utilizados por primera vez por Siemens AG para observar el despegue de cohetes V2 en la Alemania nazi. La primera versión comercial se remonta a 1949.

Un sistema CCTV se define como un sistema de transmisión y visualización de imágenes en movimiento. Se utiliza este tipo de sistemas para el controlar el acceso y preservar la seguridad de las personas y los bienes (residencias, edificios, fabricas) [21].

El Sistema CCTV empezó con una cámara que transmitía la señal de video compuesto a un monitor remoto mediante cable coaxial de 75 ohms. Además, solo se podía ver una sola área desde un sitio remoto.

La introducción de secuenciadores que permitían la visualización de múltiples cámaras, multiplexores permitió que las cámaras se visualizaran de forma simultánea. Luego vino la primera generación de grabación, que significó la grabación de video en forma analógica usando equipos VHS. Esto permitió grabar el video para su revisión posterior.

El problema de esta primera generación es que la calidad del video se perdía con el tiempo o se degradaba con solo copiarlo, la comunicación de las cámaras hacia el equipo solo era

posible a través de cable coaxial y tampoco era posible la comunicación a través de la internet.

La aparición del DVR (Digital Video Recorder) da lugar a los sistemas de segunda generación los mismos que toman la imagen de cámaras analógicas y las digitalizan para posteriormente procesarlas y almacenarlas en medios de almacenamiento digital como son los discos duros, estos equipos poseen una entrada analógica por cada cámara que es instalada dentro de un sistema de CCTV [22]. Ya que la información es digital estos equipos permiten la comunicación del equipo de grabación a través de internet.

Los sistemas de tercera generación basan su funcionamiento en la transmisión de las imágenes a través de una red TCP/IP, que pueden ser redes de cableado estructurado UTP, fibra óptica e incluso redes Wifi.

Las cámaras IP suelen llevar incorporado un sistema de almacenamiento que también permite la grabación del video.

Las cámaras IP pueden trabajar con resoluciones derivadas de la industria informática pudiendo alcanzar calidades de imagen de formato Megapixel [23]. El empleo de cámaras IP también permite utilizar distintas relaciones de aspecto de 4:3 a panorámico 16:9. El uso de técnicas de compresión de vídeo digital simplifica la gestión del vídeo y optimiza el uso de los recursos del sistema al prevenir posibles sobrecargas en la red.

En los últimos años ha surgido una nueva alternativa a la calidad IP Megapixel: la tecnología HD-SDI (High Definition Serial Digital Interface). El HD-SDI utiliza el cable coaxial para la transmisión del video en alta definición.

## **Sistemas de CCTV sobre IP**

Un sistema CCTV (circuito cerrado de televisión) se define como un sistema de transmisión y visualización de imágenes en movimiento que solo puede ser visualizado por un grupo limitado de personas, a diferencia de la televisión abierta o pública [23].

La industria de la seguridad hace uso de estos sistemas para realizar un control de accesos y para preservar la seguridad de las personas y los bienes de los edificios. En la actualidad la utilidad de estos sistemas va más allá, se está utilizando por ejemplo para la monitorización de tráfico y para divulgación científica en materia de educación y medicina.

Una cámara IP, de red o de video por Internet, se encarga de capturar y transmitir una señal de video/audio digital a través de una red IP estándar a otros dispositivos de red,

como pueden ser un PC, un NVR (Network Video Recorder) o un Smartphone. Mediante una dirección IP dedicada, un servidor web y protocolos de streaming de video, lo que permite que el usuario puede visualizar, almacenar y gestionar video de forma local o remota en tiempo real. Permitiendo controlar y gestionar varias cámaras al mismo tiempo desde cualquier lugar donde haya conexión de red.

Para la transmisión de información entre los dispositivos de un sistema de CCTV los dispositivos deben estar conectados a una red de área local (LAN). Los datos se envían en forma de tramas, para cuya transmisión se pueden utilizar diversas tecnologías. Las tecnologías que se pueden utilizar en una LAN son Ethernet, Token Ring y FDDI, la más utilizada es la Ethernet que está especificada en la norma IEEE 802.3 [24].

Una red Ethernet está compuesta por tarjetas de red, repetidores, concentradores, bridges, switches, nodos de red y el medio de interconexión (cableado). Los nodos de red pueden clasificarse en dos grandes grupos: equipo terminal de datos (DTE) y equipo de comunicación de datos (DCE).

Los DTE son dispositivos de red que generan el destino de los datos: los PC, routers, las estaciones de trabajo, los servidores de archivos, los servidores de impresión. En el caso de las instalaciones CCTV IP también lo son las cámaras IP y el NVR.

Los DCE son los dispositivos de red intermediarios que reciben y retransmiten las tramas dentro de la red; pueden ser: conmutadores (switch), concentradores (HUB), repetidores o interfaces de comunicación. Por ejemplo: un módem o una tarjeta de interfaz. La trama Ethernet es el formato de datos que los equipos usan para comunicarse en una red Ethernet.

La alimentación de las cámaras IP se produce a través del mismo cableado Ethernet y se denomina PoE (Power over Ethernet) [25]. Esta tecnología permite transportar la corriente eléctrica necesaria para el funcionamiento de cada dispositivo a través de los cables de datos en lugar de por cables de alimentación. Esto reduce al mínimo el número de cables que deben ser usados en la instalación de la red, lo cual reduce costes, hace que el mantenimiento sea más sencillo y facilita la instalación de dispositivos.

Los dispositivos inalámbricos de conectividad con otros dispositivos inalámbricos más utilizados son: el Punto de Acceso (APs) y el Punto de Extensión (EPs). Los APs generalmente tienen como función principal permitir la conectividad de red, delegando la tarea de enrutamiento y direccionamiento a servidores, routers y switches [26].

Los EPs extienden el alcance de la red inalámbrica retransmitiendo las señales de un equipo o Punto de Acceso a otro Punto de Extensión. Los metros que cubren dichos aparatos van en función de los obstáculos (edificios, paredes, puertas), lo normal son 100 metros en interior y 300 metros en exterior.

### **Clasificación de las cámaras IP**

Las cámaras IP pueden clasificarse, según sean de instalación interior o exterior, en:

**Cámaras box:** En este tipo de cámaras se suministra de forma separada el cuerpo de la cámara y la óptica (que puede ser fija o vari focal). Están relegadas prácticamente a sistemas profesionales en los que se requiera una óptica muy específica.

**Cámara de red PTZ:** las cámaras de red PTZ (Pan-Tilt-Zoom) son cámaras que pueden moverse horizontalmente o verticalmente y disponen de un zoom ajustable dentro de un área, de forma tanto manual como automática. También se les llama cámara domo móvil.

**Cámara bullet:** Incorporan el cuerpo de la cámara, óptica y cabina, ya que generalmente son para uso en exteriores (IP 65 ó 66). La cabina puede llevar incluso extras tales como calefacción o ventilación.

**Cámara minidomo:** gama de cámaras compactas para instalaciones en interior o en zonas protegidas. Pueden ser anti vandálicas (IP 65-66).

En la figura 1.10 se ilustran algunos de los tipos de cámaras descritos.



**Figura 1.10** Tipos de cámaras IP

## Ancho de Banda de CCTV IP

Es preciso dimensionar adecuadamente el ancho de banda ocupado por las cámaras para no saturar la red. El ancho de banda utilizado por los equipos de una instalación de video vigilancia depende de la configuración en cada uno de ellos y una serie de parámetros. Estos parámetros son: resolución de la imagen (píxeles), frecuencia de imagen o número de frames por segundo (fps), método de compresión- factor de compresión. Actualmente tanto las cámaras como el NVR son elementos activos que no se limitan a la función de transmisión y grabación de las imágenes de enormes volúmenes de forma pasiva. También son capaces de evaluar cada situación y actuar consecuentemente a ella modificando los parámetros anteriores para reducir al máximo el ancho de banda utilizado [26].

Existen varias formas para aprovechar al máximo el sistema de vigilancia IP, administrando el consumo de ancho de banda. Algunos de estos mecanismos son: conmutación de redes, balanceo de cargas y frecuencia de imagen condicionada a sucesos.

**Conmutación de redes:** Permite dividir un ordenador y una red de vigilancia IP, en dos redes lógicas autónomas. Las redes siguen conectadas físicamente, pero el conmutador de red las divide lógicamente en dos redes virtuales independientes.

**Balanceo de cargas:** En redes muy amplias, para evitar los grandes flujos de datos que saturan la red y los servidores del sistema, se utilizan balanceadores de carga. Actúan distribuyendo las peticiones de los clientes de forma equitativa entre distintos servidores, de manera que ninguno se sature.

**Frecuencia de imagen condicionada a sucesos:** la frecuencia de imagen para una calidad PAL requiere disponer de 25 imágenes por segundo. Los sistemas inteligentes incorporados a las cámaras de red y del NVR permiten establecer frecuencias de video menores para situaciones sin importancia a nivel de vigilancia, en caso de alarma o detección de movimiento, la frecuencia de imagen puede aumentarse automáticamente hasta un nivel superior.

La mayoría de empresas y distribuidoras de material de CCTV IP disponen de software para determinar el ancho de banda que el sistema utilizará, basándose en los parámetros de: resolución, frecuencia de imagen, compresión y número de canales (cámaras de la instalación). Este software también calculará la cantidad de espacio en disco que necesitará la instalación, antecedente muy importante para la elección del NVR.

## Unidades de Almacenamiento de CCTV IP

Son componentes muy importantes de una instalación, ya que se utilizan para monitorizar, grabar, administrar y archivar secuencias de video. En un sistema de video vigilancia IP estas unidades de almacenamiento pueden ser de tres tipos:

**Almacenamiento en el mismo dispositivo.** Normalmente todas las cámaras IP tienen una memoria interna (tarjeta SD o memorias USB) que permiten la grabación de horas y días de video.

**Almacenamiento en el mismo PC.** Útil en instalaciones pequeñas. El disco duro que almacena la información está localizado en el mismo PC. La cantidad de memoria disponible viene determinada por el número de discos duros y el propio PC.

**Almacenamiento en NVR(Network Video Recorder).** Es el indicado para instalaciones profesionales. El soporte de grabación es, generalmente, un disco duro o HD. Se puede conectar al NVR un monitor TFT-LCD para visualizar las grabaciones, y un teclado especial para controlar el movimiento y/o zooms desde el propio grabador.

El NVR puede conectarse en cualquier parte de la LAN, lo que permite que comparta espacios con otros equipos de red equipados con climatización y sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI). Para la conexión a internet requiere una IP fija, o una configuración adecuada por parte de personal informático en el caso de que la IP sea dinámica. Para instalaciones en las que se requiera almacenar una cantidad de información relativamente grande es posible la conexión de varios NVR a la red.

## Estandarización de los Sistemas de Vigilancia IP

Para asegurar la compatibilidad entre los dispositivos de una instalación de CCTV IP entre los distintos fabricantes y para lograr el verdadero plug-and-play entre los dispositivos han surgido en los últimos años varios grupos de desarrollo de estándares para la normalización y la interoperabilidad en todo el ámbito de la seguridad de la empresa.

**OVNIF:** “Open Network Video Interface Forum” (Foro Abierto de Interfaz de vídeo en red). Asociación de más de 100 fabricantes e integradores fundada en noviembre 2008 por Sony, Axis, y Bosch. Persigue la interoperabilidad de todos los elementos de distintos fabricantes, pero centrándose en la cámara IP, puesto que sus fundadores son las empresas líderes a nivel mundial en la venta de cámaras IP [23].

**PSIA:** “Physical Security Interoperability Alliance” (Alianza de Interoperabilidad de Seguridad Física). Asociación de más de 65 fabricantes e integradores fundada en Febrero 2008 por Cisco, IBM, Texas Instruments, General Electric. Persigue la compatibilidad entre equipos de seguridad conectados por IP, con el desarrollo de normas, que son relevantes para la tecnología de red de seguridad física. Lo hace en todos los segmentos, incluyendo vídeo, control de acceso, análisis y software, y no centrándose únicamente en las cámaras IP.

## **Modulación**

La modulación de video es un proceso de digitalización para enviarla por medio de una red de forma IP. Existen varios formatos de digitalizar el formato de video, ya que existen transmisores y receptores analógicos y digitales. A continuación, se analiza dos formatos:

### **Modulador digital COFDM**

COFDM es el estándar de transmisión de las frecuencias de la **TDT (Televisión Digital Terrestre)**. COFDM son las siglas de Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex, es decir, Multiplexación Codificada con División Ortogonal de Frecuencias. Se trata de una modulación digital que se utiliza actualmente para transmitir, entre otras cosas, señales de televisión digital como por ejemplo TDT, radioenlaces de vídeo, de cámara, etc.

La modulación COFDM está muy relacionada QPSK (Quadrature Phase Shift Keying), y 16-QAM (Quadrature Amplitude Modulation). Ya que la idea principal de las modulaciones digitales es enviar más información en menos tiempo. Es evidente que la información que se tiene que enviar es digital, es decir una serie de unos y ceros [27].

Cuando se tiene que transmitir esa señal de vídeo, se requiere reducir de alguna forma esa cantidad de información. Pero esto no debe producir una reducción significativa de la calidad de la señal una vez recuperada; para ello se utilizan algoritmos de compresión como por ejemplo puede ser el MPEG 2.

La modulación digital COFDM parte de la idea de transmitir los datos en paralelo. Al multiplexar por división de frecuencia, la información se reparte entre las diferentes subportadoras en que queda dividido el espectro del canal en el que se está transmitiendo. El problema con este tipo de modulación es que al utilizar un número importante de subcanales, necesita de un fuerte procesado matemático. Éste es el motivo por el que, a pesar de ser una tecnología desarrollada hace bastante tiempo, no se ha podido

generalizar su uso hasta que los avances en la microelectrónica ha permitido crear chips que realizan de forma asequible FFT's (Transformada rápida de Fourier), gracias a la que se puede generar y después recuperar en el receptor, la información transmitida [28].

Con los *Moduladores digitales* COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex) se puede enviar la señal HD (High Definition) audio y vídeo de cualquier dispositivo, receptores de satélite, D+ (Digital Plus), Cámaras de CCTV, DVR's (Digital Video Recorder) por un canal RF en formato DVB-T (Digital Video Broadcasting – Terrestrial).

### **Modulador digital HD-CVI**

El formato de modulación HD-CVI (High Definition Composite Video Interfase o bien "interfase de video compuesto de alta definición"), es una tecnología de transmisión de video HD a través de cable coaxial. Ofrece dos especificaciones o formatos de imagen: full HD (1920x1080p) y HD (1280x720p). Además, permite elegir entre transmisiones que varían entre los 25, 30, 50 y 60 cuadros por segundo (fps).

Además, el HD-CVI incorpora la función ASC (compensación automática de señal), que permite largas distancias de transmisión, que pueden llegar hasta los 650 metros, sin pérdida de calidad de imagen.

En cuanto a los productos disponibles, el HD-CVI comprende tanto DVRs como cámaras de CCTV en todas sus variantes (box, bullet, IR, domos PTZ, etc.). La topología de conexión es de tipo estrella con cable coaxial, en la cual el DVR sirve como nodo y cada cámara se conecta en forma directa, a través de un cable coaxial de 75 Ohms por cada una de ellas. De esta manera, el cableado es idéntico al utilizado en las instalaciones de CCTV analógico.

Otra característica importante del HD-CVI es que permite la modulación de múltiples señales en el mismo coaxial. Esto permite enviar señales adicionales de audio y datos bidireccional, imprescindibles para manejar los domos. Así, no es necesario colocar un cable adicional para la señal de audio ni para la señal de control de los domos, ya que todo viaja por el mismo cable coaxial. Estas señales adicionales se modulan en el blanking de video (ranura de tiempo disponible entre cuadros), lo cual asegura la sincronización de éstas con el video y soporta una velocidad de muestreo de audio de hasta 44KHz.

### **Proceso de Compresión**

La compresión resulta imprescindible para la transmisión de imágenes y video a través de una red IP. La cantidad masiva de datos que supone la transmisión de video sin comprimir

a través de una red haría que esta se saturara, por ello desde la aparición de las redes de datos han ido apareciendo algoritmos que procesan la señal para quitarle redundancia en unos casos, y para aplicar filtros que, a costa de perder un mínimo de calidad de imagen, justifican esta pérdida en base a la tasa de compresión conseguida [23].

Los métodos de compresión más usados en las cámaras IP son: MJPEG (Motion JPEG), MPEG-4 (Moving Picture Experts Group) y H.264. MPEG es un estándar en el que cada fotograma es comprimido como una imagen JPEG. MPEG-4 es un conjunto de 27 estándares y protocolos usados para codificación y transmisión de flujos de video/audio en entornos de bajo ancho de banda (hasta 1,5 Mbit/s). Es el primer gran estándar en la transmisión de videos por redes IP, y es usado también en dispositivos móviles y en televisión. H.264 también conocido como MPEG-4 Parte 10, se trata del estándar de nueva generación para la compresión de vídeo digital. H.264 ofrece una mayor resolución de vídeo que MJPEG o MPEG-4 a la misma velocidad de bits y el mismo ancho de banda, o bien la misma calidad de vídeo con una velocidad de bits inferior [23].

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1 Diseño del Sistema de CCTV IP**

#### **Requerimientos de la Empresa Valdimar**

VALDIMAR, es una empresa dedicada al cultivo y pesca de camarón. Para tal fin la empresa cuenta con piscinas de crianza de camarón que se encuentran ubicadas en el archipiélago de Jambelí, en la provincia del Oro. También cuenta con un área administrativa que se encuentra ubicada en la ciudad de Machala en la misma provincia.

El método que utiliza para el cultivo y la crianza del camarón es el método artesanal. Este método funciona bien, pero las demandas del producto, en el mercado ecuatoriano se han incrementado, motivo por el cual, la empresa se ha visto en la necesidad de mejorar el control en los procesos de crianza del camarón

### **2.2 Estructura Operacional de la Empresa Valdimar**

VALDIMAR S.A, es una empresa cuya actividad económica es la crianza, pesca y venta de camarón. Dicha actividad va desde la compra de la larva para su liberación en las piscinas de crianza (o siembra) hasta su pesca (o cosecha), en su etapa adulta y finaliza con la entrega del camarón en el puerto; esta es la línea de trabajo y responsabilidad de la empresa con sus clientes. Para realizar tal actividad cuenta con los siguientes departamentos: financiero, administrativo, insumos, crianza y pesca, y de seguridad. En su conjunto estos departamentos permiten la correcta operación de su actividad económica.

A continuación, se describen brevemente las funciones de cada departamento.

#### **Departamento Financiero**

El departamento financiero es el encargado del pago de haberes de operación, pago de empleados, compra de insumos, pago de sueldos del personal en general, declaraciones de impuestos, pagos a proveedores y cobros.

#### **Departamento Administrativo**

Este departamento es el encargado del control del personal de los otros departamentos y de los permisos ambientales para la operación de las piscinas camaroneras y transporte de pescas.

## **Departamento de Insumos**

Se encarga de las solicitudes de compra de elementos para el control y la crianza del camarón como, por ejemplo:

- Cal para la desinfección de piscinas
- Balanceados para alimentación del camarón en sus distintas etapas
- Antibióticos para contrarrestar infecciones
- Bacterias
- Melaza para el potenciamiento de bacterias

## **Departamento de Crianza y Pesca**

Este departamento se encarga del cuidado del camarón desde su etapa de larva hasta su etapa adulta, cuando es cosechado y entregado para la comercialización. Además, cuenta con la cantidad de personal necesaria para realizar las distintas actividades que involucra el proceso de crianza como, por ejemplo:

- Secado de piscinas
- Remoción del suelo de piscina camaronera
- Llenado de piscinas con el agua de mar
- Siembra del camarón
- Alimentación del camarón
- Toma de muestras de camarón
- Cosecha del camarón

## **Departamento de Seguridad**

El departamento de seguridad se encarga de proteger el área física en la que se encuentra ubicada la camaronera. Esta área comprende: las piscinas camaroneras, los perímetros de las piscinas, bodegas de insumos, el control de personas que ingresan y también se encarga del ahuyento de aves pescadoras (patos y garzas que ingresan a las piscinas para consumir el camarón).

## **2.3 Problemas en el Departamento de Crianza y Pesca**

### **Descripción de Procesos del Departamento de Crianza y Pesca**

En este punto se describen los procesos de este departamento, que comprende desde el secado de la piscina hasta la pesca del camarón. Esta descripción irá acompañada de los problemas encontrados en cada uno de los procesos de este departamento.

## Secado de las Piscinas

Las piscinas de crianza de camarón deben ser secadas drenando el agua que se encuentra en su interior. Este drenado se hace a través de los ductos de desfogue de agua, que se construyen en una piscina y se ubican en la periferia de la piscina. Para que la salida del agua coincida con el afluente de agua más cercano, en este punto también se realiza la pesca del camarón. Terminado este proceso se seca al sol por un lapso de tres días, y está listo para su posterior llenado.



**Figura 2.1.** Ducto de desfogue en el perímetro de la piscina

Luego de drenar la piscina, se debe remover el suelo de ésta para que la materia orgánica que se encuentra en su superficie se combine con el suelo bajo la misma, y no genere amonio por descomposición de la materia orgánica. La generación de amonio en el suelo de la piscina contamina el agua de crianza del camarón.



**Figura 2.2** Remoción del suelo de la piscina

## Problemas en el Secado de las Piscinas

El problema en este proceso es la inspección del suelo removido, ya que la gran extensión de la piscina no permite la valoración del suelo removido a simple vista. La inspección se realiza a pie, recorriendo por las paredes del perímetro de la piscina camaronera. Esta inspección toma entre 45 minutos a 1 hora de caminata por cada una de las piscinas.

## Llenado de Piscinas

Las piscinas de crianza son llenadas con el agua de mar de su afluente más cercano, esto a través de los diques de captación de agua, que, con la ayuda de moto bombas de agua, bombean el agua al interior de la piscina, hasta el nivel requerido.



**Figura 2.3** Ubicación de afluente y piscinas

Para evitar que el agua que ingresa contenga animales no deseados, tales como peces o crustáceos pequeños, se utilizan mallas con micro perforaciones en el orden de 100 micras que actúan como filtros, deteniendo el libre ingreso de estos hacia las piscinas.

Llenas las piscinas se toman muestras del agua, para su posterior análisis. Para conocimiento general se presenta valores que debe cumplir el agua de una piscina camaronera, para la crianza del camarón, en la figura 2.4 se muestra la tabla de parámetros que debe cumplir el agua de las piscinas.

Parámetro	Valor
Oxígeno Disuelto	4 – 10 ppm.
CO <sub>2</sub>	< 20 ppm.
pH	7.0 – 8.5
Amonio no ionizado (NH <sub>3</sub> )	< 0.03 ppm
Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	< 1 ppm
Hierro total	< 1 ppm
Sulfuro de Hidrogeno (H <sub>2</sub> S)	< 1 ppm

**Figura 2.4** Tabla de parámetros que debe cumplir el agua en las piscinas [1]

### Problemas en el llenado de las piscinas

No se detectan problemas en este proceso

### Siembra del Camarón

La siembra del camarón es el esparcido de las larvas compradas en el laboratorio, en las piscinas de crianza. Considerando que el área de una piscina es de 10 hectáreas y la cantidad de larvas esparcidas es de 1.000.000, conociendo que, estas tienen un índice de mortalidad del 45 %, se pretende una población de 5,6 camarones por metro cuadrado. Este es el valor esperado por cada siembra de camarón en una piscina.



**Figura 2.5** Siembra de camarón

## Problemas En la siembra del Camarón

No se detectan problemas en este proceso

## Alimentación del Camarón

Este proceso es muy importante a lo largo de la crianza del camarón puesto que se lo debe realizar a horas específicas del día, y estos horarios se deben respetar, ya que influyen directamente en el desarrollo del camarón (tamaño y peso). No es del interés de este proyecto ahondar en la especificación técnica y científica de los horarios de alimentación, porciones y monitoreo de consumo de balanceados en los comederos; solo se centra en el control del proceso de alimentación.

La alimentación del camarón se la realiza a través de comederos ubicados a lo largo y ancho de la piscina camaronera, o a través de lanzamiento o voleo, del balanceado en el área de la piscina.



**Figura 2.6** Ejemplo de voleo del balanceado



**Figura 2.7** Piscina de crianza y personal voleando el balanceado

## Problemas en la Alimentación del Camarón

Para determinar los problemas detectados en este proceso, se utilizan los reportes generados por las visitas sorpresas realizadas en el año 2014, por parte del Gerente General de la empresa VALDIMAR a las piscinas camaroneras. En dicho reporte se menciona que el personal, no inicia la alimentación del camarón a las horas establecidas, esto es a las 9:00 am y 3:00 pm en época fría, y a las 9:00am y 1:00pm en época calurosa. Como dato de interés, estas horas cumplen las condiciones de mayor rango de oxígeno [4-6 ppm] y rango de temperatura de [28-30 C°] [2], condiciones ideales para alimentar al camarón en estos cultivos.

Otro problema detectado fue que la distribución del balanceado se realiza de manera apresurada y no homogénea, esto conlleva a que solo ciertas áreas de la piscina estén con buena concentración de alimento y otras tengan poca concentración de alimento. Esto provoca que, en la misma piscina existan diferencias de tamaño y peso entre los camarones, perjudicando gravemente el valor del camarón. Para la venta, el tamaño y la homogeneidad de los camarones dan el precio final a ser vendido.

## Toma de muestras

Este proceso es realizado por un Ingeniero Acuicultor, el mismo que se encarga de la toma de muestras semanales del camarón para el control de su estado de salud, peso y tamaño. Para la toma de muestras, se pescan camarones por medio de atarrayas de 1 metro cuadrado. Estas son lanzadas en distintas partes de la piscina para obtener un dato homogéneo de la cantidad de camarón que existe por metro cuadrado y la diferencia de pesos del camarón de estas áreas.



**Figura 2.8** Toma de muestras y pesaje del camarón

## Problemas en las tomas de Muestras

No se detectan problemas en este proceso.

## Cosecha del camarón

Este proceso se realiza cuando muestras tomadas del camarón cumplen las especificaciones de tamaño y peso requeridas para la venta. Por ejemplo, Los valores óptimos para cosecha son 11 cm de envergadura y 30 gramos de peso. Estos valores pueden variar dependiendo de los requerimientos del cliente.

El valor mencionado como ejemplo de tamaño y peso, se consigue en un periodo de crianza de tres meses. Esto explica el por qué, en un año se pueden obtener 4 cosechas de camarón, esta referencia se la mencionara más adelante.

El proceso de cosecha de camarón se lo realiza en los puntos de desfogue del agua de la piscina. A a la salida del desfogue se ubican redes de 500 micras, estas permiten el paso de agua mas no el del camarón. Con estas redes se forma un cerco alrededor del desfogue donde se acumula el camarón, En esta área se toman a los camarones con recipientes de malla y se los lleva al contenedor de transporte. Lleno el contenedor de transporte de camarón, se lo traslada al puerto para la entrega al cliente. Véase las figuras 2.9, 2.10 y 2.11.



**Figura 2.9** Punto de desfogue de la piscina



**Figura 2.10** Secuencia de pesca de camarón



**Figura 2.11** llenado del contenedor de transporte

### **Problemas en la Cosecha de Camarón**

No se encuentran fallas en este proceso.

## **2.4 Problemas en el Departamento de Seguridad**

### **Descripción de Procesos del Departamento de Seguridad**

El departamento de seguridad tiene como función principal el cuidado del personal que trabaja dentro de la camaronera, además del control del personal que transita por el área de las piscinas y el resguardo de los insumos que se encuentran en las bodegas de la camaronera.

El proceso de la guardianía es el recorrido en el día por toda el área de las piscinas, como un método disuasivo contra posibles robos realizado por pescadores informales. En la noche lo hacen desde las garitas altas existentes en las piscinas, ayudados de iluminación con reflectores y rondas esporádicas.

Durante el día también ayudan con el control de aves pescadoras, que ingresan a las piscinas para comer el camarón. Los guardias las ahuyentan disparando las escopetas para que su estruendo las asuste.



**Figura 2.12** Garita en la periferia de la piscina

### **Problemas en el Departamento de Seguridad**

El problema de la seguridad radica en la poca efectividad del personal de seguridad para detectar los robos. La administración ha detectado, faltante de insumos en las bodegas, y presume que la pesca furtiva de camarón de las piscinas la realizan durante la noche.

Teniendo en cuenta que el área de las piscinas es muy grande y presenta varios flancos por donde personal no autorizado puede entrar, es casi imposible determinar si la falencia está en el personal de seguridad o por la vulnerabilidad de esta área en horas de la noche. Acotando que la cantidad de personal necesario para cubrir el área en su totalidad, en costos de seguridad, sería insostenible para la empresa.



Figura 2.13 Visión aérea de las piscinas

## 2.5 Detalle de la Ubicación Geográfica de la Empresa Valdimar

La empresa VALDIMAR posee dos predios, el primero llamado **CAMARONERA** ubicada en el archipiélago de Jambelí y el segundo llamado **OFICINAS**, ubicada en la ciudad de Machala, estos predios no son colindantes y se encuentran separadas entre sí, una distancia de 14,4 kilómetros. En estos predios operan todos los departamentos anteriormente descritos, de manera específica; los departamentos de crianza, pesca y seguridad operan en la CAMARONERA, y los departamentos de, administración, insumos y financiero, operan en las OFICINAS, que desde este instante serán llamadas, **Centro de Monitoreo**. Se detalla a continuación las coordenadas geográficas e imagen de los predios.

### Coordenadas Camaronera

LONGITUD: 80° 01' 33,97"

LATITUD: 03° 22' 46,66"



Figura 2.14 Camaronera y piscinas numeradas que la conforman

## Coordenadas Centro de Monitoreo

LONGITUD: 79° 56' 54,87"      LATITUD: 03° 16' 32,94"



Figura 2.15 Centro de monitoreo

Distancia entre predios 14.4 Km

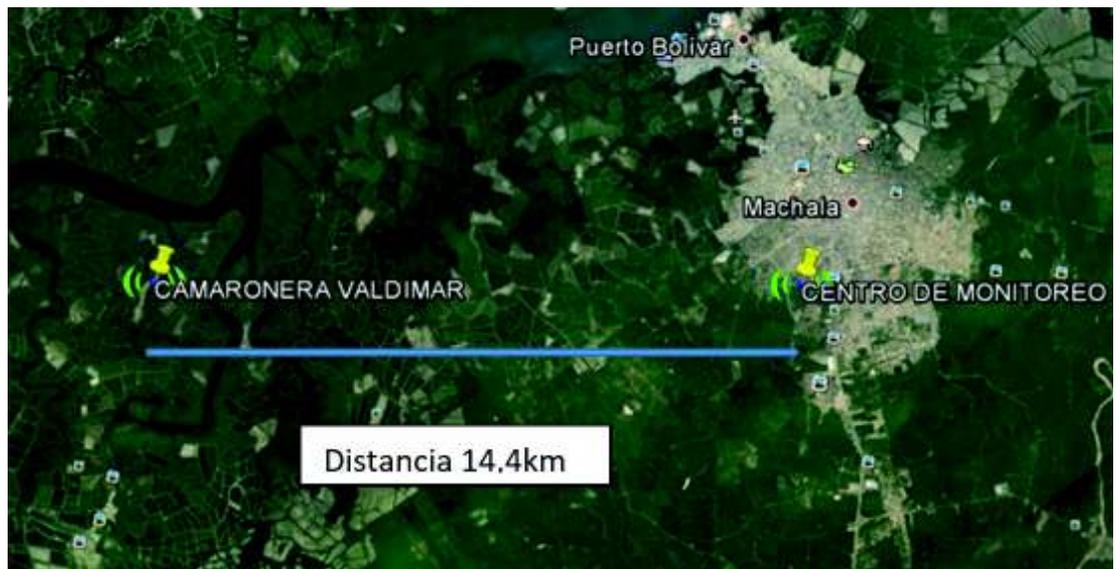


Figura 2.16 Distancia entre predios

## 2.6 Situación Actual de la Camaronera

En la posición geográfica correspondiente a la camaronera, se encuentran ubicadas las piscinas de crianza del camarón, estas cuentan con una extensión de 2370 metros de largo por un ancho promedio de 350 metros, este valor se debe a la forma irregular que en su conjunto forman las piscinas dentro del área.

En este sector no existen radio bases celulares, tampoco red telefónica fija u otro proveedor que proporcione algún servicio de datos o telefonía celular. Si tienen comunicación a través de radio troncalizado y también tiene servicio de energía de la empresa eléctrica local. El acceso a este sitio es por vía marítima.

En la siguiente tabla 2.1 se muestran de manera resumida los datos de interés de la camaronera.

**Tabla 2.1** Coordenadas y situación de la camaronera1

<b>Camaronera</b>	
<b>Latitud</b>	3° 22' 47,37'' Sur
<b>Longitud</b>	80° 01' 33,88'' Oeste
<b>Altura sobre el nivel del mar</b>	2 metros
<b>Servicios de comunicación</b>	Radio troncalizado
<b>Servicio de energía eléctrica</b>	Empresa Eléctrica de Machala
<b>Servicios de agua potable</b>	NO
<b>Acceso al sitio</b>	Via marítima

## 2.7 Situación Actual del Centro de Monitoreo

El centro de monitoreo se encuentra ubicado en el sector urbano de la ciudad de Machala, en las coordenadas mencionadas en la tabla 2.2, VALDIMAR posee un predio de 850 metros cuadrados, este cuenta con todos los servicios básico como son energía eléctrica, agua no potable, teléfono fijo, radio bases que proveen de cobertura celular y servicio de internet. El acceso a este lugar es a través de carretera.

En la tabla 2.2 se muestran de manera resumida los datos de interés del centro de monitoreo.

**Tabla 2.2** Coordenadas y situación actual del centro de monitoreo

<b>Centro de Monitoreo</b>	
<b>Latitud</b>	3° 16' 32,67'' Sur
<b>Longitud</b>	79° 56' 55,04'' Oeste
<b>Altura sobre el nivel del mar</b>	8 metros
<b>Servicios de comunicación</b>	Internet , telefonia fija ,celular y Radio troncalizado
<b>Servicio de energía eléctrica</b>	Empresa Eléctrica de Machala
<b>Servicio de agua potable</b>	NO
<b>Acceso al sitio</b>	Por carretera

## 2.8 Detalle de Requerimientos del Cliente

La empresa VALDIMAR S.A requiere de una solución tecnológica, que contrarreste los problemas detectados en los procesos de los departamentos de crianza, pesca y seguridad. Para esto VALDIMAR S.A, requiere de un sistema de CCTV que cumpla con las siguientes condiciones:

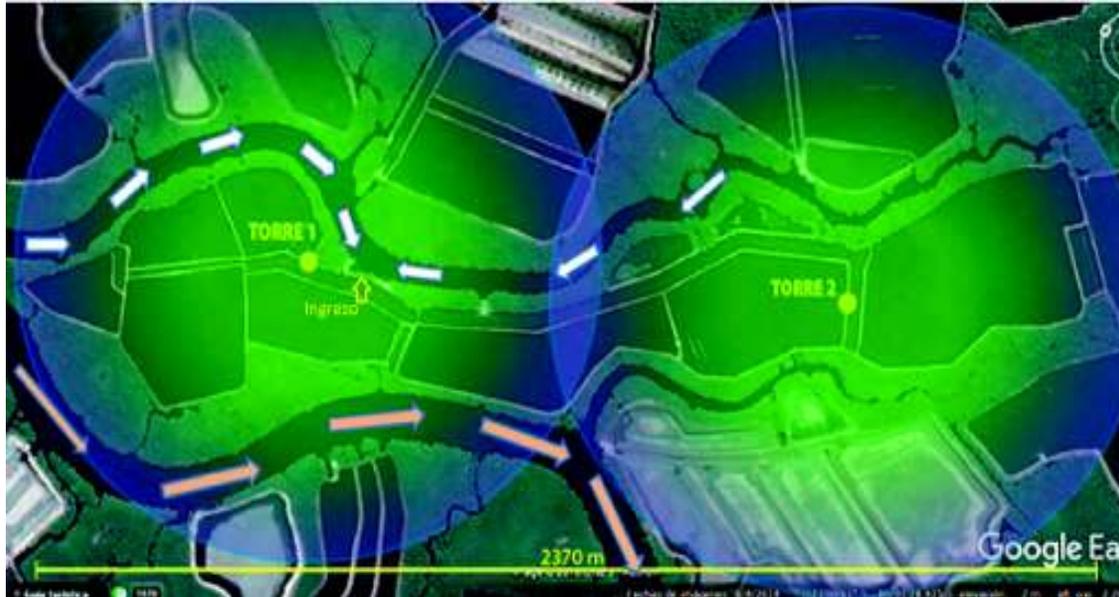
- 1) Permita el monitoreo de toda el área de piscinas.
- 2) Permita el monitoreo de las actividades que allí se realizan, en el día y en la noche.
- 3) Capacidad de almacenamiento de 3 meses de video continuo.
- 4) Requiere que este monitoreo lo realice el personal administrativo, que se encuentra ubicado en la ciudad de Machala (Centro de Monitoreo).
- 5) Requiere que se mantenga funcional las 24 horas del día, los 365 días del año alimentado con energía de la red eléctrica con una confiabilidad del 98%.
- 6) En caso de pérdida de la energía de la red eléctrica, se mantenga operativo por un periodo mínimo de 4 horas.

Con estos requerimientos se empieza por establecer la ubicación de las torres en las que se montaran las cámaras dentro de la camaronera.

## 2.9 Establecimiento de Puntos para el Monitoreo

En la inspección de la camaronera se realizó un recorrido a pie por toda el área que conforman las piscinas, producto de este recorrido y conforme al **primer requerimiento** de la empresa, se determinaron dos lugares que son los más adecuados para observar toda el área que por su forma alargada no permite la observación desde un mismo lugar, por lo tanto, se pretende construir una torre en cada lugar y serán nombradas torre 1 y 2 respectivamente. Además, estos lugares son los más idóneos porque permiten la visualización a su alrededor de todas las piscinas de crianza y están junto al tendido eléctrico interno de la camaronera que resultan ser muy convenientes para poder energizar los equipos electrónicos que se instalaran en ellos. En figura 2.17 se muestran las posiciones de las torres y los radios de cobertura que tendrán las cámaras PTZ, para cumplir con la visualización de los perímetros de las piscinas. Además, se muestra también con flechas de color blanco, el canal de acceso que debe ser monitoreado, ya que es el acceso principal a la camaronera. Por otro lado, con flechas de color naranja se muestra el

canal secundario que no es tan importante monitorearlo por la presencia del manglar que crea una barrera natural para el libre acceso a las piscinas camaroneras.



**Figura 2.17** Posición de torres, radios de cobertura de cámaras y canales de acceso

Luego de determinar la ubicación de las torres, se establecen las alturas de las torres con el siguiente razonamiento:

- Las alturas de las torres deben permitir una visión panorámica de las piscinas de crianza.
- Las alturas de las torres por seguridad deben impedir el fácil acceso a la cámara que irá en el punto más alto.
- La ubicación de la cámara debe permitir la visión mayoritaria del canal de acceso.

## 2.10 Justificación de Alturas de las Torres 1 y 2

Se propone que las alturas de las torres sean de 50 metros y se justifica para alcanzar un margen de sombra pequeño sobre el canal de acceso principal, como ejemplo se toma la posición de la torre 1 y se realizan los cálculos para obtener la distancia del área de sombra. El área de sombra sobre el canal es el área que la cámara no puede visualizar por la obstrucción de la vegetación existente compuesta de árboles de mangle. Como dato la altura del mangle esta entre 6 a 8 metros, tomando como referencia el nivel del mar.

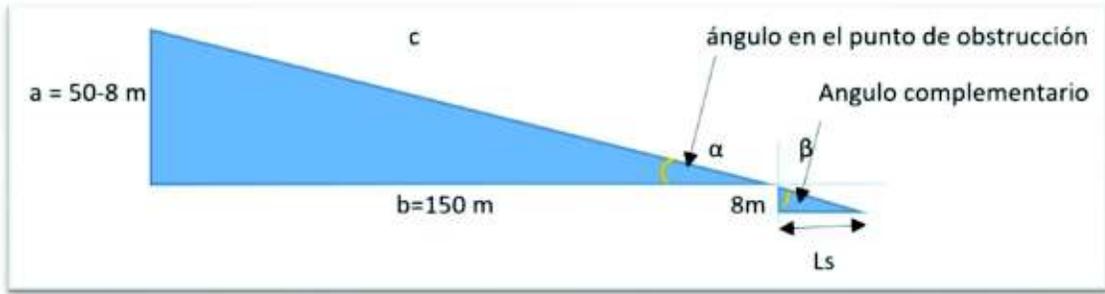
En la figura 2.18 muestra los datos relevantes para el cálculo de la distancia del área de sombra sobre el canal de acceso.



**Figura 2.18** Posición de la torre 1, distancia al canal y ancho del canal



**Figura 2.19** Vista transversal de la **Figura 2.18**



**Figura 2.20** Datos relevantes para realizar los cálculos

Por trigonometría  $a^2 + b^2 = c^2$  ;  $a=42$ ,  $b=150$

$$c^2 = 42^2 + 150^2$$

$$c = (1764 + 22500)^{1/2}$$

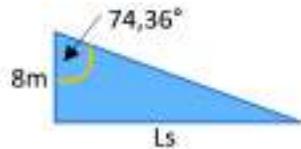
$$c = 155.76 \text{ m}$$

Luego de obtener  $c$  se puede encontrar  $\alpha$  y  $\beta$  que son los ángulos requeridos para calcular la distancia del área de sombra sobre el canal de ingreso ( $L_s$ ).

$$\text{Sen } \alpha = 42/155.76 = 0.26$$

$$\alpha = \text{Sen}^{-1}(0.26) = 15.64^\circ$$

$$\beta = 90^\circ - 15.64^\circ = 74.36^\circ$$



**Figura 2.21** Distancia área de sombra  $L_s$

Finalmente, se puede encontrar la distancia del área de sombra de la siguiente manera:

$$\text{Tang } (\beta) = L_s/8$$

$$L_s = 8 * \text{Tang } (\beta)$$

$$L_s = 8 * \text{Tang } (74,36^\circ)$$

$$L_s = 16.66 \text{ m}$$

Como se mencionó anteriormente en la figura 2.19, el ancho del canal es de 90 metros y la distancia obtenida del área de sombra es de 16,6 metros. Este valor es aparentemente es un espacio por donde las embarcaciones pueden navegar, pero la realidad es que las

embarcaciones transitan por los centros de los canales pues si se apegaran mucho a la orilla del canal pueden encallar.

Como se expuso en los párrafos anteriores la distancia del área de sombra es pequeña en comparación al ancho del canal y demostrado este punto se toma la altura de la torre 1 como un referente para la torre 2.

Las características generales requeridas de construcción de las torres son:

- 1) Las alturas de las torres deben ser de 50 metros.
- 2) Deben ser del tipo arriestrada, véase la figura 2.22
- 3) Deben soportar el peso de tres personas adultas en la punta (280Kg), este requerimiento se debe al número de personas necesario para la instalación de una cámara en la punta de la torre.

Las características propuestas para las torres del tipo arriestrada, requieren de cálculos estructurales y obra civil, pero será de responsabilidad de la empresa VALDIMAR construirlas y levantarlas en los puntos seleccionados. Por tanto, no se ahondará más sobre el tema de torres.



**Figura 2.22** Torre tipo arriestrada

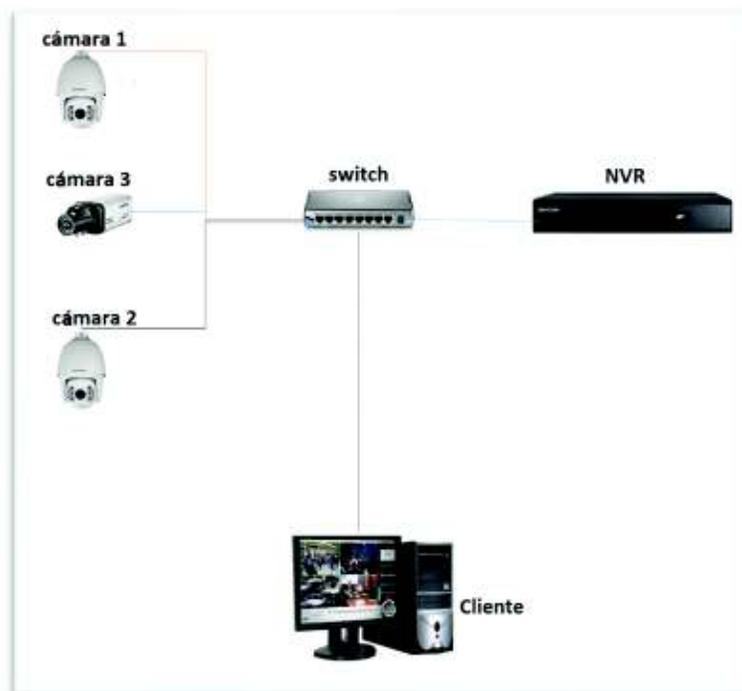
## 2.11 Estructura del Sistema de CCTV IP

El sistema de CCTV IP hace uso del cableado estructurado de red y no necesita cableado específico para su alimentación, ya que utiliza la tecnología PoE. Las redes IP tanto cableadas como inalámbricas constituyen además alternativas mucho menos caras que el cableado coaxial y de fibra tradicionales utilizados por un sistema analógico, que además necesita cableado adicional para controlar el movimiento de las cámaras del tipo PTZ y para la alimentación de energía.

Entonces la estructura del sistema propuesto para la empresa VALDIMAR se compone de los siguientes equipos electrónicos:

- 2 cámaras IP tipo PTZ, una para cada torre.
- 1 cámara IP fija para el cuarto de los equipos.
- Equipo de grabación NVR.
- Switch POE para la comunicación entre los equipos.
- PC y Monitor, que en conjunto forman el cliente, para visualización de cámaras y el acceso a los registros de grabación.

La figura 2.23, muestra la estructura general del sistema de CCTV IP propuesto. Las características que deben cumplir cada uno de estos equipos se abordan en detalle en la sección de selección de equipos de CCTV IP.



**Figura 2.23** Estructura general del sistema de CCTV IP propuesto

Luego de que se establecieron los puntos de monitoreo y en base al **cuarto requerimiento** de la empresa, se procede a definir la distribución de los equipos del sistema de CCTV IP en la camaronera y en el centro de monitoreo.

## 2.12 Distribución de Equipos de CCTV IP en las Locaciones de la Empresa Valdimar

En la Figura 2.24 se muestra la distribución de las cámaras y el equipo de grabación NVR a lo largo de la camaronera, cabe aclarar que en el sitio de ubicación del equipo NVR existe una casa en la que se instalara una cámara fija, nombrada en el grafico como **Cámara 3**. Esta deberá permitir la visión del cuarto donde se instalarán los equipos, NVR y Switch.

El mencionado cuarto es también la **bodega de insumos de la camaronera**, pero será llamado desde este momento **Cuarto de Equipos**.



**Figura 2.24** Distribución de equipos de cctv en la camaronera

En la Figura 2.25 se muestra la distribución de los equipos en el centro de monitoreo, los equipos Pc y el Monitor se instalarán dentro de la casa.



**Figura 2.25** Distribución de equipos en el centro de monitoreo

A continuación, se muestra en la Figura 2.26 un resumen de equipos en cada una de las locaciones de la empresa Valdimar.



**Figura 2.26** Equipos de cctv en las localidades de la empresa Valdimar

### **2.13 Selección del Tipo de Comunicación de los Equipos**

Distribuidos los equipos de CCTV IP en las locaciones, se especifica las distancias de cada uno de los componentes del sistema de CCTV IP hacia el switch, ya que este actuará como el concentrador de la red LAN. Y en función de las distancias se determina la tecnología de comunicación más adecuada para cada uno.

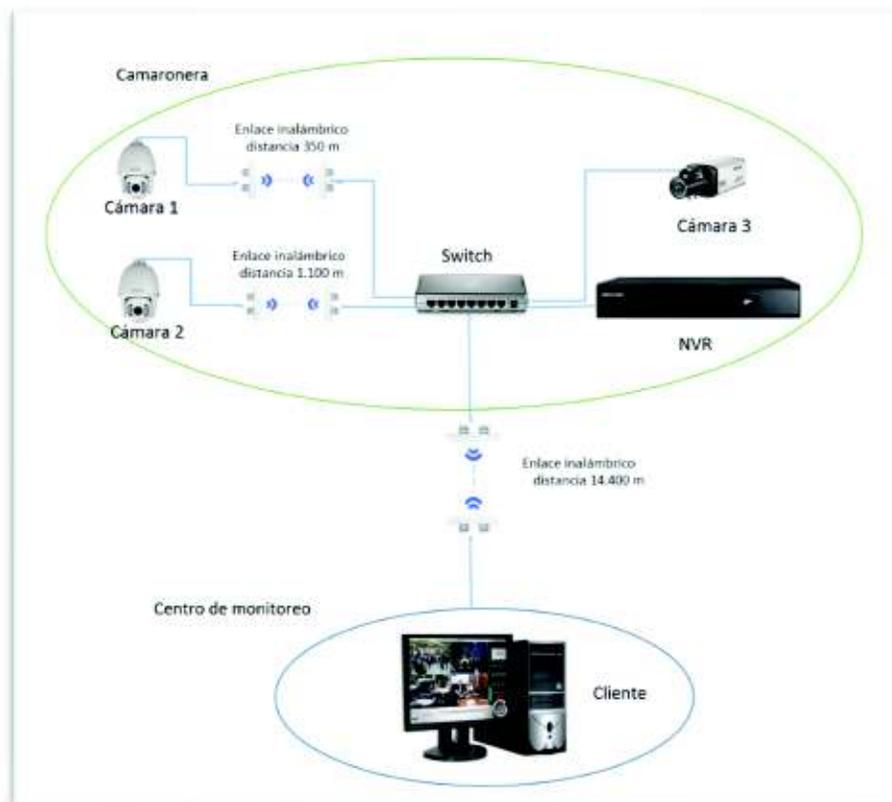
Las opciones de tecnologías para comunicar los equipos son: cableado utp cat 5e, cable de fibra óptica y enlaces inalámbricos. Como premisas a la selección el cableado utp cat 5e no debe superar los 100 metros para su instalación. El cable de fibra puede extenderse varios Kilómetros, pero los equipos, como transeivers (convertidores de ethernet a fibra

óptica), son costosos a más de incurrir en instalación de postes y el tendido del cable, por tanto, no se tomará en cuenta. Finalmente, los enlaces inalámbricos van desde los 100 metros hasta las decenas de kilómetros, en bandas no licenciadas. Con estas premisas en la siguiente tabla se muestran las tecnologías de comunicación seleccionadas en función de la distancia aproximada.

**Tabla 2.3** Distancias y tecnología de comunicación

Equipos	Distancia al Switch	Tecnología de comunicación
Cámara 1	350 m	Enlace inalámbrico
Cámara2	1100 m	Elace inalámbrico
Cámara 3	10 m	Cable utp cat 5e
NVR	1 m	Cable utp cat 5e
PC	14400 m	Enlace Inalámbrico

Se muestra en la Figura 2.27 el sistema de CCTV IP propuesto, el área en la que estarán los equipos y los correspondientes enlaces inalámbricos.



**Figura 2.27** Estructura del sistema de CCTV IP con enlaces inalámbricos

Las tablas 2.1, 2.2 y 2.3 se utilizarán más adelante en la sección de diseño de enlaces inalámbricos y simulación.

## 2.14 Selección de Equipos para el Sistema de CCTV IP

En la actualidad el mercado oferta una vasta cantidad de proveedores de sistemas de CCTV IP, como son: Vivotek, Stv, Hikvision, Lenel, Sony, Samsung, Pelco, etc. Estos son entre los más representativos y confiables que existen, y cada una de estas marcas posee una gran cantidad de series y modelos que se pueden ajustar a los requerimientos del diseño al momento de elegir los equipos con los que se va a trabajar, y como es de esperar la compatibilidad de los equipos de un sistema de CCTV IP es mucho mejor si se trabaja con todos los equipos de la misma marca, esto es muy importante para garantizar la confianza del funcionamiento del sistema. Entonces primero se seleccionan los equipos en función de la marca de equipos que cumpla con: garantía de equipos, stock de repuestos y servicio técnico, de todos los equipos del sistema de CCTV y sus componentes internos sean estas, tarjetas de red, sistemas mecánicos, mainboards de procesamiento de imagen, lentes, lasers, etc.

Se toman en comparación 3 marcas que existen en el mercado ecuatoriano que tienen representantes en distintas ciudades y que cuentan además con servicio técnico y garantía de equipos. A continuación, en la tabla 2.4 se muestran las características y condiciones de servicio técnico que cumplen.

**Tabla 2.4** Características entre marcas y selección de la marca de equipos

	Hikvision	Samsung	Pelco
<b>Tiempo de vida en el mercado</b>	15 años	12 años	20 años
<b>Representantes o Distribuidores</b>	Quito , Guayaquil, Cuenca	Quito , Guayaquil	Quito, Guayaquil
<b>Tiempo de garantía de equipos</b>	1 a 3 años	1 año	1 a 3 años
<b>Stock de equipos: Grabadores NVR Cámaras PTZ y fijas compatibles entre sí</b>	SI	SI	SI
<b>Stock de repuestos</b>	SI	bajo pedido	bajo pedido
<b>Servicio técnico especializado (actualizaciones de firmware)</b>	en todos los equipos y componentes de los equipos	en todos los equipos y componentes de los equipos	en todos los equipos y componentes de los equipos
<b>Tiempo de respuesta sobre garantías y reparaciones</b>	48 horas por fallos de fabrica o cambio de componentes especiales	48 horas por fallos de fabrica, y de 1 a 6 meses por cambio de componentes especiales	72 horas por fallos de fabrica, y de 3 a 6 meses por componentes especiales
<b>Asistencia técnica y asesoramiento</b>	SI	SI	SI
<b>Marca elegida</b>	<b>X</b>		

De la comparación realizada en la tabla 4 se establece que la marca elegida para trabajar es **Hikvision** por ser la mejor opción entre las características de garantías y servicio técnico. Estas características permitirán responder en caso de fallos de los equipos en un tiempo no mayor a 48 horas.

## Selección de Cámaras

Para seleccionar un tipo de cámara y características tecnológicas que debe cumplir es muy importante saber su ubicación (en altura, o a nivel de piso), la distancia que se pretende visualizar (5, 10, 1000 metros desde la ubicación de la cámara al punto de interés), las condiciones atmosféricas a las que se la va a someter (a la intemperie o dentro de alguna construcción) y las características especiales que debe tener (visión nocturna o térmica).

Las ubicaciones y la distribución de equipos establecidas en la sección (2.11) definieron los tipos de cámaras que se utilizarán y estas son: para las torres cámaras tipo PTZ y para el cuarto de equipos una cámara fija. Con esta información y tomando en cuenta el **segundo requerimiento** de la empresa, se generan requerimientos técnicos mínimos que deben cumplir las cámaras y se muestran en la tabla 2.5. Además, en la figura 2.28 se muestran los radios de visión y posición de las mismas que ayudarán a entender el porqué de estas características técnicas.



**Figura 2.28** Ubicación de la cámara fija, cámaras PTZ y distancias de visión a los puntos más lejanos

**Tabla 2.5** Características técnicas de las cámaras

Características de las cámaras			
	Cámara para la torre1	Cámara para la torre2	Cámara Cuarto de equipos
Tipo de cámara	PTZ	PTZ	Fija
Instalación	exterior	exterior	interior
Grado de protección IP	IP 66 o superior	IP 66 o superior	IP 65 o superior
Visión en el día	500 metros hacia el punto más distante del perímetro	500 metros hacia el punto más distante del perímetro	perímetro 10 metros hacia el rack
Calidad de imagen variable	1080P, 720P,vga, 4cif ,2cif	1080P, 720P,vga, 4cif ,2cif	1080P, 720P,vga, 4cif ,2cif
Características especiales	Visión nocturna a 500 metros de distancia	Visión nocturna a 500 metros de distancia	Visión nocturna a 10 metros de distancia
Tecnología	IP	IP	IP
Tipo de alimentación	Hi- POE o fuente independiente	Hi-POE o fuente independiente	POE 802.3 af o fuente independiente

Con las características técnicas planteadas se procede a la seleccionar aquellos modelos de cámaras que cumplen con los requerimientos técnicos.

Para el caso de las cámaras del **tipo PTZ**, se analizaron varios modelos de cámaras que cumplieran con las características de visión en el día, calidad de imagen, grado de protección IP y tecnología de comunicación, pero para cumplir la condición de visión nocturna se comparan dos tecnologías que son: cámaras de visión nocturna con iluminadores led infrarrojos y con iluminador laser infrarrojo. En la comparativa las dos tecnologías permiten una correcta visualización nocturna pero el alcance de sus iluminadores los diferencia ya que la cámara con el mayor rango de visión nocturna es aquella que tiene el iluminador laser infrarrojo. Entonces se elige la cámara PTZ hikvision, modelo **DS-2DF823615AELW**. Este modelo tiene los siguientes detalles técnicos:

**Tabla 2.6** Datos técnicos de las cámaras PTZ

<b>Camaras PTZ 1 y 2</b>	
<b>Marca</b>	Hikvision
<b>Modelo</b>	DS-2DF823615-AELW
<b>Características PTZ</b>	Panoramico (Pan) 360° Vertical (Tilt) -20° a 90°
	Zoom 36X
<b>Tipo de iluminador infrarrojo</b>	laser
<b>Visión nocturna</b>	hasta 500 m
<b>Fuente de alimentación</b>	HI -POE
<b>Comunicación</b>	10 base-T/100base -TX RJ45
<b>Compresión de imagen</b>	MJPEG - H.264
<b>Resolución máxima</b>	1920X1080
<b>Bit rate</b>	32kbps - 8Mbps
<b>sensibilidad color</b>	0.002lux
<b>sensibilidad blanco y negro</b>	0.0002lux
<b>Protección para exterior</b>	IP66
<b>Temperatura de trabajo</b>	(-)40°C a 65°C
<b>Consumo máximo</b>	60 W

Para el caso de la **cámara fija** existen una cantidad considerable de modelos que cumplen con los requerimientos así que para este caso en particular se elige el modelo en función de la calidad de imagen y se utilizará la cámara hikvision modelo **DS-2CD2020F-I** con las siguientes características técnicas:

**Tabla 2.7** Datos técnicos de la cámara fija

Camara Fija	
Marca	Hikvision
Modelo	DS-2CD2020F-I
Características	lente fijo
Tipo de iluminador infrarrojo	led
Visión nocturna	hasta 30 m
Fuente de alimentación	POE 802.3 af
Comunicación	10 base-T/100base -TX RJ45
Compresión de imagen	MJPEG - H.264
Resolución máxima	1920X1080
Bit rate	32Kbps - 8Mbps
sensibilidad color	0.01lux
Protección para exterior	IP67
Temperatura de trabajo	(-)30°C a 65°C
Consumo máximo	5.8 W

### Selección del NVR

Para determinar las características del NVR, se parte de la selección de cámaras ya que éstas nos dan el valor de *bit rate* o tasa de bits por segundo que es el ancho de banda que ocupa la cámara para transmitir la información de video al equipo de grabación, con este *bit rate* también se calcula la capacidad que se requiere para almacenar información diaria. De estos datos se desprende el valor de disco duro necesario para cumplir con el requerimiento de *storage* y posterior selección del tipo de NVR en función de su capacidad de almacenamiento y compatibilidad con las cámaras seleccionadas.

A continuación, se calcula el espacio en disco duro que se necesita para cumplir con el **tercer requerimiento** de la empresa que es, el almacenamiento de videos por un periodo de tres meses continuos de cada una de las cámaras. Se seleccionan valores de *bit rate* de 2Mbps para las cámaras PTZ y 1 Mbps para la cámara fija. Estos valores están dentro del rango de *bit rate* de las cámaras que corresponden a calidades de imagen alta y media respectivamente. Además, estos valores sirven para asegurar una buena calidad de grabación aun cuando no se toma el valor máximo de 8Mbps que corresponde a la calidad óptima de las cámaras.

**Tabla 2.8** Capacidad de almacenamiento requerida para el NVR

	Calidad de video seleccionado	Bit Rate elegido	Bytes por segundo Bytes= Bit Rate/8bits	Espacio requerido por hora Bytes por hora	Espacio requerido por día Bytes por día	Espacio requerido para tres meses (90 días )
Cámara ptz 1	Alta	2Mbps	0.25Mbytes	900 Mbytes	21.6 Gbytes	1944Gbytes
Cámara ptz 2	Alta	2Mbps	0.25Mbytes	900Mbytes	21.6 Gbytes	1944Gbytes
Cámara fija	Media	1Mbps	0.125Mbytes	450Mbytes	10.8 Gbyte	972 Gbytes
<b>Capacidad total para las tres cámaras con 90 días de almacenamiento</b>						<b>4860 Gbytes</b>

Con el cálculo de la capacidad de almacenamiento se establecen las características mínimas que debe cumplir el equipo NVR.

**Tabla 2.9** Características técnicas requeridas para el NVR

<b>Características del NVR</b>	
<b>Cámaras IP que puede soportar</b>	3 o mas
<b>Calidad de grabación por cámara</b>	2MP o superior
<b>Bit Rate de grabación</b>	5Mbps o superior
<b>Capacidad de almacenamiento</b>	5000GB o superior
<b>Compatible con cámaras PTZ laser</b>	SI
<b>Compatible con cámaras Fijas</b>	SI
<b>Tecnología de comunicación</b>	10base-T/100Base-TX

Para seleccionar el equipo que más se adecue a las características técnicas, se realiza la comparación de tres modelos de grabadores, la tabla 2.10 detalla de manera resumida las características técnicas más importantes y se elige al más idóneo.

**Tabla 2.10** Comparativa y selección de NVR

<b>Comparativa de NVRs Hikvision</b>			
Modelos	DS-7104NI-SL	DS-7608NI-E1	DS-7608NI-E2
<b>Capacidad de cámaras IP</b>	4 cámaras IP	8 cámaras IP	8 cámaras IP
<b>Visión en vivo en máxima definición</b>	4 cámaras IP	8 cámaras IP	8 cámaras IP
<b>Grabación de cámaras a 2Mp alta calidad de imagen</b>	2 cámaras @ 2Mp	5 cámaras@ 2Mp	6 cámaras@ 2Mp
<b>Calidades de grabación soportadas</b>	1080P/UXGA/720P/VGA/4CIF/D CIF/2CIF/CIF/QCIF	6MP/5MP/4MP/3MP/1080P/ UXGA/720P/VGA/4CIF/DCIF/2 CIF/CIF/QCIF	6MP/5MP/4MP/3MP/10 80P/UXGA/720P/VGA/4CIF/DCIF /2CIF/CIF/QCIF
<b>Ancho de banda de entrada</b>	25 Mbps	80 Mbps	80 Mbps
<b>Ancho de banda de salida</b>	80 Mbps	80Mbps	80Mbps
<b>Compatible con cámaras ptz laser</b>	si	si	si
<b>Compatible con cámaras fijas</b>	si	si	si
<b>Capacidad de disco duro</b>	4000GB	4000GB	8000GB
<b>Interfaz de comunicación</b>	10/100/1000 Mbps	10/100/1000 Mbps	10/100/1000 Mbps
<b>Consumo de potencia</b>	<= 6W	<= 10W	<= 10W
<b>Temperatura de trabajo</b>	(-)10°C a 55°C	(-)10°C a 55°C	(-)10°C a 55°C
<b>Modelo elegido</b>			<b>X</b>

El modelo seleccionado es el equipo NVR hikvision modelo **DS-7608NI-E2** porque cumple con todas las características técnicas, los otros equipos cumplen con la mayoría de las

características, pero no cumplen con la capacidad de grabación que se necesita para almacenar 90 días de grabación de tres cámaras esto es 5000 GB en disco duro.

### Selección del switch

Para conformar la red LAN que comunica los equipos de CCTV IP entre sí, se requiere un switch que trabaje con el ancho de banda requerido por cada una de las cámaras y como se puede apreciar en las tablas 2.6 y 2.7 los anchos de banda del que hacen uso las cámaras a máxima definición es 8Mbps. Además, se extrae de la tabla 2.10 que el NVR tiene un consumo de ancho de banda máximo de 80Mbps. Estos datos determinan el primer requerimiento de la velocidad necesaria que debe cumplir el switch, esto es que los puertos del switch deben trabajar a una velocidad mayor o igual a 80Mbps. Otro requerimiento esencial es que el switch sea del tipo POE, esto es; que permita alimentar con energía a todos los equipos que se conecten a él, a través de sus puertos de red, y deberá ser compatible con todos los dispositivos que soporten y no soporten este tipo de alimentación. Entonces se elige un equipo de buenas características que no es precisamente de la misma marca hikvision.

El equipo elegido es un Switch **Dlink DGS-1100** de 8 puertos Poe 802.3 af de velocidad 10/100Mbps no administrable y sus características técnicas se muestran en la tabla 2.11.

**Tabla 2.11** Características técnicas del switch

Características del Switch	
<b>Marca</b>	Dlink
<b>Modelo</b>	DGS-1100-08P smart
<b>Número de puertos POE 802.3 af</b>	8
<b>Potencia por puerto</b>	15.5 W
<b>Velocidad de swiching</b>	16Gbps
<b>Velocidad de puertos</b>	10/100/1000 self adaptative
<b>Potencia max del switch</b>	78.8 W
<b>MTBF</b>	708,219 horas

### Selección del PC y Monitor

El PC y monitor se instalarán en el centro de monitoreo y no es necesario especificar marcas o modelos, solo se describe de manera general los requerimientos mínimos que debe cumplir para poder ingresar a través de cualquier explorador al servidor de video del NVR y también se dan las dimensiones recomendadas del monitor para una adecuada visualización de las imágenes. En la tabla 2.12 se detallan las características del PC y monitor.

**Tabla 2.12** Requerimientos mínimos del PC y monitor

Requerimientos minimos del PC y monitor	
Mainboard	Compatile con procesador core I3
Procesador	Core I3 de cuarta generacion
Memoria Ram	4GB
Disco duro	1TB
Tarjeta de red	10/100
Salida de video	HDMI o VGA
Monitor	40 Pulgadas o superior

## 2.15 Cálculo del tráfico para un óptimo funcionamiento y visualización de las cámaras

El cálculo de tráfico se centrará en la red de datos conformada por las cámaras, el equipo NVR y el Pc de monitoreo, no se establecerá márgenes de crecimiento y tampoco se considerará utilizar esta red para otro tipo de servicio como telefonía IP o acceso a la internet. De esta manera se establecerán las características mínimas para una correcta visualización y operación del sistema de CCTV.

Como fue revisado en las características técnicas de las cámaras seleccionadas estas pueden regular el *bit rate* a conveniencia del usuario puesto que manejan un rango que va desde los 32Kbps hasta los 8 Mbps para la transmisión de video, desde la cámara hacia el NVR. Entonces el *bit rate* necesario para la comunicación de las cámaras al NVR se extrae de los requerimientos de almacenamiento de información en el disco duro, en la tabla 2.8 se determina la calidad de video de cada una de las cámaras del sistema y el *bit rate* que corresponde a cada una de ellas. El caso de interés es el tráfico generado entre el NVR que transportará la información de las tres cámaras hacia el PC de monitoreo.

En la tabla 2.13 se establecen los valores de *bit rate* mínimo que requerirán las cámaras y el PC para comunicarse con el NVR.

**Tabla 2.13** Requerimientos mínimos para un funcionamiento óptimo

Comunicación entre equipos	<i>Bit rate</i> requerido
Cámara ptz 1 al NVR	2 Mbps
Cámara ptz 2 al NVR	2Mbps
Cámara fija al NVR	1Mbps
	<b><i>Bit rate</i> total requerido</b>
NVR al PC	<b>5Mbps</b>

## 2.16 Enlaces Inalámbricos

En esta sección se calculan los enlaces inalámbricos necesarios para la comunicación de las cámaras PTZ 1 y PTZ 2 al Switch y el enlace principal de 14.4 kilómetros que comunicará el equipo NVR (cuarto de equipos), situado en la camaronera con el PC en el centro de monitoreo. Este enlace principal será llamado enlace troncal de aquí en adelante.

### Cálculos de enlaces

Es prioritario calcular el enlace troncal para determinar las alturas de las torres 3 y 4, la torre 3 servirá para montar la antena de transmisión en su punto más alto y utilizar esta torre también para montar las antenas de los enlaces hacia las torres 1 y 2 respectivamente. La torre 4 se ubicará en el centro de monitoreo y servirá para montar la antena para el enlace. Es claro que para lograr el enlace troncal la altura de la torre es mucho mayor a la que necesitan las antenas dentro del área de la camaronera, por ende, se utilizará la torre 3 para ubicar las antenas a una altura que permita un buen factor de despeje para asegurar una alta confiabilidad de los enlaces en la camaronera.

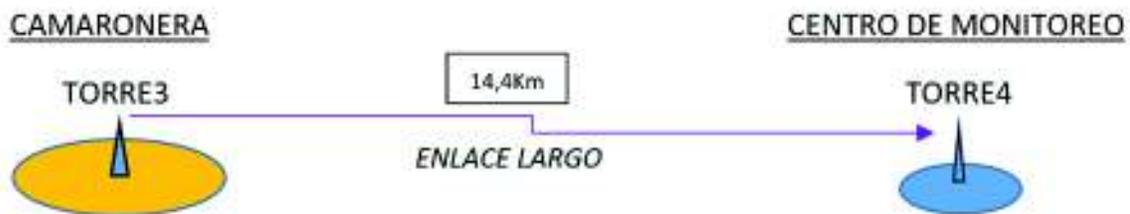


Figura 2.29 Enlace troncal

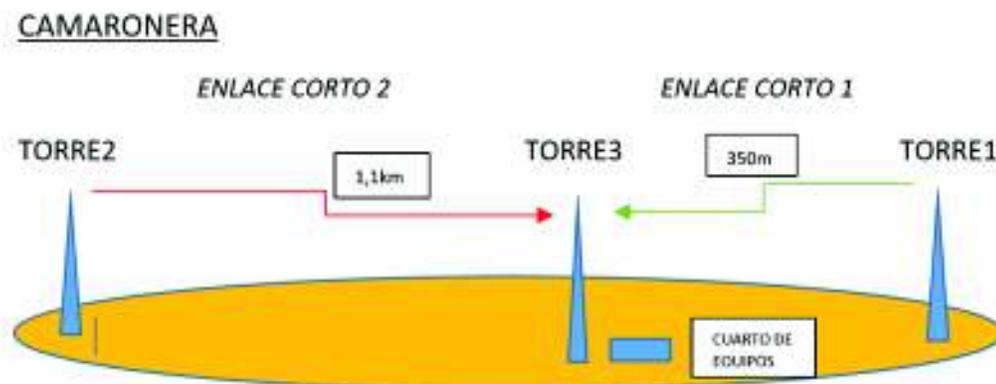


Figura 2.30 Enlaces cortos dentro de la camaronera

Como primer punto se seleccionan los equipos para los enlaces inalámbricos, en función de costos y disponibilidad en el mercado, se seleccionan las antenas transmisoras y receptoras Ubiquiti, que se consideran las más adecuadas. En la tabla 2.14 se muestran los enlaces y equipos a utilizar.

**Tabla 2.14** Enlaces y características de equipos

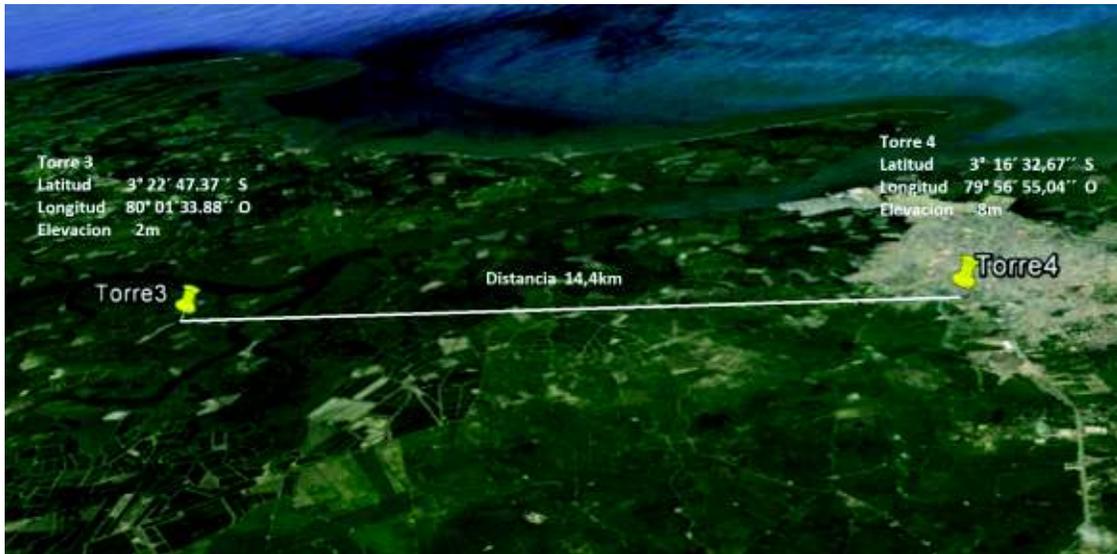
Ubicación	Distancia al cuarto de equipos (Torre 3)	Nombre del enlace	Equipos de enlaces inalámbricos	Características
<b>Cámara 1 (Torre 1)</b>	350 m	<b>Enlace 1</b>	Antenas TX y RX Marca Ubiquiti Nano Station L M2	Frec. de trans. 2400 MHz Average (Ptx): 23dBm Sensibilidad: -83 dBm Ganancia de la antena:8.5dBi
<b>Cámara 2 (Torre 2)</b>	1100 m	<b>Enlace 2</b>	Antenas TX y RX Marca:Ubiquiti Nano Station L M2	Frec. de trans. 2400 MHz Average (Ptx): 23dBm Sensibilidad: -83 dBm Ganancia de la antena:8.5dBi
<b>Centro de Monitoreo (Torre 4)</b>	14400 m	<b>Enlace troncal</b>	Antenas TX y RX Marca: Ubiquiti Powerbeam PBE -5AC-620	Frec. de trans. 5800 MHz Average (Ptx): 24 dBm Sensibilidad: -96 dBm Ganancia de la antena: 29dBi

Los valores de esta tabla son tomados del data sheet de los equipos que se encuentran en los anexos I y II

### **Enlace troncal**

### **Perfil del Terreno**

No existen elevaciones ni construcciones que obstaculicen la línea de vista entre las torres. La altura en el lugar de la torre 3 es de 2m sobre el nivel del mar, la altura en el lugar de la torre 4 es de 8 metros sobre el nivel del mar, la distancia entre las torres es de 14.4 Km. No se divisan obstáculos así que se asume un obstáculo en la mitad del trayecto para realizar el cálculo de la primera zona de Fresnel. En la figura 2.31 se plasman las coordenadas geográficas donde se ubicarán la Torre 3 y La Torre 4.



**Figura 2.31** Enlace troncal

### Radio de la Primera Zona de Fresnel

Para este cálculo se considera la frecuencia de operación de la antena seleccionada  $f=5800\text{MHz}$  y la distancia existente entre las torres 3 y 4 que es  $d=14.4\text{Km}$ .

$$r = 548 \sqrt{\frac{d}{4 \times f}} = 548 \sqrt{\frac{14.4}{4 \times 5800}} = 13.64 \text{ m}$$

### Ecuación 2.1

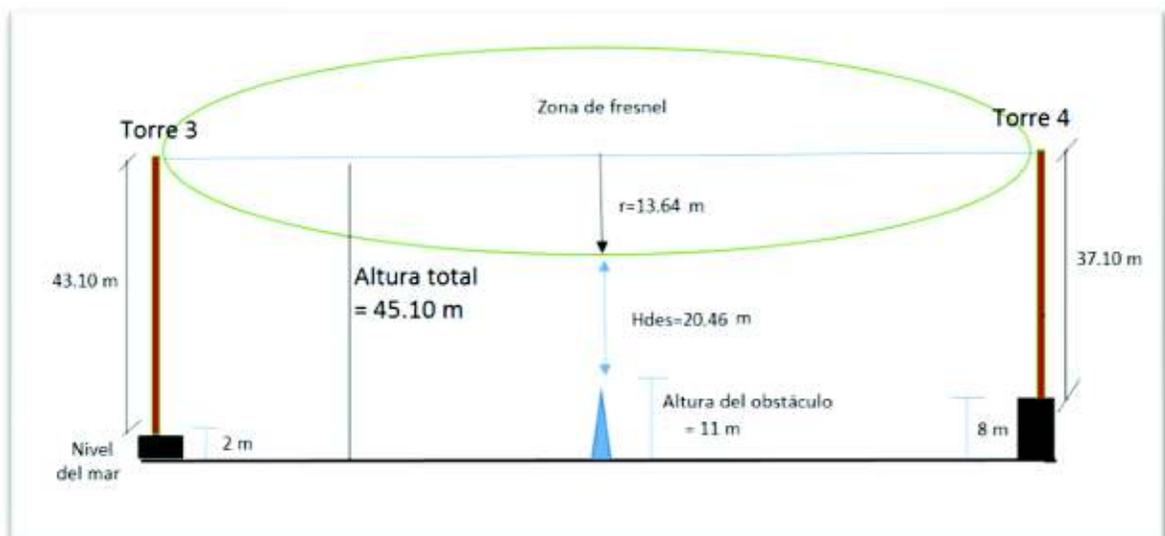
Radio de la primera zona de Fresnel

Obtenido el valor del radio de despeje de la primera zona de fresnel, y con ayuda del programa google earth se observa el diagrama del perfil topográfico existente en el trayecto entre la torre 3 y la torre 4 véase figura 2.32.



**Figura 2.32** Perfil topográfico del enlace troncal

Del perfil se desprende que la altura del obstáculo más alto que se encuentra dentro de este trayecto es de 11 metros. Y con este dato se realiza una gráfica con los valores que deberían tener las torres para conseguir al menos un factor del 150% de despeje de la primera zona de Fresnel, con esta presunción la altura de despeje calculada es  $H_{des}=20,46$  m. Véase figura 2.33.



**Figura 2.33** Estimación de alturas de las torres 1 y 2

Como se pudo observar en la Figura 2.33 la altura de la torre 3 tendría un valor de 43.10 m y la altura de la torre 4 tendría un valor de 37.10 metros para el caso ideal. Entonces se toman estos valores como referentes se asume para la **torre 3** una altura de **50 metros** y

para la **torre 4** una altura de **30 metros**. Y con estos valores se calcula el verdadero valor de la altura de despeje.

### Cálculo de la Altura de Despeje:

$h_1=52\text{m}$  → Altura de antena en Torre 3 (Camaronera) + 2m ;

$h_2=38\text{m}$  → Altura de antena en torre 4 (Centro de monitoreo) + 8m

$d_1=d_2$  y  $d=d_1+d_2=2d_1=14.40\text{km}$

$k$ = Coeficiente de radio efectivo de la Tierra (se utiliza un valor de 4/3)

$a$ = radio promedio de la tierra 6370 Km

$h$ = altura del obstáculo (para este caso se asume 3 metros a la mitad del trayecto)

$$h_{des} = h_1 + \frac{d_1}{d} + (h_2 - h_1) - \left( h + \frac{d_1 \times d_1 \times 1000}{2 \times k \times a} \right)$$

#### Ecuación 2.2 Altura de despeje

$$h_{des} = h_1 + \frac{1}{2} + (h_2 - h_1) - \left( h + \frac{d_1^2 \times 1000}{2 \times k \times a} \right)$$

$$h_{des} = 52 + 0.5 + (38 - 52) - \left( 3 + \frac{14.4^2 \times 1000}{2 \times \frac{4}{3} \times 6370} \right)$$

$$h_{des} = 52 + 0.5 - 14 - 12.19 = 26.31 \text{ m}$$

Factor de despeje = altura de despeje / radio de la primera zona de fresnel

$$\text{factor de despeje} = \frac{26.31}{13.64} = 1.92$$

El factor de despeje es mucho mayor al mínimo esperado que es de 1.5 con lo cual se garantiza que el enlace estará libre de obstrucciones a lo largo la línea de vista.

### Cálculo de Atenuación en el Espacio Libre ( $A_0$ )

$$A_0 = K + 20 \log f + 20 \log d \text{ [dB]}$$

#### Ecuación 2.3 Atenuación de espacio Libre

Donde K constante= 92.4; Si la frecuencia (f) está en GHz y la distancia (d) está en Km

$$A_0 = 92.4 + 20 \log f + 20 \log d \text{ [dB]}$$

$$A_0 = 92.4 + 20 \log(5.8) + 20 \log(14.4) [dB]$$

$$A_0 = 92.4 + 15.26 + 23.16 [dB]$$

$$A_0 = 130.82 [dB]$$

### Presupuesto del Enlace

El **Margen** de desvanecimiento es la previsión en un sistema de radio para que sea admisible un desvanecimiento calculado.

**Margen** = Potencia de Transmisión [dBm] – **Pérdidas en el cable y conectores TX** [dB] + Ganancia de AntenaTX [dBi] - **pérdida en la trayectoria del Espacio libre** [dB] + Ganancia de Antena RX [dBi]-**Pérdida de Cable y conectores RX** [dB] - **Sensibilidad del receptor** [dBm].

En la tabla 2.15 se muestran los datos para el cálculo del margen. Los datos de potencia de transmisión, perdidas en el cable TX y ganancia de la antena son datos del fabricante, véase tabla 2.13.

**Tabla 2.15** Cálculos del presupuesto del enlace troncal

Datos	Elementos	Valores
	Potencia del transmisor (Ptx)	7 dBm
Enlace Troncal (Torre 3 - Torre 4)	Pérdida en cables y conectores	0
Distancia: 14.4 Km	Ganancia Antena Tx (Gtx)	29 dBi
Frecuencia: 5.8 GHz	Atenuacion espacio libre (Ao)	(-)130.82 dB
Powerbeam PBE-5AC-620	Ganancia Antena Rx (Grx)	29 dBi
	Pérdida en cables y conectores	0
	Sensibilidad del receptor	(-)96dBm
Margen		<b>30.18 dB</b>

Para el enlace troncal el margen de desvanecimiento es de 30.18 dB, para obtener este resultado se asumió un valor de potencia de transmisión (Ptx) de **7dBm**. Este valor lo elegimos para que coincida con el el máximo valor de PIRE permitido en el Ecuador que es de **36 dBm**. Además, se tiene que el valor de perdida de cables y conectores en el transmisor y en el receptor, es (0) puesto que el equipo amplificador y la antena de transmisión se encuentran integrados en un solo cuerpo y por tanto estos valores no los da el fabricante.

## Cálculo de Confiabilidad del Enlace Troncal

La confiabilidad del enlace es el tiempo en el cual el sistema se mantiene operativo hasta su evento de indisponibilidad, la expresión capaz de indicar el grado de confiabilidad es el Margen de desvanecimiento (FM) de Barnett-Vignan, que calcula la disponibilidad anual de un sistema.

$$FM = 30\log(D) + 10 \log(6ABf) - 10\log(1-R) - 70$$

### Ecuación 2.4 Margen de desvanecimiento de Barnett-Vignan

Donde:

D= Distancia (Km)= 14.4 Km

A = Factor de rugosidad = 4(sobre agua)

B = Factor de análisis de clima =0,5 (caliente y húmedo)

F = Frecuencia de trabajo (GHz)= 5,8 GHz

R = confiabilidad del enlace = 0.9999 (valor asumido del 99,99% de confiabilidad)

$$FM = 30\log(14,4) + 10\log(6*4*0,5*5,8) - 10\log(1-0,9999) - 70$$

$$FM = 34,75 + 18,43 + 40 - 70$$

$$FM = 23,18 \text{ dB}$$

Ahora se calcula el margen de desvanecimiento Umbral (Mu) cuya fórmula es igual a la del Margen calculado en el presupuesto del enlace Troncal y el valor se extrae de la tabla 2.15

Margen (Mu) = 30.18 dB

Para asegurar su confiabilidad y por ende su factibilidad se debe cumplir que:

$$MU > FM$$

$$30,18 > 23,18$$

Por tanto, si es factible.

## Enlace 1

### Perfil de Terreno

La altura en el lugar de la torre 1 es de 0 metros con respecto al nivel del mar, la altura en el lugar de la torre 3 es de 2 metros con respecto al nivel del mar. En este caso las alturas de las torres 1 y 3 ya están determinadas y son de 50 metros cada una por tanto se asume para los cálculos que en el punto más alto se instalarán las antenas para el enlace y por ende no existe obstrucción a la línea de vista. En la figura 2.34 se plasman las coordenadas geográficas en las que se ubicarán la Torre 1 y La Torre 3.



Figura 2.34 Enlace 1

### Radio de la Primera Zona de Fresnel

Para este cálculo se toma la frecuencia de transmisión de la antena  $f=2400\text{MHz}$  y la distancia existente entre las torres 1 y 3 que es  $d = 0.350\text{ Km}$ .

$$r_1 = 548 \sqrt{\frac{d}{4 \times f}} = 548 \sqrt{\frac{0.350}{4 \times 2400}} = 3.30\text{m}$$

### Cálculo del Factor de Despeje de la Primera Zona de Fresnel

En este caso, se utilizaron los siguientes valores:

- $h_1=50\text{m}$  → Altura de antena en Torre 1 ;
- $h_2=52\text{m}$  → Altura de antena en Torre 3 + 2 m (respecto al nivel del mar)

$$d_1=d_2 \text{ y } d=d_1+d_2=2d_1=0.350\text{km}$$

$$h_{des} = h_1 + \frac{d_1}{d} + (h_2 - h_1) - \left( h + \frac{d_1 \times d_1 \times 1000}{2 \times k \times a} \right)$$

$$h_{des} = h_1 + \frac{1}{2} + (h_2 - h_1) - \left( h + \frac{d_1^2 \times 1000}{2 \times k \times a} \right)$$

$$h_{des} = 50 + 0.5 + (52 - 50) - \left( 2 + \frac{0.350^2 \times 1000}{2 \times \frac{4}{3} \times 6370} \right)$$

$$h_{des} = 50 + 0.5 + 2 - 2 = 50.5m$$

$$\text{factor de despeje} = \frac{h_{des}}{r_1} = \frac{50.5}{3.30} = \mathbf{15.30}$$

En este caso el factor de despeje de la primera zona de fresnel es 15.30 mucho mayor al 0.6 requerido.

#### Cálculo de Atenuación en el Espacio Libre ( $A_0$ )

$$A_0 = 92.4 + 20 \log f + 20 \log d \text{ [dB]}$$

$$A_0 = 92.4 + 20 \log(2.4) + 20 \log(0.350) \text{ [dB]}$$

$$A_0 = 92.4 + 7.6 - 9.11 \text{ [dB]}$$

$$A_0 = \mathbf{90.88 \text{ [dB]}}$$

#### Presupuesto del Enlace

En este caso no se enunciará la fórmula que es la misma que se utilizó en el cálculo del enlace troncal. Solo se muestran los resultados en la tabla 2.16

**Tabla 2.16** Cálculos del presupuesto del enlace 1

Datos	Elementos	Valores
	Potencia del transmisor (Ptx)	23 dBm
Enlace 1 (Torre 1 - Torre 3)	Pérdida en cables y conectores	0
Distancia: 0.35 Km	Ganancia Antena Tx (Gtx)	8.5 dBi
Frecuencia: 2.4 GHz	Atenuacion espacio libre (Ao)	(-)90.88 dB
NanoStation L M2	Ganancia Antena Rx (Grx)	8.5 dBi
	Pérdida en cables y conectores	0
	Sensibilidad del receptor	(-)83 dBm
Margen		<b>32.12 dB</b>

Para el enlace 1 el margen de desvanecimiento es de 32.12 dB y el valor del PIRE es de 31.5 dBm < 36dBm que es el máximo valor de PIRE permitido en el Ecuador.

## Cálculo de Confiabilidad del Enlace 1

Se calcula el margen de desvanecimiento de Barnett-Vignan

$$FM = 30\log(D) + 10 \log(6ABf) - 10\log(1-R) - 70$$

Donde:

D= Distancia (Km)= 0.35 Km

A = Factor de rugosidad = 4(sobre agua)

B = Factor de análisis de clima =0,5 (caliente y húmedo)

F = Frecuencia de trabajo (GHz)= 2,4 GHz

R = confiabilidad del enlace = 0.9999 (valor asumido del 99,99% de confiabilidad)

$$FM = 30\log(0,35) + 10\log(6*4*0,5*2,4) - 10\log(1-0,9999) - 70$$

$$FM = -13,67 + 14,59 + 40 - 70$$

$$FM = - 29,08 \text{ dB}$$

Ahora se calcula el margen de desvanecimiento Umbral (Mu) cuya fórmula es igual a la del Margen calculado en el presupuesto del enlace 1 y el valor se extrae de la tabla 2.16.

Margen (Mu) = 32.12 dB

Para asegurar su confiabilidad y por ende su factibilidad se debe cumplir que:

$$MU > FM$$

$$32,12 > -29,12$$

Por tanto, si es factible.

## Enlace 2

### Perfil

La altura en el lugar de la torre 2 es de 1 metros con respecto al nivel del mar, la altura en el lugar de la torre 3 es de 2 metros con respecto al nivel del mar .

En este caso las alturas de las torres 2 y 3 ya estan determinadas y son de 50 metros cada una por tanto se asume que en el punto mas alto se instalaran las antenas para el enlace y por ende no existe obstruccion a la linea de vista. En la figura 2.35 se plasman las coordenadas geograficas en las que se ubicaran la Torre3 y La Torre 2



Figura 2.35 Perfil enlace 2

### Radio de la Primera Zona de Fresnel

Para este cálculo se toma la frecuencia de transmisión de nuestra antena  $f=2400\text{MHz}$  y la distancia de existente entre las torres 2 y 3  $d=1.1\text{ Km}$ .

$$r_1 = 548 \sqrt{\frac{d}{4 \times f}} = 548 \sqrt{\frac{1.1}{4 \times 2400}} = 5.86\text{m}$$

### Cálculo del Factor de Despeje de la Primera Zona de Fresnel

En este caso, se utilizaron los siguientes valores:

$h_1=51\text{m}$  → Altura de antena en Torre 2 ;

$h_2=52\text{m}$  → Altura de antena en Torre 3 + 2 m (respecto al nivel del mar)

$d_1=d_2$  y  $d=d_1+d_2=2d_1=1.1\text{km}$

$$h_{des} = h_1 + \frac{d_1}{d} + (h_2 - h_1) - \left( h + \frac{d_1 \times d_1 \times 1000}{2 \times k \times a} \right)$$

$$h_{des} = h_1 + \frac{1}{2} + (h_2 - h_1) - \left( h + \frac{d_1^2 \times 1000}{2 \times k \times a} \right)$$

$$h_{des} = 51 + 0.5 + (52 - 51) - \left( 2 + \frac{1.1^2 \times 1000}{2 \times \frac{4}{3} \times 6370} \right)$$

$$h_{des} = 51 + 0.5 + 1 - 2 = 50.5m$$

$$\text{factor de despeje} = \frac{h_{des}}{r_1} = \frac{50.5}{5.86} = \mathbf{8.61}$$

En este caso el factor de despeje de la primera zona de fresnel es 8.61 mucho mayor al 0.6 requerido.

### Cálculo de Atenuación en el Espacio Libre ( $A_0$ )

$$A_0 = 92.4 + 20 \log f + 20 \log d \text{ [dB]}$$

$$A_0 = 92.4 + 20 \log(2.4) + 20 \log(1.1) \text{ [dB]}$$

$$A_0 = 92.4 + 7.6 - 0.828 \text{ [dB]}$$

$$A_0 = \mathbf{99.172 \text{ [dB]}}$$

### Presupuesto del Enlace

En este caso no se enunciará la fórmula que es la misma que se utilizó en el cálculo del enlace troncal. Solo se muestran los resultados en la tabla 2.17

**Tabla 2.17** Cálculos del presupuesto del enlace 2

Datos	Elementos	Valores
	Potencia del transmisor (Ptx)	23 dBm
Enlace 2 (Torre 2 - Torre 3)	Pérdida en cables y conectores	0
Distancia: 1.1 Km	Ganancia Antena Tx (Gtx)	8.5 dBi
Frecuencia: 2.4 GHz	Atenuacion espacio libre (Ao)	(-)99.172 dB
NanoStation L M2	Ganancia Antena Rx (Grx)	8.5 dBi
	Pérdida en cables y conectores	0
	Sensibilidad del receptor	(-)83 dBm
Margen		<b>23.82 dB</b>

Para el enlace 2 el margen de desvanecimiento es de 23.82 dB y el valor del PIRE es de 31.5 dBm < 36 dBm que es el máximo valor de PIRE permitido en el Ecuador. ||

## Cálculo de Confiabilidad del Enlace 2

Se calcula el margen de desvanecimiento de Barnett-Vignan

$$FM = 30\log(D) + 10 \log(6ABf) - 10\log(1-R) - 70$$

Donde:

D= Distancia (Km)= 1.1 Km

A = Factor de rugosidad = 4(sobre agua)

B = Factor de análisis de clima =0,5 (caliente y húmedo)

F = Frecuencia de trabajo (GHz)= 2,4 GHz

R = confiabilidad del enlace = 0.9999 (valor asumido del 99,99% de confiabilidad)

$$FM = 30\log(1,1) + 10\log(6*4*0,5*2,4) - 10\log(1-0,9999) - 70$$

$$FM = 1,24 + 14,59 + 40 - 70$$

$$FM = - 14,17 \text{ dB}$$

Ahora se calcula el margen de desvanecimiento Umbral (Mu) cuya fórmula es igual a la del Margen calculado en el presupuesto del enlace 1 y el valor se extrae de la tabla 2.17.

Margen (Mu) = 23.82 dB

Para asegurar su confiabilidad y por ende su factibilidad se debe cumplir que:

$$MU > FM$$

$$23,82 > -14,17$$

Por tanto, si es factible.

## 2.17 Dimensionamiento de Energía Auxiliar del sistema

Los equipos de energía auxiliar permiten alimentar a los equipos eléctricos en caso de pérdida del suministro de energía principal para garantizar el funcionamiento continuo por un tiempo determinado, además de protegerlos en caso de variaciones de voltaje o sobre tensiones que puedan ocurrir. Para dimensionar el sistema auxiliar se considera el **sexto requerimiento** de la empresa que solicita que en caso de pérdida del suministro de energía local en la camaronera el sistema de CCTV IP pueda seguir operando por un periodo de tiempo mayor o igual a 4 horas, debido a que los cortes de energía que ahí se han producido nunca han superado ese período de tiempo.

Debido a la distribución de equipos en el área de la camaronera no es posible utilizar un solo equipo para energizar al sistema completo, así que se debe dimensionar un equipo de alimentación auxiliar para cada ubicación. En la tabla 2.18 se detallan los equipos del sistema de CCTV y el consumo total de cada uno de sus componentes.

**Tabla 2.18** Ubicación de equipos y consumo de energía

Distribución de equipos en la Camaronera y consumo de energía					
Cuarto de equipos	Consumo watts /hora	Torre 1	Consumo watts /hora	Torre 2	Consumo watts /hora
Cámara fija	5.8 W	Cámara PTZ	60 W	Cámara PTZ	60W
NVR	10 W	Equipo Transmisor Tx 1	5.5 W	Equipo Transmisor Tx 2	5.5 W
Switch	78.8 W				
Equipo Receptor Rx 1	5.5 W				
Equipo Receptor Rx 2	5.5 w				
Equipo Transmisor Tx 3	8.5.W				
<b>Total consumo</b>	<b>114.1 W</b>		<b>65.5 W</b>		<b>65.5 W</b>

### Constitución del Sistema Auxiliar de Energía

En este punto se detalla la constitución del sistema de energía auxiliar. Este sistema se compone de un equipo APS (Automatic Power Supply) que también es conocido como un Inversor Cargador, su funcionamiento es como el de un UPS ( Uninterrupted Power Supply) la diferencia radica en que los APS no requieren mantenimiento, pueden ser usados como fuente de energía principal y su batería es externa. Esto permite que la batería pueda ser ajustada a los requerimientos específicos y al tiempo de respaldo solicitado.

Como parte de su funcionamiento, el APS realiza los siguientes procesos:

- Censa los niveles de voltaje y frecuencia del suministro eléctrico.

- Si los niveles de voltaje son adecuados hace un bypass de la entrada de energía hacia la carga y hacia el cargador de baterías.
- Si son inadecuados desconecta el bypass, toma la energía de la batería y la transforma a 110V AC y alimenta a la carga hasta que regrese la energía a su estado normal o hasta que se termine la carga almacenada en la batería.

En la figura 2.36 se muestra el esquema de funcionamiento de un APS.

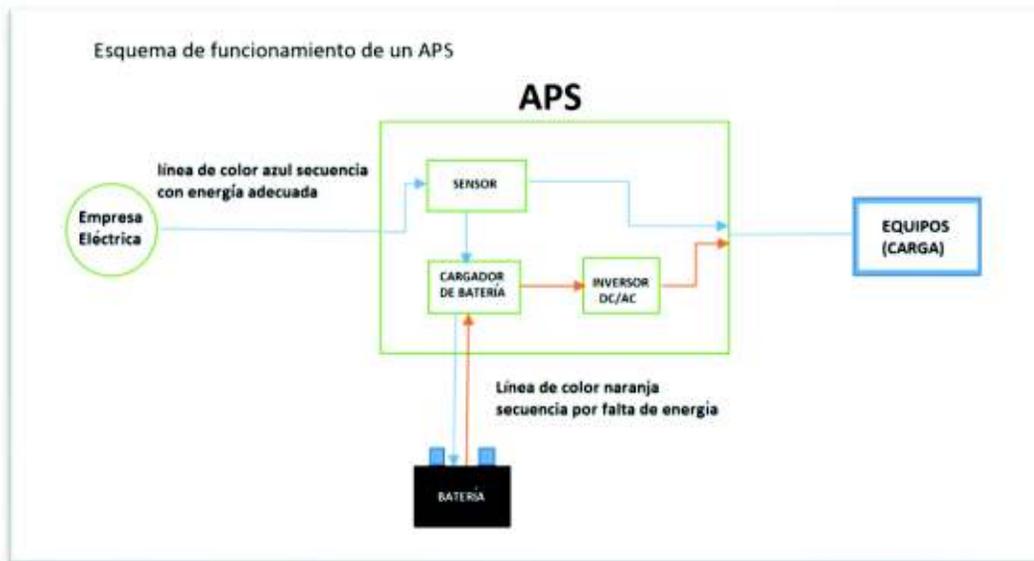


Figura 2.36 Funcionamiento del APS

## Selección del APS

Para seleccionar el APS más adecuado se necesitan los datos de carga que se va a conectar al APS y el tipo de batería que se va a emplear sean estas de 12 o 24 VDC, lo referente al tiempo que debe funcionar corresponde al dimensionamiento de la batería, que se detalla en la siguiente sección. En base al consumo de energía de los equipos (Tabla 2.18) de determinan las características técnicas que deben cumplir los APS.

Tabla 2.19 Requerimientos técnicos de los APS

Características técnicas que deben cumplir los APS			
	Cuarto de Equipos	Torre1	Torre 2
<b>Voltaje de entrada</b>	120 VAC	120 VAC	120 VAC
<b>Voltaje del inversor</b>	120 VAC	120 VAC	120 VAC
<b>Potencia de la carga</b>	$\geq 114.1W$	$\geq 65.5 W$	$\geq 65.5 W$
<b>Voltaje del cargador</b>	12 VDC	12VDC	12VDC
<b>Acción del Bypass</b>	automático	automático	automático
<b>Tipo de batería</b>	Gel o plomo acida	Gel o plomo acida	Gel o plomo acida

El diseño presentado en este Trabajo de Titulación se basa en la confiabilidad de los equipos y el grado de respaldo técnico de los mismos, que nos ayudaran a garantizar que en caso de una falla puedan ser cambiados o reparados. En el mercado ecuatoriano existen varias marcas y modelos que se pueden utilizar, pero en el caso de los equipos APS hay una sola marca que tiene distribuidores en Ecuador y que cumple con las condiciones de garantías, servicio técnico y stock de repuestos. Esta marca es **Tripp Lite** y presenta un gran stock de modelos, pero solo uno se ajusta a los requerimientos técnicos, aunque el modelo excede en gran medida a las características mínimas requeridas el costo del mismo es relativamente bajo por lo tanto se decide trabajar con este modelo. En la tabla 2.20 se detallan las características técnicas del APS elegido.

**Tabla 2.20** Características técnicas del APS

Características del APS	
Marca	Tripp Lite
Modelo	APS 700HF
Potencia nominal de salida	700 W
Potencia máxima de salida	1400 W
Voltaje de entrada	120 VAC
Voltaje de salida	120 VAC
Conmutación (línea/inversor)	automática
Tiempo de conmutación	16.6 ms
Tolerancia humedad	0 a 95%
Voltaje del cargador	12 VDC
Tipo de Batería	gel o plomo acida

Este modelo de APS será usado para la torre 1, torre 2 y el cuarto de equipos. En la siguiente sección se presenta el cálculo de las capacidades de las baterías que deberán ser conectadas a los APS para conseguir las 4 horas de respaldo de energía.

### **Cálculo de la Capacidad de Almacenamiento de las Baterías**

La capacidad de carga o capacidad de la batería es la carga que puede almacenar este elemento. Se mide en amperios-hora (Ah) y es el segundo parámetro a considerar, el primero es el voltaje de trabajo de la batería que para el presente diseño es de 12 VDC. Para entender el parámetro (Ah), se toma como ejemplo una capacidad de carga de 1 amperio-hora significa que la batería puede suministrar una intensidad de corriente de 1 A durante 1 hora antes de agotarse. Entre una batería de 1Ah y otra de 2 Ah, la segunda durará más tiempo (el doble) porque tiene más carga eléctrica almacenada. En un equipo eléctrico se pueden colocar baterías con cualquier capacidad de carga, ya que esta tan solo influye en la duración de funcionamiento.

Con lo anteriormente explicado se calcula la carga que deben tener las baterías para proveer de energía al sistema por un periodo de 4 horas, Estos valores se muestran en la tabla 2.21, en esta tabla se muestran los valores ideales de carga, pero contempla también los valores con un 30% de incremento en la capacidad de las baterías y esto se debe a las pérdidas ocasionadas por el equipo inversor del APS.

**Tabla 2.21** Cálculo requerimiento de almacenamiento de baterías

Cálculo de capacidad de almacenamiento de las baterías					
Cuarto de equipos	Consumo watts /hora	Torre 1	Consumo watts /hora	Torre 2	Consumo watts /hora
Cámara fija	5.8 W	Cámara PTZ	60 W	Cámara PTZ	60W
NVR	10 W	Equipo Transmisor Tx 1	5.5 W	Equipo Transmisor Tx 2	5.5 W
Switch	78.8 W				
Equipo Receptor Rx 1	5.5 W				
Equipo Receptor Rx 2	5.5 w				
Equipo Transmisor Tx 3	8.5W				
<b>Total por hora</b>	<b>114.1 W</b>		<b>65.5 W</b>		<b>65.5 W</b>
<b>Potencia necesaria para 4 horas</b>	<b>456.40 W</b>		<b>262 W</b>		<b>262 W</b>
<b>Capacidad Ideal de almacenamiento de las baterías (W/12VDC)= (Ah)</b>	$(456.4/12) = 38.3 \text{ Ah}$		$(262/12) = 21.83 \text{ Ah}$		$(262/12) = 21.83 \text{ Ah}$
<b>Capacidad con el 30% de incremento para suplir pérdidas</b>	<b>49.44 Ah</b>		<b>28.38 Ah</b>		<b>28.38 Ah</b>

En el mercado las capacidades de baterías tienen valores homologados, por ejemplo, la batería para el APS del cuarto de equipos es de 49.44 Ah, este valor de batería no existe como tal, entonces se selecciona el valor superior que si existe en el mercado esto es una batería de 52Ah. Para el caso de las baterías para los APS de las torres 1 y 2 que son las mismas, el valor calculado es de 28.38Ah, por tanto, se selecciona una batería de 30Ah que si existe en el mercado.

Finalmente se necesitan para la torre 1 y torre 2, gabinetes para alojar al APS y su batería, este gabinete debe ser de acero inoxidable para que soporte las condiciones atmosféricas y proteja a los equipos de la intemperie, permita también que el APS y la batería estén debidamente espaciados y ventilados. Para el cuarto de equipos se necesita un rack cerrado con el tamaño adecuado para alojar al Switch, NVR, APS y batería.

### Dimensionamiento de Gabinetes

El tamaño que deben tener los gabinetes depende del tamaño que tiene el APS y la batería. Las dimensiones del APS se obtienen de la *data sheet* del modelo elegido, pero la marca de batería para el diseño de los gabinetes tiene que ser elegida primero. En el mercado de baterías las dimensiones de estas son similares entre las distintas marcas cuando son del

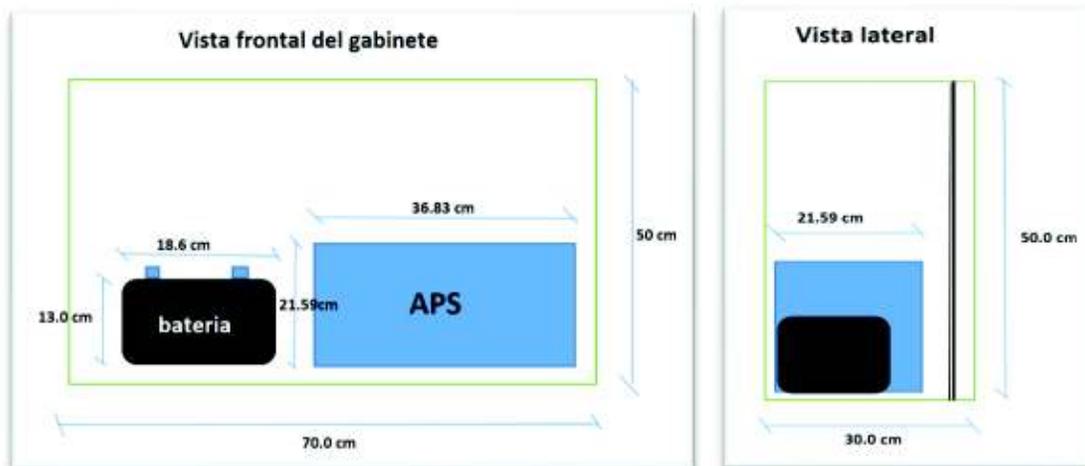
mismo amperaje por tanto sin mayor análisis se utilizan las dimensiones de una batería de plomo ácido de 12VDC y 30 Ah de la marca BOSCH.

En la tabla 2.22 se detallan las dimensiones del APS y la batería.

**Tabla 2.22** Dimensiones del APS y baterías

Dimensiones	
Tripp lite APS 700HF	21.59 x 36.83 x 21.59 cm
Batería BOSCH 12VDC-30Ah	186x130x171 mm
Batería BOSCH 12VDC-52Ah	207x175x175 mm

Con estos valores se realiza un esquema de como irían estos equipos con sus respectivas dimensiones en el interior del gabinete y también se consideran las dimensiones necesarias para que exista el suficiente espaciamiento entre los equipos. Para tal fin se muestran dos vistas la frontal y lateral. Al final se muestran las dimensiones del gabinete diseñado en la figura 2.37.



**Figura 2.37** Diseño del gabinete

### Dimensionamiento del Rack

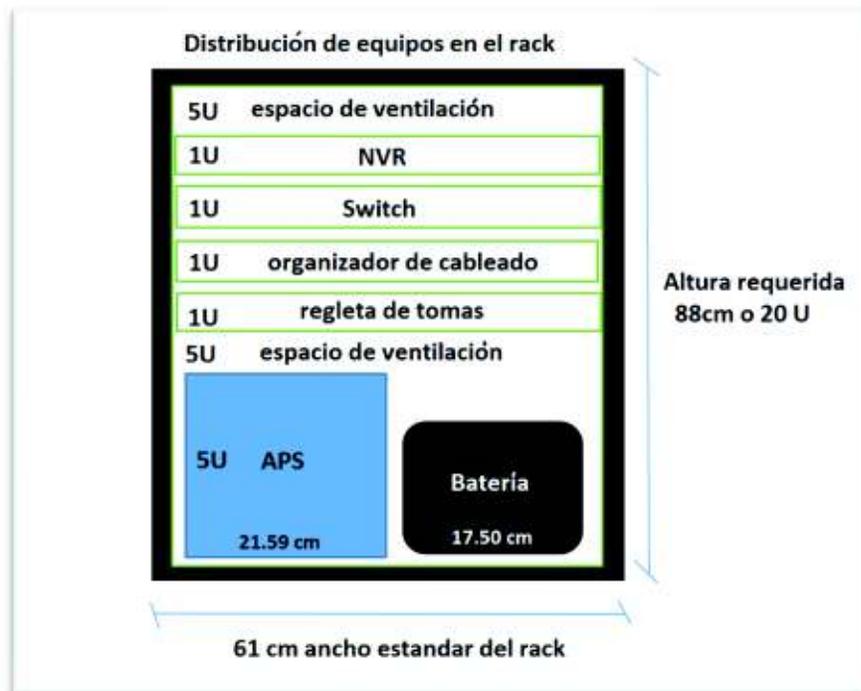
El Rack es un soporte metálico destinado a alojar equipamiento electrónico, informático y de comunicaciones. Las medidas para la anchura están normalizadas para que sean compatibles con equipamiento de distintos fabricantes, y está estipulada en pulgadas. También son llamados cabinas, gabinetes o armarios, y estos son diseñados para instalación en interiores y su unidad de medida son los U que significa Unidad de Rack. Un

1U tiene una equivalencia numérica de 4,47cm y este valor corresponde a la altura del armario. Véase ilustración 2.38



**Figura 2.38** Rack cerrado de 20 U

Para determinar la altura del rack se distribuye en teoría como deberían quedar los equipos en el rack y se estima la altura que se necesita para poder manipular y ventilar los equipos. Estas distancias también proveen una reserva para instalar otros elementos como regletas de tomas, patch panels y organizadores de cableado. Cabe mencionar que los equipos más grandes se ubican en la parte inferior del rack y para el caso del diseño propuesto las dimensiones del APS y la batería de 12 VDC - 52 Ah no superan el ancho estandarizado del rack.



**Figura 2.39** Distribución de equipos en el rack y altura requerida

## 2.18 Marco Regulatorio de Enlaces Inalámbricos

### Artículos que Rigen los Enlaces Inalámbricos

A través de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones –ARCOTEL- el Estado Ecuatoriano se encarga de regular, administrar y controlar el uso del espectro radio eléctrico en el país. A continuación, se mencionan algunos artículos de las leyes y reglamentos aplicables a este proyecto, así como el respectivo proceso para conseguir la autorización del Título Habilitante que corresponda.

#### Ley Orgánica de Telecomunicaciones

La ley Orgánica de Telecomunicaciones, publicada mediante Registro Oficial No. 439 de 18 de febrero de 2015 dice:

**Artículo 1.- Objeto.** Esta Ley tiene por objeto desarrollar, el régimen general de telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico como sectores estratégicos del Estado que comprende las potestades de administración, regulación, control y gestión en todo el territorio nacional, bajo los principios y derechos constitucionalmente establecidos.

**Artículo 2.- Ámbito.** La presente Ley se aplicará a todas las actividades de establecimiento, instalación y explotación de redes, uso y explotación del espectro radioeléctrico, servicios de telecomunicaciones y a todas aquellas personas naturales o jurídicas que realicen tales actividades a fin de garantizar el cumplimiento de los derechos y deberes de los prestadores de servicios y usuarios.

**Artículo 6.- Otras Definiciones.** Para efectos de la presente Ley se aplicarán las siguientes definiciones:

**Frecuencias esenciales.** - Frecuencias íntimamente vinculadas a los sistemas y redes involucrados en la prestación de un servicio, utilizadas para el acceso de los usuarios al servicio, por medio de equipos terminales.

**Frecuencias no esenciales.** - Frecuencias vinculadas a sistemas y redes de telecomunicaciones no consideradas como frecuencias esenciales.

**Homologación.** - Es el proceso por el que un equipo terminal de una clase, marca y modelo es sometido a verificación técnica para determinar si es adecuado para operar en una red de telecomunicaciones específica.

**Artículo 7.- Competencias del Gobierno Central.** El Estado, a través del Gobierno Central tiene competencias exclusivas sobre el espectro radioeléctrico y el régimen general de telecomunicaciones. Dispone del derecho de administrar, regular y controlar los sectores estratégicos de telecomunicaciones y espectro radioeléctrico, lo cual incluye la potestad para emitir políticas públicas, planes y normas técnicas nacionales, de cumplimiento en todos los niveles de gobierno del Estado.

**Artículo 9.- Redes de telecomunicaciones.** Se entiende por redes de telecomunicaciones a los sistemas y demás recursos que permiten la transmisión, emisión y recepción de voz, vídeo, datos o cualquier tipo de señales, mediante medios físicos o inalámbricos, con independencia del contenido o información cursada.

El establecimiento o despliegue de una red comprende la construcción, instalación e integración de los elementos activos y pasivos y todas las actividades hasta que la misma se vuelva operativa.

De acuerdo con su utilización las redes de telecomunicaciones se clasifican en:

- a) Redes Públicas de Telecomunicaciones
- b) Redes Privadas de Telecomunicaciones

**Artículo 13.- Redes privadas de telecomunicaciones.** Las redes privadas son aquellas utilizadas por personas naturales o jurídicas en su exclusivo beneficio, con el propósito de conectar distintas instalaciones de su propiedad o bajo su control. Su operación requiere de un registro realizado ante la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones y en caso de requerir de uso de frecuencias del espectro radioeléctrico, del título habilitante respectivo.

Las redes privadas están destinadas a satisfacer las necesidades propias de su titular, lo que excluye la prestación de estos servicios a terceros. La conexión de redes privadas se sujetará a la normativa que se emita para tal fin.

La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones regulará el establecimiento y uso de redes privadas de telecomunicaciones.

**Artículo 37.- Títulos Habilitantes.** La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones podrá otorgar los siguientes títulos habilitantes:

**1. Concesión:** Para servicios tales como telefonía fija y servicio móvil avanzado, así como para el uso y explotación del espectro radioeléctrico, por empresas de economía mixta, por la iniciativa privada y la economía popular y solidaria.

**2. Autorizaciones:** Para el uso y explotación del espectro radioeléctrico, por las empresas públicas e instituciones del Estado. Para la prestación de servicios de audio y vídeo por suscripción, para personas naturales y jurídicas de derecho privado, la autorización se instrumentará a través de un permiso.

**3. Registro de servicios:** Los servicios para cuya prestación se requiere el Registro, son entre otros los siguientes: servicios portadores, operadores de cable submarino, radioaficionados, valor agregado, de radiocomunicación, redes y actividades de uso privado y reventa.

La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, determinará los valores por el pago de derechos de concesión y registro, así como los valores por el pago de autorizaciones, cuando se trate de títulos habilitantes emitidos a favor de empresas públicas o instituciones del Estado, no relacionados con la prestación de servicios de telecomunicaciones. De ser necesario determinará, además, el tipo de habilitación para otros servicios, no definidos en esta Ley.

De los artículos mencionados concernientes a la ley de telecomunicaciones se desprende que para el presente proyecto se requiere del **Registro de Servicios** y de requerir frecuencias, se deberán solicitar y obtener previamente a la concesión o autorización, según corresponda.

**Artículo 51.- Adjudicación Directa.** Se otorgarán títulos habilitantes para su uso o explotación, por adjudicación directa, siempre y cuando cumplan con los requisitos correspondientes, en los siguientes casos:

1. Frecuencias no esenciales.
2. Redes Privadas.

**Artículo 53.- Frecuencias para uso privado.** La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones reglamentará la asignación de frecuencias de uso privado.

**Artículo 56.- Duración.** Los títulos habilitantes para el uso y explotación del espectro radioeléctrico tendrán la misma duración del título habilitante del servicio o los servicios a los cuales se encuentren asociados y se encontrarán integrados en un solo instrumento. De no estar asociados a servicio alguno su duración será de cinco años.

**Artículo 86.- Obligatoriedad.** Los equipos terminales de telecomunicaciones que utilicen espectro radioeléctrico y se conecten a redes públicas de telecomunicaciones deberán contar con la homologación y certificación, realizadas de conformidad con las normas aplicables, a fin de prevenir daños a las redes, evitar la afectación de los servicios de telecomunicaciones, evitar la generación de interferencias perjudiciales y, garantizar los derechos de los usuarios y prestadores.

La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones podrá establecer adicionalmente regulación vinculada con la homologación y certificación de otros equipos de telecomunicaciones.

**Artículo 96.- Utilización.** El uso del espectro radioeléctrico, técnicamente distinguirá las siguientes aplicaciones:

1. Espectro de uso libre: Son aquellas bandas de frecuencias que pueden ser utilizadas por el público en general, con sujeción a lo que establezca el ordenamiento jurídico vigente y sin necesidad de título habilitante, ni registro.

2.El espectro para uso determinado en bandas libres: Son aquellas bandas de frecuencias denominadas libres que pueden ser utilizadas para los servicios atribuidos por la Agencia de Regulación y Control y tan sólo requieren de un registro.

3. El espectro para usos determinados: Son aquellos establecidos por la Agencia de Regulación y Control; dentro de este grupo pueden existir asignaciones de uso privativo o compartido.

4. El espectro para usos experimentales: Son aquellas bandas de frecuencias destinadas a la investigación científica o para pruebas temporales de equipo.

Para efectos de este proyecto se ha considerado equipos que están debidamente homologados ante el organismo correspondiente, a continuación, se muestra el listado de equipos homologados:

Modelo	Descripción	Frecuencia	Potencia	Clase	Especificaciones
MS-SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL	Equipos de sistemas de modulación digital banda ancha	3371	200000 W	500-M	
ROCKET DE SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL	Equipos de sistemas de modulación digital banda ancha	3342	200000 W	500-M	
SANTOSIN MI (SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL)	Equipos de sistemas de modulación digital banda ancha	3343	200000 W	500-M	
MS-SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL	Equipos de sistemas de modulación digital banda ancha	3349	100000 W	300-000	
IRC-SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL	Equipos de sistemas de modulación digital banda ancha	3329	100000 W	300-000	
MS-SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL	Equipos de sistemas de modulación digital banda ancha	3324	300000 W	500-M	
EMERSON LOGIC DE SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL	Equipos de sistemas de modulación digital banda ancha	3276	300000 W	500-M	
MS-SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL	Equipos de sistemas de modulación digital banda ancha	3239	300000 W	500-M	
MS-SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL	Equipos de sistemas de modulación digital banda ancha	319	100000 W	300-000	
MS-SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL	Equipos de sistemas de modulación digital banda ancha	316	100000 W	300-000	
MS-SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL	Equipos de sistemas de modulación digital banda ancha	317	100000 W	300-000	
MS-SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL	Equipos de sistemas de modulación digital banda ancha	414	100000 W	300-000	
MS-SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL	Equipos de sistemas de modulación digital banda ancha	669	200000 W	300-000	
MS-SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL	Equipos de sistemas de modulación digital banda ancha	656	100000 W	300-000	
MS-SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL	Equipos de sistemas de modulación digital banda ancha	659	100000 W	300-000	

Figura 2.40 Modelos de antenas homologados por la ARCOTEL.

Analizando los artículos 51, 53, 56, 86, y 96, se puede establecer que para este proyecto el tipo de adjudicación del título habilitante es una adjudicación directa, ya que cumple con el uso de frecuencias no esenciales, equipos homologados, es una red privada, y el uso del espectro radioeléctrico cumple con el literal 2 del artículo 96 referido a la utilización de la frecuencia.

## 2.19 Título Habilitante Requerido Para el Diseño Propuesto

Según la Resolución 04-03-arcotel-2016, “reglamento para otorgar títulos habilitantes para servicios del régimen general de telecomunicaciones y frecuencias del espectro radioeléctrico”:

**Artículo 1.- Objeto.-** Este reglamento tiene por finalidad establecer los requisitos, procedimientos, plazos y criterios para el otorgamiento, modificación, renovación y terminación o extinción de títulos habilitantes para la prestación de servicios de telecomunicaciones y de radiodifusión, operación de redes privadas, así como del uso y/o explotación del espectro radioeléctrico; y, las normas vinculadas con el Registro Público de Telecomunicaciones, que incluye al Registro Nacional de Títulos Habilitantes para servicios de radiodifusión.

Conforme lo dispone el artículo 19 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones -LOT-, se otorgarán títulos habilitantes para la prestación de servicios de telecomunicaciones y de radiodifusión, operación de redes privadas, así como para el uso o explotación del espectro radioeléctrico, y los demás comprendidos en el presente reglamento, a personas naturales residentes o jurídicas domiciliadas en el Ecuador o de conformidad con lo que se establezca para el efecto en el Reglamento General a la Ley Orgánica de Telecomunicaciones. Los títulos habilitantes para el uso de frecuencias del espectro radioeléctrico para servicios de radiodifusión se otorgarán conforme las disposiciones de la Ley Orgánica de Comunicación, la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, sus reglamentos generales y el presente reglamento.

**Artículo 139.- Título habilitante de operación de redes privadas.** - La Dirección Ejecutiva de la ARCOTEL otorgará este tipo de título habilitante a las personas naturales o jurídicas, que cumplan los términos y condiciones previstas en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, su reglamento general de aplicación; y, los requisitos técnicos y legales establecidos en el presente reglamento.

El título habilitante de registro de operación de red privada se instrumenta a través de un acto administrativo debidamente motivado, emitido por la Dirección Ejecutiva de la ARCOTEL, debiendo la persona natural o jurídica beneficiaria del mismo, suscribir la declaración de sujeción a los términos, condiciones y plazos del título habilitante y al ordenamiento jurídico vigente.

Por la naturaleza de éste título habilitante, su poseedor no adquiere la calidad de prestador del servicio, no siendo susceptible de otorgamiento de frecuencias esenciales.

**Artículo 140.- 'Requisitos.** - Sin perjuicio de los requisitos específicos y condiciones que se determinan en las fichas anexas al presente reglamento, las personas naturales o jurídicas que soliciten el título habilitante de registro para redes privadas deberán presentar, ante la Dirección Ejecutiva de la ARCOTEL, la siguiente documentación, de conformidad con lo establecido en la Disposición General Primera del presente reglamento:

1. Solicitud dirigida a la Dirección Ejecutiva de ARCOTEL suscrita por la persona natural o por el representante legal de la persona jurídica, nombres y apellidos del solicitante, número de documento de identificación; nombramiento del representante legal; direcciones de contacto y teléfonos, correo electrónico; razón social o denominación objetiva de la persona jurídica, objeto, datos de constitución de la persona jurídica y plazo de duración; y, número de Registro Único de Contribuyentes (RUC);

2. En caso de personas jurídicas, la escritura de constitución, debidamente inscrita y sus modificaciones de haberlas;
3. Copia del título de propiedad o contrato (convenio) de arrendamiento del lugar donde se ubicarán los puntos de red fijos. En el caso de puntos móviles, se requerirá una declaración juramentada del solicitante, en la que se determine que los mismos están bajo su control; y,
4. Proyecto técnico.

**Artículo 146.- Uso de frecuencias no esenciales.-** Cuando la operación de una red privada requiera del uso de frecuencias, el solicitante podrá pedir conjuntamente con el registro de operación de red privada, de ser este el caso, o en trámite independiente si ya ha obtenido previamente el registro de operación de la red privada, en cuyo caso, el otorgamiento de frecuencias adicionales se instrumentará mediante marginación en el título habilitante inscrito en el Registro Público de Telecomunicaciones, por disposición de la Dirección Ejecutiva de la ARCOTEL, y consecuentemente será parte integrante del título habilitante.

Cuando la operación de la red privada requiera uso de frecuencias del espectro radioeléctrico, deberá obtenerse el título habilitante de concesión o autorización, según corresponda, el mismo que constará integrado en la habilitación del Registro, como un solo instrumento (registro de operación de red privada, y concesión o autorización de uso de frecuencias).

La asignación de frecuencias se ajustará en todos los casos, al Plan Nacional de Frecuencias aprobado y a lo previsto en el ordenamiento jurídico vigente, no correspondiendo, para este título habilitante (registro de operación de red privada), en ningún caso, el otorgamiento de frecuencias esenciales.

**Artículo 147.- Plazo de duración del título habilitante.** - El plazo de duración del título habilitante de registro de operación de red privada, será de cinco (5) años renovables.

Según lo establecido en el Plan Nacional de Frecuencias vigente las frecuencias de uso libre en el Ecuador son las bandas de 2400 MHz y 5800 MHz (frecuencias no esenciales) véase figura 2.41.

**CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS**  
 2170 - 2520 MHz  
 6570 - 7250 MHz

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	BANDAS
<b>2300 - 2450</b> FIJO MÓVIL MOD 5.304A RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados 5.150 5.262 MOD 5.303 MOD 5.304 5.306	<b>2300 - 2450</b> FIJO MÓVIL MOD 5.304A RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados 5.150	<b>EOA.90 EOA.100</b>
<b>5725 - 5830</b> RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados 5.150 5.455	<b>5725 - 5830</b> RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados 5.150	<b>EOA.90</b>

**Figura 2.41** Cuadro nacional de frecuencias no esenciales

Los enlaces radioeléctricos en el presente proyecto trabajan en las bandas libres, sin embargo, según lo mencionado anteriormente en las leyes y reglamentos, es necesario seguir el trámite establecido por el ente rector de las telecomunicaciones, con el fin de obtener la autorización y registro de las frecuencias utilizadas en la red privada. Cabe mencionar que la solicitud de frecuencia será para el enlace que comunicará la camaronera con el centro de monitoreo.

El proceso de inscripción del proyecto a través de la página web se lo muestra en el ANEXO VIII.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Simulación de Enlaces

Para la simulación de enlaces se utilizó el programa Radio Mobile V 11.6.0. Este programa es de libre distribución y no requiere de licencias para su funcionamiento. Este programa opera en un rango de frecuencias de 20 MHz hasta los 20 GHz, para realizar las simulaciones, además es muy versátil y utiliza información que su software actualiza en línea, para ubicar las locaciones donde se instalarán los enlaces de tal manera que se podrán comparar los cálculos realizados con más objetividad.

**Como primer paso** se ingresan las coordenadas geográficas de los puntos seleccionados en los que se considera ubicar de manera física las torres. Estos datos se obtienen de las figuras 2.31, 2.34 y 2.35 en la sección 2.15 Enlaces inalámbricos

#### Ingreso de coordenadas y altitud de la TORRE 1



Figura 3.1 ingreso de coordenadas de la TORRE 1

#### Ingreso de coordenadas y altitud de la TORRE 2



Figura 3.2 ingreso de coordenadas de la TORRE 2

### Ingreso de coordenadas y altitud de la TORRE 3



Figura 3.3 Ingreso de coordenadas de la TORRE 3

### Ingreso de coordenadas y altitud de la TORRE 4

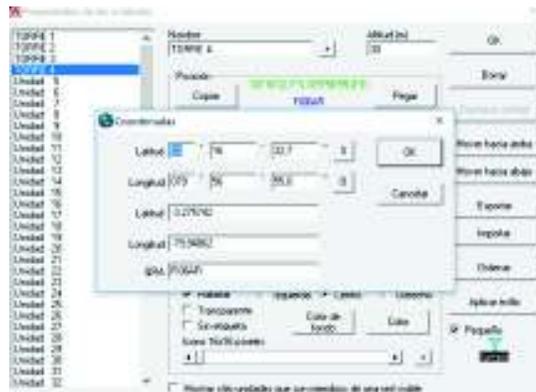


Figura 3.4 Ingreso de coordenadas de la TORRE 4

### Simulación del Enlace Troncal

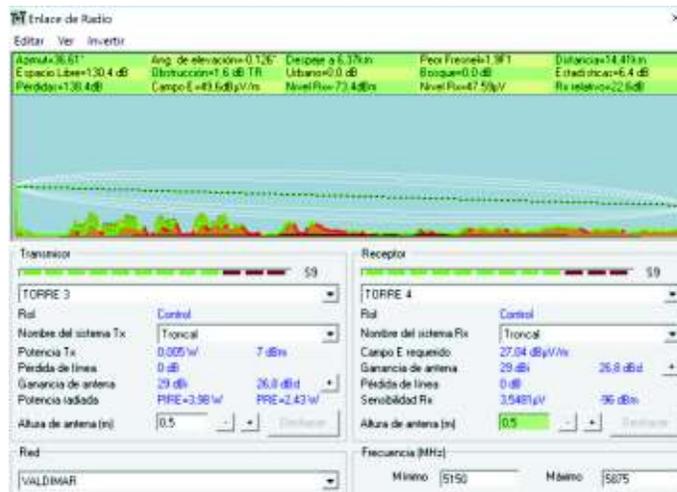
Ingresados los datos de las ubicaciones geográficas de las torres, se nombra el sistema que se va a simular como **TRONCAL** en propiedades de la red y se ingresan los parámetros de la antena elegida.

Para este enlace se eligieron las antenas Powerbeam PBE-5AC-620. En la Tabla 2.13 en la sección 2.15 Enlaces Inalámbricos se mencionan las características de interés de la antena, en el **Anexo II** se detallan las características técnicas completas de la antena.



**Figura 3.5** Propiedades de la red

Para la simulación del enlace troncal se asignan las torres que pertenecen a este enlace, (TORRE 3 Y TORRE 4) y se ingreso el valor de 0,5 metros como la altura del soporte de la antena ubicada en la punta de la torre.



**Figura 3.6** Simulación del enlace Troncal

## Resultados Enlace Troncal

De la simulación se obtiene los siguientes resultados que se muestran en las figuras 3.7 y 3.8.





Figura 3.9 Propiedades de la red

Para la simulación del enlace 1 se asignan las torres que pertenecen a este enlace, (TORRE 1 Y TORRE 3) y se ingresó el valor de 0,5 metros como la altura del soporte de la antena ubicada en la punta de la torre.

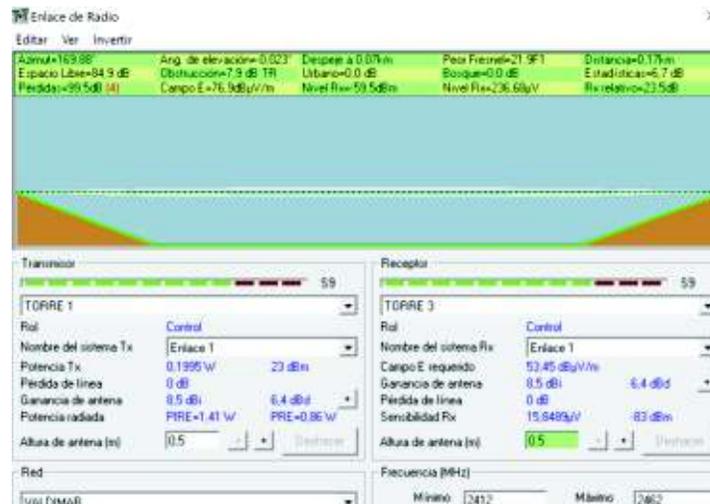


Figura 3.10 Simulación del Enlace 1

## Resultados Enlace 1

De la simulación se obtienen los siguientes resultados que se muestran en las figuras 3.11 y 3.12.

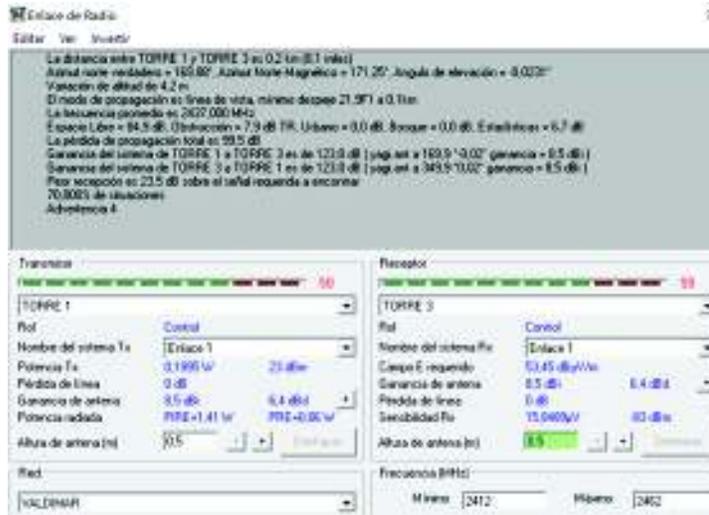


Figura 3.11 Resultados de la simulación

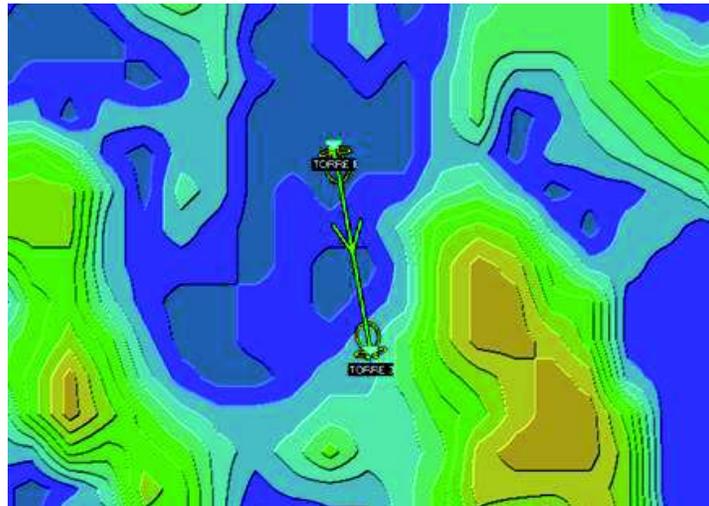


Figura 3.12 Visualización de enlace exitoso

## Simulación Enlace 2

Para la simulación del enlace 2 se nombra al sistema como Enlace 2 en propiedades de la red y se ingresan los parámetros de la antena elegida.

Para este enlace se eligieron las antenas NanoStation loco M2. En la Tabla 2.13 en la sección 2.15 Enlaces Inalámbricos se mencionan las características de interés de la antena, en el **Anexo I** se detallan las características técnicas completas de la antena



Figura 3.13 Propiedades de la red

Para la simulación del enlace 2 se asignan las torres que pertenecen a este enlace, (TORRE 2 Y TORRE 3) y se ingresó el valor de 0,5 metros como la altura del soporte de la antena ubicada en la punta de la torre.

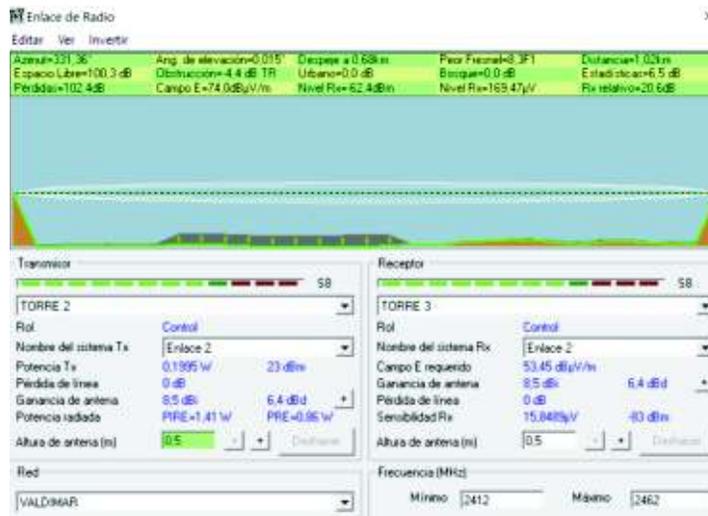


Figura 3.14 Simulación del enlace 2

## Resultados Enlace 2

De la simulación se obtienen los siguientes resultados que se muestran en las figuras 3.15 y 3.16.

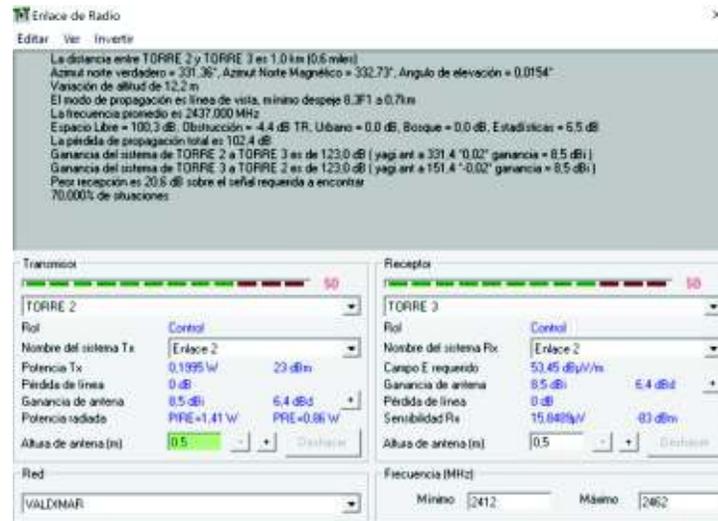


Figura 3.15 Resultados de simulación



Figura 3.16 Visualización de enlace exitoso

### 3.2 Comparación de Resultados

Con los datos obtenidos en la simulación se genera una tabla de resultados y se los compara con los calculados en la parte teórica en la sección 2.15 Enlaces Inalámbricos. Se calcula el error relativo considerando como valor real al valor obtenido en la simulación, Error relativo = (valor simulación - valor calculado) / valor simulación.

**Tabla 3.1** Comparativa valores calculados vs simulación

Datos	Elementos	Valores Calculados y datos de los equipos	Valores de la Simulación	Porcentaje de Error
<b>Enlace Troncal</b> <b>Distancia: 14.4Km</b> <b>Frecuencia: 5.8 GHz</b>	Potencia del transmisor (Ptx)			
	Pérdida en cables y conectores	36 dBm	3.98 W = 35,99 dBm	0.027%
<b>Torre 3: 50 m</b>	Ganancia Antena (Gtx)			
	Atenuación espacio libre (Ao)	(-)130.82 dB	(-)130.4 dB	0.32%
<b>Torre 4: 30 m</b>	Ganancia Antena (Grx)	29 dBi	29 dBi	0.0%
	Pérdida en cables y conectores	0	0	no
	Sensibilidad del receptor	(-)96dBm	(-) 96 dBm	0.0%
	Margen de Desvanecimiento	30.18 dB	22.6 dB	33.53%
	Factor de despeje	1.92F1	1.9 F1	1.05%
<b>Enlace 1</b>				
<b>Distancia: 0.35Km</b> <b>Frecuencia: 2.4 GHz</b>	Potencia del transmisor (Ptx)			
	Pérdida en cables y conectores	31.5 dBm	1.41 W = 31.49 dBm	0,03%
<b>Torre 1: 50 m</b>	Ganancia Antena (Gtx)			
	Atenuación espacio libre (Ao)	(-)90.88 dB	(-)84.90 dB	7,04%
<b>Torre 3: 50 m</b>	Antena RX	8.5 dBi	8.5 dBi	0.0%
	Pérdida en cables y conectores	0	0	no
	Sensibilidad del receptor	(-)83dBm	(-) 83 dBm	0.0%
	Margen de Desvanecimiento	32.12 dB	23.5 dB	36.68%
	Factor de despeje	15.30 F1	21.9 F1	30.13%
<b>Enlace 2</b>				
<b>Distancia: 1.1Km</b> <b>Frecuencia: 5.8 GHz</b>	Potencia del transmisor (Ptx)			
	Pérdida en cables y conectores	31.5 dBm	1.41 W = 31.49 dBm	0.03%
<b>Torre 2: 50 m</b>	Ganancia Antena (Gtx)			
	Atenuación espacio libre (Ao)	(-)99.172 dB	(-)100.3dB	1.12%
<b>Torre 3: 50 m</b>	Ganancia Antena (Grx)	8.5 dBi	8.5dBi	0%
	Pérdida en cables y conectores	0	0	no
	Sensibilidad del receptor	(-)83dBm	(-) 83dBm	0.0%
	Margen de Desvanecimiento	23.82 dB	20,6 dB	15.63%
	Factor de despeje	8.61 F1	8.3 F1	3.73%

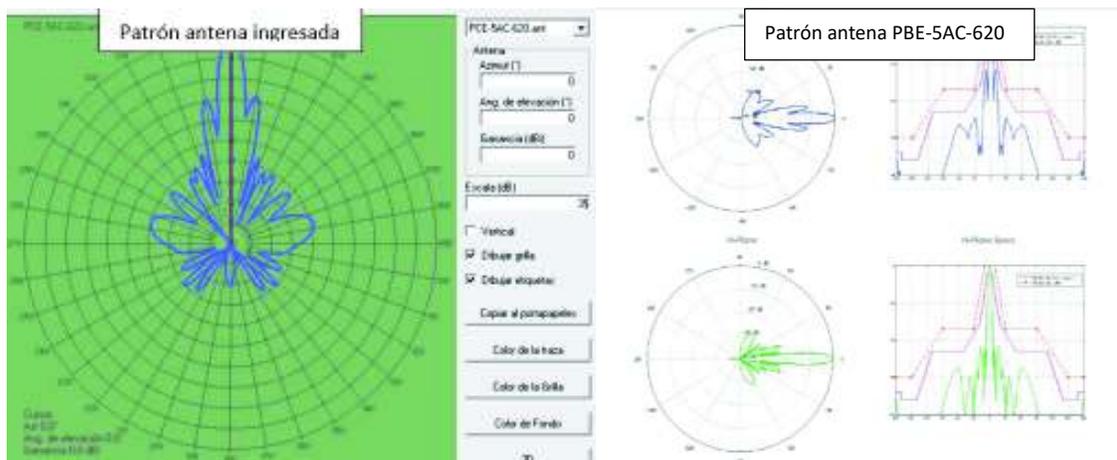
Como se puede apreciar en la tabla 3.1 los valores calculados difieren poco con respecto a los obtenidos de la simulación. El análisis se centra entonces en los que tienen el mayor margen de error como son:

- Margen de desvanecimiento del enlace troncal: tiene un margen de error del 33,53%, esto se debería a que los cálculos realizados no incluyen un desvanecimiento estadístico que el simulador Radio Mobile si lo integra en sus cálculos y como se observa en el cuadro de resultados de simulación tiene un valor de 6.5 dB, que justificaría en parte ese porcentaje de error.

- Margen de desvanecimiento del enlace 1: tiene un margen de error del 36,68% se debería por el mismo motivo detectado en los cálculos realizados por el simulador con su desvanecimiento estadístico.
- Factor de despeje de la primera zona de fresnel del enlace 1: tiene un margen de error del 30.13% y esto se debería a que el valor de distancia utilizado fue de 350 m dato obtenido por el personal de la camaronera y los valores de distancia georreferenciados obtenidos del simulador indican una distancia de 200 m con lo cual se explicaría este margen de error.
- Margen de desvanecimiento del enlace 2: tiene un margen de error de 15.63% esto se debería a que el valor de distancia utilizado fue de 1.100 m y los valores georreferenciados obtenidos del simulador indican una distancia de 1.000 m con lo cual se explicaría este margen de error.

La distancia entre las antenas es un valor utilizado para el cálculo del radio de la primera zona de Fresnel ( $r_1$ ), para el cálculo del factor de despeje de la primera zona de Fresnel y para el cálculo de la atenuación de espacio libre ( $A_0$ ).

Para la simulación fue seleccionada la antena PBE-N5AC-500 como la más idónea ya que su diagrama de radiación es la que tiene mayor similitud a la del diagrama de radiación de la antena PBE-5AC-620 obtenida de la página de ubiquiti networks en la dirección electrónica, <https://help.ubnt.com/hc/en-us/articles/204952114-airMAX-Where-can-I-find-antenna-pattern-data> , en la figura 3.18 se muestra los diagramas de radiación comparados de las radios utilizada para el enlace troncal.



**Figura 3.18** Patrón de radiación de las antenas

Considerando los valores de la simulación se muestra que los enlaces podrán ser exitosos y se cumple con el objetivo de lograr la comunicación entre las cámaras, el equipo de grabación y el equipo de monitoreo.

### 3.3 Costos del Sistema de CCTV IP

Terminado con la fase de diseño del sistema de CCTV IP se presenta un cuadro de costos de los equipos que se requieren en caso de implantar la solución, en este cuadro no se detallan costos de mano de obra, configuración o costo de cableados ya que solo es el diseño mas no la implementación.

**Tabla 3.2** Costos de los equipos

<b>Costo total de los equipos</b>			
	<b>Número de equipos</b>	<b>Costo individual</b>	<b>Costo total</b>
<b>EQUIPOS DE CCTV</b>			
<b>Cámaras IP PTZ laser</b> Marca: Hikvision Modelo: DS-2DF823615AELW	2	13500	27000
<b>Cámara fija</b> Marca:Hikvision Modelo: DS-2CD2020F-I	1	125	125
<b>NVR</b> Marca: Hikvision Modelo: DS-7608NI-E2	1	1100	1100
fuentes Hi-POE Para cámaras PTZ	2	150	300
<b>EQUIPOS DE ENLACES INALAMBRICO</b>			
Antenas enlaces (1y2) Tx Marca: Airmax Modelo:Nano Station M2	2	114	228
Antenas enlaces (1y2)Rx Marca: Airmax Modelo:Nano Station M2	2	114	228
Antena enlace 3 tx Marca:Airmax Modelo:PBE-5AC-62	1	475	475

Antena enlace 3 tx Marca:Airmax Modelo:PBE-5AC-62	1	475	475
Fuentes poe para los enlaces ya estan incluidas en el preciode las antenas	6	0	0
<b>EQUIPOS DE ENERGIA AUXILIAR</b>			
<b>APS</b> Marca: Tripp Lite Modelo: APS 700HF	3	245	245
<b>Baterías</b> Marca: Bosh Capacidad 30 Ah	2	65	130
<b>Baterías</b> Marca: Bosh Capacidad 52 Ah	1	97	97
<b>Tableros en inox</b> Dimensiones 50x70x30cm	2	789	1578
<b>EQUIPOS DE RED</b>			
<b>Switch</b> Marca: DLink Modelo:DGS-1100-08P	1	275	275
<b>Rack 20 U cerrado</b>	1	550	550
<b>CLIENTE DE VISUALIZACIÓN</b>			
<b>PC CLON</b> Especificaciones: Procesador Corei 3 Ram 4Gb Disco duro 1Tb Tarjeta de red 10/100 Salida de video HDMI /VGA	1	450	450
<b>Monitor 40 pulgadas</b>	1	680	680
		<b>TOTAL</b>	<b>33936</b>

## 4. CONCLUSIONES

El sistema de CCTV IP diseñado considera que, la distribución de equipos en las localidades de la empresa VALDIMAR es la más eficiente en cuanto a la función de monitoreo y seguridad del área, porque en caso de pérdida del enlace troncal por cualquier evento fortuito este dejaría sin visualización de las cámaras al centro de monitoreo, pero los eventos que puedan suscitarse dentro de la camaronera al momento de la pérdida del enlace seguirán siendo registrados en el equipo NVR, y podrán ser revisados al restablecer la comunicación con el centro de monitoreo.

El tráfico calculado para el enlace troncal es de 5Mbps, este es el valor mínimo necesario que requiere el equipo NVR y el PC en el centro de monitoreo para visualizar con alta calidad la imagen y de manera continua los eventos que receptan las cámaras dentro de la camaronera.

El equipo NVR posee una propiedad de modificación de ancho de banda de salida esto significa que en condiciones ideales de comunicación el ancho de banda máximo de salida del NVR será de 80Mbps pero si las condiciones de comunicación no son las más idóneas y por ejemplo no se consigue los 5 Mbps mínimos necesarios, el equipo puede ajustarse para que su ancho de banda sea de 1Mbps disminuyendo la calidad de imagen y el bit rate de la cámara de manera automática. Esto asegura también la flexibilidad del sistema.

Las radios utilizadas para los enlaces 1 y 2 son las ubiquiti loco M2 y para el enlace troncal se utilizará la radio ubiquiti power beam pbe-5ac-620 estas radios tienen la característica principal de integrar su antena y su hardware de procesamiento de señal en el mismo dispositivo motivo por el cual se eliminan las pérdidas por guías de onda y conectores ya que físicamente estas ya no existen.

En el diseño propuesto se usa la configuración de enlaces punto a punto para la comunicación de las cámaras con el equipo NVR, pero existe otra configuración en la cual se usa una sola antena receptora omnidireccional. Utilizando esta antena se disminuiría la potencia consumida ya que una sola antena trabajaría como sustitución de dos antenas, pero desde el punto de vista funcional si dejara de operar perdería la imagen de dos cámaras, La ventaja del diseño propuesto es que si una de las antenas falla solo se pierde la imagen de la cámara que esta enlazada por esa antena.

El equipo NVR seleccionado proporciona un margen de crecimiento futuro de cámaras ya que el equipo utilizado tiene posibilidad de permitir hasta 8 cámaras y además tiene gran capacidad de almacenamiento.

Los gabinetes de energía de auxiliar utilizan APS, estos equipos son más robustos que los UPS y permiten aumentar su capacidad de respaldo cambiando las baterías por otras de mayor amperaje, siempre que no se cambie la carga que estaría conectada a estos equipos.

Se calcularon los enlaces con un margen de desvanecimiento alto para garantizar el óptimo funcionamiento y tratar de eliminar los fallos por pérdida del enlace cuando las condiciones atmosféricas cambien. Se utilizaron para los cálculos la altura máxima de las torres para lograr un gran factor de despeje de la primera zona de fresnel

La confiabilidad del Enlace Troncal, Enlace 1 y Enlace 2 son del 99,99% de confiabilidad.

La red LAN puede ser administrada desde el centro de monitoreo y podría permitir más adelante la salida a la internet del sistema de CCTV IP para poder visualizar las cámaras desde cualquier parte del mundo a través de una dirección IP pública que se puede obtener de un proveedor de servicios de internet. De ser el caso esta red también permitirá proveer de internet a la camaronera.

Del análisis realizado al marco regulatorio que rige al diseño propuesto se concluye que el ARCOTEL, controla y reglamenta todos los tipos de redes que estén pensadas para cualquier tipo de servicio sea público, privado o mixto y sean estas alámbricas o inalámbricas. Para el diseño propuesto se menciona que el título habilitante requerido es el registro del servicio y que luego de obtenerlo, se debe solicitar el uso de frecuencia para el enlace troncal en la banda libre de 5800MHz, especificando que este enlace será del tipo punto a punto y la red será de uso privado. Los enlaces 1 y 2 solo entran en la descripción general del proyecto ya que el uso de estos enlaces están dentro del predio de la empresa VALDIMAR y no requieren de solicitud para la asignación de frecuencias no esenciales para su operación, pero si necesitan del registro del servicio.

## 4.1 Recomendaciones

Terminada la fase de diseño del sistema de CCTV se recomienda que en el futuro una actualización al sistema propuesto se debería enfocar en el cambio de los sistemas inalámbricos que se encuentran dentro de la camaronera por enlaces a través de fibra óptica, para comunicar las cámaras que se encuentran en las torres 1 y 2 respectivamente con el cuarto de equipos. Esto porque se avizora que en el futuro los elementos necesarios como lo es el cable de fibra óptica y transeivers estarán con valores comparables a los sistemas cableados tradicionales.

También se podría cambiar el enlace troncal con equipos de mayor velocidad, que actualmente existen, pero operan en las bandas de radiofrecuencia que no son consideradas bandas de uso libre, lo que obligaría a gestionar otro tipo de título habilitante que no es el registro del servicio.

Además, para mantener funcional el sistema de CCTV IP se recomienda una revisión técnica de los equipos de alimentación auxiliar ya que por especificaciones del fabricante las baterías seleccionadas para los APS tienen un tiempo de vida útil que es alrededor de 18 meses, esto obliga a que el servicio de mantenimiento tenga una periodicidad de al menos una vez al año.

Los otros componentes como lo son las cámaras, NVR, antenas y switch requieren de mantenimientos mínimos. Para su correcto funcionamiento y como se mencionó en la etapa de diseño se encuentran bajo el respaldo de garantía, que permite sustituir el o los equipos dañados por cualquier evento eléctrico fortuito en un tiempo no mayor a 48 horas.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] E. BRAUN, «Ciencia para todos,» de *ELECTROMAGNETISMO ; INICIO DE LAS COMUNICACIONES INALÁMBRICAS. MARCONI*, Mexico, Viencia desde mexico, p. 227, 2008.
- [2] R. B. Benach, «IONOSFERA Y LAS TELECOMUNICACIONES,» BLOG LaSalle, 13 04 2017. [En línea]. Available: <http://blogs.salleurl.edu/antartida/rebotando-en-la-ionosfera/>. [Último acceso: 13 04 2017].
- [3] E. A. Gabriela, «Control Automático Vehicular,» Mexico, 2005.
- [4] Electronic Thecnology Group, «introduccion a las comunicaciones electrónicas,» de *Sistemas Electronicos de Comunicacion*, mexico, alfaomega,p. 333, 2005.
- [5] REDTAURUS, «medios de transmisión,» España, 2011.
- [6] A. Soliz, «Diseño de un radio enlace,» entra Rios, Tarija, 2009.
- [7] Stallin, Willian, «Comunicaciones y redes de computadores, Cap 1,» Madrid, 2004.
- [8] L. F. Valle, «Coexistencia de Redes WLAN & WPAN,» Valencia, 2005.
- [9] M. Huerta, «Arquitectura de redes y comunicaciones,» Barcelona, 2006.
- [10] C. Jaen , «Análisis y Diseño de una Red de Datos Escalable para el Acceso al Servicio de Internet» Tesis, Universidad Técnica de Machala, Ecuador, p. 4-9, 2016.
- [11] Moro Vallina Miguel, «Infraestructura de redes de datos y sistemas de telefonía, Cap 2,» Infraestructura de la red de datos, p. 21, edición 2013.
- [12] Fernando Gómez Bravo, «Transmision de redes y datos,» Huelva (españa), 1997.
- [13] D. RAFAEL, «COMUNICATIONS-1,» 2011.
- [14] Universidad Politecnica de Valencia, «Antenas densidad de potencia, Cap. 1.,» Valencia, 2006.
- [15] Universidad Politecnica de Valencia, «antenas ganancia, Cap. 1,» Valencia, 2006.
- [16] Universidad Politecnica de Valencia, «antenas PIRE, Cap. 2,» Valencia, 2006.
- [17] G. Leija, «Metodología para el cálculo adecuado de las alturas para un enlace de microondas,» mexico, 2002.
- [18] IEEE. International Standar 802.11, «Wireles LAN Medium Acces Control(MAC) and Physical Layer (PHY) specifications,». The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc 1995.
- [19] F. R. G. Pedraja, «WIFI El estándar de facto para WLAN,» Barcelona, 2007.

- [20] S. Delgadillo, D. Guzman, A. Muelles y W. Grote, «Análisis Experimental de un Ambiente Wifi Multicelda,» revista de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Tarapacá, Vol 13, N°3, p. 45-52, 2005.
- [21] M. Cumbajin, «RED INALAMBRICA DE DATOS Y VIDEO VIGILANCIA CON CCTV PARA MEJORAR EL SERVICIO DE COMUNICACIONES Y SEGURIDADEN LAS INSTALACIONES DEL HOTEL WENDY'S,» tesis, Universidad Técnica de Ambato, p. 29-32, 2012.
- [22] RNDS, «Componentes y Características de un Sistema de CCTV,» revista, Negocios de Seguridad, Vol 1, N°37, p. 140-156, 2006.
- [23] S. Martí, «Diseño de un sistema de televigilancia,» valencia Gandia, 2013.
- [24] Z. Ortega, C. Fernandez, «Diseño de un Sistema de Control de Acceso y Video Vigilancia para la Unidad Educativa Porvenir con la Utilización de Dispositivos IP,» tesis, Universidad del Azuay, Capitulo 2, p.11-15, 2009.
- [25] Stefan Tauschek, «Red con Alimentación,» Revista Internacional de Electronica y Ordenadores, N°341, p. 66-70, 2008.
- [26] VIGICAM, VDEOVIGILANCIA CCTV USANDO VIDEOS IP, VERTICE, 2005.
- [27] C. E. Faria, «Manual práctico de sistemas de television,» *manual practico de sistemas de television*, n° 23, p. 53, 2000.
- [28] R. Satelo, D. Durán, «Modulación Digital Aplicación a la Televisión Digital en DVB,» publicación, Universidad de Montevideo, p. 40-46, 2008

## **6. ANEXOS**

ANEXO I. Datos técnicos antena Nano Station Loco M2

ANEXO II. Datos técnicos antena Power Beam PCE-5AC-620

ANEXO III. Datos técnicos cámara laser DS-2DF8236I5W-AELW

ANEXO IV Datos técnicos cámaras fija modelo DS-2CD2020FI(W)

ANEXO V. Datos técnicos NVR DS-7608NI-E2

ANEXO VI. Datos técnicos APS modelo: APS-700HF

ANEXO VII. Datos técnicos Switch D-link modelo DGS-1100-08P

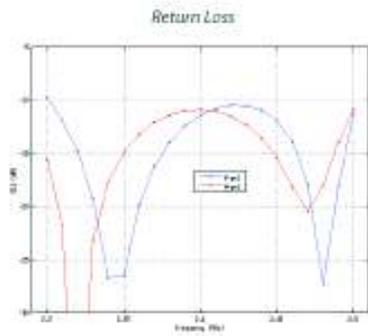
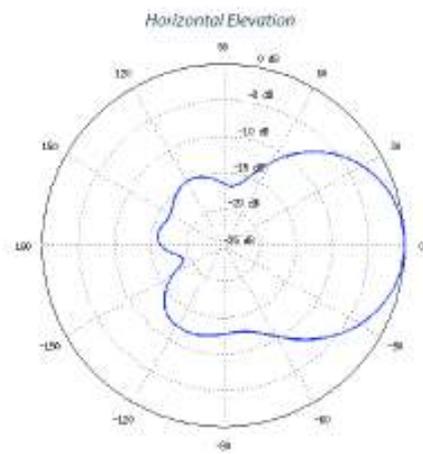
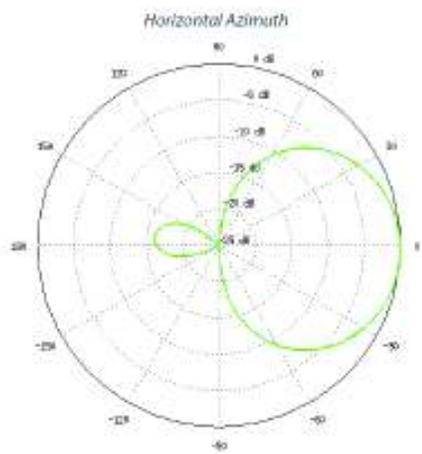
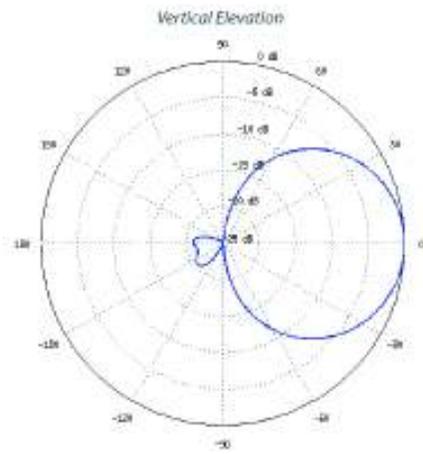
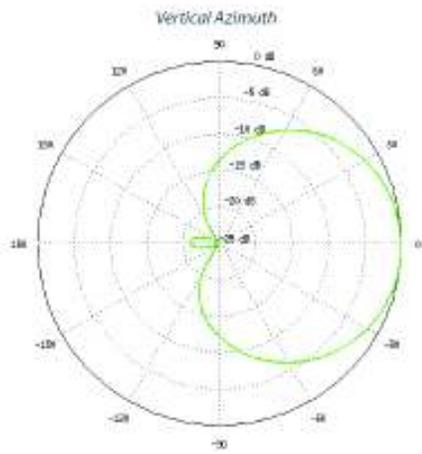
ANEXO VIII. Archivo digital del proceso de inscripción del proyecto

ANEXO I. Data Sheet Antena Nano Station Loco M2

## Specifications

LocoM2	
Dimensions	161 x 31 x 80 mm (6.31 x 1.22 x 3.15")
Weight	180 g (6.35 oz)
Power Supply (PoE)	24V, 0.5A
Max. Power Consumption	5.5W
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)
Operating Frequency	2412-2462 MHz
Gain	8.5 dBi
Networking Interface	(1) 10/100 Ethernet Port
Processor Specs	Atheros MIPS 24Kc, 400 MHz
Memory	32 MB SDRAM, 8 MB Flash
Frequency	2.4 GHz
Cross-pol Isolation	20 dB Minimum
Max. VSWR	1.4:1
Beamwidth	60° (H-pol) / 60° (V-pol) / 60° (Elevation)
Polarization	Dual Linear
Enclosure	Outdoor UV Stabilized Plastic
Mounting	Pole-Mount (Kit Included)
Operating Temperature	-30 to 75° C (-22 to 167° F)
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC R5210, CE
RoHS Compliance	Yes
Shock & Vibration	ETSI300-019-1.4

Output Power: 23 dBm							
2.4 GHz TX Power Specifications				2.4 GHz RX Power Specifications			
Modulation	Data Rate/MCS	Avg. TX	Tolerance	Modulation	Data Rate/MCS	Sensitivity	Tolerance
<b>11b/g</b>	1-24 Mbps	23 dBm	± 2 dB	<b>11b/g</b>	1-24 Mbps	-83 dBm	± 2 dB
	36 Mbps	21 dBm	± 2 dB		36 Mbps	-80 dBm	± 2 dB
	48 Mbps	19 dBm	± 2 dB		48 Mbps	-77 dBm	± 2 dB
	54 Mbps	18 dBm	± 2 dB		54 Mbps	-75 dBm	± 2 dB
<b>airMAX</b>	MCS0	23 dBm	± 2 dB	<b>airMAX</b>	MCS0	-96 dBm	± 2 dB
	MCS1	23 dBm	± 2 dB		MCS1	-95 dBm	± 2 dB
	MCS2	23 dBm	± 2 dB		MCS2	-92 dBm	± 2 dB
	MCS3	23 dBm	± 2 dB		MCS3	-90 dBm	± 2 dB
	MCS4	22 dBm	± 2 dB		MCS4	-86 dBm	± 2 dB
	MCS5	20 dBm	± 2 dB		MCS5	-83 dBm	± 2 dB
	MCS6	18 dBm	± 2 dB		MCS6	-77 dBm	± 2 dB
	MCS7	17 dBm	± 2 dB		MCS7	-74 dBm	± 2 dB
	MCS8	23 dBm	± 2 dB		MCS8	-95 dBm	± 2 dB
	MCS9	23 dBm	± 2 dB		MCS9	-93 dBm	± 2 dB
	MCS10	23 dBm	± 2 dB		MCS10	-90 dBm	± 2 dB
	MCS11	23 dBm	± 2 dB		MCS11	-87 dBm	± 2 dB
	MCS12	22 dBm	± 2 dB		MCS12	-84 dBm	± 2 dB
	MCS13	20 dBm	± 2 dB		MCS13	-79 dBm	± 2 dB
	MCS14	18 dBm	± 2 dB		MCS14	-78 dBm	± 2 dB
MCS15	17 dBm	± 2 dB	MCS15	-75 dBm	± 2 dB		



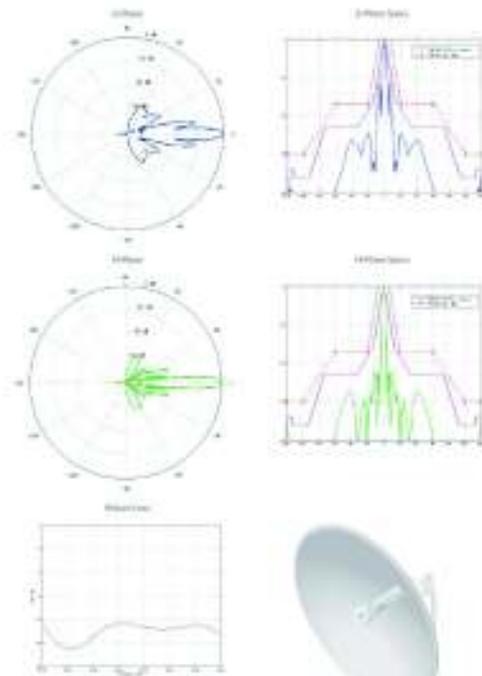
## ANEXO II. Especificaciones técnicas antena PowerBeam PBE-5AC-620

### Specifications

PBE-5AC-620	
Dimensions	650x650x386mm (25.6x25.6x15.2")
Weight	6.4kg (14.11lb)
Power Supply	24V 0.5A PoE
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)
Operating Frequency	Worldwide: 5150 - 5875 MHz USA: 5725 - 5850 MHz
Gain	29 dBi
Networking Interface	(1) 10/100/1000 Ethernet Port
Enclosure	Outdoor UV Stabilized Plastic
Max. Power Consumption	8.5W
Power Supply	24V, 0.5A Gigabit PoE Supply (Included)
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)
Wind Survivability	200 km/h (125 mph)
Wind Loading	872 N @200 km/h (196 lbf @125 mph)
Certifications	CE, FCC, IC
Mounting	Pole Mounting Kit Included
Operating Temperature	-40 to 70° C (-40 to 158° F)
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing
Shock and Vibrations	ETSI300-019-1.4

10/100/1000 Ethernet Port			
Pair	Color	Gain	Return
1	Blue	29 dBi	29 dBi
2	Orange	29 dBi	29 dBi
3	Green	29 dBi	29 dBi
4	Red	29 dBi	29 dBi
5	Blue	29 dBi	29 dBi
6	Orange	29 dBi	29 dBi
7	Green	29 dBi	29 dBi
8	Red	29 dBi	29 dBi



Antenna performance is dependent on proper installation and use. The antenna is designed for use in a point-to-point configuration. The antenna is not intended for use in a broadcast configuration. The antenna is not intended for use in a multi-point configuration. The antenna is not intended for use in a multi-point configuration.



Adular Wind  
www.adular.com

PowerBeam ac  
5875MHz

### Specifications

PowerBeam ac PBE-5AC-620	
Dimensions	650 x 650 x 386 mm (25.6 x 25.6 x 15.2")
Weight	6.4 kg (14.11 lb)
Operating Frequency	Worldwide: 5150 - 5875 MHz USA: 5725 - 5850 MHz
Gain	29 dBi
Networking Interface	(1) 10/100/1000 Ethernet Port
Enclosure	Outdoor UV Stabilized Plastic
Max. Power Consumption	8.5W
Power Supply	24V, 0.5A Gigabit PoE Supply (Included)
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)
Wind Survivability	200 km/h (125 mph)
Wind Loading	872 N @200 km/h (196 lbf @125 mph)
Certifications	CE, FCC, IC
Mounting	Pole Mounting Kit Included
Operating Temperature	-40 to 70° C (-40 to 158° F)
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing
Shock and Vibrations	ETSI300-019-1.4



### Specifications

<b>Model</b>	DS-2DF8236I5W-AELW
<b>Camera Module</b>	
Image Sensor	1/1.9" Progressive Scan CMOS
Min. Illumination	Color: 0.002 lux @ (F1.5, AGC ON), B/W : 0.0002 lux @ (F1.5, AGC ON), 0 lux with IR
Max. Image Resolution	1920×1080
Focal Length	5.7-305mm, 36x
Digital Zoom	16X
Zoom Speed	Approx.7.4s(Optical Wide-Tele)
Angle of View	62.0-2.0 degree (Wide-Tele)
Min. Working Distance	10-1500mm(Wide-Tele)
Aperture Range	F1.5~F4.5
Focus Mode	Auto / Semi-automatic / Manual
WDR	120dB
Shutter Time	50Hz: 1~1/30,000s; 60Hz: 1~1/30,000s
AGC	Auto / Manual
White Balance	Auto / Manual /AW/Indoor/Outdoor/Daylight lamp/Sodium lamp
Day & Night	IR Cut Filter
Privacy Mask	8 privacy masks programmable; optional multiple colors and mosaics
Optical Defog	Support
Enhancement	3D DNR, EIS, HLC/BLC, SVC
<b>Pan and Tilt</b>	
Range	Pan:360° endless; Tilt: -20°~90°(Auto Flip)
Speed	Pan Manual Speed: 0.1~160°/s, Pan Preset Speed: 240°/s Tilt Manual Speed: 0.1~120°/s, Tilt Preset Speed: 200°/s
Number of Preset	300
Patrol	8 patrols, up to 32 presets per patrol
Pattern	4 patterns, with the recording time not less than 10 minutes per pattern
Park Action	Preset / Patrol / Pattern / Auto scan / Tilt scan / Random scan / Frame scan / Panorama scan
Scheduled Task	Preset / Patrol / Pattern / Auto scan / Tilt scan / Random scan / Frame scan / Panorama scan/Dome reboot/Dome adjust/Aux output
<b>Smart Features</b>	
Smart tracking	Manual/ Panorama/ Intrusion trigger/ Line crossing trigger/ Region entrance trigger/ Region exiting trigger/ Smart tracking when patrol between multiple scenarios
Smart detection	Face detection, Intrusion detection, Line crossing detection, Audio exception detection, Region entrance detection, Region exiting detection
ROI encoding	Support 24 areas with adjustable levels
<b>Infrared</b>	
IR Distance	Up to 500m

IR Intensity	Automatically adjusted, depending on the zoom ratio
<b>Alarm</b>	
Alarm I/O	7/2
Alarm Trigger	Face detection, Intrusion detection, Line crossing detection, Region entrance, Region exiting, Audio exception detection, Motion detection, Dynamic analysis, Tampering alarm, Network disconnect, IP address conflict, Storage exception
Alarm Action	Preset, Patrol, Pattern, Micro SD/SDHC card recording, Relay output, Notification on Client, Send Email, Upload to FTP, Trigger Channel
<b>Input/Output</b>	
Monitor Output	Monitor Output 1.0V(p-p)/75Ω, NTSC (or PAL) composite, BNC (S/N ratio≥ 55dB)
Audio Input	1 Mic in/Line in interface, line input: 2-2.4V(p-p); output impedance: 1KΩ, ±10%
Audio Output	1 Audio output interface, line level, impedance: 600Ω
<b>Network</b>	
Ethernet	10Base-T / 100Base-TX, RJ45 connector
Main Stream	50Hz: 25fps(1920×1080, 1280×960, 1280×720); 50fps(1920×1080, 1280×960, 1280×720); 60Hz: 30fps(1920×1080, 1280×960, 1280×720); 60fps(1920×1080, 1280×960, 1280×720)
Sub Stream	50Hz: 25fps(704×576, 640×480, 352×288); 60Hz: 30fps(704×480, 640×480, 352×240)
Third Stream	50Hz: 25fps(1920×1080, 1280×960, 1280×720, 704×576, 640×480, 352×288) 60Hz: 30fps(1920×1080, 1280×960, 1280×720, 704×576, 640×480, 352×288)
Image Compression	H.264/MJPEG/H.264 encoding with Baseline/Main/High profile
Audio Compression	G.711ulaw/G.711alaw/G.726/MP2L2/G.722/PCM
Protocols	IPv4/IPv6, HTTP, HTTPS, 802.1X, QoS, FTP, SMTP, UPnP, SNMP, DNS, DDNS, NTP, RTSP, RTP, TCP, UDP, IGMP, ICMP, DHCP, PPPoE
Simultaneous Live View	Up to 20 users
Mini SD Memory Card	Support up to 128GB Micro SD/SDHC/SDXC card. Support Edge recording
User/Host Level	Up to 32 users, 3 Levels: Administrator, Operator and User
Security Measures	User authentication (ID and PW); Host authentication (MAC address); IP address filtering
<b>System Integration</b>	
Application programming	Open-ended API, support ONVIF, PSIA, CGI and Genetec
Web Browser	IE 7+, Chrome 18+, Firefox 5.0+, Safari 5.02+, support multi-language
RS-485 Protocols	HIKVISION, Pelco-D, Pelco-P, self-adaptive
Power	Hi-POE & 24 VAC, Max.60W
Working Temperature	-40°C ~ 65°C (-40°F ~ 149°F)
Humidity	90% or less
Protection Level	IP66, IK10, TV5 6,000V lightning protection, surge protection and voltage transient protection
Certification	FCC, CE, UL, RoHS, IEC/EN 61000, IEC/EN 55022, IEC/EN 55024, IEC/EN60950-1
Dimensions	Φ266.6mm × 435mm (Φ10.50" × 17.13")
Weight (approx.)	Approx. 8kg (17.64lb)
Mount Option	Long-arm wall mount: DS-1602ZJ; Corner mount: DS-1602ZJ-corner; Pole Mount: DS-1602ZJ-pole; Power box mount: DS-1602ZJ-box; Swan-neck mount: DS-1619ZJ

ANEXO IV Detalles técnicos cámaras fija modelo DS-2CD2020FI(W)



Min. Illumination	0.01Lux @ (F1.2, AGC ON) ,0 Lux with IR 0.028Lux @ (F2.0, AGC ON) ,0 Lux with IR
Shutter Speed	1/3 s to 1/100,000 s
Lens	4mm@ F2.0, Angle of view: 85° (6mm optional)
Lens Mount	M12
Day & Night	IR cut filter with auto switch
Digital Noise Reduction	3D DNR
Wide Dynamic Range	Digital WDR
<b>Compression Standard</b>	
Video Compression	H.264/ MJPEG
Video Bit Rate	32 Kbps – 8 Mbps
Dual Stream	Yes
<b>Image</b>	
Max. Resolution	1920 × 1080
Max Frame Rate	50Hz: 25fps(1920 × 1080), 25fps (1280 × 960), 25fps (1280 × 720) 60Hz: 30fps(1920 × 1080), 30fps (1280 × 960), 30fps (1280 × 720)
Sub Stream	50 Hz: 25 fps (320 × 240), 25 fps (352 × 288), 25 fps (640 × 480), 25fps(704 × 576) 60 Hz: 30 fps (320 × 240), 30 fps (352 × 288), 30 fps (640 × 480), 30fps(704 × 576)
Image Settings	Rotate mode, Saturation, Brightness, Contrast adjustable by client software or web browser
Backlight compensation	Yes, zone optional
ROI	Support
<b>Network</b>	
Network Storage	NAS (Support NFS,SMB/CIFS)
Detection	Intrusion detection, Line crossing detection, Motion detection, Dynamic analysis
Alarm Trigger	Tampering alarm, Network disconnect , IP address conflict, Storage exception
Protocols	TCP/IP,ICMP,HTTP,HTTPS,FTP,DHCP,DNS,DDNS,RTP,RTSP,RTCP, PPPoE,NTP,UPnP,SMTP,SNMP,IGMP,802.1X,QoS,IPv6,Bonjour
General	One-key reset, Anti-Flicker, dual stream, heartbeat, mirror, password protection, privacy mask, watermark, IP address filtering, Anonymous access
Standard	ONVIF, PSIA, CGI, ISAPI
<b>Interface</b>	
Communication Interface	1 RJ45 10M/100M Ethernet interface
On-board storage	Built-in Micro SD/SDHC/SDXC card slot, up to 128 GB

ANEXO V Especificaciones técnicas NVR DS-7608NI-E2



Specifications:

Model		DS-7608NI-E2	DS-7616NI-E2	DS-7632NI-E2
Video/Audio input	IP video input	8-ch	16-ch	32-ch
	Two-way audio input	1-ch, RCA (2.0 Vp-p, 1KΩ)		
Network	Incoming bandwidth	80Mbps	160Mbps	160Mbps
	Outgoing bandwidth	80Mbps		
	Remote connection	128		
Video/Audio output	Recording resolution	6MP/5MP/3MP/1080P/UNGA/720P/VGA/4CIF/DCIF/2CIF/CIF/QCIF		
	Frame rate	Main stream: 30 fps (P) / 60 fps (N) Sub-stream: 30 fps (P) / 60 fps (N)		
	HDMI/VGA output	1-ch, resolution 1920 × 1080 /60Hz, 1600 × 1200 /60Hz, 1280 × 1024 /60Hz, 1280 × 720 /60Hz, 1024 × 768 /60Hz		
	Audio output	1-ch, RCA (Linear, 1kΩ)		
Decoding	Live view / Playback resolution	6MP/5MP/3MP/1080P/UNGA/720P/VGA/4CIF/DCIF/2CIF/CIF/QCIF		
	Capability	8-ch@720P, 6-ch@1080P	16-ch@4CIF, 12-ch@720P, 6-ch@1080P	
Hard disk	SATA	2 SATA interfaces for 2 HDDs		
	Capacity	Up to 4TB for each disk		
External interface	Network interface	1 RJ-45 10 /100 /1000 Mbps self-adaptive Ethernet interface		
	USB interface	1 × USB 2.0 and 1 × USB 3.0		
	Alarm in/out (Optional)	4 / 1		
Other	Power supply	12V DC		
	Consumption (without hard disk)	≤ 10W		
	Working temperature	-10 °C ~ +55 °C (+14 °F ~ +131 °F)		
	Working humidity	10 % ~ 90 %		
	Chassis	380 chassis		
	Dimensions (W × D × H)	380 × 290 × 48mm (15.0" × 11.4" × 1.9")		
	Weight (without hard disk)	≤ 1 kg (2.2 lb)		

## ANEXO VI Especificaciones técnicas APS modelo: APS-700HF



Tomacorrientes	(1) 5-15R
Salida (Watts)	700
Capacidad de Salida Continua (Watts)	700
Capacidad de Salida Máxima (Watts)	1400
Regulación de voltaje de salida	TENSIÓN DE LÍNEA (CA): Mantiene una salida de onda sinusoidal nominal de 120V desde la alimentación de tensión de línea. TENSIÓN DEL INVERSOR (CA): Mantiene tensión de salida de onda sinusoidal PWM de 120 V CA (+/-5%)
Regulación de Frecuencia de Salida	60 Hz (+/- 0.3 Hz)
Protección contra Sobrecargas	Disyuntor de 7A para cargas de salida de CA incluido
<b>ENTRADA</b>	
Voltaje(s) nominal(es) de entrada soportado(s)	120V CA
Servicio Eléctrico Recomendado	ENTRADA DE CC: Requiere una entrada de 12V CC capaz de suministrar 72A durante el tiempo necesario (cuando se usa su capacidad completa en forma continua - los requisitos de CC aumentan durante el funcionamiento de Over-Power™ y Double-Burst™). ENTRADA CA: 15A 120V CA recomendada
Entrada Máxima en Amperes / Watts	ENTRADA DE CC: carga completa continua - 72A a 12V CC. ENTRADA DE CA: 8.4 amp a 120VCA con carga completa de inversor y cargador (1.6A máx. cargador solamente)
Tipo de Conexión de Entrada	ENTRADA DE CC: Conjunto de 2 terminales de CC atornilladas hacia abajo. ENTRADA DE CA: Enchufe de entrada NEMA 5-15P
Compatibilidad de voltaje (VCA)	120
Compatibilidad de Voltaje (VCD)	12
<b>BATERIA</b>	
Autonomía Ampliable por Batería	El tiempo de funcionamiento se puede ampliar con cualquier número de baterías húmedas, de gel o SLA suministradas por el usuario.
Voltaje CD del sistema (VCD)	12
Carga de la Batería	6A máximos, se reducen a nivel flotante para mantener
Autonomía Ampliable	SI
<b>INTERFAZ DE USUARIO, ALERTAS Y CONTROLES</b>	
LEDs de Panel Frontal	6 LEDs de diagnóstico indican el nivel de tensión de la batería (alto, medio y bajo) y el funcionamiento (línea, inversor, carga)
Interruptores	El interruptor de CC de 3 posiciones, apagado, automático (inversor o CA) y solo de carga, permite una operación simple.
<b>SUPRESIÓN DE SOBRECARGA / RUIDO</b>	
Valor nominal en pules de supresión CA	300
<b>FÍSICAS</b>	

## ANEXO VII Especificaciones switch D-link modelo DGS-1100-08P

Conectar Ver Compartir Hogar Inteligente Movilidad

### DGS-1100-08P

8-ports Gigabit; PoE Support, Easy Smart Switch



DESCRIPTION ESPECIFICACIONES DESCARGAS

#### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Período de Garantía: 60 meses (garantía a partir de 1 de enero de 2016, se valida con factura o boleto del cliente final)
- Number of ports: 8 10/100/1000 Mbps PoE
- Switching Capacity: 16 Gbps
- Maximum Forwarding Rate: 11.9 Mpps
- MAC Address Table Size: 8K entries
- Packet Buffer: 2 Mbits
- Flash Memory: 2 Mbytes
- PoE: 802.3af
- PoE Capable Ports: Port 1 to 8 (3.4 W Max per Port, port)
- PoE Power Budget: 64 Watts
- Power Consumption: Standby 2.0 watts, 75.9 watts max. (PoE on), 1.2 watts max. (PoE off)
- Power Input: 100 to 240 V AC 50 to 60 Hz External Power Adapter
- MTBF: 708,119 hours
- Ventilation: Fanless

## ANEXO VIII Proceso de Inscripción del Proyecto

A continuación, se presentan los pasos a seguir para solicitar a la ARCOTEL la autorización correspondiente para este proyecto:

### Paso 1

Acceder a la página electrónica de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones en la dirección [www.arcotel.com.ec](http://www.arcotel.com.ec) y se da clic en **Programas-servicios**.



Figura 2.42 Imagen página principal del Arcotel

### Paso 2

Una vez que se desplegó el submenú de Programas-servicios se selecciona **Solicitud de otorgamiento o administración de títulos habilitantes**



Figura 2.43 Imagen de página programas y servicios

### Paso 3

Desplegado el submenú de Solicitud de otorgamiento o administración de títulos habilitantes se elige la **Solicitud de otorgamiento - renovación de títulos habilitantes** y se da clic en esta opción.



Figura 2.44 Imagen de página solicitud de otorgamiento

### Paso 4

Se despliega el menú de Solicitud de otorgamiento – renovación de títulos habilitantes y se selecciona **Redes Privadas**.

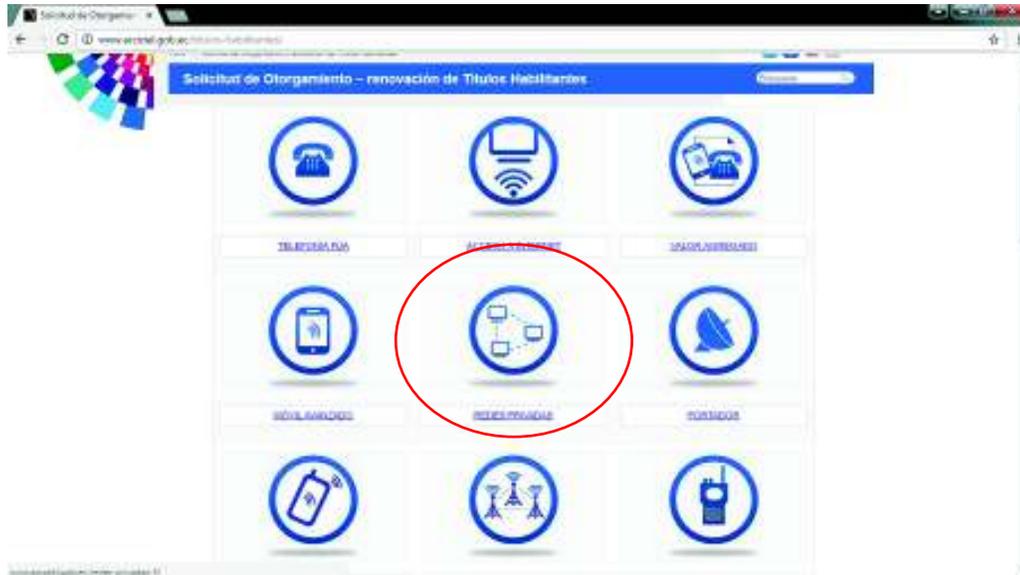


Figura 2.45 Imagen de página solicitud de otorgamiento

**Paso 5**

Se despliega el menú de Redes Privadas y se elige **Requisitos Para Otorgamiento**



Figura 2.46 Imagen de página redes privadas

**Paso 6**

Se despliega un nuevo menú y se escoge el formulario técnico para **“Enlaces Radioeléctricos”** y se despliega un menú con varios subformularios que deben ser llenados y enviados para su posterior revisión e inspección de la autoridad competente en caso de llegar a implementarse el diseño propuesto.

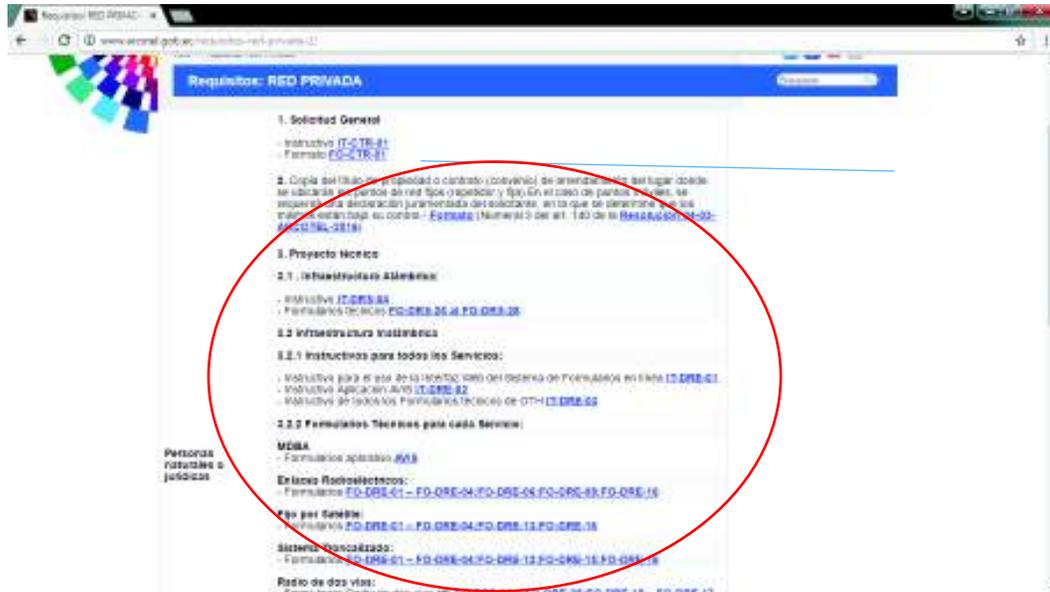


Figura 2.47 Imagen de página requisitos de red privada

## ORDEN DE EMPASTADO