

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“SOLUCIÓN DE COMUNICACIONES Y DISEÑO DE UNA RED  
DE VIDEO VIGILANCIA”**

**EXÁMEN DE GRADO (COMPLEXIVO)**

Previa a la obtención del grado de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**EDWIN MARLON TUMBACO ALVARADO.**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO: 2015**

## AGRADECIMIENTO

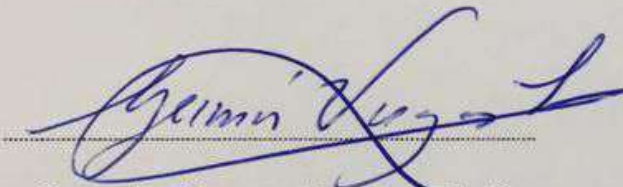
Mis más sinceros agradecimientos a Nuestro Creador Jehova Dios, a mis padres Elcia y Romaldo que me inspiraron a luchar para lograr mejores días para mi familia, y como no podría ser de otro modo a mis queridos y recordados profesores de la ESPOL, particularmente a mis maestros de la FIEC, cuyos conocimientos y experiencias profesionales contribuyeron en gran medida a que hoy desempeñe una labor en el mundo de la tecnología

## DEDICATORIA

El presente trabajo es un homenaje póstumo a ese hombre de mil batallas que me enseñó principios y valores que hoy son el fundamento de mi vida y mi familia: Mi Padre Romaldo Tumbaco Limones, cuyos sabios consejos me han guiado a lo largo de todos estos años.

También lo dedico a mí amada esposa Elizabeth y mi hijo Paul Romaldo, quienes hoy me dan la inspiración para continuar luchando.

## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



**Germán Vargas Lopez, Ph.D.**

EVALUADOR



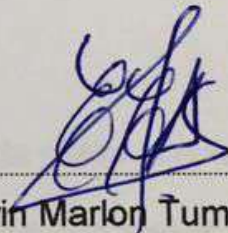
**Vladimir Sanchez Padilla, M.Sc**

EVALUADOR

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este Informe me corresponde exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Edwin Marlon Tumbaco Alvarado

## RESUMEN

El Objetivo del proyecto fue disponer de un sistema de vídeo vigilancia tanto al interior como exterior de los galpones de la fábrica. Para esto se debió diseñar una red de comunicaciones internas, a fin de que las cámaras se puedan conectar con los servidores de grabación de vídeo vigilancia.

Paralelamente se debió determinar las características de las cámaras que se usaran en dicho sistema para cubrir los diferentes objetivos de visualización, alimentación eléctrica, entorno (medio ambiente).

Para resolver el problema se procedió a la recolección de datos con las necesidades del cliente, revisión de la infraestructura existente, establecer límites y alcances del proyecto.

Dicha información permitió elaborar un pre-diseño que fue presentado al cliente, revisado y ajustado continuamente hasta llegar al diseño final.

Posteriormente se establecieron etapas del proyecto, con la debida planificación de la logística implicada.

Al finalizar la ejecución y posterior puesta en marcha del proyecto se logró solucionar el problema inicial del cliente.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	iv
DECLARACIÓN EXPRESA .....	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL .....	vii
INDICE DE FIGURAS .....	viii
INDICE DE TABLAS .....	ix
INTRODUCCIÓN.....	x
CAPÍTULO 1.....	1
1. LAN Y VIDEO VIGILANCIA IP.....	1
1.1 Primeros pasos.....	7
1.2 Sistemas de video vigilancia analogos.....	8
1.2.1 Características de camaras profesionales.....	13
1.2.2 Medios de transmision CCTV analogo.....	18
1.3 Sistemas de videovigilancia IP.....	20
1.4 IP Vs Analogo.....	23
1.5 Cableado Estructurado.....	25
1.6 PoE.....	26
CAPÍTULO 2.....	28
2. IMPLEMENTACION DE LA SOLUCION.....	28
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	34
BIBLIOGRAFÍA.....	38
ANEXOS PLANOS DE DISTRIBUCION DE CAMARAS IP Y RACKS .....	39
ANEXOS DATA SHEET DE CAMARA IP Y DATA SHEET DE SWITCH PoE.....	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Topología bus .....	3
Figura 1.2 Topología anillo .....	4
Figura 1.3 Topología estrella .....	5
Figura 1.4 Foto de un CCD .....	9
Figura 1.5 Sistema básico de CCTV .....	10
Figura 1.6 DVR, vista frontal .....	12
Figura 1.7 DVR, vista posterior .....	12
Figura 1.8 Cámara sin WDR .....	16
Figura 1.9 Cámara sin WDR .....	17
Figura 1.10 Comparación entre BLC y WDR .....	17
Figura 1.11 Cable coaxial RG59 .....	18
Figura 1.12 Cámara conectada con balun y cable par trenzado .....	20
Figura 1.13 Modelo de un sistema de video vigilancia IP .....	23
Figura 2.1 Corte transversal de un cable categoría 6 .....	32



## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Características de los cables coaxiales para CCTV.....	19
TABLA 2: COMPARACION ENTRE SISTEMAS IP Y ANALOGO.....	24
TABLA 3: ESTANDARES DE CABLEADO ESTRUCTURADO .....	26

## INTRODUCCIÓN

La fábrica está compuesta de 2 galpones de producción, en uno de los cuales se encuentran las oficinas administrativas, un galpón de bodega de materia prima, un galpón de bodega de productos terminados, un galpón de despacho de productos. Los procesos de producción, despacho, bodegaje, circulación de proveedores y clientes y personal propio de la empresa, deben ser monitoreados de manera visual, a fin de tener control de los mismos, tener respaldo de imágenes de eventos que pudieran ser de interés administrativo y /o de la seguridad e integridad tanto de las personas y de los bienes al interior de la fábrica.

La empresa cuenta con un sistema de video vigilancia análogo, que fue instalado hace más de una década, consecuentemente tanto las cámaras como los elementos de grabación están llegando paulatinamente al final de su vida útil.

Además la calidad de las imágenes grabadas deja mucho que desear, ya que en más de una ocasión al recurrir a las grabaciones los resultados no eran confiables dada la baja resolución de las mismas.

Así que el primer reto fue cambiar la tecnología de los equipos de video vigilancia análogos por otros que ofrezcan mejor calidad de video. Lo que vino a continuación fue determinar si la infraestructura que tenían hasta ese momento permitiría dar paso a la nueva tecnología seleccionada. En caso de ser así el diseño incluiría la reutilización de manera parcial o total de dicha infraestructura, caso contrario la tarea sería diseñar una nueva plataforma.

Llegado ese momento la fábrica había ido creciendo paulatinamente y el sistema que inicialmente tenía cobertura total, poco a poco fue quedando disminuido en este aspecto, es decir se empezaron a formar lo que en seguridad conocemos como “puntos ciegos”, los cuales son sectores en los que la supervisión del sistema de video vigilancia era nula o casi nula, por lo tanto la cobertura también sería un factor de interés en el diseño de la solución.

Por último la ubicación de los grabadores, seleccionada por razones de seguridad también planteo un reto al diseño ya que no estarían en el centro geométrico de la fábrica, sino más bien en uno de sus extremos. La solución final consistió en la instalación de una red de datos para uso exclusivo de Video Vigilancia IP.

## **CAPÍTULO 1**

### **1. LAN y Video Vigilancia IP.**

La introducción masiva de las PCs (computadoras personales), contribuyo a que las organizaciones pudieran realizar procesos de manera mucho más rápida y efectiva, sin embargo poco a poco el escenario fue cambiando y ahora se requería manejar la información de manera centralizada y/o compartir la información y servicios, de tal manera que nacen las redes de computadoras que cumplieron con este fin.

Por ejemplo se pueden compartir aplicaciones, bases de datos, recursos tales como impresoras, mantener comunicación interna mediante servicios de Intranet, etc.

Las redes según el área geográfica en que se aplican pueden clasificarse en:

- Redes de Área Local (LAN)
- Redes de Área Amplia (WAN)

- Redes de Área Metropolitana (MAN).

Las redes de área local o más conocidas como LAN por sus abreviaturas en inglés (Local Area Network), en su inicio fueron redes que permitieron la interconexión varias computadoras, siempre en un entorno limitado como por ejemplo un edificio, una oficina, una industria, etc.

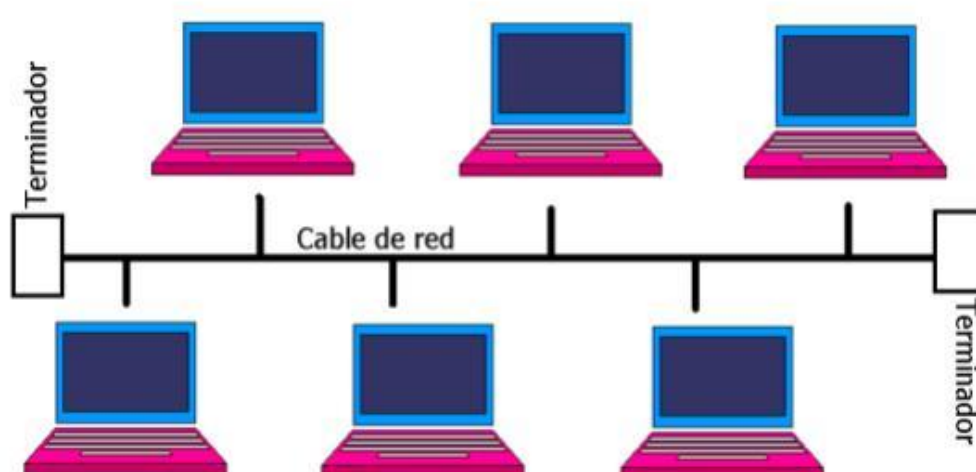
Una LAN permite compartir recursos en una organización, tales como impresoras, archivos, aplicaciones que facilitan la administración del negocio y mejoran la atención al cliente, etc. disminuyendo de esta manera costos operacionales y aumentando la eficiencia de las organizaciones, es por eso que una de las características de las redes LAN es que casi siempre son propiedad de la entidad o empresa en las que están ubicadas. [1]

Otra característica de una LAN es velocidad a la que se transmite la información, en sus inicios una LAN podía transmitir a velocidades tales como 1Mbps (Megabits por segundo), pasando por 5Mbps, 10 Mbps, 100 Mbps, y hoy tenemos redes con tasas de 1 Gbps (Gigabits por segundo), 10 Gbps, estas velocidades son muy altas en comparación a las velocidades que transmiten las redes de área extensa (WAN).

Las LANs utilizan una gama de medios para transmitir, empezando por el cable coaxial, cable par trenzado, fibras ópticas, etc. y además la transmisión inalámbrica, vinculado al medio de transmisión se encuentran las tecnologías empleadas. [1]

Siendo ese el caso, existen estándares que fueron desarrollados para poder combinar medios de transmisión, tasa de transmisión y topologías. En el transcurso de los años las redes locales han utilizado topologías tales como bus, anillo y estrella.

Cada topología tiene características propias, por ejemplo la topología bus utilizaba como medio de transmisión el cable coaxial y los elementos de conexión eran conectores BNC, conectados todos al mismo medio (cable), lo cual representaba una desventaja ya que al tener una estación un fallo, toda red se veía afectada, solo una estación podía transmitir a la vez y todas las computadoras podían recibir, pero solo la que tenía la dirección de destino recibía la trama, las demás la desechaban, la trama avanzaba hasta encontrar un terminador. La figura 1.1 nos presenta un ejemplo de una típica topología bus. [2]



**Figura 1.1 Topología bus. [7]**

La topología anillo, tal como su nombre lo indica consiste en unir dos o más computadoras, de tal manera que el ultimo retorna con una conexión hasta el primero, dando origen al anillo. Cada PC en la red actúa como un repetidor que retransmite la

trama hacia el computador vecino, la transmisión es unidireccional, es decir se transmite en el sentido de las manecillas del reloj o en sentido contrario, y la única estación que la retiene será la que corresponda a la dirección de destino, y continuara hasta regresar a la estación de origen la cual termina el proceso descartándola; en la figura 1.2 vemos una topología anillo formada por cuatro estaciones. [1] y [2].



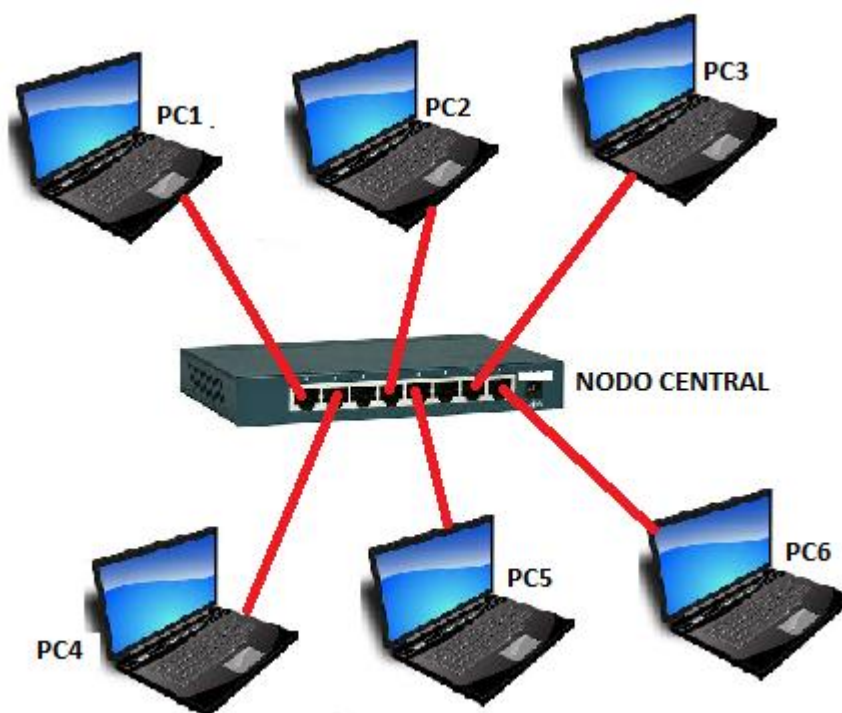
**Figura 1.2 Topología anillo.**

Tanto la topología bus como anillo, representaban un gran desafío en cuanto a su mantenimiento y ampliación.

La topología estrella se caracteriza por constar de un elemento central o nodo central al que se conectan los demás dispositivos. El nodo central puede ser un hub que usa el método de difusión, es decir si una estación transmite todas las demás estaciones conectadas al hub “escucharan” la transmisión, es decir aunque físicamente es una

estrella de manera lógica aún conserva esta característica de la topología bus. Para poder solucionar este inconveniente se introdujo el uso de switch como nodo central, el mismo que actúa como elemento conmutador de tramas, cuando el switch recibe una trama la retransmite solo a la estación destino. Paralelamente se desarrollan conceptos y normas de cableado estructurado que permiten la implementación ordenada de la red y además permiten el crecimiento modular de las redes. [1]

Otra ventaja de la topología estrella es que si ocurre un fallo en uno de los nodos solo se afecta dicho nodo, la transmisión de los demás nodos no se ve interrumpida. En la figura 1.3 podemos observar un switch que actúa como nodo central y por lo menos seis PCs enlazadas en topología estrella.



**Figura 1.3 Topología estrella.**



Poco a poco se introdujeron otros tipos de dispositivos que también intercambiaron información con las PCs y/o servidores existentes en la red local, en consecuencia tienen una amplia gama de aplicaciones, y ya no están restringidas al ámbito de las computadoras, hoy pueden integrarse a una LAN:

- Equipos de control de acceso.
- Equipos de control de asistencia de personal.
- Equipos de monitoreo del clima.
- Equipos de Domótica.
- Equipos de Seguridad Electrónica.
- Equipos de Control Automático de Procesos Industriales.
- Equipos de Video Vigilancia, etc. etc.
- Equipos médicos.
- Telefonía IP.

En este contexto los equipos de video vigilancia conocidos también como “Circuito Cerrado de Televisión” o CCTV, han ido evolucionando en busca de mejorar la calidad de video, procesamiento de las señales de video, almacenamiento de las imágenes, calidad de transmisión, facilitar acceso y administración, entre otros objetivos.

Esta búsqueda permitió la convergencia de los sistemas de video vigilancia con las Redes de Datos, particularmente con las LANs, con lo cual se simplifican los procesos de instalación, mantenimiento y administración, ya que cada cámara actúa como un

nodo más en la red LAN, por lo tanto pueden ser puede acceder a ellas desde cualquier punto en la red, las imágenes de video pueden ser almacenadas en servidores especializados que también se integran a la red.

Para transmitir video sobre la red se debe efectuar una conversión desde señales análogas a señales digitales, es decir se convierte a cadenas de bits, por lo tanto esto permite que se pueda dar tratamiento a las imágenes para entre algunas opciones corregir inconvenientes debidos al ambiente de filmación tales como deficiencia o exceso de luz, realizar tareas de analítica de video tales como identificación de rostros, identificación de placas, identificación de objetos olvidados, conteo de personas, etc, etc.

Sin embargo, a pesar de estas ventajas se debe tener ciertas consideraciones tales como por ejemplo el tráfico que se genera en la red, con el respectivo consumo de ancho de banda, ya que el tamaño de las tramas de video está directamente relacionadas a la resolución de las imágenes y la técnica de compresión que se utilizara para tanto para transmitir como para almacenar.

### **1.1 Los primeros pasos.**

Una vez recolectada la información con las necesidades del cliente, evaluación de la infraestructura existente y habiendo establecido los alcances del proyecto, procedimos a realizar el análisis pertinente y llegamos a las siguientes conclusiones:

- Para obtener mejor calidad de video se debería migrar a tecnologías de Video Vigilancia IP.

- La infraestructura existente en ese momento era incompatible con Video Vigilancia IP, por cuanto la tecnología análoga, tiene como medio de transmisión el cable coaxial con conectores BNC y/o cable par trenzado con terminación en baluns.
- Se requería establecer enlaces entre galpones.
- Las rutas de cableado entre galpones estaban saturadas y no admitían cables nuevos.
- La alimentación eléctrica para las cámaras ya no sería la misma que la que se disponía para las cámaras análogas.
- Para dar cobertura los “puntos ciegos” se debería de incrementar el número de cámaras, y en muchos casos ubicarlas en puntos diferentes a los que se hallaban en ese momento.

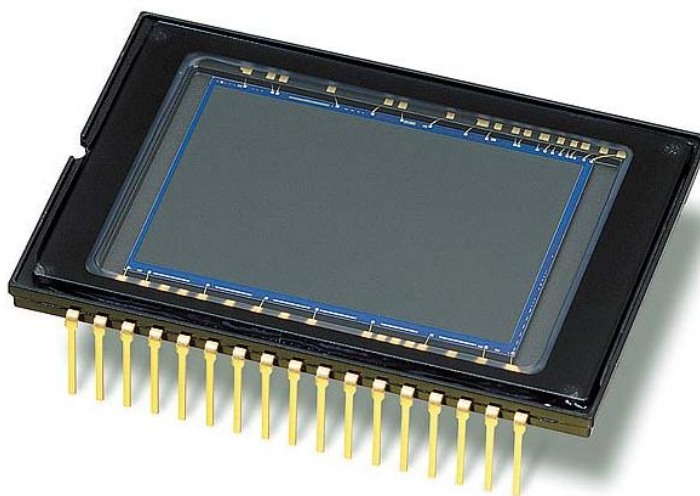
Por lo tanto ese giro en la tecnología a usar, implicaba dar de baja la red existente para el sistema análogo y diseñar una nueva red de datos para el sistema IP.

## **1.2 Sistemas de Video Vigilancia Análogos**

La cámara es el elemento principal de un sistema de video vigilancia análogo, su misión es capturar imágenes a distancias y de maneras que no son permisibles al ojo humano, y combinadas con elementos de grabación obtenemos como resultado un sistema en el que las imágenes capturadas por la cámara quedan a disposición del ser humano para análisis y/o procesamiento.

La cámara cuenta para su funcionamiento con algunos elementos fundamentales que mencionaremos a continuación.

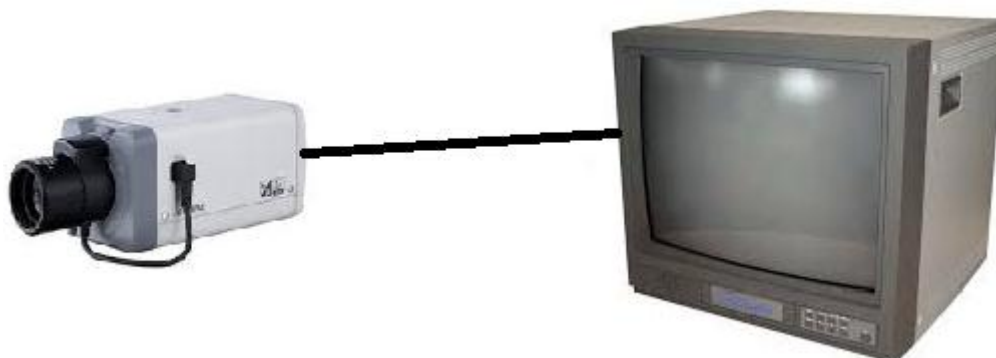
La captura de las imágenes se inicia con la función de un dispositivo sensible a la luz conocido como charge-coupled device o simplemente CCD, cuya sensibilidad permitirá operar tanto en ambiente de penumbra como en ambiente de luz intensa. Cada CCD a su vez está constituido por pixeles que son los elementos semiconductores fotosensibles dispuestos en arreglos matriciales, que convierten la energía de la luz recibida en niveles de voltaje y son enviados como señal analógica a un convertidor analógico – digital-analógico, que también es parte de la cámara pero que esta fuera del CCD. En consecuencia tendremos una señal analógica en la salida de la cámara y que deberá llegar a un receptor analógico que podría ser un monitor, un quad, matriz o grabador. La figura 1.4 es un ejemplo de CCD. [3]



**Figura 1.4 Foto de un CCD. [8]**

Un sistema básico consistirá entonces de una cámara y un monitor que es el elemento que capta la imagen proporcionada por la cámara y lo presenta de tal manera que el ser humano lo puede visualizar en una pantalla, enlazados

mediante un cable coaxial o par trenzado y baluns, tal como se muestra en la figura 1.5 a continuación.



**Figura 1.5 Sistema básico de CCTV.**

Sin embargo un sistema básico sería de muy poca utilidad en la mayoría de ambientes, ya que el personal que ejerce la función de monitoreo debería contar a su alrededor con un monitor por cada cámara del sistema, lo cual resulta impráctico desde el punto de vista económico y técnico por cuanto se requeriría de grandes espacios y un alto consumo de energía, sin contar que la persona no podría concentrar su atención en tantos equipos a la vez.

Para dar una solución a este problema se desarrollaron equipos que comprimen las imágenes para presentarlas de manera secuencial de una en una las cámaras o simultáneamente varias cámaras a la vez, los primeros fueron conocidos como secuenciadores y al último grupo pertenecen los quads que presentan de manera sincronizada cuatro cámaras a la vez y los multiplexores que de manera similar al quad presentan en la misma pantalla grupos de 4, 9 o 16 cámaras simultáneamente.

Ni los secuenciadores ni los quads cumplieron con la función de grabación, es a partir de los multiplexores que obtenemos esta función en cintas magnéticas, pero resultaba complejo la búsqueda de eventos grabados debido a las velocidades de recorrido de cinta.

Posteriormente nacen los DVR (Digital Video Recorder) el cual es un elemento que recibe la señal analógica de la cámara la convierte a digital y la almacena como tal en discos duros, la gran mayoría de ellos tienen además un puerto de conexión a red Ethernet, lo cual permite visualizar las imágenes de las cámaras en vivo y/o recuperar videos de eventos desde un computador en la red mediante un navegador de internet que podría ser Internet Explorer, Mozilla, Google Chrome, etc.

Cabe notar que en todos los casos anteriores tanto los quads, secuenciadores, multiplexores, DVRs, todos ellos reciben una señal análoga y la procesan a fin de presentarla de manera visual en un monitor o almacenarla, esta es una característica intrínseca a los sistemas de video vigilancia análoga, lo cual como veremos más adelante representa una gran diferencia al comparar con un sistema de cámaras IP.

Hoy en día los DVR además cuentan con diversas opciones de respaldo tales como grabadores de CD o DVD, puertos USB en los que podemos conectar una memoria y descargar los segmentos de video de nuestro interés.

Para evitar saturar de manera rápida el espacio de almacenamiento en discos duros también cuentan con el modo de grabación por detección de movimiento, es decir solo graban los cuadros que tienen un cambio en su imagen, evitando

grabar de manera continua cuadros en los que no existe movimientos o cambios en la escena, ampliando de esta manera el periodo de grabación.

Otra mejora que se incorpora en los DVR es la opción de grabación de audio que puede ser para un grupo de puertos o para la totalidad de los mismos, esta característica es opcional y va a depender de lo que cada fabricante decida incorporar en sus productos. La figuras 1.6 y 1.7 muestran un ejemplo de DVR.



**Figura 1.6** DVR, vista frontal. [9]



**Figura 1.7** DVR, vista posterior. [9]

En cuanto al medio de transmisión utilizado por los sistemas de video vigilancia análogos tenemos en primer lugar el cable coaxial con terminación en conectores BNC.

### **1.2.1 Características de las cámaras profesionales**

Al momento de seleccionar una cámara de CCTV son muchos los factores que se deben tomar en consideración que van desde cual será la distancia del objeto de grabación, la iluminación del lugar, si se grabara en el día y/o en la noche, la calidad de la imagen que deseamos obtener, el entorno en el que se instalaran por ejemplo estarán en ambiente interior o exterior expuesta a intemperie.

Por ejemplo existe una relación directamente proporcional entre el CCD seleccionado y la resolución ya que a mayor cantidad de pixeles, mayor será la información de la imagen que se captara por unidad de superficie, así pues en las cámaras análogas la resolución se mide en líneas de televisión o TVL, en consecuencia mientras más pixeles tenga el CCD, mayor será el número de líneas de televisión que ofrecerá la cámara, tomemos como ejemplo la cámara marca AVTECH modelo AV-KPC133ZADN (a la cual para efectos de simplificar su nomenclatura la llamaremos en adelante Cámara A), que tiene como resolución 420TVL versus la cámara marca Hikvision modelo DS-2CE55A2N-IRP (Cámara B), que tiene como resolución 700 TVL, podemos concluir que B entrega



mayor cantidad de información en la imagen ya que su CCD tiene una mayor cantidad de píxeles.

La iluminación también es un factor crítico para seleccionar una cámara, si el ambiente en que se va a filmar tiene una fuente de iluminación permanente y constante cualquier cámara podría ser útil pero si la fuente de iluminación es variable entonces la característica deseable es que su sensibilidad sea lo más baja posible, la sensibilidad se mide en lux y corresponde a la mínima cantidad de luz bajo la cual la cámara puede captar una imagen. Continuando en la comparación anterior la Cámara A tiene sensibilidad 0 Lux vs Cámara B que tiene 0.1 Lux, es decir la sensibilidad A es mayor que B, dicho en otras palabras puede tolerar ambientes oscuridad total.

Entonces la pregunta que surge es ¿cómo pueden estas cámaras grabar en oscuridad total o parcial?, la respuesta está en los LEDs Infrarrojos o conocidos como IR que caracterizan a las cámaras conocidas como Día/Noche, es decir en el día o en presencia de una fuente de luz artificial transmiten la imagen de manera normal, mientras que en la noche o en ambientes con mala iluminación entran en funcionamiento los IR, permitiendo capturar imágenes las cuales ya no estarán en color sino más bien en la escala de grises.

Por demás está decir la importancia que tiene el lente de la cámara, por un lado la distancia focal del lente determina el área de imagen que se visualizara por medio de un monitor y por otro lado debe controlar el paso de luz que llegara al sensor, función que puede ser manual como por

ejemplo con un iris mecánico o de manera automática mediante un auto iris electrónico.

Entonces encontraremos en el mercado cámaras con lentes de distancia focal fija y estas son por cierto las más económicas, pero también encontremos cámaras con lentes varifocales o de distancia focal variable, que pudieran venir incorporados en la cámara o en el caso de las cámaras profesionales el lente viene por separado, dando lugar a otra característica muy importante como es el montaje del lente que puede ser tipo C o CS.

Muchas veces nos encontramos en escenarios en los que la cámara enfoca una zona con brillo debido al ingreso de luz desde una fuente externa, como podría ser el caso de puertas o ventanas que permiten el ingreso de luz solar en determinadas horas del día, los objetos o personas delante de la fuente de luz se verán como una silueta o sombra, esto se corrige mediante la característica llamada BLC o Back-Light Compensation, que se encarga de eliminar de manera selectiva el brillo excesivo detrás el objeto o persona, permitiendo de esta manera recuperar los detalles que de otra manera se perderían.

Otra técnica relacionada es WDR o Amplio Rango Dinámico, se conoce como rango dinámico a la diferencia entre la mínima y máxima iluminación que tiene el sensor, y usando diferentes técnicas logra hacer filtrado de luz mejorando la calidad de los detalles que se pierden debido a la diferencia de contraste ente una zona con iluminación excesiva y otros sectores con sombras dentro de la misma escena. Al observar las figuras

1.8 y 1.9 se puede notar el efecto que tiene WDR en la calidad de la imagen, sin WDR se pierden detalles del rostro de la persona y con WDR se puede apreciar y reconocer fácilmente el rostro de la persona



**Figura 1.8 Cámara sin WDR. [10]**



**Figura 1.9 Cámara con WDR. [10]**

Entonces ¿cuál es mejor BLC o WDR?, la figura 1.10 permite entender la diferencia entre una cámara con BLC y otra con WDR, evidentemente se aprecia que WDR rescata muchos más detalles detrás de la fuente de luz.



**Figura 1.10 Comparación entre BLC y WDR [3]**

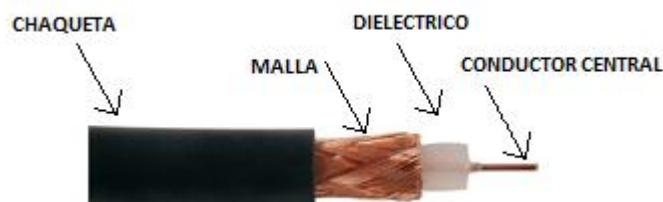
### 1.2.2 Medios de transmisión CCTV análogo.

Básicamente se utilizan dos tipos de cables:

- Coaxial.
- Par trenzado.

Cada uno de ellos tiene sus ventajas y desventajas, por lo que al momento de diseñar el cableado es importante tomar en consideración varios factores antes de seleccionar el medio que se instalara.

La construcción del cable coaxial emula una jaula de Faraday, ya que el conductor central está rodeado de un elemento dieléctrico y sobre este una malla que hace las veces de jaula. En la figura 1.11 podemos visualizar la construcción del cable coaxial.



**Figura 1.11 Cable coaxial RG59.**

La calidad del cable dependerá del calibre del conductor central, la malla que lo rodea al conductor central deberá tener una cobertura mínima del 95%, la composición del dieléctrico y chaqueta del cable.

Los cables coaxiales marcados como CATV no están recomendados para el uso de CCTV, ya que su centro es de acero revestido en cobre y su malla es de aluminio con 45% de cobertura, lo cual no garantiza contacto

efectivo con el conector. Uno de los inconvenientes de usar coaxial en CCTV es la rigidez y peso de los mismos, sobre todo cuando en un mismo ducto o canal va un grupo grande. [4]

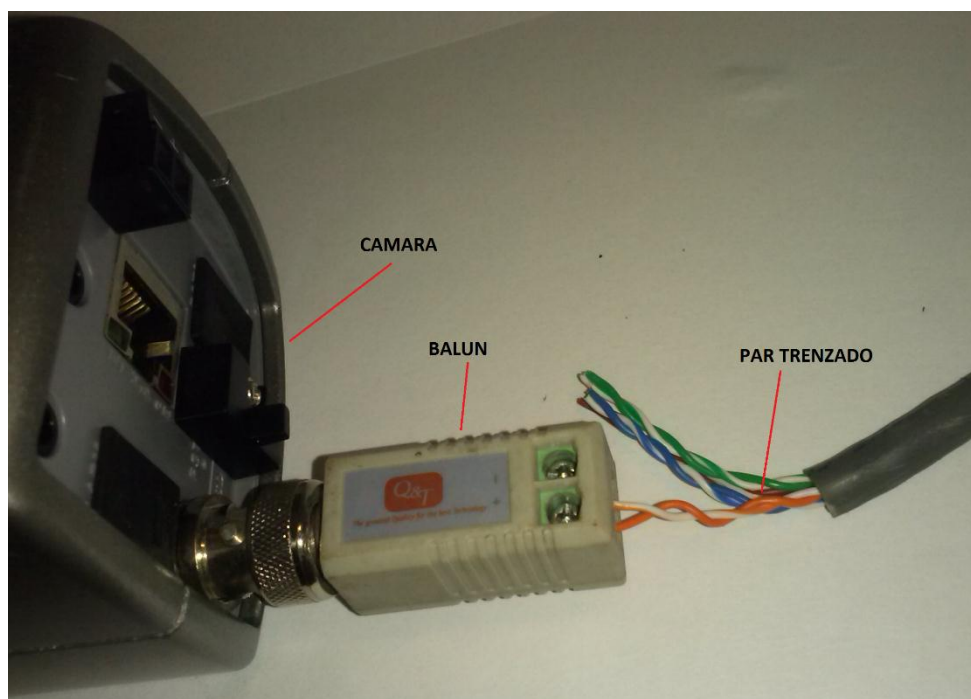
A continuación la Tabla 1 presenta un listado de los cables coaxiales recomendados para CCTV y tres de las características más importante de cada uno de ellos.

	<b>RG-59/U</b>	<b>RG-6/U</b>	<b>RG-11/U</b>
Calibre	AWG 20, AWG 22, y AWG 23	AWG 18	AWG 16
Distancia Máxima recomendada	225 m	400 m	600 m
Impedancia	75 ohmios	75 ohmios	75 ohmios

**TABLA 1: Características de los cables coaxiales para CCTV [13]**

Los cables de par trenzado son más fáciles de manejar en su instalación, son más ligeros y menos rígidos que el coaxial, además mediante el trenzado se eliminan las interferencias, para su acople en la cámara y DVR se utilizan baluns.

Los baluns hay pasivos que no requieren de alimentación eléctrica y permiten distancias de hasta 300 metros y los activos que requieren de alimentación eléctrica y alcanzan distancias en el orden de los 2000 metros.



**Figura 1.12 Cámara conectada con balun y cable par trenzado.**

### **1.3 Sistemas de video vigilancia IP.**

Al igual que en el sistema de vigilancia análogo el elemento fundamental del sistema de video vigilancia IP es la cámara, la cual guarda ciertas similitudes en lo que a características de video se refiere, siendo en la forma de transmisión y manejo de la señal donde difieren en gran manera.

La forma en que se captura las imágenes es similar tanto en análogo como en IP, con la diferencia de que en los sistemas análogos la señal que recibe el sensor es análoga y procesada por un convertidor A-D-A, para luego enviar una señal análoga por un canal exclusivo entre la cámara y el DVR a través de un medio

físico como el cable coaxial o un par trenzado. El DVR finalmente procesa las imágenes para digitalizarlas y comprimirlas fin de mostrarlas en un PC de la red o almacenarlas en el disco duro del DVR o algún otro elemento de almacenamiento.

En el sistema IP en cambio toda la gestión de conversión análoga digital y compresión se efectúa directamente en la cámara, es decir la cámara maneja estos procesos de manera interna, para luego transmitir la imagen a través de un canal compartido, en formato de tramas IP. Dicho en pocas palabras la cámara tiene poder de procesamiento, liberando al grabador de estas tareas, se comporta como una computadora de función especializada en el manejo de las imágenes de video.

Por tratarse de un sistema basado en IP, la trama puede ser recibida simultáneamente por más de una entidad en la red, tales como grabadores IP conocidos como NVR (Network Video Recorder), estaciones de usuarios, etc.

Por lo tanto a diferencia de los sistemas análogos que requieren de la presencia de un DVR y conexiones directas entre DVR y cámaras, el sistema IP no requiere de conexiones físicas directas entre grabador y cámara.

Para visualizar el contenido del grabador o una cámara se lo hace mediante navegadores de internet en los que colocamos como URL la dirección IP del dispositivo y mediante mecanismos de seguridad se ingresa con usuarios y claves que permiten visualización y/o administración remota. Existiendo para esta



gestión diferentes niveles de usuarios, cada cual con atributos y/o restricciones según sea el caso.

Las cámaras IP utilizan codecs tales como MJPEG, MPEG4, H.264 para la transmisión a través de la red. Por lo tanto para el manejo de audio no hace falta instalar un cable adicional como sucede en los sistemas análogos, ya que el audio viajara encapsulado en las mismas tramas que el video.

La escalabilidad es otra característica que destaca ya que al no requerir de conexiones físicas directas al grabador se puede añadir más cámaras según lo permita la licencia por nodos que tenga el NVR. Además se aprovecha el cableado estructurado de las redes existentes o en caso de requerir nuevos puntos se lo hará utilizando los ductos y/o electro canales existentes en la organización.

La calidad de video realmente es superior en los sistemas IP ya que hoy en día se consiguen resoluciones en el orden de megapíxeles (2 megapíxeles, 3 megapíxeles y más).

Otra ventaja de las cámaras IP es que al integrarse a una red IP, mediante mecanismos de enrutamiento se las puede tanto administrar y/o visualizar desde Internet. Un ejemplo de un sistema de video vigilancia IP es el mostrado en la figura 1.13.

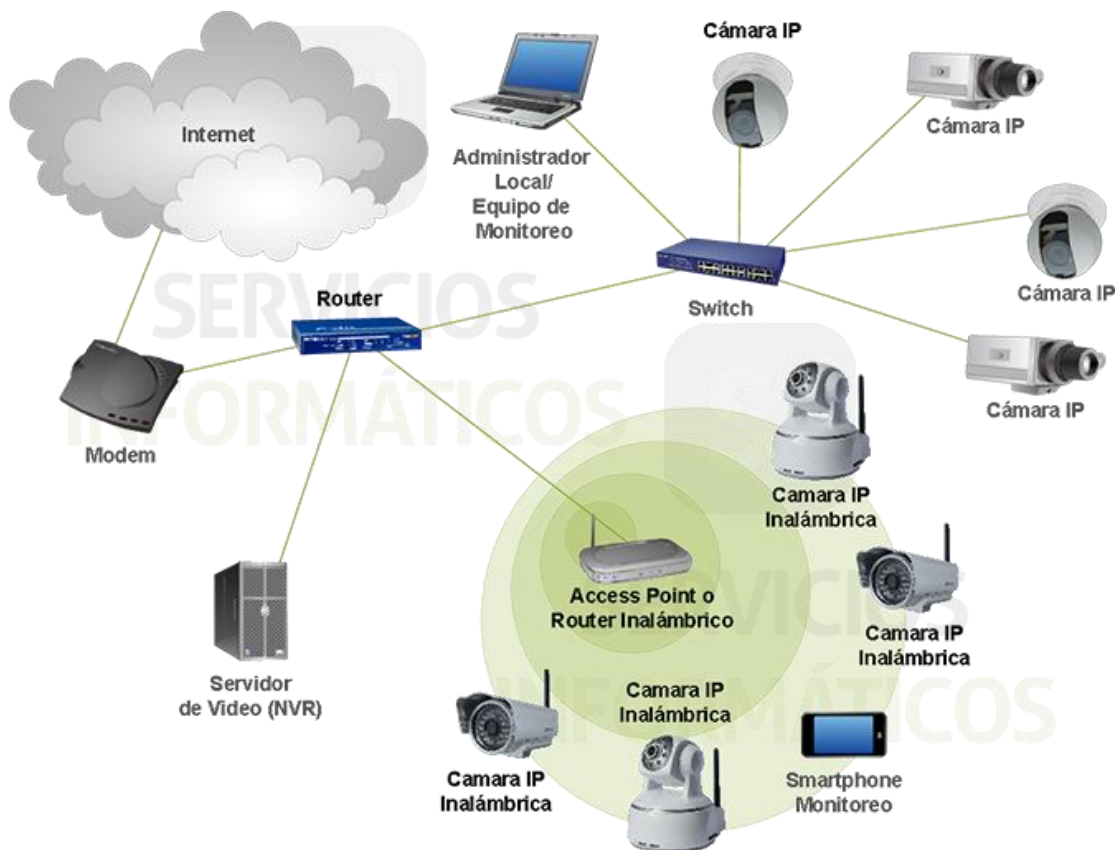


Figura 1.13 Modelo de un sistema de video vigilancia IP. [11]

#### 1.4 IP vs Análogo.

Para tener de una manera clara y objetiva las diferencias y similitudes entre ambos sistemas sírvase leer la Tabla 2, la cual resume las características más destacadas de cada sistema.

	<b>CAMARA ANALOGA</b>	<b>DVR</b>	<b>CAMARA IP</b>	<b>NVR</b>
<b>VISUALIZACION DESDE CUALQUIER PC DE LA RED</b>	NO	SI	SI	SI
<b>CODECS</b>	PAL, NTSC	MJPEG, MPEG-4, H.246	MJPEG, MPEG-4, H.246	MJPEG, MPEG-4, H.246
<b>ELEMENTO DE ALMACENAMIENTO</b>	NO	DISCO DURO INTERNO Y/O EXTERNOS	ALGUNOS MODELOS PERMITEN FLASH MEMORY	DISCO DURO INTERNO Y/O EXTERNOS
<b>PROCESAMIENTO DE LA IMAGEN</b>	NO	SI	SI	SI
<b>COMPRESION</b>	NO	SI, TAREA SE COMPLICA SI AUMENTA EL # DE CAMARAS	SI, CADA CAMARA ES UN PROCESADOR ENCARGADO DE DICHA TAREA	SI
<b>SENSOR</b>	CCD	----- -----	CCD , CMOS	----- ----
<b>UNIDADES DE RESOLUCION</b>	TVL	----- -----	MEGAPIXELES	----- ----
<b>SERVIDOR WEB</b>	NO	SI	SI	SI
<b>INTELIGENCIA DISTRIBUIDA</b>	NO		SI	
<b>MEDIO DE TRANSMISION</b>	CABLE COAXIAL, UTP		UTP	
<b>CABLE ADICIONAL PARA AUDIO</b>	SI		NO	
<b>ALIMENTACION ELECTRICA</b>	12 VDC -24 VAC	110 VAC	12VDC - 24 VAC - PoE	110 VAC
<b>LENTES</b>	FIJOS Y VARIFOCAL		FIJOS Y VARIFOCAL	

**TABLA 2: COMPARACION ENTRE SISTEMAS IP Y ANALOGO**

En consecuencia las ventajas de un sistema IP son muchas en comparación con un sistema análogo, que si bien no pierden vigencia por ser menos costosos, la calidad de video y la alta escalabilidad que ofrece IP, justifica cualquier migración.

### **1.5 Cableado estructurado.**

Ya que las cámaras IP hacen uso de una red IP, se deben tener las mismas consideraciones en cuanto al diseño e instalación de una red de cableado estructurado.

Aunque muchos productos pueden trabajar sobre cable UTP categoría 5e, la gran mayoría de fabricantes hacen fuertes recomendaciones en cuanto a usar Categoría 6 o superior, esto es debido a que en general los sistemas IP brindan una solución al problema de la alimentación eléctrica, mediante el uso de switches PoE, este estándar aprovecha el cable par trenzado para además de realizar la transmisión de video también proporcionar alimentación eléctrica a dispositivos tales como cámaras IP, access points, controles de acceso, etc, etc, eliminando de esta manera la necesidad de instalar de manera paralela al cable de datos, puntos eléctricos 110VAC (en nuestro medio).

Además se debe garantizar que el cableado esté libre de ruido electromagnético, que no sufra deformaciones en su estructura tanto interna como externa, que se respete la capacidad de los ductos por los que se conducen, que estén plenamente identificados cada uno, que la atenuación de la señal no sea un problema, que estén debidamente terminados los conectores, que sea muy fácil cambiar los servicios y/o aplicaciones para la cual está disponible el cableado,

etc, etc, todo esto y más se logra al aplicar las normas o estándares de cableado estructurado.

Los estándares que se deben considerar en el diseño de cableado son los que se citan en la Tabla 3:

<b>ESTANDAR</b>	<b>DESCRIPCION</b>
<b>ANSI/TIA/EIA-568-B.1</b>	COMMERCIAL BUILDING TELECOMMUNICATIONS CABLING STANDARD, General Requirements
<b>ANSI/TIA/EIA-568-B.2</b>	100 OHM TWISTED PAIR CABLING STANDARDS.
<b>ANSI/TIA/EIA-568-B.3</b>	OPTICAL FIBER STANDARDS Optical Fiber Cabling Components
<b>ANSI/TIA/EIA-569-B</b>	Commercial Building Standard for Telecommunications Pathways and Spaces.
<b>ANSI/TIA/EIA-606(A)</b>	The Administration Standard for the Telecommunications Infrastructure of Commercial Buildings
<b>ANSI-J-STD-607(A)</b>	Commercial Building Grounding and Bonding Requirements for Telecommunications

**TABLA 3: ESTANDARES DE CABLEADO ESTRUCTURADO. [12]**

### **1.6 Power over Ethernet.**

Power over Ethernet es un estándar que permite que dispositivos de red tales como cámaras IP, access points, controles de acceso y otros equipos recibir la alimentación eléctrica por medio del mismo cable y conectores que transmiten los datos, lo cual representa un ahorro en las instalaciones y simplifica la administración de los mismos.

Sin embargo es muy importante determinar la potencia total que requieren los dispositivos conectados simultáneamente a un mismo switch PoE, ya que a la presente fecha existen dos versiones del estándar. IEEE 802.3af considera que

el cada puerto debe entregar un máximo de 15.4 Watts. Mientras que la nueva versión IEEE 802.3at aumento este rango a 25 watts por puerto. [6]

Estos valores cobran singular importancia en el diseño ya que de antemano debemos conocer cuál es requerimiento de potencia que tienen los equipos que serán alimentados, dependiendo de dicho análisis la selección del switch a utilizar, evitando de esta manera sobrecargarlo con las consecuencias de fallas que eso implicaría en el sistema total.

## CAPÍTULO 2

### 2. IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

En consideración a los problemas planteados inicialmente:

- a) Se requería mejorar la calidad del video (resolución).
- b) Cubrir puntos ciegos, zonas donde la cobertura era parcial o nula.
- c) La ubicación de los grabadores no sería centralizada, más bien estaría en el galpón más lejano (Galpón de Producción 2), esto por razones de seguridad.
- d) La infraestructura de ductos entre galpones estaba saturada.
- e) El cableado existente estaba obsoleto.
- f) La alimentación eléctrica de cada cámara.

Uno por uno fue analizado cada problema inicial y se resolvieron con las siguientes soluciones:

a) Para mejorar la calidad de video, hicimos consideración de los diferentes entornos en los que las cámaras deberían operar y encontramos diversidad de ambientes tales como por ejemplo:

- Sectores que tienen iluminación artificial de manera permanente.
- Sectores que tienen iluminación natural durante las horas de sol e iluminación artificial en las noches.
- Sitios en los que a determinadas horas del día tenemos efectos de contraluz, particularmente en las puertas de los galpones.
- Exteriores en los que las cámaras se exponen a intemperie.
- Un requisito solicitado es que tanto al exterior como al interior de los galpones se pudiera visualizar e identificar personas y acciones.

Es decir se requería de una cámara que pudiera operar tanto en el día como en la noche, que su sensibilidad fuera lo más baja posible, que su enfoque permita visualizar objetivos a diferentes distancias y en diferentes entornos.

Tomando en consideración estos detalles una cámara análoga si bien es cierto podía haber sido una opción, el requisito de poder visualizar personas y acciones de manera identificable en entornos y distancias variadas, la hacía inviable, no sería posible, por lo tanto solo había una opción: migrar a cámaras IP, con alimentación PoE con lo cual también evitamos hacer tendidos eléctricos para la alimentación de cada cámara.

Luego de analizar diferentes marcas y modelos, se encontró que la cámara con la mejor relación costo beneficio disponible en el mercado en aquel tiempo



fue la cámara marca Bosch modelo NBN 498 21P, cuyas características serán mostradas en la sección de Anexos y cómo podemos constatar tiene la característica Día/Noche es decir puede operar tanto en el día como en la noche con iluminación mínima de 0.006 lux, además tiene incorporadas las funciones de BLC y WDR simultáneamente con lo que se resuelve el problema de ambientes en contra luz.

Una característica que hizo atractiva dicha cámara fue la función de escaneado progresivo, que permite captar imágenes nítidas en entornos muy activos.

- b) Para mejorar la cobertura trabajamos en conjunto con el cliente a fin de determinar cuáles son los puntos que considera críticos y sobre esa información hicimos otras recomendaciones, y el diseño dio como resultado 39 cámaras IP. La distribución de las cámaras se pueden apreciar en los planos dispuestos en la sección Anexos: Distribución de cámaras y racks en Galpón de producción 1, Distribución de cámaras y racks en Galpón de BMP, Distribución de cámaras y racks en Galpón Despacho, Distribución de cámaras y racks en Galpón de producción 2.
- c) Dado que el sistema es IP ya no requeríamos de que las cámaras se conecten de manera física directamente a los grabadores, tal como sucede de manera obligatoria en los sistemas análogos en los que la cámara transmite el video sin codificar ni comprimir ya que esta tarea la realiza directamente el DVR, esto es realmente una limitante ya que se requiere de centralizar la gestión de video en cada DVR y por ende se debe realizar tendidos de cable directo entre cámara y grabador.

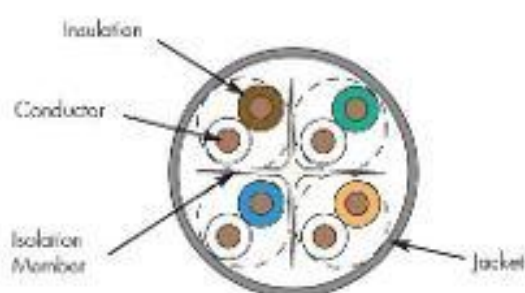
En el nuevo sistema de video vigilancia IP, la gestión de video tales como codificar y comprimir se realizan en la cámara seleccionada y lo que transmite son tramas IP, por lo tanto lo que se requiere es conectar cada cámara a la red IP, y esto lo hacemos en este caso por medio de switches PoE.

Al establecer la comunicación entre las cámaras y los grabadores, y los usuarios asignados podrían visualizar tanto las imágenes en vivo de las cámaras así como también las grabaciones en los NVRs, con tan solo ingresar la dirección IP del dispositivo que se desea visualizar (ya sea cámara o NVR).

- d) Los ductos entre galpones estaban saturados, sin embargo ya existían enlaces de fibra óptica entre los galpones, hecho que fue aprovechado, separamos de cada tendido de fibra dos hilos para tener enlaces exclusivos para el sistema de video vigilancia IP, evitando de esta manera causar un cuello de botella en el tráfico de los datos ya existentes.
- e) Se diseñó una nueva red de cableado estructurado, tomando en consideración los respectivos estándares. La instalación fue con cable UTP cat6. Las razones por las que se seleccionó esta categoría de cableado estructurado fueron básicamente las siguientes:
- El calibre que por norma debe tener un cable categoría 6 es 22AWG o 23 AWG, mientras que categoría 5e es 24 AWG, por lo tanto tiene una mayor capacidad de amperaje.
  - La construcción de los cables categoría 6 disminuye las influencias que fuentes de ruido electromagnético podrían tener sobre cada uno de los pares ya que el tabique central en forma de cruz hace

separación de los pares y que está construido de material dieléctrico y evitando que la señal sobre un par influya sobre el par vecino y a su vez los protege o disminuye el efecto del ruido proveniente de fuentes externas.

- Por otro lado las normas de cableado estructurado no permiten que se pongan patchs cords en sitio, sino que dichos cables sean construidos bajo controles de calidad en fabrica, disminuyendo de esta manera las fallas por una mala inserción.
- Además la categoría 6 garantiza que en se puede efectuar transmisiones con tasas de 1 Gbps a distancias de 100 metros que es la máxima distancia permitida en cableado estructurado, mientras que categoría 5e solo garantiza tasas de 100 Mbps máximo. Se puede visualizar un ejemplo de construcción de cable categoría 6 en la figura 2.1 a continuación.



**Figura 2.1 Corte transversal de un cable categoría 6.**

- f) Las cámaras seleccionadas tienen la opción de alimentación PoE, por lo tanto se aprovecharía el nuevo cableado para enviar datos y alimentación eléctrica por el mismo cable. Esto implicó que también debía seleccionarse switches PoE, en este caso se seleccionó el switch marca HP modelo JD992A V1905-24-PoE, cuya hoja de datos encontraremos en el anexo Data Sheet Switch PoE, ya que tanto la cámara y el switch cumplen con el estándar IEEE 802.3af, garantizando compatibilidad entre ambos.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. En este tipo de proyectos en los que la calidad de video es muy importante, que además la distribución de las cámaras es disperso y extenso la solución de video vigilancia IP es la mejor opción , además brinda otras facilidades tales como el ahorro de la instalación de puntos de alimentación eléctrica, ya que en el mismo cable UTP van alimentación y transmisión de datos, administración y visualización desde cualquier PC de la red interna y con las configuraciones de red apropiadas visualización y/o administración remota desde Internet.
2. Es un sistema fácilmente escalable ya que no dependemos de la cantidad de puertos en un DVR, sino más bien de la capacidad del NVR, la solución de grabación elegida fue VIDOS Video Management System software, ya que su

flexibilidad permite la instalación en una PC o servidor y la licencia inicial es para 32 canales IP, pero si en el futuro se requiere incrementar el número de cámaras se lo puede hacer adquiriendo una actualización de la licencia o como en el presente caso instalar licencias en más de un PC o servidor. Dado que la fábrica tiene crecimiento dinámico se optó por instalar el software en dos servidores a fin de estar preparados para dicho crecimiento y además balancear la carga de espacio de grabación requerido.

3. El procesamiento digital de la imagen se realiza en la cámara, no en el NVR, cada cámara efectúa la conversión análogo digital y luego codifica para su transmisión sobre la red IP, disminuye la carga del grabador y permite la flexibilidad de que la grabación se pueda efectuar en sitios remotos con relación a la posición de la cámara.
4. Conviene siempre que sea posible separar el tráfico de video del tráfico de datos de la empresa, esta es una recomendación ya que la trama de video es compleja y demanda un mayor ancho de banda que otras aplicaciones en la red.  
Además en caso de contingencias por fallo de un switch o cámara al estar en redes físicas diferentes no afectara el normal desempeño de la organización, es ante todo una medida preventiva para que un servicio no colapse o interrumpa otro servicio, considerando que tanto la operación de la empresa, así como el video vigilancia tienen vital importancia para la organización.
5. Si bien es cierto el costo inicial de implementar un sistema de video vigilancia IP es un poco alto, la relación costo beneficios es excelente, ya que por un lado se ahorra el tendido de cables de alimentación eléctrica, además la calidad de video

es muy superior y los nuevos productos han mostrado alta calidad en este sentido, y por último es un sistema de fácil administración.

6. Finalmente podemos decir que los problemas iniciales fueron superados, la empresa pudo resolver el problema de ductos saturados sin tener que invertir en construcciones que hubieran significado mayores costos y la interrupción de las labores normales ya que la apertura de zanjas y tendido de nuevas tuberías hubieran significado.

La construcción de una nueva red de cableado estructurado en los galpones también los prepara para transmisiones a Gigabit, cuando llegue el momento de hacer el cambio de equipos no significara cambiar de cableado.

La flexibilidad de crecimiento es uno de los puntales de este nuevo sistema ya que podrán llegar a 64 cámaras IP sin tener que cambiar los grabadores, ni las licencias de los mismos. La calidad de video mejoro significativamente.

### **Recomendaciones**

1. Es importante realizar mantenimientos preventivos de manera trimestral, esto evita la acumulación de polvo y vapores en el lente de la cámara y permite realizar ajustes de posición que se pudieran necesitar debido a las vibraciones típicas de un ambiente industrial.
2. En el cálculo de la potencia de los Switches PoE se debe respetar lo que el fabricante diga respecto de su producto, no conectar equipos que superen el consumo de potencia por puerto o la suma total de los puertos.
3. Revisar periódicamente el status del dispositivo de almacenamiento, es importante realizar respaldos en medios externos tales como discos extraíbles.

4. Mantener la configuración de grabación por detección de movimiento, a fin de no saturar el espacio de almacenamiento en corto tiempo.
5. Si en el futuro se requiere de cámaras adicionales, se debe respetar las normas de cableado estructurado y el cálculo de las potencias en los switches.
6. Revisar periódicamente el estado de los discos de cada grabador.



## BIBLIOGRAFÍA

[1] Stallings William, Comunicaciones y redes de computadores, Prentice Hall 8ava edición, 2007, Capítulos 1 y 15.

[2] Íñigo Jordi, Conceptos básicos de redes de comunicaciones, Universitat Oberta de Catalunya, 2012

[3] Aventura Soluciones de Seguridad por Diseño Cómo funcionan los sensores de la cámara, , [https://www.aventuracctv.com/es/analog\\_vs\\_ip/default.asp?index=2](https://www.aventuracctv.com/es/analog_vs_ip/default.asp?index=2) fecha de consulta julio 2015

[4] Hongsencable, Selección Del Cable Coaxial Para CCTV  
<http://www.hongsencable.es/tech/id/38.htm>

[5] Gautier Humbert, History of Standards From 10Mbps to 100Gbps Ethernet, BICSI-LEGRAND, November 2011.

[6] Alimentación a través de ethernet (PoE), AXIS,  
[http://www.axis.com/es/academy/installation\\_challenges/poe.htm](http://www.axis.com/es/academy/installation_challenges/poe.htm), fecha de consulta julio 2015

[7] <http://41dc.wikispaces.com/Topolog%C3%ADa+de+bus>

[8] [http://www.globalspec.com/learnmore/video\\_imaging\\_equipment/video\\_cameras\\_accessories/ccd\\_cameras](http://www.globalspec.com/learnmore/video_imaging_equipment/video_cameras_accessories/ccd_cameras)

[9] <https://www.samsung-security.com/products>

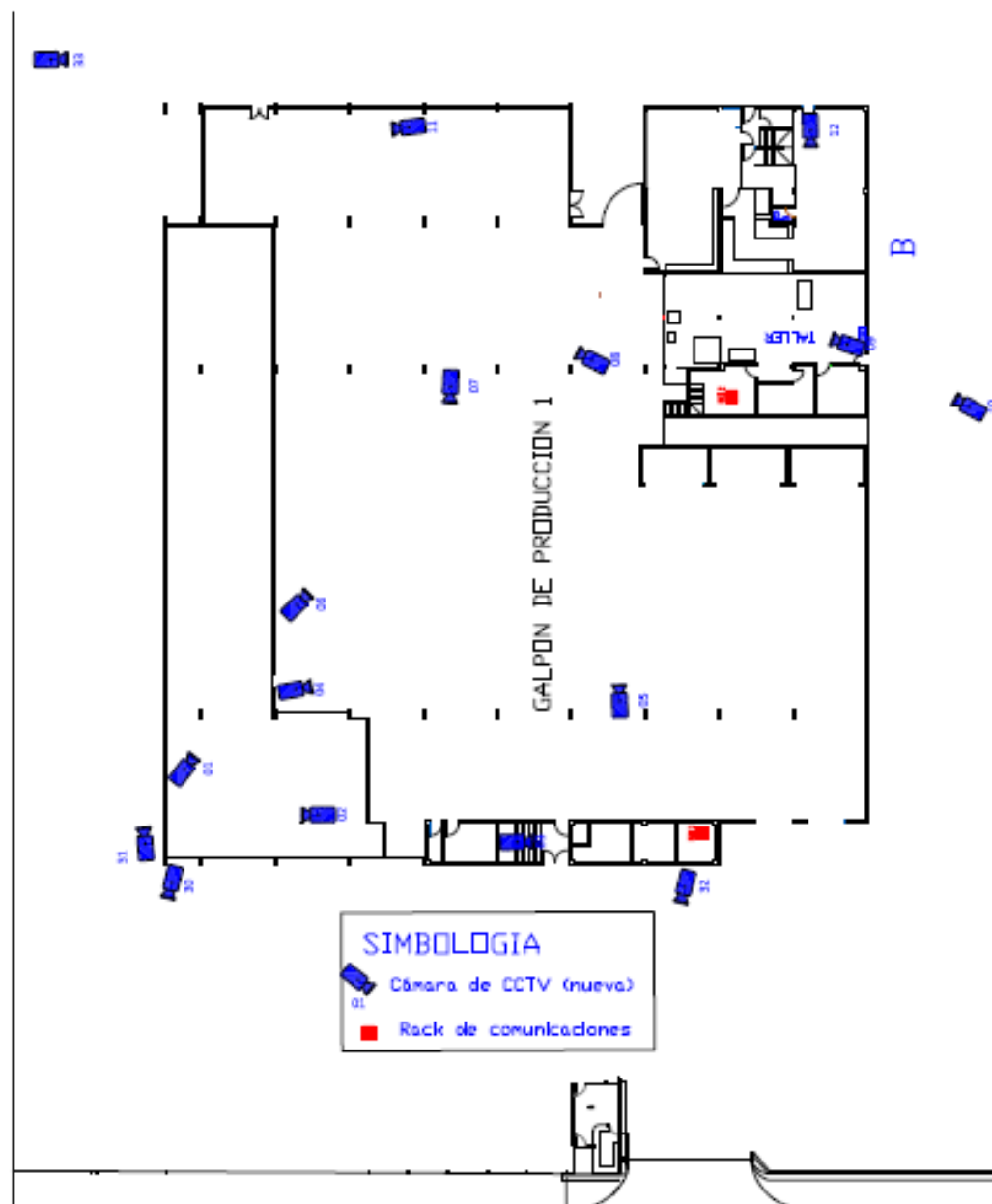
[10] <http://www.axis.com/es/es/technologies/wide-dynamic-range>

[11] <http://www.sicalafate.com.ar/index.php/nuestros-servicios/videovigilancia/videovigilancia-ip>

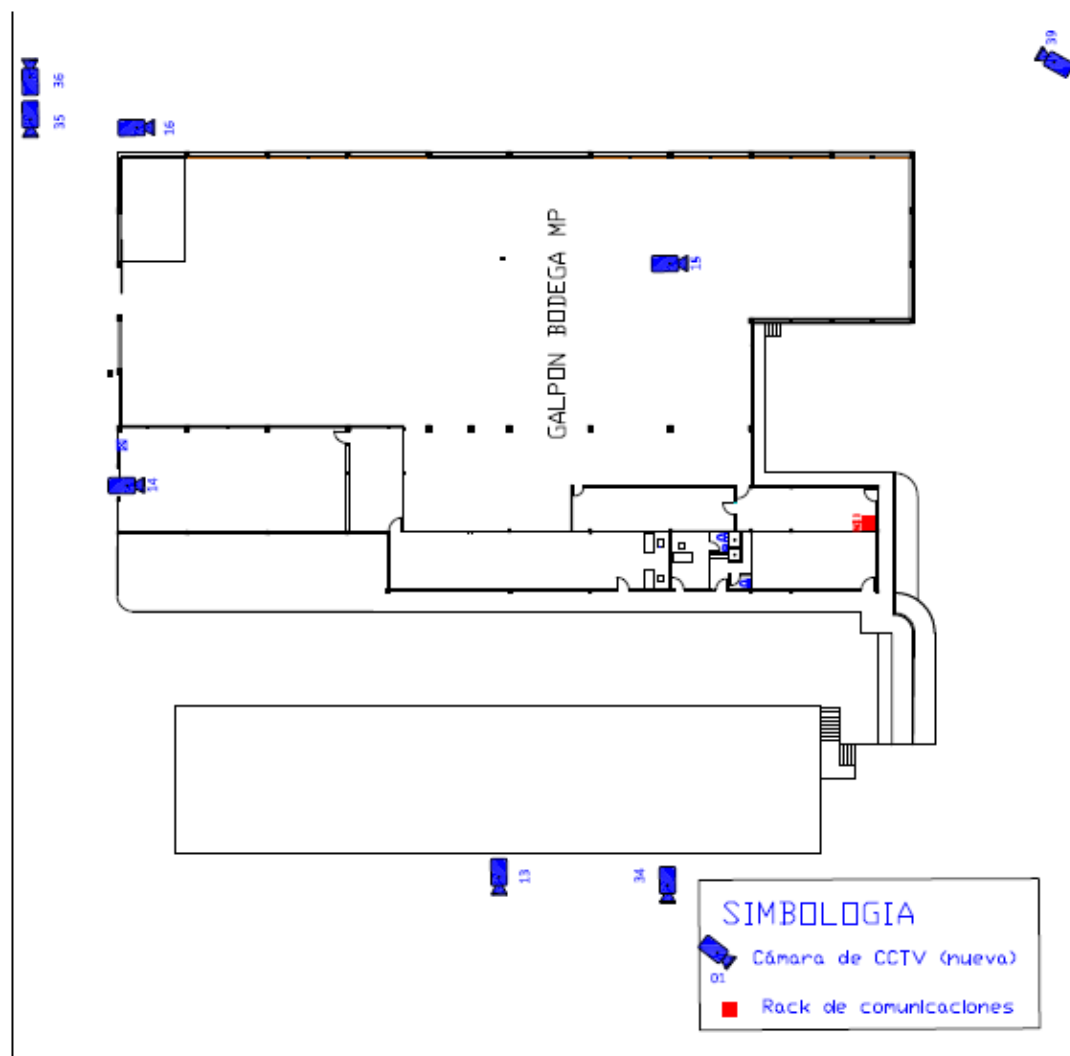
[12] [www.bicsi.org](http://www.bicsi.org)

[13] Rodríguez Fernández Julián, Circuito Cerrado de Televisión y Seguridad Electrónica, Paraninfo 1ra Edición, 2013, Capítulo 8.

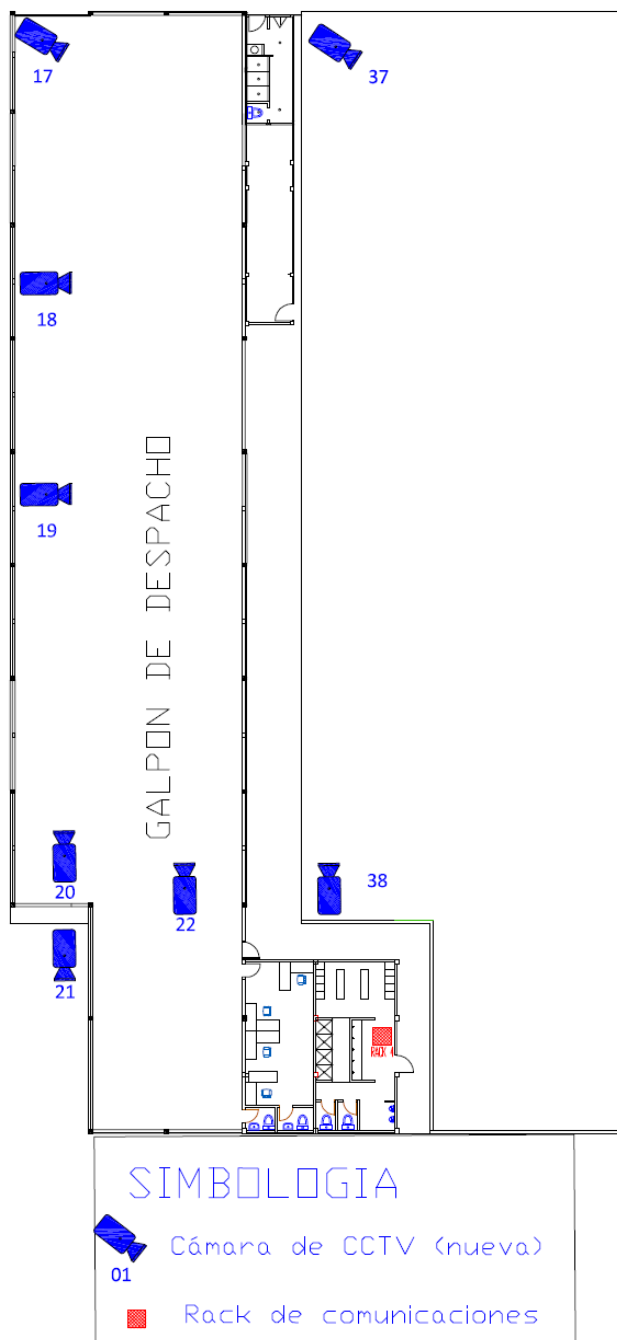
**ANEXOS PLANOS DE DISTRIBUCION DE  
CAMARAS IP Y RACKS.**



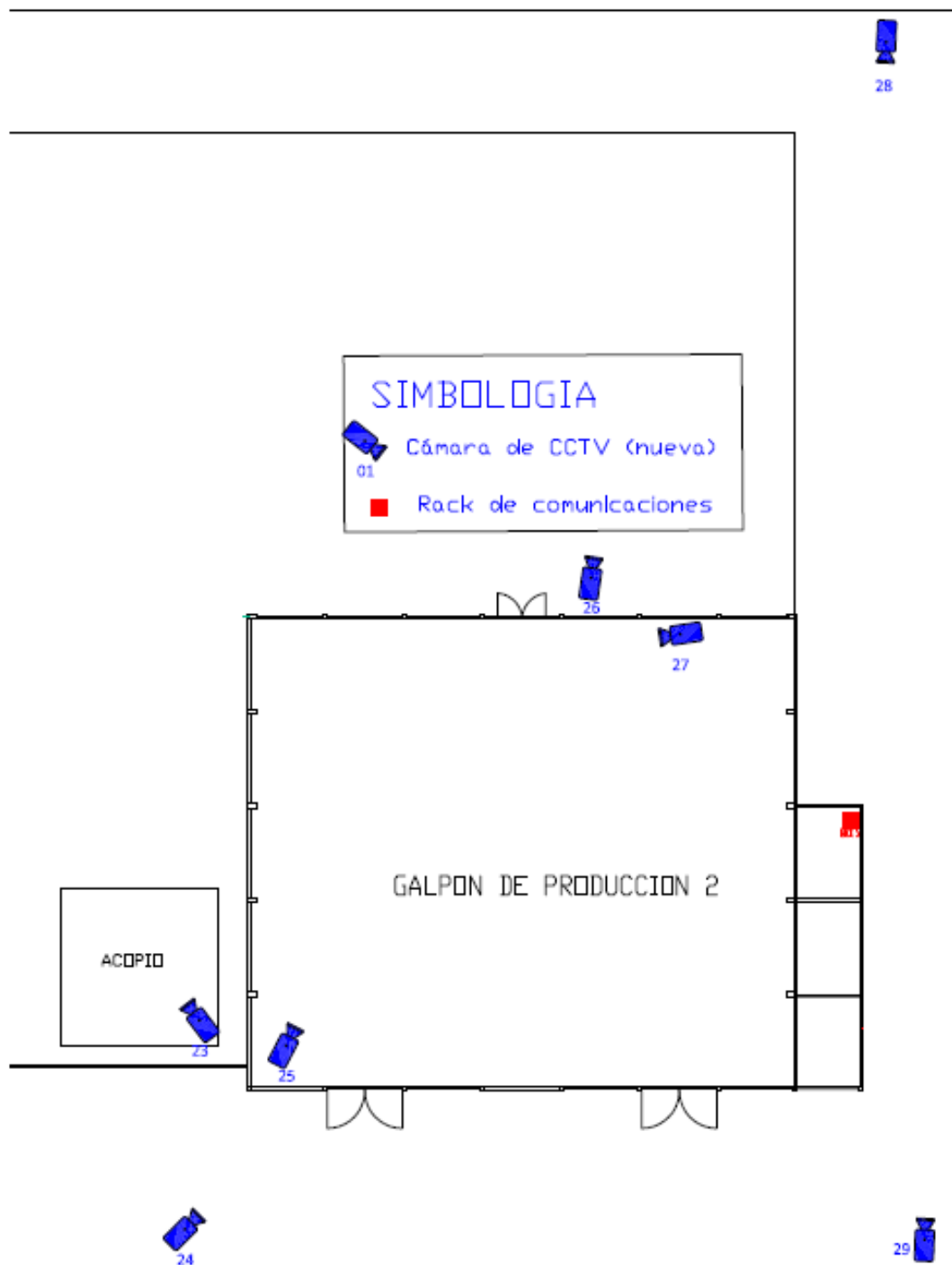
Distribución de cámaras y racks en Galpón de producción 1



Distribución de cámaras y racks en Galpón BMP



**Distribución de cámaras y racks en Galpón despacho**



Distribución de cámaras y racks en Galpón de producción 2

## **ANEXOS**

**DATA SHEET DE CAMARA IP**

**Y**

**DATA SHEET DE SWITCH PoE.**