



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“Diseño de una Unidad Móvil Digital para transmitir con 4 cámaras,  
Flyaway y un enlace digital vía Microondas para una cobertura de  
hasta 10km”**

### **PROYECTO DE TÓPICO DE GRADUACIÓN:**

### **“TELEVISIÓN ANALÓGICA / DIGITAL”**

Previo a la obtención del Título de:

### **INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

Presentado por:  
Gardenia Del Rosario Camposano  
Janeth Merino González  
David Tutivén Orrala

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**Año: 2003**

## AGRADECIMIENTO

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo, y especialmente al Ing. Alejandro Aguilar, Director del Tópico por su invaluable ayuda.

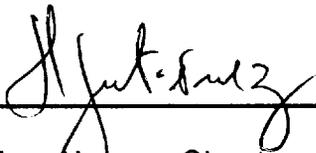
## DEDICATORIA

A DIOS

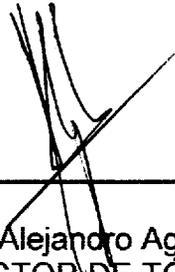
A NUESTROS PADRES

A NUESTROS HERMANOS

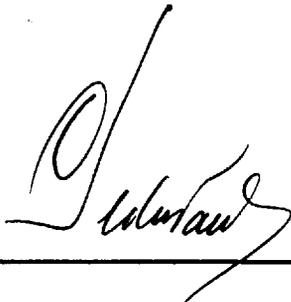
## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



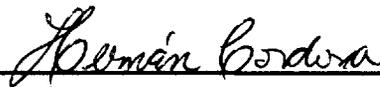
P Ing. Norman Chootong  
SUBDECANO DE LA FIEC  
PRESIDENTE



Ing. Alejandro Aguilar  
DIRECTOR DE TÓPICO



Ing. Pedro Vargas  
PRINCIPAL

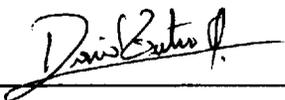


Ing. Hernán Córdova  
PRINCIPAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este documento de tópicos nos corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



David Tutivén Orrala



Janeth Merino González



Gardenia Del Rosario Camposano

## RESUMEN

El proyecto a exponerse, diseña una unidad móvil de televisión para producción y transmisión digital, con cuatro cámaras; y un enlace vía microonda para una cobertura de hasta 10Km, y una unidad móvil para transmisión digital vía satélite, empleando un flyaway.

En el primer capítulo, se revisan todos los fundamentos teóricos que involucran la televisión digital, tales como la arquitectura de muestreo 4:2:2, compresión de video, audio, transmisión y de igual forma, los detalles electromecánicos que comprenden el diseño de la unidad móvil.

En el segundo capítulo se explica los aspectos básicos del diseño que se consideran y sus requerimientos, asimismo la descripción del diseño del sistema de televisión como también la distribución de áreas y peso, aislamiento térmico, iluminación, y refrigeración de los vehículos.

El tercer capítulo se presentan los criterios bajo los cuales se realizó la selección de equipos que se sugieren con una breve descripción de las características de los mismos, además de exponerse los vehículos seleccionados con sus principales características.

El cuarto capítulo contiene los cálculos de ingeniería para los enlaces microonda y satelital, junto con los de iluminación, carga eléctrica, distribución de peso, aislamiento térmico, refrigeración , y el análisis de costos del diseño realizado en este trabajo, en base a los equipos seleccionados anteriormente.

Por último, en el capítulo cinco, se presentan las conclusiones del trabajo y las recomendaciones apropiadas para el desarrollo del mismo.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ABREVIATURAS.....	XI
SÍMBOLOGÍA.....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO 1

1. TELEVISIÓN DIGITAL Y DETALLES ELECTROMECAÑICOS.....	3
1.1. Arquitectura de muestreo de 4:2:2 .....	3
1.2. Compresión de video.....	7
1.2.1. MPEG2.....	7
1.2.2. Formato de grabación DVCPRO50.....	21
1.3. Audio.....	24
1.3.1. AES/EBU.....	24
1.3.2. Audio Embebido.....	34
1.4. Transmisión de la señal.....	41
1.4.1. Tipos de modulación.....	41
1.4.2. COFDM.....	75
1.4.3. DVB-S.....	113

1.4.4. Enlaces satelitales.....	125
1.4.5. Enlaces microondas.....	145
1.5. Iluminación e instalaciones eléctricas.....	160
1.6. Distribución de peso.....	174
1.7. Aislamiento térmico y Refrigeración.....	190
<b>2. CAPÍTULO 2</b>	
<b>2. DISEÑO GENERAL DEL PROYECTO.....</b>	<b>199</b>
2.1. Aspectos básicos de diseño.....	199
2.2. Requerimientos del proyecto.....	200
2.3. Diseño y descripción del sistema de televisión.....	202
2.3.1. Video.....	203
2.3.2. Genlock.....	206
2.3.3. Audio.....	210
2.3.4. Intercomunicación.....	219
2.3.5. Transmisión.....	224
2.4. Diseño y descripción de los vehículos.....	230
2.4.1. Aspectos Básicos.....	230
2.4.2. Distribución De Áreas.....	231
2.4.3. Distribución De Equipos.....	234
2.4.4. Distribución De Peso.....	245
2.4.5. Aislamiento Térmico y Refrigeración.....	246
2.4.6. Instalaciones eléctricas e Iluminación.....	249
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>3. SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS Y VEHÍCULOS.....</b>	<b>255</b>
3.1. Aspectos básicos de diseño.....	199
3.2. Equipos de sincronización.....	267

## ABREVIATURAS

AES/EBU	Audio Engineering Society/European Broadcast Union
ATSC	Advanced Television System Committee
BER	Bit Error Rate
B-Y	Señal Primera Diferencia de Color
CCU	Control Camera Unit
CFM	Margen de Desvanecimiento Compuesto
CIR	Channel Impulse Response
COFDM	Codec Orthogonal Frequency Division Multiplexing
CU	Coeficiente de Utilización
D	Distribuidor de Video
DA	Distribuidor de Audio Analógico
DAC	Convertidor Analógico Digital
DD	Distribuidor de Audio Digital
DG	Distribuidor de Video Analógico
DVB	Digital Video Broadcast
EAV	End of Active Video
ECD	Encoder Modulador
ENG	Electronic News Gathering
FDL	Factor de Disminución de Lúmenes
FDS	Factor de Deterioro por Suciedad
FEC	Forward Error Correction
FM	Factor de Mantenimiento
FSK	Transmisión por Desplazamiento de Frecuencia
GC	Generador de Caracteres
HDTV	High Definition Television
HPA	High Power Amplifier
IDFT	Inverse Discrete Fourier Transform
IF	Frecuencia Intermedia

IFFT	Inverse Fast Fourier Transform
ISI	Interferencia Intersimbólica
LNA	Amplificador de Bajo Ruido
LSB	Bit Menos Significativo
MPEG	Motion Pictures Experts Groups
MSB	Bit Más Significativo
MVA	Monitor de Video Analógico
NTSC	National Television System Committe
OCP	Operational Control Panel
PAL	Phase Alternate Line
PCM	Pulse Codec Modulation
PGM	Program
PIRE	Potencia Isotrópica Radiada Efectiva
PPV	Patch Panel Video
PSK	Transmisión por Desplazamiento de Fase
QAM	Modulación de Amplitud en Cuadratura
QEF	Quasy Error Free
RCR	Relación de Cavidad Zonal
RSCT	Routing Switch Control Técnico
R-Y	Señal Segunda Diferencia de Color
SAV	Start of Active Video
SDI	Serial Digital Interface
SDTV	Standar Definition Television
SMPTE	Society of Motion Picture and Television Engineers
SW	Switch Master
UPS	Unit Power System
VS	Video Server
VTR	Video Tape Recorder
WFM	Wave Form Monitor
Y	Señal Luminancia

## SIMBOLOGÍA

BW	Ancho de Banda
bps	Bit por Segundo
C/N	Relación Señal a Ruido
C/N <sub>0</sub>	Densidad de Potencia a Ruido
dB	Decibelios
$\Delta G$	Carga Sobre los Ejes
f <sub>L</sub>	Frecuencia de Línea
f <sub>m</sub>	Frecuencia de Muestreo
G/T <sub>e</sub>	Figura de Mérito
Hz	Hertz
Q <sub>L</sub>	Calor Latente
Q <sub>Linf</sub>	Calor Latente por infiltración
Q <sub>Sinf</sub>	Calor sensible por infiltración
Q <sub>Lp</sub>	Calor latente por persona
T <sub>e</sub>	Temperatura Equivalente
W	Vatios

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Señal de video.....	3
Figura 1.2	Sistema de compresión MPEG-2.....	11
Figura 1.3	Transformación de dominios.....	13
Figura 1.4	DCT cuantificada.....	14
Figura 1.5	Constitución del paquete transporte	19
Figura 1.6	Detalle de la cabecera del paquete transporte....	20
Figura 1.7	Estructura de un paquete de transporte.....	20
Figura 1.8	Formato Subframe .....	26
Figura 1.9	Formato frame.....	28
Figura 1.10	Código del canal.....	29
Figura 1.11	Preámbulo "X" 11100010.....	30
Figura 1.12	Bits del estatus de canal .....	32
Figura 1.13	Relación de timing entre PAL, NTSC, y AES.....	38
Figura 1.14	Switcheo.....	40
Figura 1.15	Diagrama Fasorial y constelación de QPSK.....	45
Figura 1.16	Modulador Balanceado.....	46
Figura 1.17	Salida de los moduladores QPSK.....	49
Figura 1.18	Ancho de banda QPSK.....	50
Figura 1.19	Receptor QPSK.....	53
Figura 1.20	Modulación 8PSK.....	56
Figura 1.21	Tabla de verdad y condiciones de niveles 2 a 4.	57
Figura 1.22	Fases de salida de 8PSK.....	59
Figura 1.23	Relación de la sincronización de bit .....	61
Figura 1.24	Ancho de banda de 8PSK.....	62
Figura 1.25	Diagrama de un transmisor de 16-QAM.....	64
Figura 1.26	Fases de salida de 16QAM.....	67
Figura 1.27	Relación de la sincronización de bits .....	68
Figura 1.28	Ancho de banda 16-QAM.....	70
Figura 1.29	Señal afectada por multi-trayectos.....	77
Figura 1.30	Retardo de un período de símbolo.....	79
Figura 1.31	Canal multipasos representado con el CIR.....	80
Figura 1.32	Respuesta al impulso del CIR.....	81
Figura 1.33	Sistema de una sola portadora.....	82

Figura 1.34	Partición del canal en tiempo y frecuencia.....	84
Figura 1.35	Sistemas de múltiples portadoras.....	85
Figura 1.36	Señales portadoras.....	89
Figura 1.37	Aleatorizador de energía.....	93
Figura 1.38	Palabra de código general.....	95
Figura 1.39	Trama saliente a entrada de MPEG-2.....	96
Figura 1.40	Barajador Externo.....	97
Figura 1.41	Diagrama general del código convolucional.....	99
Figura 1.42	Barajador interno.....	101
Figura 1.43	Tipos de modulación .....	103
Figura 1.44	Adaptador de trama.....	105
Figura 1.45	Estructura de las tramas.....	107
Figura 1.46	Intervalo de guarda.....	110
Figura 1.47	Intervalo de guarda adherido.....	110
Figura 1.48	Extensión cíclica de la salida de la IFFT.....	111
Figura 1.49	Diagrama de bloques funcional del sistema .....	118
Figura 1.50	Constelación MDP4.....	124
Figura 1.51	Estación transmisora.....	128
Figura 1.52	Diagrama de una antena Cassegrain.....	129
Figura 1.53	Segmento espacial.....	134
Figura 1.54	Estación receptora.....	135
Figura 1.55	Horizonte óptico.....	146
Figura 1.56	Tipos de ondas según el medio en que se propagan.....	147
Figura 1.57	El radio de la primera zona de Fresnel.....	153
Figura 1.58	Geometría del diagrama.....	166
Figura 1.59	Cavidades.....	171
Figura 1.60	Curva de lúmenes.....	173
Figura 1.61	Diagrama de fuerzas.....	174
Figura 1.62	Teorema de Varignon.....	177
Figura 1.63	Par de fuerzas.....	178
Figura 1.64	Peso de un objeto referido al centro teórico del eje delantero.....	182
Figura 1.65	Movimiento circular uniforme.....	185
Figura 1.66	Vehículo en una trayectoria circular.....	187
Figura 1.67	Vehículo en una trayectoria circular peraltada....	188
Figura 1.68	Flujo de calor.....	193
Figura 1.69	Refrigeración.....	198
Figura 2.2	Sistema de Genlock.....	209
Figura 2.3	Sistema de audio.....	214

Figura 2.4	Sistema de intercomunicación	222
Figura 2.5	Sistema de transmisión vía microonda.....	225
Figura 2.6	Sistema de transmisión satelital.....	228
Figura 2.7	Distribución de áreas unidad móvil de producción.....	232
Figura 2.8	Distribución de canaletas unidad movil de producción.....	235
Figura 2.9	Distribución de equipos unidad móvil de producción.....	237
Figura 2.10	Distribución de equipos unidad móvil satelital.....	242
Figura 2.11	Ubicación de equipos unidad móvil satelital.....	244
Figura 2.12	Sistema eléctrico Unidad móvil de producción...	250
Figura 2.13	Diagrama de distribución eléctrica unidad móvil de producción.....	252
Figura 2.14	Diagrama de distribución eléctrica unidad móvil satelital.....	254
Figura 4.1	Perfil del terreno graficado.....	310
Figura 4.2	Áreas de iluminación Unidad Móvil de producción.....	321
Figura 4.3	Unidad móvil de producción.....	333
Figura 4.4	Unidad móvil satelital.....	334

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I	Formatos y sus proveedores.....	21
Tabla II	Características eléctricas.....	34
Tabla III	Fase de salida QPSK.....	47
Tabla IV	Fases de salida de 8PSK.....	59
Tabla V	Eficiencia del ancho de banda.....	71
Tabla VI	Relaciones de potencia.....	75
Tabla VII	Intervalo de guarda según modulación y FEC.....	112
Tabla VII	Tabla de selección de modo e intervalo de guarda..	113
Tabla IX	Relaciones de potencia en DVB-S.....	121
Tabla X	Niveles de iluminación.....	164
Tabla XI	Conductividad térmica.....	194
Tabla XII	Conexiones de Genlock.....	210
Tabla XIII	Conexiones de audio.....	217
Tabla XIV	Conexiones de intercomunicación.....	223

## INTRODUCCIÓN

La llegada de la tecnología digital introdujo una serie de nuevas propuestas en el campo de la televisión, insertando una nueva forma de grabar y reproducir que mejora la calidad y vida útil del video, además de crear estándares digitales que reducen el ancho de banda, permitiendo el ahorro de costos y tiempo en su transmisión.

Dentro del campo de la televisión un aspecto importante es obtener la información actualizada al instante, en ocasiones desde puntos remotos, siendo una unidad móvil un elemento imprescindible, ya que el mismo es el que se encarga de recolectar la información y hacerla llegar a la estación de televisión.

El presente trabajo expone el diseño de una *unidad móvil digital* debidamente equipada para realizar la grabación de programas y transmisiones en vivo con cuatro cámaras; usando un enlace digital vía microondas con alcance calculado para 10Km y otra unidad móvil para transmisión vía satélite empleando un flyaway (equipo portátil) ; con norma 4:2:2 y el formato de compresión DVCPRO50 en producción, DVB-S para la transmisión vía satélite y multiplexación COFDM para la transmisión vía microonda; como una alternativa de tecnología digital para televisión que

podría ser implementada en el Ecuador en base a sus necesidades y proyección hacia un futuro no tan lejano.

Se presenta además una sugerencia de los vehículos y equipos a utilizarse; estos últimos, cumplen con los estándares anteriormente mencionados, junto con la calidad y versatilidad necesaria. Así también los respectivos cálculos de iluminación e instalaciones eléctricas, distribución carga, refrigeración, aislamiento térmico y un correspondiente análisis de costo de la unidades móviles.

# CAPÍTULO 1

## 1. TV DIGITAL Y DETALLES ELECTROMECAÑICOS

### 1.1. Arquitectura de muestreo de 4:2:2

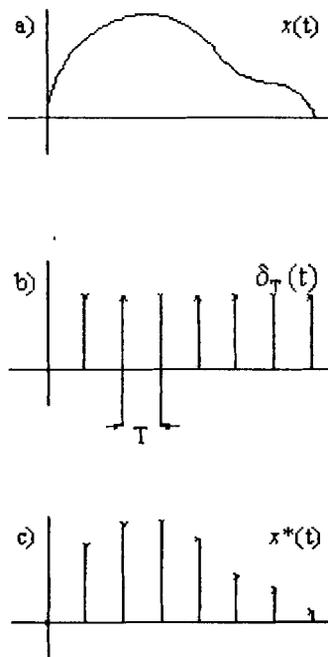


Figura 1.1 (a) Señal de video  $x(t)$ , (b) señal  $\delta_T(t)$ , (c)  $x^*(t)$

Si la señal de video  $x(t)$  (Fig. 1.1a), se muestrea con un período  $T$  por la señal  $\delta_T(t)$  (Fig. 1.1b) para poder ser digitalizada, se obtendrá  $x^*(t)$  (Fig. 1.1c). Si la frecuencia de muestreo ( $1/T$ ) es lo suficientemente elevada podrá reconstruir la señal original con gran exactitud. A medida que reducimos la frecuencia disminuye la precisión en la reconstrucción hasta que esta resulta imposible. Por lo tanto, se hace necesario

seleccionar una frecuencia de muestreo que cumpla las siguientes condiciones:

- 1.- *Ser común a los sistemas NTSC y PAL.*
- 2.- *Tener un valor mínimo de 12 Mhz.*

El teorema de muestreo de Shannon demuestra que para poder recuperar la información original de una señal muestreada es necesario utilizar una frecuencia de al menos el doble de del ancho de banda de la señal original. Si consideramos que el ancho de banda de una señal de vídeo comprende desde los 4.2 Mhz del sistema NTSC hasta los 6 Mhz del sistema PAL podremos decir que para el peor de los casos (  $BW = 6 \text{ Mhz}$  ), necesitamos que se cumpla que  $f_m > 12 \text{ Mhz}$ .

- 3- *Ser múltiplo de la frecuencia de línea.*

Para obtener una frecuencia de muestreo universal esta debe de ser un múltiplo de todas las frecuencias de línea existentes en el mundo. En este momento existen dos normas distintas: una con 625 y otra con 525 líneas por cuadro lo que corresponde a las frecuencias respectivas de 15625 y 15734,26573 Hz.

El muestreo de las componentes Y, B-Y y R-Y de una señal de vídeo, tiene como objeto obtener una matriz bidimensional de puntos que formen filas y columnas (muestreo ortogonal), definiendo así el cuadro de vídeo, para ello la frecuencia de muestreo debe ser un múltiplo entero de la frecuencia de línea.

En primer lugar deberemos hallar el mínimo común múltiplo de las frecuencias de línea de ambos sistemas (NTSC y PAL), lo que nos permitirá cumplir con los requisitos (1) y (3).

Para ello procederemos a descomponer ambas en factores primos, con lo que se obtiene: Para PAL tenemos:  $625 * 25 = 15625 = 5^6$

Para NTSC tenemos:

$$525 * 30 * \frac{1000}{1001} = 7 * 5^3 * 3^2 * 2 * \frac{5^3 * 2^3}{13 * 11 * 7}$$

Dividiendo ambas expresiones, obtenemos:

$$\frac{PAL}{NTSC} = \frac{5^6 * 13 * 11 * 7}{7 * 5^6 * 3^2 * 2^4} = \frac{13 * 11}{3^2 * 2^4} = \frac{143}{144}$$

Obteniendo:  $144 * PAL = 143 * NTSC$

De donde:  $15625 \text{ Hz} * 144 = 2.250.000 \text{ Hz} = 2.25 \text{ MHz}$

Cualquier múltiplo exacto de esta frecuencia reunirá las condiciones (1) y (3), para cumplir también la condición número (2) deberá darse:

$$2.25 \text{ MHz} * N > 12 \text{ MHz}$$

El primer entero que reúne esta condición, es 6 con lo que se obtiene la frecuencia de muestreo de 13.5 MHz, que corresponde a :

$$6 * 143 * \text{frecuencia de línea NTSC} = 858 * f_{L(\text{NTSC})} = 13.5 \text{ MHz}$$

$$6 * 144 * \text{frecuencia de línea PAL}_{(\text{SECAM})} = 864 * f_{L(\text{PAL-SECAM})} = 13.5 \text{ MHz}$$

Esta frecuencia de muestreo de 13.5MHz fue aceptada Internacionalmente como frecuencia de muestreo para los sistemas digitales para la señal de luminancia.

Además, si consideramos que el ojo humano no percibe con el mismo detalle las señales monocromas que las señales cromáticas, no resulta necesario procesar la misma cantidad de información para la señal de luminancia como para la información de color, ya que la percepción a una u otra varía ostensiblemente. Sobre esta base las señales de diferencias de color son muestreadas con la mitad de la frecuencia de luminancia, es decir, 6.75 MHz.

En conclusión, la norma que se acaba de describir se llama a menudo "la norma 4:2:2", esta expresión se refiere a la relación entre las frecuencias de muestreo de las señales de luminancia y de diferencias de color. El canal de luminancia es muestreado en 13.5 MHz, y cada uno de los dos canales de diferencia de color (donde hay menos detalles) son muestreados a 6.75 Mhz. De manera que 13,5 MHz y 6.75 MHz es aproximadamente cuatro y dos veces la frecuencia de la sub-portadora de color respectivamente. Esto es lo que se conoce como el formato de codificación 4:2:2 que sumadas estas tres frecuencias se obtendrá 27 MHz. Con este estándar internacional, la única diferencia significativa entre el NTSC y el PAL es el número de líneas por campo (525 versus 625).

## **1.2. Compresión de video**

### **1.2.1. MPEG2**

La compresión de video surge de la necesidad de transmitir imágenes a través de un canal que contenga un ancho de banda aceptable y que minimice el espacio de almacenamiento requerido. La reducción de ancho de banda y espacio de almacenamiento implica también una disminución de los costos.

Independientemente de estos costos, la compresión siempre permitirá transportar más información mediante un ancho de banda determinado, o bien transportar señales comprimidas en un plazo de tiempo menor que el requerido para señales no comprimidas.

Una señal digital de video (SDI) codificada según ITU 601 tiene una velocidad de 270 Mbit/s, debido a que la frecuencia de muestreo es de 13.5 Mhz para la luminancia y de 6.75 para cada una de las señales de color, dando un total de 27 Mhz en frecuencia de muestreo total, para sistemas profesionales se usa 10 bits de muestreo, obteniendo de esta manera  $27 \text{ Mhz} * 10 \text{ bits} = 270 \text{ Mbits/s}$ , este valor es demasiado grande para ser transmitido, por lo tanto se debe recurrir a la compresión de datos, una de las técnicas usadas para esto es la compresión llamada MPEG.

Grupo de Expertos de la Imagen en Movimiento o Moving Pictures Experts Group (MPEG) fue formado en 1988 para determinar las normas internacionales de la compresión digital de las imágenes en movimiento.

Para explicar el proceso de compresión usado por MPEG-2 necesitamos saber que la información de video al igual que cualquier tipo de información puede ser dividida en tres partes:

*Elemento redundante:* Se trata de la información (píxeles adyacentes en el espacio dentro del mismo fotograma de televisión, así como grandes partes de fotogramas de televisión adyacentes) que son muy idénticos entre sí.

*El elemento irrelevante:* Las deficiencias que no puede apreciar el ojo humano en una imagen expuesta se denominan irrelevancias.

*El elemento núcleo:* es la parte esencial en una imagen, la cual no es redundante ni irrelevante.

Un sistema de reducción de tasa de bit (compresión) opera por el removimiento de la información redundante de la señal antes de ser codificada y transmitida para luego ser decodificada. En otras palabras la compresión se basa en

reducir los elementos que son redundantes e irrelevantes dentro de la señal de vídeo, pues el sistema visual humano es incapaz de absorber todo el material que esta presente en una imagen en movimiento compleja, por tanto, con técnicas de compresión que seleccionen hábilmente el descarte de información, el ojo será incapaz de notarlo. Cuando hablamos de elementos redundantes, debemos identificar dos tipos de redundancias:

*Redundancia espacial:* Es cuando dentro de un mismo cuadro existen elementos redundantes.

*Redundancia Temporal:* Es cuando en la señal de video existen sucesivos cuadros con elementos redundantes, en otras palabras es las similitudes encontradas entre imágenes sucesivas de video.

El sistema de compresión MPEG-2 se basa en las funciones que se muestran en la figura 1.2

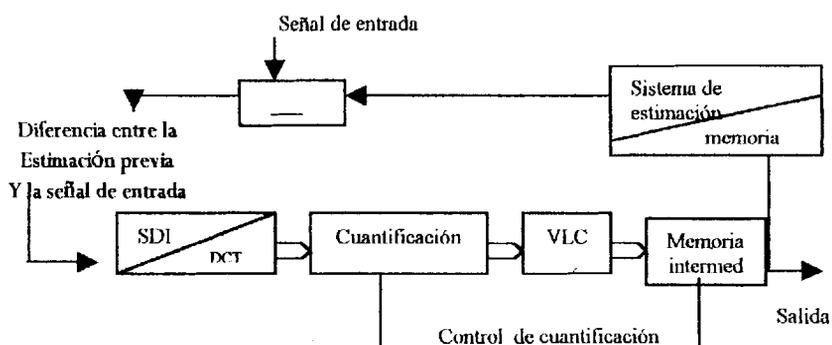


Figura 1.2 Sistema de compresión MPEG-2

### 1.- El video digital es transformado.

Usando DCT "Discrete Cosine Transform" (Transformada Discreta del Coseno) es trasladar o transformar la señal de vídeo del dominio espacial al dominio de la frecuencia a través de un cálculo matemático especial de la Transformada de Fourier, lo que se logra es representar los datos en el dominio de la frecuencia.

En el dominio espacial a cada píxel se le asigna un valor numérico de intensidad y para realizar la DTC se los agrupan en una matriz de 8 por 8 (llamados también bloques de 64 píxeles) estos bloques son transformados al dominio de la frecuencia, resultando una transformación lineal reversible. La transformación no añade ni elimina

información alguna, pero convierte los datos en una forma en que la redundancia puede detectarse y eliminarse fácilmente, pues en el dominio de la frecuencia, los coeficientes representados por los píxeles de brillo tienen baja frecuencia, En el dominio de la frecuencia, la mayor parte de los elementos de imagen de alta energía (y por tanto los mas notables) están representados por las bajas frecuencias, y los detalles menos importantes están representados como las frecuencias mas altas.

Utilizando la DCT la matriz de píxeles se transforma en una matriz de coeficientes espectrales, donde el coeficiente de la esquina superior izquierda de la matriz representa el valor DC o el valor medio de la matriz completa; el coeficiente de la esquina inferior derecha representa la frecuencia espectral más elevada de la matriz. Para visualizar un ejemplo, no usaremos 64 píxeles sino 16.

De cada porción de la imagen obtenemos lo visto en la figura 1.3

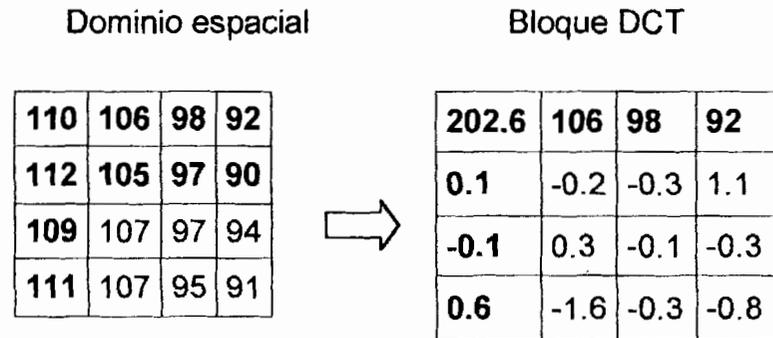


Figura 1.3 Transformación de dominios

2.- En el siguiente paso cada uno de los coeficientes DTC son cuantificados.

Cada uno de los coeficientes de DCT se multiplican por una tabla de cuantificación, lo que se intenta es adaptar la significación de los coeficientes individuales al sistema visual humano. Dado que el sistema visual humano es poco sensible a detalles de alta resolución (frecuencias altas), a los coeficientes de alta frecuencia se le asigna valores de ponderación menores que uno, con el objeto de obtener coeficientes igual a cero, los cuales no son necesarios ser grabados o transmitidos. Esto ya es una compresión, pues se eliminó de la matriz los datos que el ojo humano es menos sensible (alta frecuencia).

Bloque DCT Tabla de cuantificación DCT cuantificada

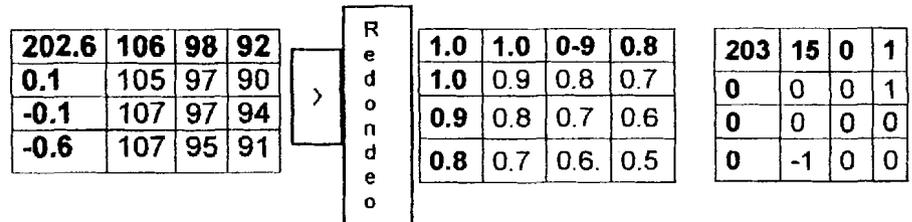


Figura 1.4 DCT cuantificada

*3.- Los valores cuantificados son codificados variablemente (VLC)*

El proceso de codificación de longitud variable (VLC) suministra menos bits para los coeficientes de menor posibilidad de equivaler a cero, y más bits para los coeficientes con mayor probabilidad de equivaler a cero (altas frecuencias), en otras palabras, asigna palabras de códigos mas cortos para los eventos que ocurren con mas frecuencia y palabras con códigos mas largos, para los eventos menos frecuentes

Esto conduce a una velocidad de salida de datos que no es constante, sino que dependiendo de el contenido de la escena y de la tabla de cuantificación seleccionada.

#### *4.- Memoria intermedia rectificadora*

Con el fin de controlar la velocidad de salida, se alimenta con la señal codificada VLC y devuelve una señal de control al cuantificador. La señal de control informa sobre el nivel de saturación de la memoria intermedia.

#### *5.- Sistema de estimación*

Con todos los pasos anteriormente explicados se lograba una compresión de tipo espacial, con este paso adicional logramos adicionar compresión temporal, explotando la redundancia entre fotogramas sucesivos. El sistema intenta estimar las características de la próxima señal de entrada, de este modo la señal que alimenta a la DCT es la diferencia entre la estimación previa y la señal de entrada. Si esa estimación es acertada entonces la diferencia es mínima y puede ser comprimida a una velocidad muy inferior a la de la imagen completa.

El sistema de estimación incluye análisis de movimiento.

La señal MPEG2 se compone de tres tipos de fotogramas, que forman parte de lo que denominamos GOP ó grupo de imágenes, éstas son:

#### *Fotogramas I (intra)*

Estas imágenes contienen todos los elementos necesarios para ser reconstruidas por el decodificador, cuando se las codifica, no se lo hace con referencia a otras imágenes es decir son el punto de entrada obligatorio para acceder a una secuencia. Las imágenes I son la referencia clave para los otros dos tipos de imágenes. Ellas se derivan a partir de compresión de la información en un único cuadro o campo seleccionado (compresión espacial).

La tasa de compresión de imágenes es relativamente pequeña, ellas consisten ante todo de los coeficientes transformados y no contienen vectores de movimiento.

#### *Fotogramas P*

Imágenes codificadas diferencialmente con referencia a un fotograma I o P anterior o posterior.

La señal MPEG2 se compone de tres tipos de fotogramas, que forman parte de lo que denominamos GOP ó grupo de imágenes, éstas son:

#### *Fotogramas I (intra)*

Estas imágenes contienen todos los elementos necesarios para ser reconstruidas por el decodificador, cuando se las codifica, no se lo hace con referencia a otras imágenes es decir son el punto de entrada obligatorio para acceder a una secuencia. Las imágenes I son la referencia clave para los otros dos tipos de imágenes. Ellas se derivan a partir de compresión de la información en un único cuadro o campo seleccionado (compresión espacial).

La tasa de compresión de imágenes es relativamente pequeña, ellas consisten ante todo de los coeficientes transformados y no contienen vectores de movimiento.

#### *Fotogramas P*

Imágenes codificadas diferencialmente con referencia a un fotograma I o P anterior o posterior.

### *Fotogramas B*

Son imágenes codificadas diferencialmente con referencia a ambos fotogramas I o P adyacentes, anterior y posterior.

### *GOP*

El grupo de imágenes GOP es el grupo de cuadros entre fotogramas I sucesivos. La longitud del GOP puede variar, pero típicamente es de 12 fotogramas.

MPEG-2 es una familia de sistemas de compresión; se encuentra agrupada en perfiles y cada perfil es subdividido en niveles, entendiendo como perfil al grado de complejidad usada en la codificación, mientras que un nivel describe el tamaño de la imagen, la resolución o la velocidad de transferencia de bits usada en esta.

Siendo MPEG-2 una familia de sistemas de compresión, es aplicable tanto para HDTV y SDTV, es decir, definición alta y estándar de TV.

Para SDTV, que es nuestro caso, los perfiles más usados son el perfil principal y el perfil 4:2:2.

El perfil principal o "Main Profile" (MPEG-2 MP@ML), usa primero una transformación de la trama que modifica la lineatura de píxeles de la señal SDI 4:2:2 a un formato de trama 4:2:0, esta transformación es una compresión no reversible con pérdida, pues se basa en el submuestreo de la crominancia, solo se codifica y se transmite una señal de crominancia por línea, este perfil puede ser aceptable en lo que respecta a distribución desde la cabecera del canal hasta los distintos usuarios.

El perfil 4:2:2 (MPEG-2 4:2:2 P@ML), con frecuencia es conocido como perfil profesional, evita la transformación de la trama y debido a que no se tiene una degradación en la calidad de la señal, es usado para lo que se conoce como contribución (llevar la señal de algún estudio de producción a la cabecera de televisión).

## Paquete de transporte MPEG2

Un paquete "transport" tiene 188 bytes, se compone de una cabecera de paquete (packet header), de 4 bytes y de una "carga útil" (payload) de 184 bytes como máximo, eventualmente precedida de un campo de adaptación (adaptation field), como se muestra en la Figura 1.5. La "carga útil" está formada por paquetes de trenes elementales (Packetized Elementary Stream, PES) que componen los programas de televisión transmitidos por el canal, así como cierto número de datos auxiliares que permiten al codificador no perderse por el tren de transporte MPEG-2

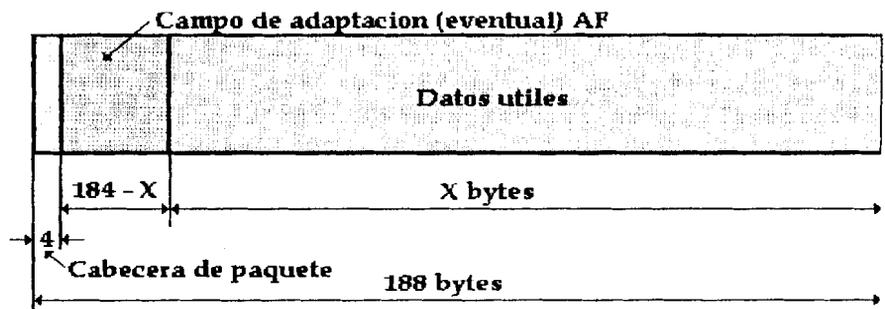


Figura 1.5 Constitución del paquete transporte

La cabecera del paquete se detalla en la figura 1.6 y la estructura completa de un paquete de transporte se muestra abajo en la figura 1.7.

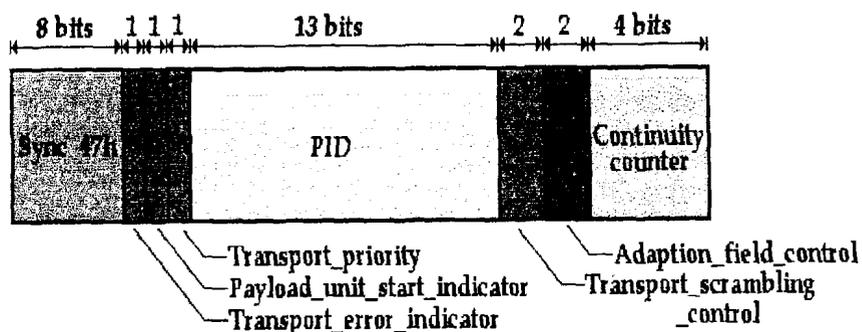


Figura 1.6.- Detalle de la cabecera del paquete transporte

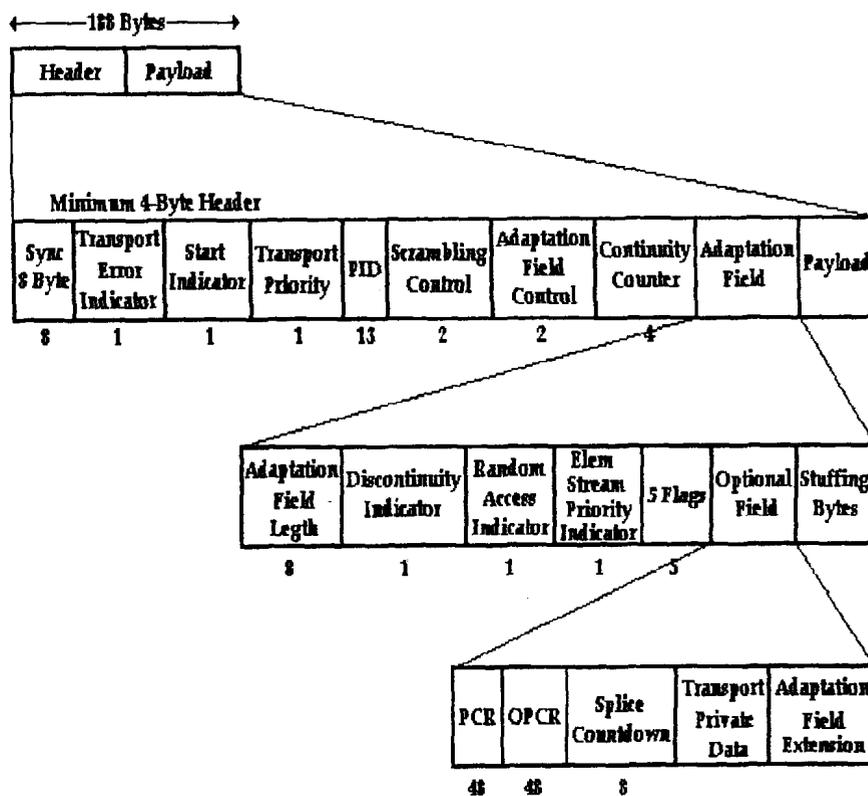


Figura 1.7 Estructura completa de un paquete de transporte.

### 1.2.2. Formato de grabación DVCPRO50

Un formato de video se refiere al tamaño y forma de la cinta y su holder, así como la estructura de la señal grabada en la cinta. Existe una variedad de formatos de video digitales creados por diferentes proveedores, que en algunos casos poseen considerables diferencias, mientras que en otros son pocas. La tabla 1, muestra algunos de los formatos digitales actuales:

<b>Formato</b>	<b>Proveedores</b>
Consumer DV	Algunos
DVCam	Sony
DVCPro	Panasonic – Thomson
DVCPro50	Panasonic - Thomson
DV-9	JVC
DVCPro HD100	Panasonic
HDCAM	Sony

Tabla I.- Formatos y sus proveedores

Digital Video (vídeo digital) es un formato estándar de transmisión de bits y compresión digital utilizado para grabar vídeo y audio en una cinta digital. DV utiliza la técnica intra-frame, guardando cada imagen por separado,

y utiliza una proporción de compresión de 5:1 para reducir el tamaño de los archivos de vídeo, su velocidad de transferencia de datos es de 25 Mbits/s (2,98 MB/s) y la señal de vídeo usa la norma 4:1:1 para fuentes NTSC o 4:2:0 para fuentes PAL.

La tecnología de compresión DV, que originalmente se desarrolló para los consumidores, fue adoptada como el algoritmo de compresión para DVCPRO para crear un alto performance, y costo efectivo en los sistemas ENG. Este formato estandarizado como SMPTE D-7 ha sido adoptado por broadcasters y productores de programas.

Alrededor de 1999, Panasonic incorpora a su familia de formatos DVCPRO50, el cual es una extensión de DVCPRO. DVCPRO 50 usa un juego de chips de doble compresión que opera en paralelo, cada uno procesa una trama de 2:1:1 para generar la señal de 4:2:2 el cual provee un amplio ancho de banda y la mínima compresión requerida para propósitos de producción EFP.

Para el desarrollo de este proyecto se ha seleccionado el formato DVCPRO50 por poseer las siguientes características:

- Es un formato de alta calidad para uso profesional.
- Usa un diseño de compresión con realimentación simétrica intra-frame que minimiza la degradación de los cuadros cuando la señal de video es duplicada.
- Debido al muestreo de la señal de vídeo a 4:2:2 es posible la realización de avanzadas producciones multicapa con complejos gráficos de ordenador y sofisticados keys de crominancia.
- DVCPRO50 mantiene una compatibilidad total con DVCPRO (25 Mbps), al poder grabar y reproducir todos sus equipos tanto en 50 Mbps como en 25 Mbps.
- Video
- DVCPRO50 ofrece una calidad excepcional de imagen gracias a la baja compresión 3,3:1
- Muestrea 50 Mbit/s.
- Usa la norma 4:2:2 tanto para NTSC como para PAL
- No pierde las ventajas de compactación, fiabilidad, robustez y bajos costos del DVCPRO (25 Mbps).

**Audio**

- DVCPRO50 soporta cuatro tracks de audio digital y un canal de cue..
- Incorpora 4 canales de audio digital PCM.
- Tasa de muestreo 48 Khz.
- 16 bits por muestra.

**1.3. Audio****1.3.1. AES/EBU**

AES/EBU es un protocolo de comunicación bit-serial para la transmisión de audio digital a través de una sola línea de transmisión. El formato AES3 define a un sub-frame, un canal de audio, un frame, un par ordenado de sub-frames y un bloque, 192 frames.

**Sub-trama (Sub-frame)**

Contiene 32 bits como se muestra en el gráfico.

Del 0-3 (4 bits) es el preámbulo o palabra de sincronización, el cual lleva uno de los tres preámbulos permitidos.

Del 4-27 (24 bits) que son usados para el transporte de datos de audio (audio sample word). El bit MSB es llevado en el bit 27 y el bit LBS es llevado en el 4 si se usa los 24 bits(Fig 1.8. a).

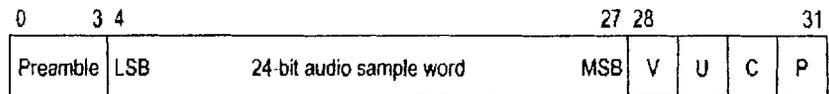
Cuando la longitud de muestra es de 20-bit (Fig.1.8. b) , el LBS es el bit 8 y los bits del 4-7 pueden ser usados para otras aplicaciones, bajo estas circunstancias se los conoce como bits de datos auxiliares (auxiliary sample bits) como por ejemplo: Estos pueden ser usadas para un canal de voice-grade en una aplicación profesional o pueden ser usados para proveer voz para la coordinación entre estudios tan buenos como el intercambio de programa en los mismos cables.

El bit 28 es el de validación (validity bit).

El bit 29 es el bit usuario(user data bit).

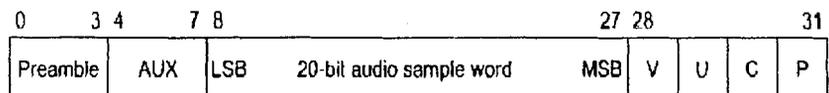
El bit 30 es el estatus de canal (channel status bit) que lleva información relacionada con el canal de audio transmitido en el mismo subframe.

El bit 31 (parity bit) lleva un bit de paridad tal que los bit del 4 al 31 tengan paridad par.



(a)

V Validity bit  
 U User data bit  
 C Channel status bit  
 P Parity bit  
 AUX Auxiliary sample bits



(b)

Figura 1.8.- Formato Subframe (a) longitud de muestra de 24 bits; (b) Longitud de muestra de 20 bits.

### Trama (Frame)

Un frame está únicamente compuesto por dos sub-frames (dos canales de audio) como se muestra en la figura 1.9.

El primer subframe normalmente empieza con un preámbulo "X". Pero cambia al preámbulo "Z" cada 192 frames. Este define la estructura del bloque usado para organizar la información del channel status.

El Segundo subframe siempre comienza con el preámbulo "Y". El modo de transmisión son establecidos por la configuración de los bits del 0 al 3 del byte 1 del channel status, así tenemos:

*Modo de dos canales(Two-channel mode):* En este modo, ambos canales son transmitido en dos seguidos subframes. El canal 1 está en el subframe 1, y el canal 2 está en el subframe 2.

*Modo estéreo(Stereophonic mode):* Es usado para transmitir audio estereofónico en el cual los dos canales han sido simultáneamente muestreados. Si los canales son estereos, el izquierdo va primero y es llamado canal A o 1 y se encuentra en el subframe 1 y el derecho es canal B o 2 se encuentra en el subframe 2.

*Modo monoaurales (Single-channel mode,monophonic):* En este caso los datos de audio son llevados en el subframe 1 y en los bits del 4 al 31 del subframe 2 pueden llevar la misma información o en su defecto son encerados.

Modo Primario/Secundario (Primary/secondary mode): En algunas aplicaciones se requiere de dos canales donde uno de ellos es el principal y el otro es el secundario. Así, el canal principal o primario se encuentra en el subframe 1 y el secundario está en el subframe 2.

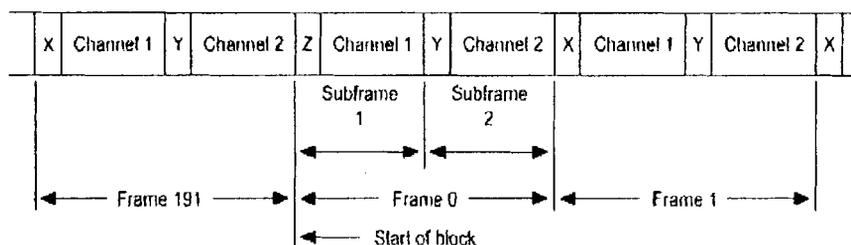


Figura 1.9.- Formato frame

### Código del canal (Channel coding)

Los bits del 4-31 son codificados con el código de marca bifase (biphase-mark). De esta forma, cada bit para ser transmitido es representado por un símbolo el cual está compuesto de dos consecutivos estados binarios. El primer estado de un símbolo es siempre diferente de el segundo estado del anterior (primer) símbolo. El segundo estado de el símbolo es idéntico a es primero si el bit que será transmitido será de valor lógico cero. Sin embargo, esto no sucede si el valor lógico es 1. (Ver figura 1.10)

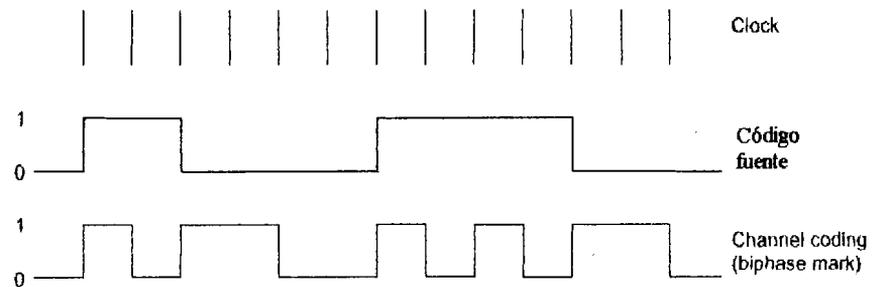


Figura 1.10.- Código del canal

### Encabezado (Preambles)

Son modelos específicos usados para la sincronización e identificación de los subframes y bloques. Para alcanzar una sincronización dentro del periodo muestreado y hacer este proceso completamente seguro, este modelo rompe las reglas del código de marca bifase (biphase-mark code), evitando la posibilidad de datos similares a los preámbulos. Son transmitidos en los 4 primeros bits de cada subframe (0-3), y existen tres diferentes preambles que están representados por ocho estados sucesivos.

El primer estado de el preámbulo es siempre diferente de el segundo estado de los símbolos previos (parity bit).

Dependiendo de esto los preámbulos son:

Estado precedente	Código del canal		
"X"	11100010	00011101	Subframe 1
"Y"	11100100	00011011	Subframe 2
"Z"	11101000	00010111	Subframe 1 o inicio de bloque

La figura 1.11, muestra el preámbulo "X" (11100010):

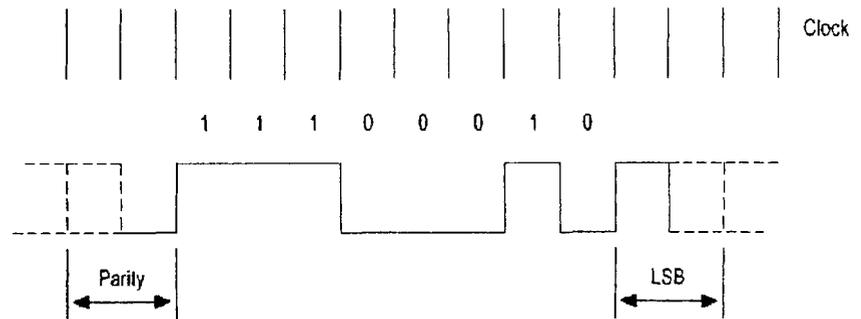


Figura 1.11 Preámbulo "X" 11100010

### Validación(Validity bit)

El bit de validación es 0, si los datos de audio son convenientes para convertirse en una señal de audio analógica, caso contrario es 1. el bit de validación no tiene un valor lógico por default.

**Bit usuario (User data format)**

El bit Usuario no tiene una aplicación definida y no es comúnmente usado, sin embargo pueden ser usados como el usuario lo desee. Los posibles formatos para el canal de datos del usuario son indicados en el byte 1 del channel status y son los bit del 4 al 7.

Este bit tiene el valor lógico 0 por default.

**Bit de Paridad (Parity Bit)**

El bit de paridad utiliza paridad par en el subframe, de modo que el total de números de unos en el subframe debe de ser par, lo que permite una simple detección de error cuando este resultado sea impar.

**Estatus de canal (channel estatus)**

Los bits del estatus de canal son acumulados en un bloque para formar 24 bytes, 192 bits que contienen única información acerca del audio en cada canal. (Ver figura 1.12).

Usualmente la información contenida en este bloque indica la longitud la palabra datos de audio ( 20 o 24 bits), números de canales de audio, frecuencia de muestreo, etc.

Un CRC(Cyclic Redundancy Check) es incluido para los 24 bytes del el estatus de canal. El bit 1 del byte 0 del Estatus de canal puede ser configurado para indicar que la información transportada no es audio , por lo que se puede colocar cualquier información que se desee transportar.

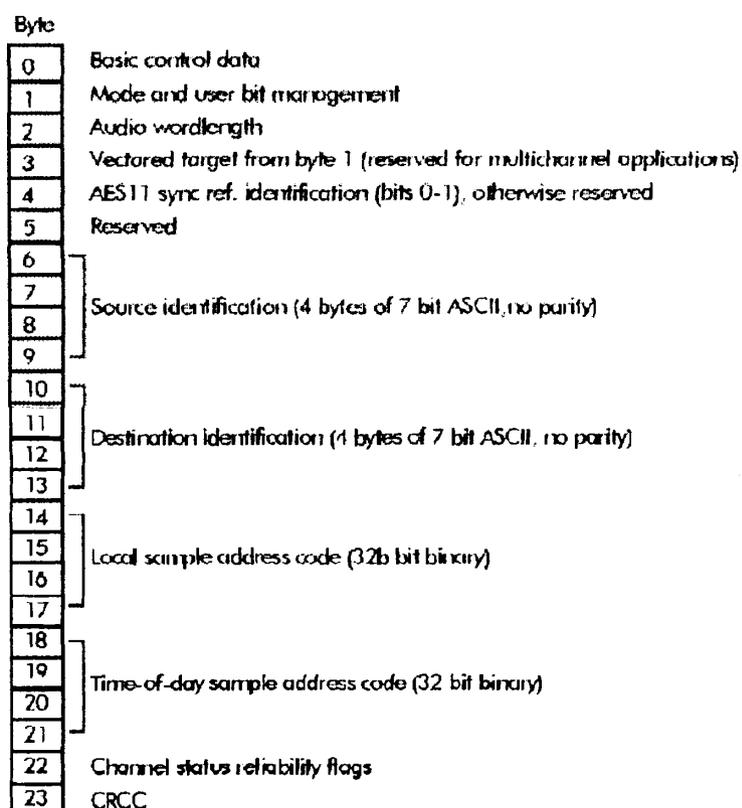


Figura 1.12 Bits del estatus de canal

El estándar usa una tasa de muestreo de 44.1 kHz, or 48 kHz, pero algunas interfaces pueden ser hechas para trabajar en otras tasas de muestreos.

AES/EBU provee dos modos el "professional" y el "consumer". La gran diferencia está en el formato de channel status bits mencionado arriba.

El modo profesional incluye alphanumeric channel origin y datos de destino, tiempo de codigos, word length, y otras bondades. El modo consumidor tiene mucha menos información.

Existen otras interfases para audio digital : AES3id,SPDFI. SPDIF (*Sony Philips digital interface format.*) creada para consumidores y AES3 id que transmite AES3 pero con la diferencia que utiliza cable coaxial desbalanceado y usa conectores BNC.

La tabla 2, muestra las características eléctricas de cada uno y las diferencia entre ellos:

	<b>AES3</b>	<b>AES3id</b>	<b>SPDIF</b>
Interface	Balanceada	Desbalanceada	Desbalanceada
Conector	XLR-3	BNC	RCA
Impedancia	110 $\Omega$	75 $\Omega$	75 $\Omega$
Nivel de	2-7V <sub>p-p</sub>	1.0V <sub>p-p</sub>	0.5V <sub>p-p</sub>
Salida	7 V <sub>p-p</sub>	1.2 V <sub>p-p</sub>	0.6 V <sub>p-p</sub>
Corriente	64mA	1.6mA	8mA
Entrada	0.2V	0.32V	0.2V
Cable	STP	Coax	Coax
Distancia	100m	1000m	10m

Tabla II.- Características eléctricas

Para el tipo de conector XLR-3 , los pines son:

- Pin 1 Cable shield o señal a tierra;
- Pin 2 Señal;
- Pin 3 Señal.

Muchos equipos tanto de consumidores como profesionales se caracterizan por soportar AES/EBU.

### 1.3.2. Audio embebido

El incluir audio con la señal de video (audio embedded), ofrece ventajas sobre los métodos tradicionales de manejo de sistemas de separados de audio y video, particularmente en instalaciones broadcast, donde se requieren limitados breakaway de audio.

El estándar (SDI) SMPTE 259M-1993 (10bit, 4:2:2 Componente y 4fSC compuesta), permite a las señales de audio digital ser embebidas (multiplexadas) dentro de la señal de vídeo digital serie.

La especificación provee hasta cuatro canales de audio AES (4 pares estéreos y 8 monoaurales) ser codificados en un solo canal de video. Luego, SMPTE 272M-1994 especifica el número máximo de 16 canales de audio permitidos en el espacio de datos suplementarios de video (video ancillary data), es decir que el audio embebido utiliza ciertas porciones del espacio de datos reservados para datos auxiliares en la transmisión de video.

El formato básico de audio embebido (Nivel A en SMPTE 272) está dado por canales de 20bits muestreados a 48KHz (lo que permite hasta cuatro canales de audio embebido en el modo de 4fSC compuesto y hasta 16 canales en el de componentes 4:2:2), que junto con los indicadores de formato (3 bits/ C, U, V), forman 3 palabras de datos auxiliares dentro de la señal de video serie.

El formato de audio embebido mejorado (extended) incluyen un bit mas en los indicadores de formato (C, U, V, P) y permite un reloj no síncrono con el video, frecuencias distintas de 48KHz, información de retardo audio/video para cada canal de audio, identificación del canal y conteo de cuadro.

A este último SMPTE 272M lo define en nueve niveles de operación (nivel B a J). El hardware de audio embebido puede ser construido para adaptarse a los 20 bits (Nivel A), a los 24 bits (Niveles B y C) o a ambos. Los dos formatos pueden ser compatibilizados de tal forma que los equipos a 20 bits acepten los 24 bits de datos pero descodifiquen solamente los 20 más significativos. Se dice de estos dispositivos que cumplen con SMPTE 272M-AB, ya que pueden adaptarse a los niveles A y B tal como se define en SMPTE 272M. El nivel B de operación acepta los paquetes de datos ampliados a 24 bit pero no utiliza los datos contenidos en ellos. Por otra parte, el sistema de 24 bit puede ajustar los cuatro bits menos significativos a cero cuando encuentra una palabra de 20 bit. Tales dispositivos cumplen con la norma SMPTE 272M-ABC.

La multiplexación de los datos de audio en el canal de datos de vídeo es efectuada de diferente forma en los formatos de video compuesto que en los de componentes. En los formatos de vídeo compuesto, los datos de audio son llevados en el espacio para datos auxiliares que proporciona el periodo de sincronismo de horizontal. En los formatos en componentes, donde existe más espacio para los datos auxiliares, el audio embebido se sitúa entre las palabras EAV (end of active vídeo) y SAV (start of active video), inicio y fin respectivamente de la línea de vídeo activa. Este es el motivo por el que los formatos en componentes pueden llevar mas canales de audio (12 canales de 24 bit AES/EBU o 16 canales de 20 bit AES/EBU).

Los beneficios de la utilización de audio embebido son algunos así tenemos: diseño de sistema simplificado, reducción de cable y cantidad de distribuidores un solo sistema de routing y excelentes ahorros de costos.

Sin embargo, dependiendo de la aplicación podría ser desechada por ciertas desventajas:

- Error de switcheo:

Cuando se hace un switcheo entre dos fuentes de video que poseen audio embebido es difícil lograr una transición de audio limpia en el extremo receptor. A 48 kHz existen 5 bloques de AES durante cada campo de video PAL y 4.170833 bloques para un campo NTSC(Figura 1.13). Si una señal de video se utiliza como genlock, para señales AES la alineación de cuadro y la relación de fase entre las señales de audio es arbitraria, en estas circunstancias sin importar si una señal está embebida o no es difícil lograr transiciones de audio limpias.

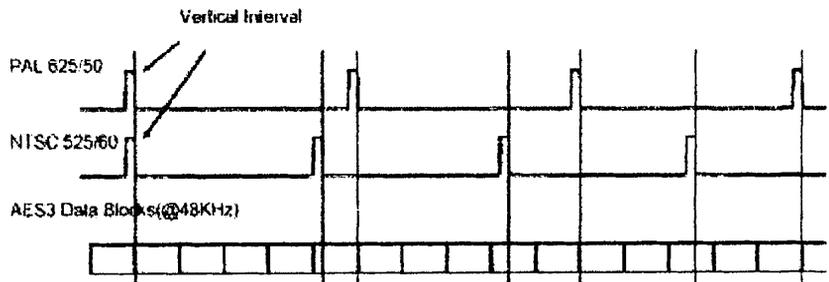


Figura 1.13.- Relación de timing entre PAL, NTSC, y AES.

- El costo del equipo de multiplexación (embedding) y demultiplexación (disembedding) es significativo.

En algunas ocasiones podría necesitarse cierto número de fuentes de solo audio y solo vídeo o el enrutamiento independiente de audio o vídeo en alguna parte de la instalación, por lo que al usar audio embebido se necesitaría de la ayuda de multiplexadores y demultiplexores en casi todos los puntos de la instalación con entradas/salidas independientes para audio, lo que incrementaría el costo de equipamiento.

Esto sin contar con el hecho de que podría existir equipos que no proveen audio embebido, como las VTR , por lo que necesitarían un embedder, el cual tiene un costo aproximado de \$2-4K cada uno.

- El retardo de audio es añadido cada vez que el audio es embebido y recuperado de la señal de vídeo digital además cualquier equipamiento de video en el camino podría introducir posibles retrasos.

Como el dato de audio está embebido en casi todas las líneas de video, la realineación del dato de video puede actuar en detrimento de la señal de audio. Puede ser recuperable pero ya no será sincronizable con otras señales y ya no será posible proveer un switching libre de error con otra señal que no haya tomado exactamente el mismo camino.

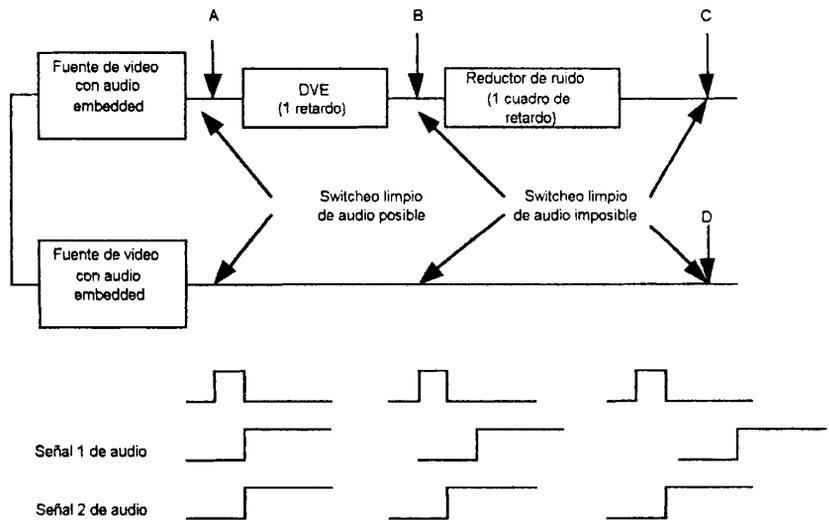


Figura 1.14 Switcheo

- Se requiere un mayor nivel de vigilancia de la sincronización en toda la instalación para evitar los problemas de audio.

- Los sistemas de audio embebido están sujetos a problemas de incompatibilidad entre maquinas de distintos fabricantes.
- La conmutación al corte entre señales de vídeo digital con audio embebido puede ocasionar pérdidas de información en audio incluso cuando la instalación está correctamente sincronizada y todas las maquinas son compatibles.

Así, el audio embebido se recomienda en uso de instalaciones con entorno totalmente digital, y que el equipamiento cumpla con el estándar SMPTE para los datos suplementarios en el canal de SDI.

## **1.4. Transmisión De La Señal**

### **1.4.1. Tipos De Modulación**

#### **Modulación Digital**

Para la aplicación de tipo radio digital existen tres esquemas básicos de modulación digital a saber: FSK (transmisión por desplazamiento de frecuencia), PSK

(transmisión por desplazamiento de fase) y QAM (Modulación de Amplitud en cuadratura).

En este estudio vamos a analizar los esquemas de modulación mas utilizados en transmisión satelital de televisión digital.

### **PSK**

La transmisión por desplazamiento de fase (PSK) es otra forma de modulación angular de amplitud constante. En PSK la señal de entrada es digital binaria y son posibles un numero limitado de fases de salida.

### **Codificación en M-ario**

M-ario es un termino derivado de la palabra "binario". La M es solo un dígito que representa el numero de condiciones posibles. Con la modulación digital es muy ventajoso codificar a un nivel más alto que el binario ( $M=2$ ); por ejemplo un sistema PSK, con cuatro posibles fases de salida, es un sistema M-ario donde  $M=4$ .  
Matemáticamente:

$$N = \log_2 M$$

En donde: N = número de bits.

M = número de condiciones de salida posibles con N bits.

### **Transmisión Por Desplazamiento De Fase**

#### **Cuaternaria(QPSK)**

Este tipo de transmisión es otro tipo de modulación angular de amplitud constante. La QPSK es una técnica de codificación M-ario donde  $M = 4$ ; con QPSK son posible cuatro fases de salida para una sola frecuencia de la portadora.

#### **Transmisor de QPSK**

En la figura 1.15 se muestra el diagrama de bloques de un modulador QPSK; como son posibles cuatro fases de salida para una sola portadora entonces deben existir cuatro condiciones de entrada diferentes para lograr este objetivo tomamos de la entrada serial de bits un símbolo formado por dos bits llamado dibit; este par de bits salen simultáneamente en forma paralela, un bit se dirige al canal I y el otro al canal Q. El bit I modula una portadora en fase

con el oscilador local mientras que el bit Q modula una portadora  $90^\circ$  fuera de fase o en cuadratura con la portadora de referencia; donde para un 1 lógico = +1V y un 0 lógico = -1V.

En la figura 1.16 se muestra la tabla de verdad, el diagrama fasorial y el diagrama de constelación de una modulación QPSK. Como podemos observar para una entrada de bits donde Q = 1 e I = 1, las dos entradas del modulador balanceado I son 1 y  $\text{sen}(\omega_c t)$  y las dos entradas del modulador Q son 1 y  $\text{cos}(\omega_c t)$ ; en consecuencia las salidas son:

$$\text{Modulador balanceado I} = (1) \text{sen}(\omega_c t) = \text{sen}(\omega_c t)$$

$$\text{Modulador balanceado Q} = (1) \text{cos}(\omega_c t) = \text{cos}(\omega_c t)$$

Y la salida del sumador lineal es:

$$\begin{aligned} \text{cos}(\omega_c t) + \text{sen}(\omega_c t) &= \text{sen}(90^\circ + \omega_c t) + \text{sen}(\omega_c t) \\ &= 2 * \text{sen}\left(\frac{90^\circ + 2\omega_c t}{2}\right) * \text{cos}\left(\frac{90^\circ}{2}\right) \\ &= 1.4142 \text{sen}(\omega_c t + 45^\circ) \end{aligned}$$

En donde  $\omega_c t = 2\pi f_c t$ , donde  $f_c$  es la frecuencia de la señal portadora. Donde el valor de 1.4142 es la amplitud de salida que para las cuatro fases es la misma; esto es lo que diferencia este tipo de modulación de la QAM. Para los códigos de bit que restan (00,01 y 10), el procedimiento es el mismo.

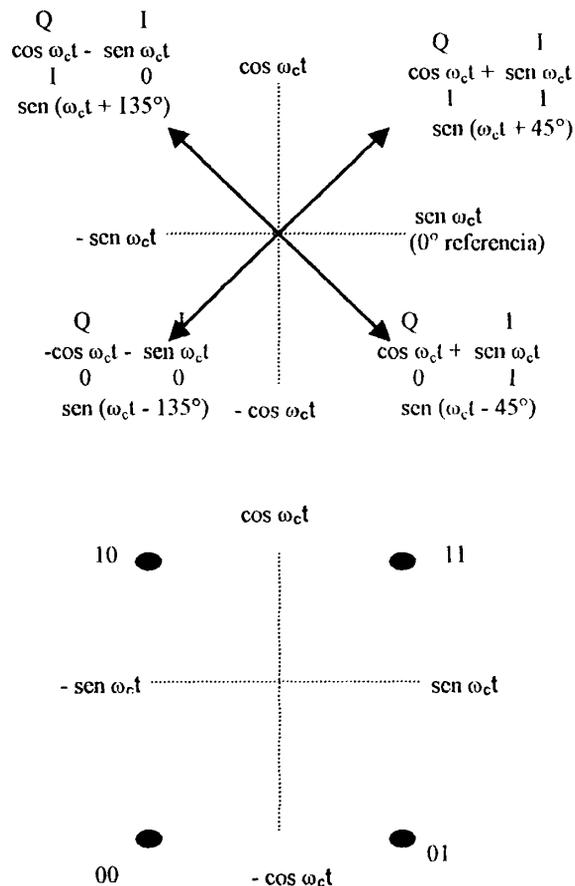
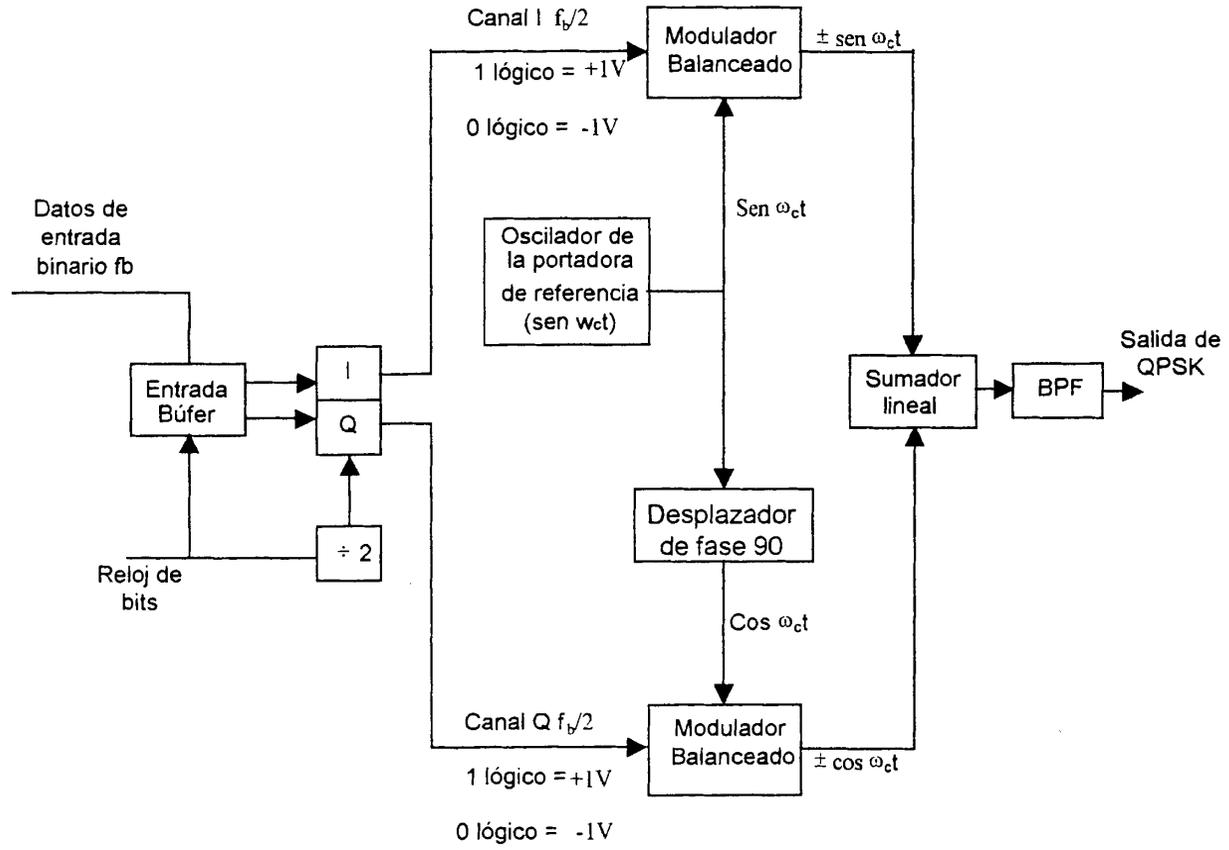


Figura 1.15.- Diagrama Fasorial y constelación de QPSK

Figura 1.16 Modulador QPSK



Entrada Binaria		Fase de Salida QPSK
Q	I	
0	0	-135°
0	1	-45°
1	0	+135°
1	1	+45°

Tabla III.- Fase de salida de QPSK

En esta misma figura 1.16, observamos que la separación angular entre cualquiera de dos fasores adyacentes es 90°.

Por tanto, una señal de QPSK puede experimentar un cambio en fase de +45° o de -45° (Tabla 3), durante la transmisión y todavía retener la información correcta codificada al demodulador en el receptor.

### **Ancho de Banda QPSK**

Con QPSK, ya que los datos de entrada se dividen en dos canales, la tasa de bits en el canal I o en el canal Q, es igual a la mitad de la tasa de bits de entrada ( $f_b/2$ ). El derivador a la entrada estira los bits I y Q al doble de su longitud de bits de entrada.

En consecuencia la frecuencia fundamental mas alta presente en la entrada de datos al modulador balanceado I o Q es igual a un cuarto de la tasa de datos de entrada ( $f_b/4$ ).

Como resultado la salida de los moduladores balanceados requiere un mínimo de ancho de banda de Nyquist de doble lado igual a la mitad de la tasa de bits que están entrando ( $f_N = \text{doble } f_b/4 = f_b/2$ ).

El mínimo ancho de banda y el baudio son iguales debido a que no se produce ningún cambio en la fase de salida hasta que un bit ha sido introducido en el derivador la tasa de cambio mas rápida a la salida (baudio) es igual a la mitad de la tasa de bits de entrada.

Todo lo descrito anteriormente se puede representar gráficamente de la siguiente forma.

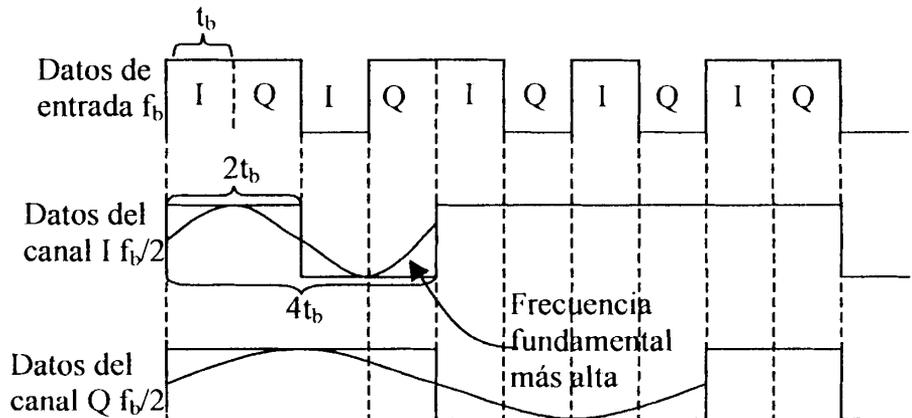


Figura 1.17.-Salida de los moduladores QPSK

La salida de los moduladores balanceados puede expresarse matemáticamente como:

$$Y = \text{sen}(\omega_a t) * \text{sen}(\omega_c t)$$

Donde,

$$\omega_a t = 2\pi \frac{fb}{4} t \quad \text{y} \quad \omega_c t = 2\pi fc t$$

$$Y = \left( \text{sen} 2\pi \frac{fb}{4} t \right) \left( \text{sen} 2\pi fc t \right)$$

$$Y = \frac{1}{2} \cos 2\pi \left( fc - \frac{fb}{4} \right) t - \frac{1}{2} \cos 2\pi \left( fc + \frac{fb}{4} \right) t$$

El espectro de frecuencia de salida se extiende desde

$f_c + \frac{fb}{4}$  a  $f_c - \frac{fb}{4}$  y el mínimo ancho de banda es

$$\left(f_c + \frac{fb}{4}\right) - \left(f_c - \frac{fb}{4}\right) = 2 \frac{fb}{4} = \frac{fb}{2}$$

Como muestra la figura 1.18:

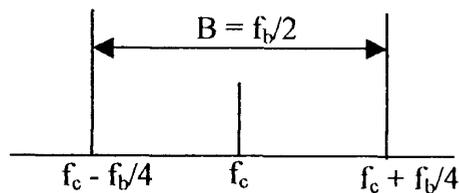


Figura 1.18 Ancho de banda QPSK

En donde  $fb$  es la frecuencia de bits de entrada

$f_c$  es la frecuencia de la señal portadora

### Receptor de QPSK

El diagrama a bloques de un receptor de QPSK se muestra en la figura 1.19. El derivador de potencia dirige la señal QPSK de entrada a los detectores de producto, I y Q y a un circuito de recuperación de la portadora. La portadora

recuperada tiene que ser coherente en frecuencia y fase con la portadora de referencia transmisora. La señal QPSK se demodula en los detectores de producto, I y Q que generan los bits de datos, I y Q originales. Las salidas de los detectores de producto alimentan al circuito para combinar bits, donde se convierten de canales de datos, I y Q, paralelos a un solo flujo de datos de salida binarios.

La señal de entrada puede ser cualquiera de las cuatro posibles fases de salida mostradas en el diagrama fasorial anterior. Para ilustrar el proceso de demodulación tomaremos una de las señales de entrada o sea  $-\sin(\omega_c t) + \cos(\omega_c t)$ . Matemáticamente el proceso de demodulación es como sigue:

La salida del detector de producto I es:

$$\begin{aligned}
 I &= \underbrace{(-\sin \omega_c t + \cos \omega_c t)}_{\text{Señal de entrada}} \underbrace{(\sin \omega_c t)}_{\text{portadora}} \\
 &= (-\sin \omega_c t)(\sin \omega_c t) + (\cos \omega_c t)(\sin \omega_c t) \\
 &= \sin^2 \omega_c t + (\cos \omega_c t)(\sin \omega_c t)
 \end{aligned}$$

$$= -\frac{1}{2} (1 - \cos 2\omega_c t) + \frac{1}{2} \text{sen}(\omega_c + \omega_c)t + \frac{1}{2} \text{sen}(\omega_c - \omega_c)t$$

$$= -\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos 2\omega_c t + \frac{1}{2} \text{sen} 2\omega_c t + \frac{1}{2} \text{sen} 0$$


  
Elementos eliminados por el filtro pasabajo

$$= -\frac{1}{2} V(0 \text{ lógico})$$

La salida del detector de producto Q es:

$$Q = \underbrace{(-\text{sen } \omega_c t + \cos \omega_c t)}_{\text{Señal de entrada}} \underbrace{(\cos \omega_c t)}_{\text{portadora}}$$

$$= \cos^2 \omega_c t - (\cos \omega_c t)(\text{sen } \omega_c t)$$

$$Q = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos 2\omega_c t - \frac{1}{2} \text{sen} 2\omega_c t - \frac{1}{2} \text{sen} 0$$


  
Elementos eliminados por el filtro pasabajo

$$= -\frac{1}{2} (1 + \cos 2\omega_c t) - \frac{1}{2} \text{sen}(\omega_c + \omega_c)t - \frac{1}{2} \text{sen}(\omega_c - \omega_c)t$$

$$= \frac{1}{2} V(1 \text{ lógico})$$

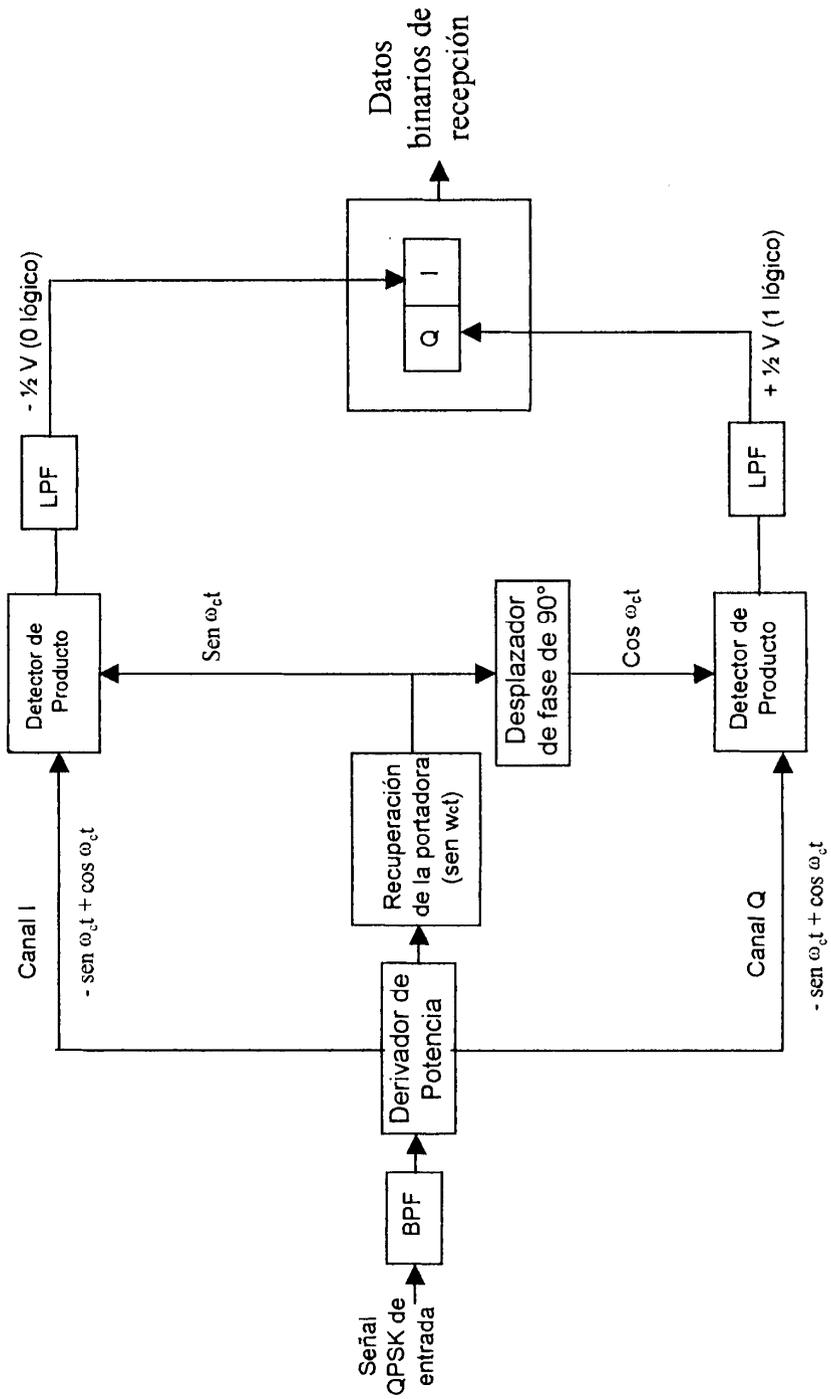


Figura 1.19.- Receptor QPSK

### **PSK de ocho fases**

Un PSK de ocho fases (8-PSK), es una técnica para codificar M-ario en donde  $M = 8$ . Con un modulador de 8-PSK, hay ocho posibles fases de salida. Para codificar ocho fases diferentes, los bits que están entrando se consideran en grupos de 3 bits, llamados tribits ( $2^3 = 8$ ).

### **Transmisor PSK de ocho fases.**

Un diagrama a bloques de un modulador de 8-PSK se muestra en la figura 1.20.

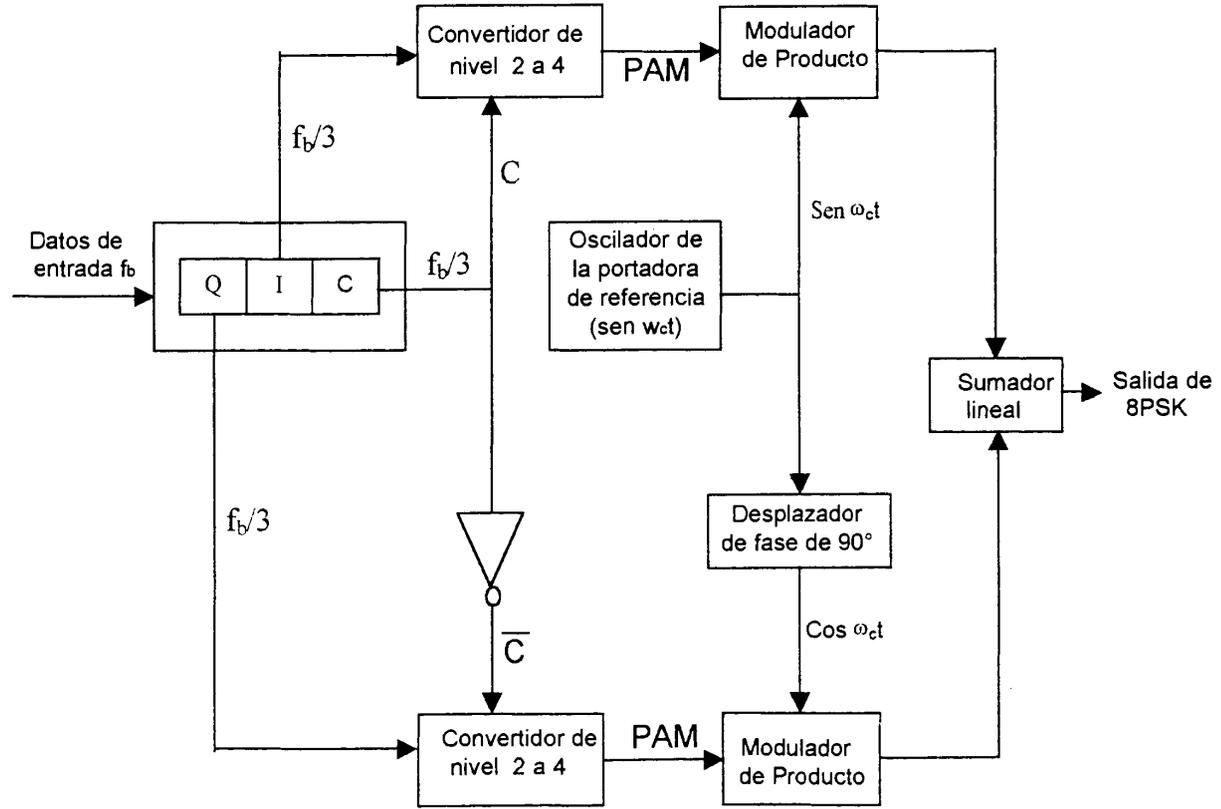
El flujo de bits seriales que están entrando se introduce al desplazador de bits, en donde se convierte a una salida paralela de tres canales (el canal I, o en fase, el canal Q, o en cuadratura y el canal C, o de control). En consecuencia, la tasa de bits, en cada uno de los tres canales, es  $f_b/3$ . En esencia, los convertidores de los niveles 2 a 4 son convertidores digital a analógico (DAC) de entrada paralela. Con 2 bits de entrada, son posibles cuatro voltajes de salida.

El algoritmo para los DAC es bastante sencillo. El bit I o Q determina la polaridad de la señal analógica de salida (1 lógico = + V y 0 lógico = -V), mientras que la C o el bit determina la magnitud (1 lógico = 1.307 V y 0 lógico = 0.541 V). En consecuencia, con dos magnitudes y dos polaridades, son posibles cuatro condiciones de salida diferentes.

La figura 1.21 muestra la tabla de verdad y condiciones de salida correspondientes para los convertidores de niveles 2 a 4. Debido a que la C y los bits  $\bar{C}$  nunca pueden ser del mismo estado lógico, las salidas de los convertidores de los niveles 2 a 4, I y Q, nunca pueden tener la misma magnitud, aunque pueden tener la misma polaridad.

La salida de un convertidor de niveles, 2 a 4, es una señal de modulación en amplitud de pulsos (PAM) M-ario, en donde  $M = 4$ .

Figura 1.20.- Modulación 8PSK



I	C	SALIDA
0	0	-0.541 V
0	1	-1.307 V
1	0	+0.541 V
1	1	+1.307 V

Q	C	SALIDA
0	0	-1.307 V
0	1	-0.541 V
1	0	+1.307 V
1	1	+0.541 V

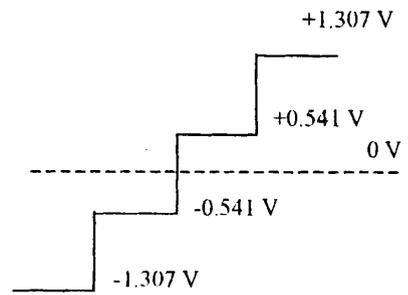


Fig. 1.21.- Tabla de verdad y condiciones de niveles 2 a 4.

Para una entrada tribit de  $Q = 0$ ,  $I = 0$ , y  $C = 0$  (000). Las entradas al convertidor de nivel 2 a 4 son  $I = 0$  y  $C = 0$ . De la figura 1.21 la salida es  $-0.541$  V.

Las entradas al convertidor de nivel 2 a 4 canal Q son  $Q = 0$  y  $C = 1$ . Nuevamente de la figura 1.21, la salida es  $-1.3$  V. Por tanto, las dos entradas a los moduladores de producto canal I son  $-0.541$  y  $\text{sen } \omega_c t$ . La salida es:

$$I = (-0.541) (\text{sen } \omega_c t) = -0.541 \text{ sen } \omega_c t$$

Las dos entradas al modulador de producto canal Q son  $-1.307$  V y  $\text{cos } \omega_c t$ . La salida es:

$$Q = (-1.307) (\text{cos } \omega_c t) = -1.307 \text{ cos } \omega_c t$$

Las salidas de los moduladores de producto, canal I y Q, están combinadas en el sumador lineal y producen una salida modulada de:

$$\begin{aligned} \text{Salida del sumador} &= 0.541 \operatorname{sen} \omega_c t - 1.307 \operatorname{cos} \omega_c t \\ &= 1.41 \operatorname{sen} (\omega_c t - 112.5^\circ) \end{aligned}$$

Para los códigos tribit sería (001, 010, 011, 100, 101, 110 y 111), el procedimiento es el mismo. Los resultados se muestran en la Fig.1.21, donde puede verse que la separación angular, entre cualquiera de dos fasores adyacentes, es de  $45^\circ$ , la mitad de lo que es con QPSK. Por tanto, una señal 8-PSK puede experimentar un cambio de fase de casi  $\pm 22.5^\circ$ , durante la transmisión, y todavía retener su integridad. Cada fador es de igual magnitud; la condición tribit (información actual) se contiene, de nuevo, sólo en la fase de la señal. Los niveles de PAM, de 1.307 y 0.541, son valores relativos.

Se puede utilizar cualquier nivel, siempre que su relación sea de 0.541/ 1.307 y su arcotangente sea igual a  $22.5^\circ$ . Si sus valores se duplicaran a 2.614 y 1.082, los ángulos de

---

fase no cambiarían, aunque la magnitud del fasor se incrementaría proporcionalmente.

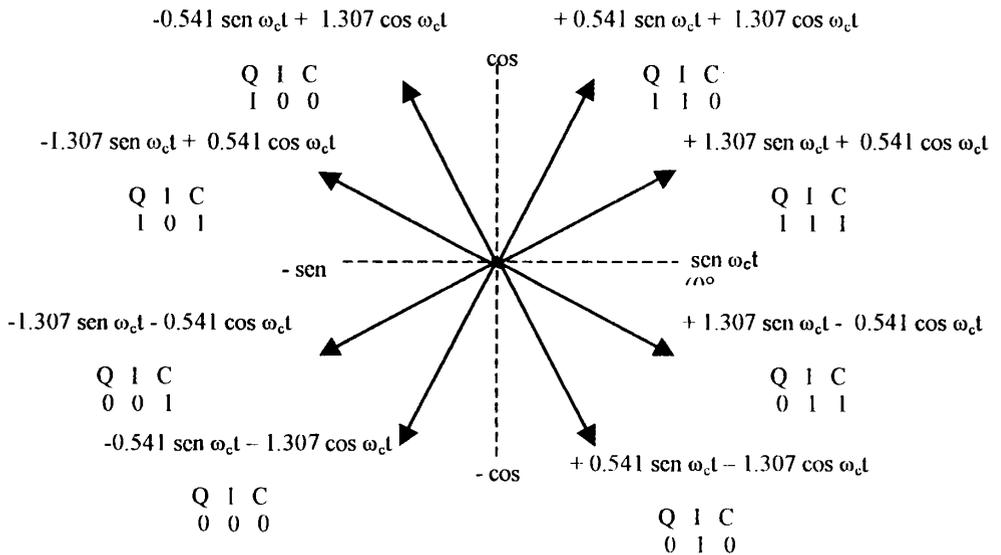


Figura 1.22.- Fases de salida de 8PSK

Entrada Binaria			Fase de Salida de 8PSK
Q	I	C	
0	0	0	$-112.5^\circ$
0	0	1	$-157.5^\circ$
0	1	0	$-67.5^\circ$
0	1	1	$-22.5^\circ$
1	0	0	$+112.5^\circ$
1	0	1	$+157.5^\circ$
1	1	0	$+67.5^\circ$
1	1	1	$+22.5^\circ$

Tabla IV.- Fases de salida 8PSK

### **Consideraciones del ancho de banda para el 8-PSK**

Con el 8-PSK, ya que los datos se dividen en tres canales, la tasa de bits en el canal I, Q, o C, es igual a un tercio de la tasa de datos de entrada binarios ( $f_b/3$ ). (El derivador de bits estira los bits, I, Q y C, a tres veces su longitud de bit de entrada). Debido a que los bits I, Q y C tienen una salida simultánea y en paralelo, los convertidores de niveles de 2 a 4, también ven un cambio en sus entradas (y en consecuencia sus salidas) a una tasa igual a  $f_b/3$ .

La figura 1.23 muestra la relación de la sincronización de bit entre los datos de entrada binarios; los datos del canal I, Q y C; y las señales PAM I y Q. puede verse que la frecuencia fundamental más alta en el canal I, Q o C, es igual a la sexta parte de la tasa de bit de entrada binaria (un ciclo en el canal I, Q o C, toma la misma cantidad de tiempo que seis bits de entrada).

Además, la frecuencia fundamental más alta, en cualquiera de las señales PAM, es igual a la sexta parte de la tasa de bits de entrada.

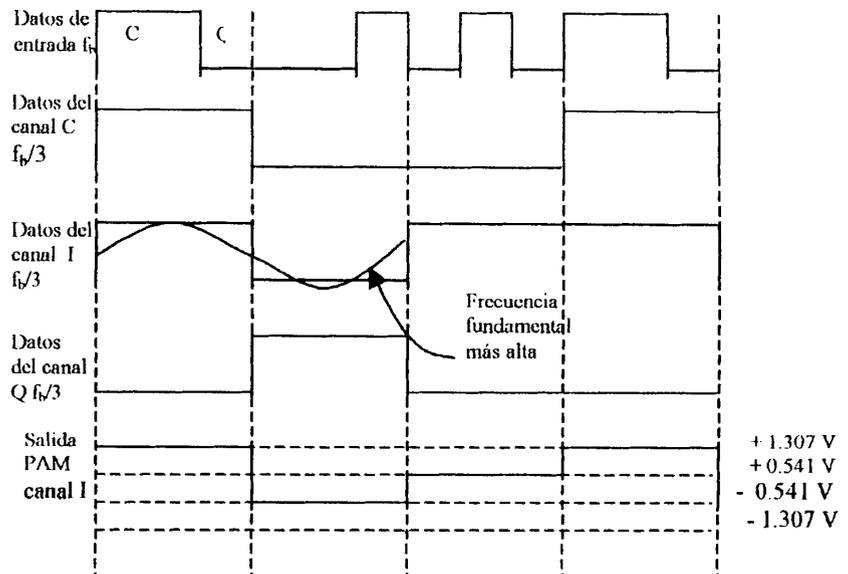


Figura 1.23.- Relación de la sincronización de bit entre los datos de entrada binarios

Con un modulador de 8-PSK, hay un cambio en fase en la salida, por cada 3 bits de entrada de datos. En consecuencia, el baudio para 8-PSK es igual a  $f_b/3$ , al igual que el ancho de banda mínimo. Nuevamente, los moduladores balanceados son moduladores de producto; sus salidas son el producto de la portadora y de la señal PAM. Matemáticamente, la salida de los moduladores balanceados es

$$\theta = (X \text{ sen } \omega_c t) (\text{sen } \omega_c t) \quad \text{en donde,}$$

$$\underbrace{\omega_m t = 2\pi \frac{f_b}{6} t}_{\text{señal modulada}}$$

$$\underbrace{\omega_c t = 2\pi f_c t}_{\text{portadora}}$$

y,  $X = \pm 1.307$  o  $\pm 0.541$

$$A = \left( X \operatorname{sen} 2\pi \frac{f_b}{6} t \right) \operatorname{sen} 2\pi f_c t$$

En consecuencia

$$= \frac{X}{2} \cos 2\pi \left( f_c - \frac{f_b}{6} \right) t - \frac{X}{2} \cos 2\pi \left( f_c + \frac{f_b}{6} \right) t$$

El espectro de frecuencia de salida se extiende desde  $f_c + f_b/6$  a  $f_c - f_b/6$  y el mínimo ancho de banda ( $f_N$ ) es

$$\left( f_c + \frac{f_b}{6} \right) - \left( f_c - \frac{f_b}{6} \right) = \frac{2f_b}{6} = \frac{f_b}{3}$$

Como muestra la figura 1.24

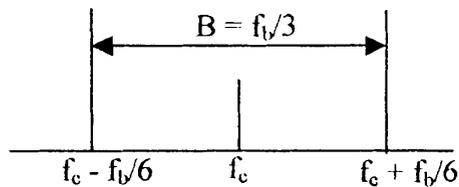


Figura 1.24.- Ancho de banda de 8PSK

## **Modulación De Amplitud En Cuadratura**

La *modulación de amplitud en cuadratura (QAM)*, es una forma de modulación digital en donde la información digital está contenida, tanto en la amplitud como en la fase de la portadora transmitida.

### **QAM de Dieciséis**

Así como el 16-PSK, el 16-QAM es un sistema M-ario, en donde  $M = 16$ . Actúa sobre los datos de entrada en grupos de cuatro ( $2^4 = 16$ ). Como con el 8-QAM, tanto la fase y la amplitud de la portadora transmisora son variados.

### **Transmisor QAM de dieciséis**

El diagrama a bloques para un transmisor de 16-QAM se muestra en la figura 1.25. Los datos de entrada binaria se dividen en cuatro canales: el I, Q y Q'. La tasa de bits de cada canal es igual a un cuarto de la tasa de bits de entrada ( $f_b/4$ ). Los cuatro bits se introducen en forma serial al derivador de bits; luego se introducen simultáneamente y en paralelo con los canales I, I', Q y Q'. Los bits I y Q determinan la polaridad a la salida de los convertidores de niveles 2 a 4 un 1 lógico = positivo y un 0 lógico =

negativo). Los bits  $I'$  y  $Q'$  determinan la magnitud (un 1 lógico = 0.821 V y un 0 lógico = 0.22 V).

En consecuencia, los convertidores de niveles 2 a 4 generan una señal PAM de nivel 4. Dos polaridades y dos magnitudes son posibles a la salida de cada convertidor de niveles 2 a 4. Son  $\pm 0.22$  V y  $\pm 0.821$  V. Las señales PAM modulan las portadoras en fase y en cuadratura, en los moduladores de producto. Son posibles cuatro salidas para cada modulador de producto.

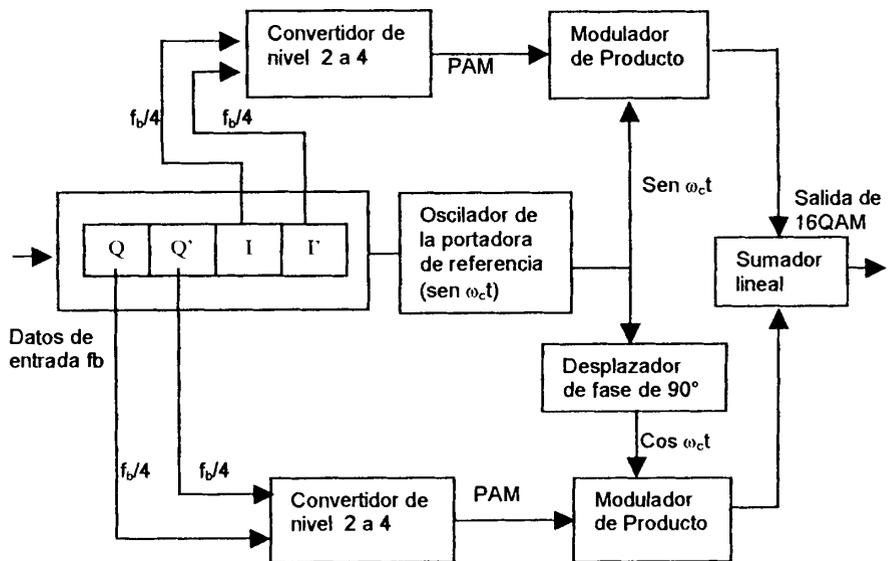


Figura 1.25.- Diagrama a bloques para un transmisor de 16-QAM

Para el modulador de producto I son  $\pm 0.821 \text{ sen } \omega_c t$ ,  $-0.821 \text{ sen } \omega_c t + 0.22 \text{ sen } \omega_c t$ , y  $-0.22 \text{ sen } \omega_c t$ . Para el modulador de producto Q son  $+0.821 \text{ cos } \omega_c t$ ,  $+ 0.22 \text{ cos } \omega_c t$ ,  $- 0.821 \text{ cos } \omega_c t$ , y  $- 0.22 \text{ cos } \omega_c t$ . El sumador lineal combina las salidas de los moduladores de producto canal I y Q y produce las 16 condiciones de salida necesarias para el 16-QAM. La figura 1.26 muestra la tabla de verdad para los convertidores de nivel 2 a 4 y canales I y Q.

Para una entrada de quadbits de  $I = 0$ ,  $I' = 0$ ,  $Q = 0$ ,  $Q' = 0$  (0000). Las entradas al convertidor de nivel 2 a 4 canal I, son  $I = 0$  e  $I' = 0$ . De la figura 1.26 la salida es  $-0.22 \text{ V}$ . Las entradas al convertidor de nivel 2 a 4 canal Q son:  $Q = 0$  y  $Q' = 0$ . Nuevamente de la figura 1.26, la salida es  $-0.22 \text{ V}$ . En consecuencia las dos entradas al modulador de producto canal I, son:  $-0.22 \text{ V}$  y  $\text{sen } \omega_c t$ . La salida es:

$$I = (-0.22) (\text{sen } \omega_c t) = -0.22 \text{ sen } \omega_c t$$

Las dos entradas del modulador de producto canal Q son  $-0.22 \text{ V}$  y  $\text{cos } \omega_c t$ . La salida es  $Q = (-0.22) (\text{cos } \omega_c t) = -0.22 \text{ cos } \omega_c t$

Las salidas de los moduladores de producto canal I y Q se combinan en el sumador lineal y producen una salida modulada de:

$$\begin{aligned} \text{Salida del sumador} &= -0.22 \operatorname{sen} \omega_c t = -0.22 \operatorname{sen} \omega_c t \\ &= 0.311 \operatorname{sen} (\omega_c t - 135) \end{aligned}$$

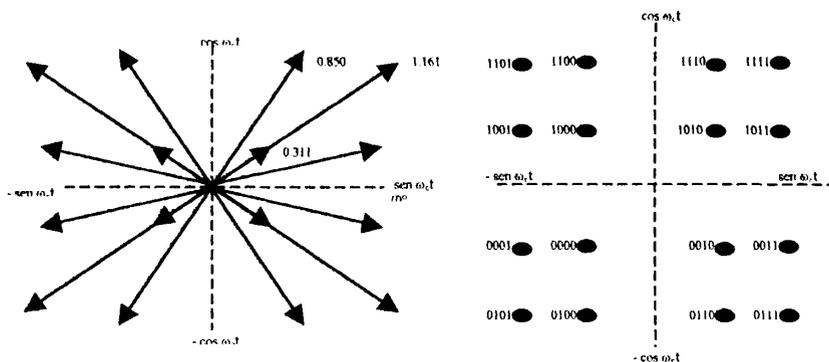
Para los códigos de quadbits que quedan el procedimiento es el mismo. Los resultados se muestran en la figura 1.26.

Consideraciones del ancho de banda par el QAM de dieciséis. Con el 16-QAM, ya que los datos de entrada se dividen en cuatro canales, la tasa de bits en el canal I, I', Q o Q' es igual a un cuarto de la tasa de datos de entrada binarios ( $f_b/4$ ). (El derivador de bits estira los bits I, I', Q y Q', a cuatro veces su longitud de bits de entrada).

Además, debido a que los bits I, I', Q y Q' tienen salidas de manera simultánea y en paralelo, los convertidores de nivel 2 a 4 ven un cambio en sus entradas y salidas a una tasa igual a un cuarto de la tasa de datos de entrada.

Q	Q'	SALIDA
0	0	-0.22 V
0	1	-0.821 V
1	0	+0.22 V
1	1	+0.821 V

I	I'	SALIDA
0	0	-0.22 V
0	1	-0.821 V
1	0	+0.22 V
1	1	+0.821 V



Entrada binaria				Salida de 16 QAM	
Q	Q'	I	I'		
0	0	0	0	0.311V	-135°
0	0	0	1	0.850V	-165°
0	0	1	0	0.311V	-45°
0	0	1	1	0.850V	-15°
0	1	0	0	0.850V	-105°
0	1	0	1	1.161V	-135°
0	1	1	0	0.850V	-75°
0	1	1	1	1.161V	-45°
1	0	0	1	0.850V	+175°
1	0	1	0	0.311V	+45°
1	0	1	1	0.850V	+15°
1	1	0	0	0.850V	+105°
1	1	0	1	1.161V	+135°
1	1	1	0	0.850V	+75°
1	1	1	1	1.161V	+45°

Figura 1.26.- Fases de salida de 16QAM.

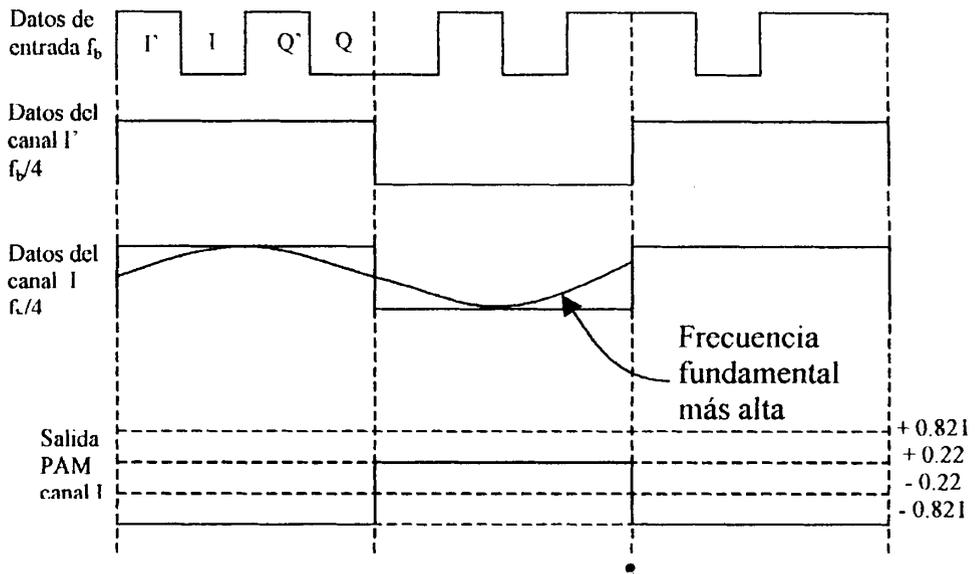


Figura 1.27.- Relación de la sincronización de bits entre los datos de entrada binarios

La figura 1.27 muestra la relación de la sincronización de bits entre los datos de entrada binarios; los datos de los canales  $I$ ,  $I'$ ,  $Q$  y  $Q'$ ; y la señal PAM  $I$ . Puede verse que la frecuencia fundamental más alta en los canales  $I$ ,  $I'$ ,  $Q$  o  $Q'$ , es igual a un octavo de la tasa de bits de los datos de entrada de binarios (un ciclo en los canales de  $I$ ,  $I'$ ,  $Q$  o  $Q'$ , toma la misma cantidad de tiempo que 8 bits de entrada). Además, la frecuencia fundamental más alta de cualquiera de las señales PAM es igual a un octavo de la tasa de bits de entrada binarios.

Con un modulador de 16-QAM, hay un cambio en la señal de salida (ya sea su fase, amplitud, o ambos), para cada 4 bits de datos de entrada. En consecuencia, el baudio es igual a  $f_b/4$ , al igual que el mínimo ancho de banda.

Nuevamente, los modulares balanceados son modulares de producto y sus salidas se pueden representar matemática como

$$\text{salida} = (X \text{ sen } \omega_c t) \text{ sen } \omega_c t$$

en donde,

$$\underbrace{\omega_d t = 2\pi \frac{f_b}{8} t}_{\text{fase de señal modulada}} \quad \text{y} \quad \underbrace{\omega_c t = 2\pi f_c t}_{\text{fase de portadora}}$$

$$\text{y, } X = \pm 0.22 \text{ o } \pm 0.821$$

Por tanto,

$$\begin{aligned} \text{salida} &= \left( X \text{ sen } = 2\pi \frac{f_b}{8} t \right) \text{ sen } 2\pi f_c t \\ &= \frac{X}{2} \cos 2\pi \left( f_c - \frac{f_b}{8} \right) t - \frac{X}{2} \cos 2\pi \left( f_c + \frac{f_b}{8} \right) t \end{aligned}$$

El espectro de frecuencia de salida se extiende desde  $f_c + f_b/8$  a  $f_c - f_b/8$  y el mínimo ancho de banda ( $f_N$ ) es

$$\left(f_c + \frac{f_b}{8}\right) - \left(f_c - \frac{f_b}{8}\right) = \frac{2f_b}{8} = \frac{f_b}{4}$$

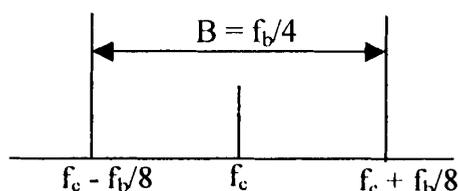


Figura 1.28.-Ancho de banda 16-QAM

### Eficiencia Del Ancho De Banda

La eficiencia (o densidad de información, como a veces se llama) a menudo se utiliza para comparar el rendimiento de una técnica de modulación digital con otra. En esencia, es la relación de la tasa de bits de transmisión al mínimo ancho de banda requerido, para un esquema de modulación en particular. La eficiencia del ancho de banda por lo general se normaliza a un ancho de banda de 1 Hz, en consecuencia, indica el número de bits que pueden propagarse a través de un medio por cada hertz de ancho de banda. Matemáticamente, la eficiencia del ancho de banda es

$$\text{Eficiencia BW} = \frac{\text{tasa de transmisión (bps)}}{\text{mínimo ancho de banda (HZ)}}$$

$$= \frac{\text{bits/segundo}}{\text{hertz}} = \frac{\text{bits/segundo}}{\text{ciclos/segund}} = \frac{\text{bits}}{\text{ciclo}}$$

## RESUMEN DE PSK Y QAM

Las distintas formas PSK y QAM se resumen en la tabla 5:

Mod.	Código	Ancho de banda (Hz)	Baudio	Eficiencia del Ancho de Banda (bps/Hz)
BPSK	Bit sencillo	$f_b$	$f_b$	1
QPSK	Dibit	$f_b/2$	$f_b/2$	2
8-PSK	Tribit	$f_b/3$	$f_b/3$	3
16-QAM	Tribit	$f_b/3$	$f_b/3$	3
16-PSK	Quadbit	$f_b/4$	$f_b/4$	4
16-QAM	Quadbit	$f_b/4$	$f_b/4$	4

Tabla V.- Eficiencia del ancho de banda

### Rendimiento de error de PSK

El rendimiento de error de bit para los distintos sistemas de modulación digital multifase está directamente relaciona a la distancia entre puntos en un diagrama de espacio de estado de la señal. Para los sistemas de PSK, la fórmula general para los puntos es.

$$TP = \pm \frac{\pi}{M}$$

En donde  $M$  es el número de estados de señal.

Para PSK, la fórmula general para la distancia máxima entre puntos de probabilidad se da por

$$\sin \theta = \sin \frac{360^\circ}{2M} \frac{d/2}{D}$$

En donde  $d$  = distancia de error

$M$  = número de fases

$D$  = probabilidad pico de la señal

Rearreglando la probabilidad y resolviendo para  $d$ , da

$$d = \left( 2 \sin \frac{180^\circ}{M} \right) \times D$$

De la probabilidad de TP, el cambio de fase máximo para 8-PSK y 16-PSK es  $\pm 22.5^\circ$  y  $\pm 11.25^\circ$ , respectivamente. En consecuencia, los niveles más altos de modulación (por ejemplo, entre mayor sea el valor de  $M$ ) requieren de una mayor relación de la probabilidad de potencia de energía por bit a ruido, para reducir el efecto de la interferencia de ruido. En consecuencia, entre más alto sea el nivel de

modulación más pequeña será la separación angular entre puntos de señal, y más pequeña la distancia de error.

La probabilidad general para la probabilidad de error del bit de un sistema PSK de fase-M es

$$P(e) = \frac{1}{\log_2 M} \operatorname{erf}(z)$$

En donde erf = función de error

$$z = \operatorname{sen} \frac{\pi}{M} \left[ \sqrt{\log_2 M} \right] \left[ \sqrt{E_b / N_o} \right]$$

### **Rendimiento de probabilidad del QAM**

Para un gran número de puntos de señal (por ejemplo, sistemas M-ario mayores a 4), el QAM funcionará mejor que el PSK. Esto se debe a que la distancia, entre dos puntos de probabilidad en un sistema de PSK, es más pequeña que la distancia entre puntos en un sistema QAM comparable. La probabilidad general para la distancia entre puntos de probabilidad adyacentes para un sistema QAM con nivel L en cada eje es:

$$d = \frac{\sqrt{2}}{L-1} \times D$$

En donde  $d$  = distancia de error

$L$  = número de niveles en cada eje

$D$  = probabilidad pico de la señal

Al comparar las dos probabilidad anteriores de  $d$ , puede verse que los sistemas QAM tienen una ventaja sobre los sistemas PSK, con el mismo nivel de potencia de la señal pico.

La probabilidad general para la probabilidad de error de bit de un sistema QAM de nivel  $L$  es:

$$P(e) = \frac{1}{\log_2 L} \left[ \frac{L-1}{L} \right] \text{erf}(z)$$

$$z = \frac{\sqrt{\log_2 L}}{L-1} \sqrt{\frac{E_b}{N_0}}$$

En donde Erf ( $z$ ) = función de error complementaria

La tabla 6, indica las mínimas relaciones de potencia de la portadora a ruido y las relaciones de la probabilidad de potencia de energía por bit a ruido, para una probabilidad de error de  $10^{-6}$  para varios esquemas de modulación PSK y QAM.

Técnica de Modulación	Relación C/N (dB)	Relación Eb/No (dB)
QPSK	13.6	10.6
8PSK	18.5	14
16QAM	20.5	14.5

Tabla VI.-Relaciones de potencia

#### 1.4.2. COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

El COFDM es una forma diversa de transmitir una señal a las usadas por una sola portadora, ya que este sistema usa una gran cantidad de portadoras para transmitir la información sobre cada una de ellas.

COFDM no es un tipo de modulación sino de multiplexación de señales moduladas en QAM o QPSK.

Las principales características de COFDM se describen en sus siglas:

"C" : Usa un código de error, entrelazado e información del estado del canal(CSI: Channel State information)

"O": la ortogonalidad entre las sucesivas portadoras.

"FDM": Multiplexación por división de frecuencia

La adición de un intervalo de guarda.

### **Principios de COFDM**

Cuando una señal es transmitida vía terrestre, la presencia de obstáculos tales como edificios, montañas e inclusive la misma gente, produce que ésta tome múltiples trayectos hasta su objetivo final que es el receptor, causando: deterioro de la señal, degradación de la relación señal-ruido, lo que vuelve muy difícil extraer la información original, que en el caso del video debido al retardo de llegada de la señal produce imágenes fantasmas; por lo que muchos optaron por la elección de la televisión vía satélite o cable, donde tenemos un sólo camino desde el transmisor al receptor.

Este inconveniente en la transmisión vía terrestre es conocido como canal multipasos (multipath channel), es decir, la señal transmitida llega al receptor en varios trayectos (Fig.1.29) con longitudes diferentes.

En la transmisión digital estos desvanecimientos degradan fuertemente la tasa de error binario.

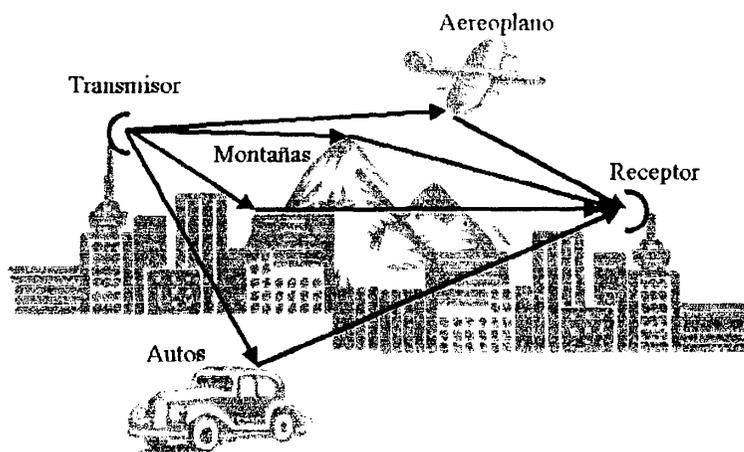


Fig. 1.29 Señal afectada por multi-trayectos

Independientemente del tipo de modulación usada, las portadoras llevan la información digital, donde cada una de ellas es un grupo de bits de información (llamada símbolos), que al ser transmitidas pueden llegar deterioradas al receptor por efectos de multipaso. Por ejemplo:

Supongamos que nosotros modulamos una portadora con información digital. Por cada símbolo la portadora es transmitida con una fase y amplitud particular lo que es escogida de la constelación en uso.

Cada símbolo porta un número de bits de información igual al logaritmo base dos del número de estados diferentes en la constelación.

Ahora imaginemos que la señal es recibida vía dos caminos con un relativo retardo entre ellas. Tomando el símbolo  $n$  transmitido como ejemplo, el receptor intentara modular los datos que fueron enviados en este símbolo para examinar toda la información recibida relacionada al símbolo  $n$ , es decir, la información recibida directamente y la información retardada.

Cuando el relativo retardo es más que un periodo de símbolo (Fig.1.30a), la señal recibida vía el segundo paso actúa puramente como interferencia, lo que implica que solamente niveles muy bajos de las señales retardadas pueden ser toleradas (el nivel exacto depende de la

constelación depende la constelación en uso y la pérdida aceptable del margen de ruido. A esto se lo conoce como interferencia ínter símbolo (ISI), que sucede cuando un símbolo se ve afectado por otros símbolos.

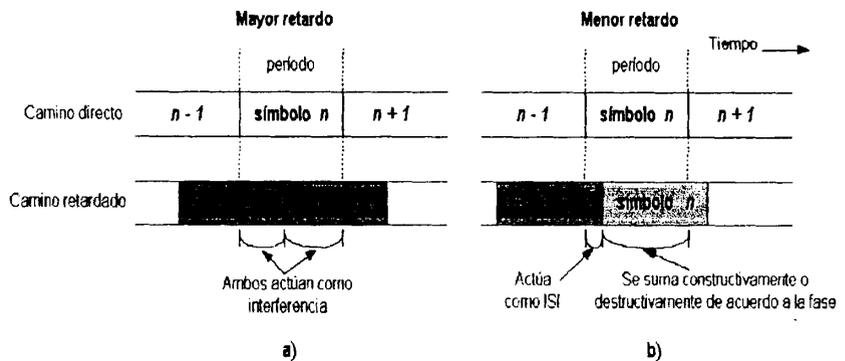


Fig.1.30: a) Retardo mayor que un período de símbolo; b) Retardo menor que un período de símbolo.

Para el caso en que el relativo retardo es *menos* que un periodo de símbolo (Fig.1.30b), parte de la señal recibida vía el segundo paso actúa como interferencia, el resto de la información es la del símbolo deseado, que puede ser sumada constructiva o destructivamente a la información del camino principal.

Desafortunadamente, las características del canal de transmisión no son constantes en el tiempo. Pero, durante

un corto intervalo de tiempo, las características del canal de propagación terrestre son estables.

En otras palabras, la idea básica fue usar el canal durante sucesivos intervalos “estables” de tiempo.

Así, un canal multipasos es comúnmente representado con el CIR (channel impulse response) del canal  $h(t)$  (Fig.1.31), el cual es la señal en el receptor si un solo pulso es transmitido o si la función forzada es una delta Dirac  $\delta(t)$ , es decir,  $y(t) = h(t)$ , cuando  $x(t) = \delta(t)$ .

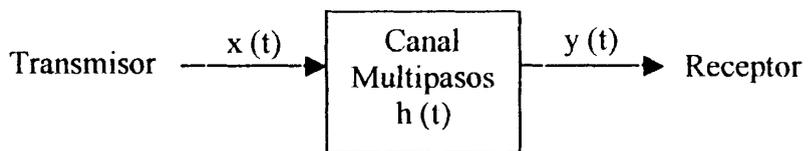


Fig.1.31.- Canal multipasos representado con el CIR.

Por lo que, la respuesta al impulso nos ayuda a obtener la entrada al receptor cuando la señal transmitida no es un impulso y se usa para caracterizar la respuesta del canal en el dominio del tiempo.

La respuesta del canal al impulso transmitido lo vemos en la Fig.1.32.

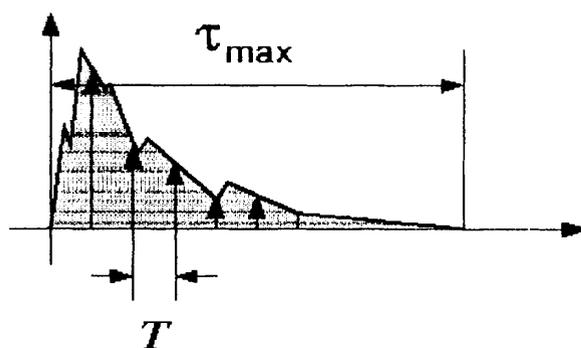


Fig.1.32.- Respuesta al impulso del CIR.

Considerando  $T$  como el intervalo de tiempo en que la información discreta se transmite, el retardo está dado por  $\tau_{\max}$ , que son los rebotes de la señal impulso, es decir el valor crítico en un canal multipaso. Por lo que, un símbolo recibido puede ser influenciado por  $\tau_{\max}/T$ , lo que anteriormente llamamos ISI.

Lo que significa que el máximo retardo está dado por un valor relacionado al intervalo de tiempo en que un símbolo es transmitido.

Conociendo esto, analicemos el caso de un sistema de una sola portadora (Fig.1.33).

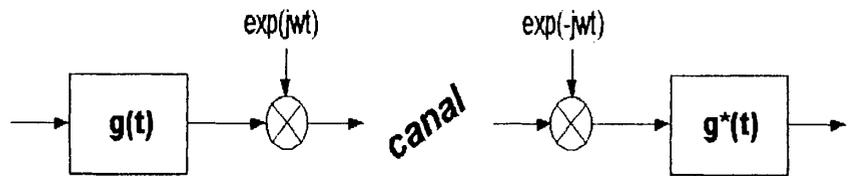


Fig.1.33. Sistema de una sola portadora

Considerando que el estándar DVB-T está caracterizado por las siguientes condiciones:

Razón de baudios:

$$D = 1/T = 7.4 \text{ M símbolos/s}$$

(Recordemos que en la razón o tasa de símbolos  $D = K/T$ ,  $K$  es el valor dimensional o el número de muestras que se toma por cada grupo de  $n$  bits (símbolos) para una señal de múltiples niveles (ver señales de múltiples niveles) en  $T$  segundos; en este caso  $K = 1$ , es decir, una muestra por cada símbolo)

Retardo de canal máximo:  $\tau_{\text{máx}} = 224 \mu\text{s}$

por lo que para un sistema de una sola portadora el ISI está dada por:

$$\tau_{\max}/T \approx 1600$$

Como vemos la interferencia inter- simbólica es bastante elevada, lo que nos dice que la tasa de símbolo debe ser lo suficientemente reducida, tal que el ancho del retardo (entre el primer y ultimo camino) sea solamente una modesta fracción del periodo del símbolo. La información que puede ser llevada por una sola portadora es entonces limitada en presencia de multipasos.

Esta es la razón porque el uso de múltiples portadoras. Si una portadora no puede llevar la tasa de información que requerimos, surge entonces la idea de dividir la alta tasa de datos en una tasa baja de  $N$  tramas paralelas cada una en su propia portadora.

De donde se emplea la mutiplexación por división de frecuencia que nos da la posibilidad de llevar varias señales simultáneamente eligiendo una frecuencia

portadora diferente para cada señal, pero transmitidas en la misma banda.

De acuerdo a lo anterior, una partición del canal es realizada tanto en el dominio del tiempo como el de la frecuencia (Fig.1.34):

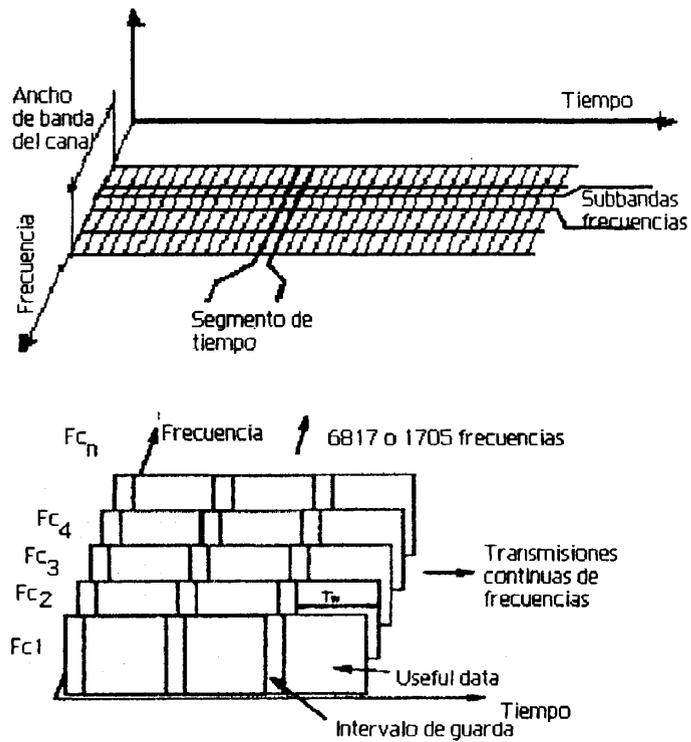


Figura1.34.- Partición del canal en tiempo y frecuencia.

- El dominio de la frecuencia es dividido en un grupo de angostas sub-bandas de frecuencias.
- El dominio del tiempo es dividido en un grupo de pequeños segmentos continuos de tiempo.

Cada partición de frecuencia / tiempo es utilizada para llevar una portadora. La figura 1.35, muestra una estructura general de un sistema de múltiples portadoras.

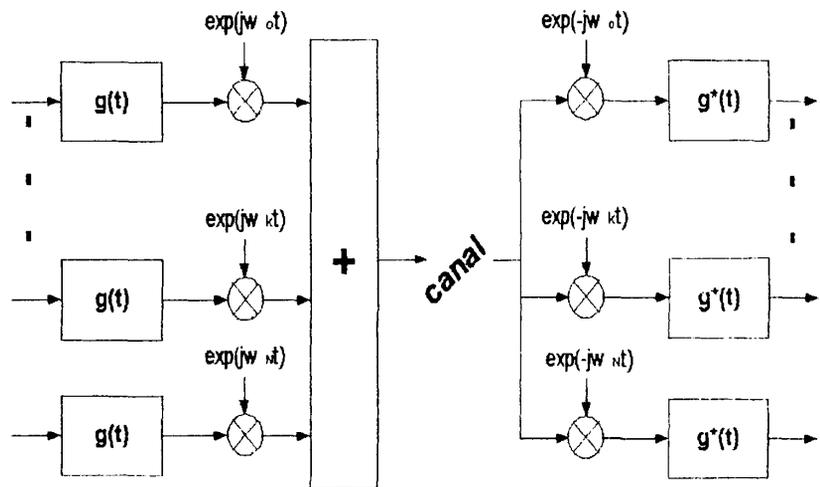


Figura 1.35.-Sistemas de múltiples portadoras

En consecuencia,  $D$  es multiplexada en  $N$  tramas de datos paralelos de tasa:

$$D_{mp} \text{ (múltiples portadoras)} = 1/T_{mp} = D/N$$

Por lo que el ISI para cada sub-sistema se reduce, de modo que si  $N = 8192$ .

$$D/N = (7.4 \text{ M símbolos /s})/8192 = 903.3 \text{ símbolos /s} = D_{mp}$$

$$D_{mp} = 1/T_{mp} \rightarrow T_{mp} = 1107 \text{ } \mu\text{s, por lo tanto}$$

$$\tau_{max}/T_{mp} = 0.2$$

Que al comparar con el valor de ISI anterior, vemos su valor; este último puede ser tolerado.

Para impedir la interferencia ínter simbólica un intervalo de guarda entre cada símbolo es insertado, lo cual se explicara mas adelante.

El uso de múltiples portadoras, hacen que existan dos modos de transmitir en DVB-T: el modo 2K, con 2048 portadoras y el modo 8K con 8192 portadoras. Durante cada periodo del segmento de tiempo del canal, las

portadoras son moduladas con datos codificados que dependen directamente del tipo de modulación usada, que pueden ser:

2 bits si se usa 4QAM, 4 bits para 16QAM y 6 bits para 64QAM. Los cuales son señales de pulsos rectangulares (Fig.1.36a), siendo su espectro una señal  $(\text{sen } x)/x$  (Fig.1.36b), y un ancho de banda nulo a nulo. (Que nos otra cosa sino,  $f_2 - f_1$ , donde  $f_2$  es el primer nulo en la envolvente del espectro de magnitud por encima de  $f_0$ , y  $f_1$  es el primer nulo en la envolvente por debajo de  $f_0$ , donde  $f_0$  es la frecuencia en donde el espectro de magnitud alcanza su valor máximo.) (Fig.1.36b)

Cada grupo de portadoras durante un segmento de tiempo es llamado símbolo OFDM.

En un símbolo OFDM, para evitar la interferencia entre portadoras (inter-carrier interferente, ICI), las sub-portadoras son espaciadas de tal modo que sean ortogonales, es decir, que cuando el espectro de una portadora se encuentre en su máximo, el espectro de la

portadora adyacente pase por cero, pudiendo lograr esto por el uso de IFFT (la cual se explicará mas adelante) para la modulación de manera que se puede escoger implícitamente el espacio entre ellas.(Fig. 1.36c).

Este espacio (  $f_d$  ) corresponde al inverso de la duración del período del símbolo “activo” o en “uso”(  $f_d=1/T_d$ ), esta selección de espacio entre portadoras se conoce como ortogonalidad.

El estándar toma como valores para el período de símbolo útil  $T_d = 224\mu s$  para el modo 2K, y  $T_d = 896\mu s$  para el modo 8K, entonces se obtiene como espacio entre portadoras  $1/ T_d = 4464$  Hz (modo 2K) y  $1/ T_d = 1116$  Hz.(modo 8K)

Así, si la n-ésima portadora (en banda base)se la describe como:

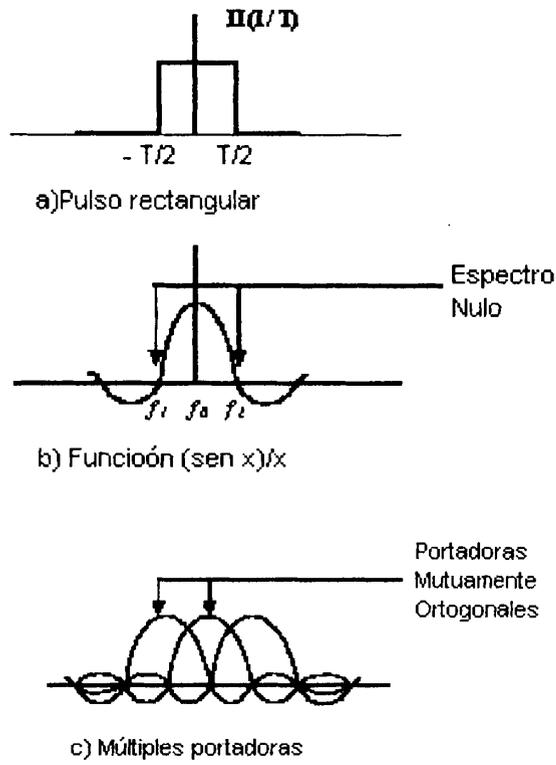


Figura 1.36.- Señales portadoras

$$\varphi_n = e^{jn\omega_d t}$$

Donde,  $\omega_d = 2\pi/T_d = 2\pi f_d$ , se dice que las funciones  $\varphi_n$  y  $\varphi_m$  son ortogonales entre si, en el intervalo  $\tau < t < \tau + T_d$

si:

$$\int_{\tau}^{\tau+T_d} \Phi_n(t) \Phi_m^*(t) dt = 0, n \neq m$$

$$= T_d, n = m$$

donde  $m = 1$  y  $\Phi_m^*(t)$  es la conjugada de  $\Phi_m(t)$ .

A continuación, se presenta la demostración del conjunto de funciones exponenciales,  $e^{jn\omega_d t}$  ortogonales.

Sustituyendo  $\Phi_n = e^{jn\omega_d t}$  y  $\Phi_m = e^{jm\omega_d t}$ , se obtiene:

$$\int_{\tau}^{\tau+T_d} \varphi_n(t)\Phi_m^*(t)dt = \int_{\tau}^{\tau+T_d} e^{jn\omega_d t} e^{-jm\omega_d t} dt = \int_{\tau}^{\tau+T_d} e^{j(n-m)\omega_d t} dt$$

Con  $n \neq m$  ésta se vuelve

$$\int_{\tau}^{\tau+T_d} e^{j(n-m)\omega_d t} dt = e^{j(n-m)\omega_d \tau} \left( \frac{e^{j(n-m)\omega_d (\tau+T_d)} - e^{j(n-m)\omega_d \tau}}{j(n-m)\omega_d} \right) = 0$$

Puesto que  $e^{j(n-m)2\pi} = \cos[2\pi(n-m)] + j \sin[2\pi(n-m)] = 1$ .

Por consiguiente, las funciones exponenciales complejas son ortogonales entre sí en el intervalo  $\tau < t < \tau + T_d$  donde  $\tau$  es cualquier constante real. El resultado cero implica que son funciones independientes o que están en desacuerdo.

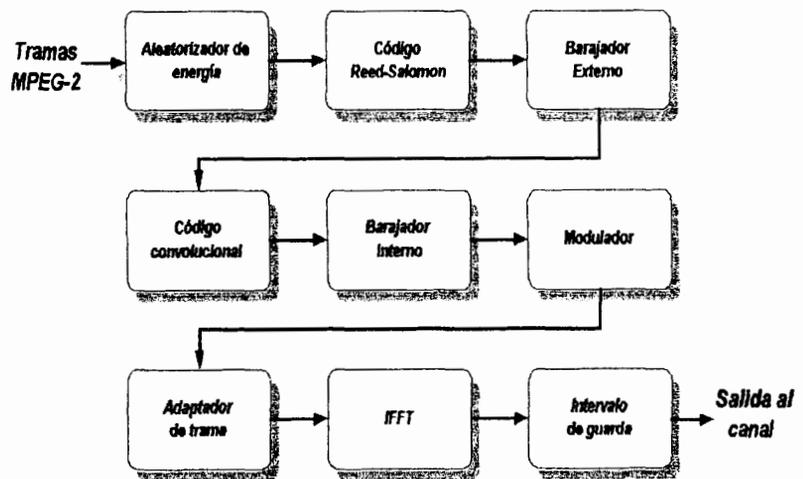
Además, si  $n = m$ , la ecuación se convierte en:

$$\int_{\tau}^{\tau+T_d} \varphi_n(t) \varphi_n^*(t) dt = \int_{\tau}^{\tau+T_d} 1 dt = T_d$$

Esto significa que cualquier portadora individual puede extraerse y la ortogonalidad permanece.

Teniendo en cuenta, los argumentos anteriormente expuestos, pasaremos a explicar paso a paso el proceso de transmisión COFDM.

El siguiente diagrama muestra un bloque de transmisión COFDM:



El bloque muestra la ubicación e interconexión entre elementos tal y como viene recogido en el estándar.

Cabe resaltar que los tres primeros elementos del diagrama son comunes a otros estándares como el satelital.

La norma restringe el tipo de datos en la entrada del transmisor a tramas MPEG-2

**Aleatorizador o dispersador de energía.  
(Randomization)**

El aleatorizador o dispersador de energía es necesario para obtener uniformidad en la transmisión de símbolos, evitando que exista una ristra de bits con secuencias que se repitan una y otra vez, lo que produciría la aparición de puntos de la constelación con mayor frecuencia, utilizando mas potencia causando interferencia a otros servicios, mientras que otras partes del espectro pueden contener bajas energía y ser susceptible a la interferencia.

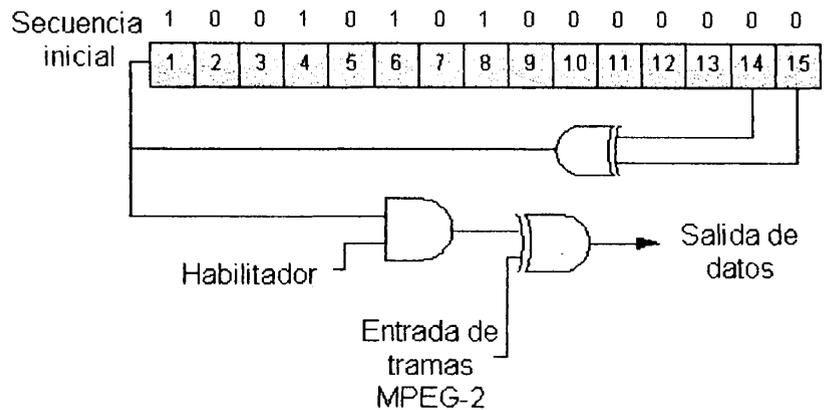


Figura 1.37.- Aleatorizador de energía.

La figura 1.37 nos muestra el hardware para obtener una secuencia binaria pseudo-aleatoria que se logra del polinomio generador  $1 + X^{14} + X^{15}$  y una secuencia inicial que se suman a la entrada de tramas de MPEG-2 con una puerta OR exclusiva. Una vez alcanzada una salida de datos es necesario conseguir robustez contra los errores para esto tenemos un bloque de corrección de errores que consiste en colocar bits extras, también llamados redundantes que permiten al decodificador desarrollar correcciones en tiempo real.

Todo este procedimiento es para alcanzar un BER mayores a  $10^{-10}$  en el receptor.

### **Código Reed Salomón (R-S coded)**

El código R-S es un tipo de código bloque y pertenece a una subclase de los códigos BCH, en la que los elementos con que se trabaja son grupos de bits, ocho en este caso.

Este código se caracteriza por añadir 16 bytes de paridad a una entrada de 188 bytes (MPEG-2), lo que produce un total de 204 bytes, con la capacidad de corregir hasta tan solo 8 bytes erróneos.

Antes, de analizar este código se precisan varias definiciones. La distancia de Hamming, entre dos portadoras de código, denotadas por  $d$ , es el número de posiciones en la cual difieren, ejemplo: La distancia entre la palabras de códigos 101011 y 011011 es de  $d = 2$ . Una palabra de código recibida se puede verificar para ver si tiene errores. Algunos de estos errores se podrían detectar y corregir si  $d \geq s + t + 1$ , donde  $s$  es el número de errores que se pueden detectar y  $t$  es el número de errores que se puede corregir ( $s \geq t$ ). Por lo tanto si  $d \geq 2t + 1$ , se puede detectar y corregir un patrón de  $t$  o unos

cuantos errores. Una palabra de código general (Fig.1.38), se expresa en la forma:

$$i_1i_2i_3\dots i_kp_1p_2p_3\dots p_c.$$

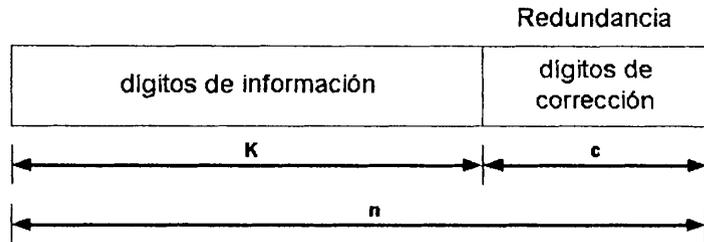


Figura 1.38.- Palabra de código general

donde  $k$  es el número de bits de información y  $c$  es el número de bits de comprobación de paridad, y  $n$  es la longitud total de la palabra de código de bloque  $(n,k)$ , donde  $n = k + c$ .

A un bloque donde los bits de información van seguidos de los bits de paridad o corrección se lo denomina sistemático.

Ya que este código no más de  $2t$  bits de paridad o de corrección, entonces  $c = n - k = 2t$ , que para este caso  $t$  es igual a 8, lo que significa que puede corregirse 8 octetos

erróneos por paquetes y la distancia mínima es de  $d = 2(8) + 1 = 17$ .

Así la salida de este bloque ante una entrada MPEG-2 se muestra en la figura 1.39:

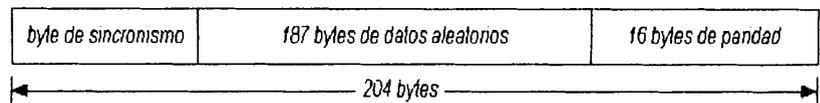


Figura 1.39.- Trama saliente a entrada de MPEG-2

Desafortunadamente, la señal en un canal de transmisión es estadística, lo que significa que un solo BIT transmitido puede estar erróneo debido al ruido, pero un conjunto de bits, conocidos como "burst" pueden contener cierta cantidad de errores consecutivos, lo cual el código R-S no pueden detectarlos.

Para solucionar este problema se usa una técnica conocida como: Barajador o interleaving.

### Barajador externo ( Outer Interleaving)

El barajador externo separa los bytes adyacentes de modo que distribuye los burst erróneos, a diferentes paquetes ocasionando que se produzca un desorden, que al ser receptados esos bytes erróneos quedaran dispersos. El barajador externo consta de dos conmutadores y doce ramas (Fig.1.40). Cada rama a excepción de la primera posee registro(s) que tienen capacidad para almacenar hasta 17 bytes y utilizan el criterio FIFO que significa el primero que entra es el primero que sale.

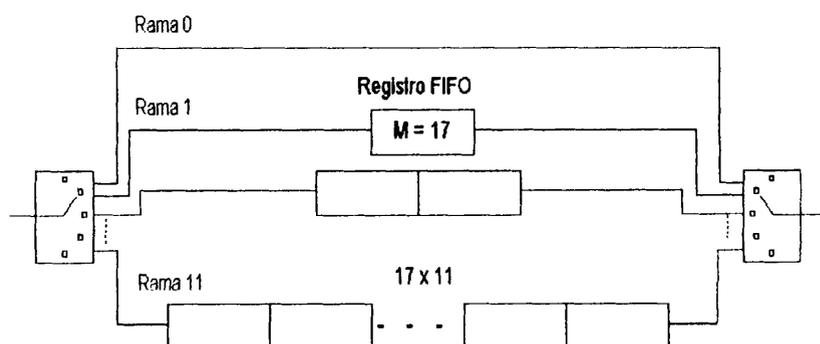


Figura 1.40.-Barajador Externo

Si numeramos las ramas desde 0 a 11, a medida que este número asciende el número de registro aumenta en uno. Además, los conmutadores están sincronizados de

manera que cuando un dato ingresa en una rama determinada en el conmutador izquierdo, el conmutador derecho también se coloca en el mismo, así recoge los datos de la misma rama.

Como en cada rama existe un número de registro, estos son los que provocan un retardo a los datos ingresados y salientes produciéndose así el objetivo de provocar desorden entre los bytes ingresados, con la excepción de la primera rama que no posee registro, utilizándose para fines de sincronización de las tramas MPEG-2.

### **Código Convolutivo**

En los códigos de convolución, los datos de información pasan a través de un registro de desplazamiento lineal con  $M$  pasos que desplazan  $k$  bits de entrada a la vez, para obtener  $n$  bits codificados a la salida del codificador. La tasa de código es, por tanto  $R = k/n$ .

Este código se forma a partir de un código base que a partir de este se generan las distintas tasas que el estándar muestra, este código base está formado por

seis registros de memoria y dos bit de salida por cada bit de entrada de donde viene la tasa de  $\frac{1}{2}$ .(Fig.1.41)

Los polinomios que generan el código son:

$$g_1(D) = 1 + D + D^2 + D^3 + D^6$$

$$g_2(D) = 1 + D^2 + D^3 + D^5 + D^6$$

Estos polinomios se pueden ver representados en la siguiente figura sin más que tener en cuenta que D indica un retardo unidad.

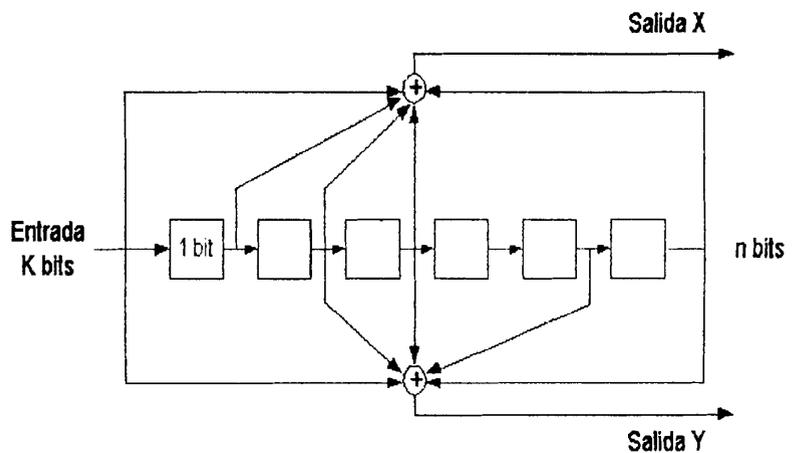


Figura 1.41.- Diagrama general del código convolucional

Para las demás tasas como  $\frac{2}{3}$  son generados a partir de un mecanismo de perforado (puncturing) en el cual

algunos de los bits del código son transmitidos de acuerdo a un esquema regular conocido a priori por el receptor por ejemplo: cuando al código  $2/4$  lo perforamos removiendo 1 bit en 4, el resultado es un código  $2/3$ .

En DVB-T las tasas de codificación son de:  $1/2$ ,  $2/3$ ,  $3/4$ ,  $5/6$ ,  $7/8$ .

### **Barajador interno (Inner Interleaver)**

Este bloque tiene como función el restringir en lo máximo la longitud de las ráfagas de errores que se podrían producir durante la transmisión y así lograr una decodificación con un mínimo o nada margen de error, considerando la longitud máxima soportada por el código corrector.

De esta manera, el barajador interno trabaja a nivel de bits y a nivel de grupos de bits llamados símbolos, es decir posee dos barajadores. La figura 1.42, muestra un diagrama de bloques del barajador interno.

El barajador de bits consigue que los grupos de bits que dan lugar a un símbolo no estén formados por bits consecutivos de la entrada. Esto se consigue barajando los bits siguiendo un patrón fijo que se basa en una rotación cíclica.

El barajador de bits está formado por ramas, pero el número de ramas depende del tipo de modulación a ser usada, así para QPSK y 16QAM entonces habrá 4 ramas y seis para 64QAM.

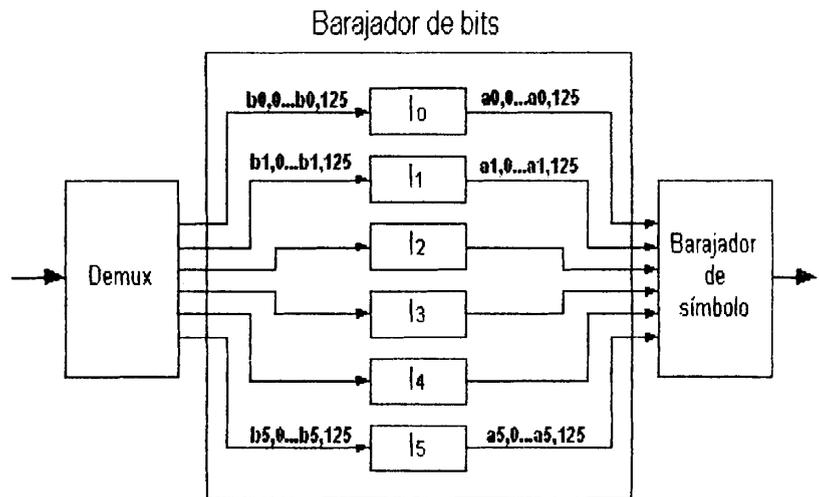


Figura 1.42.- barajador interno

Cada rama posee un registro que tiene una capacidad de almacenar 126 bits, por lo que los bits que ingresan del bloque anterior se agrupan de 126 en 126, y una vez

ingresados, en el registro se les aplica una rotación cíclica que depende de la rama con que se este trabajando. Al finalizar esta rotación se envía los bits a la entrada del barajador de símbolos.

A continuación, el barajador de símbolo agrupa a los bits según el tipo de modulación, es decir, para el caso de QPSK y 16QAM los agrupará de 4 en 4 y de 6 en 6 para 64QAM. Luego se los desordena y dependiendo del modo utilizado, la profundidad de trabajo de este barajador será de 1512 posiciones en el modo 2K o 6048 en el modo 8K; con profundidad de trabajo se quiere decir la cantidad de símbolos que se cogen cada vez para desordenar. Cabe destacar que al desordenar símbolos lo que se está consiguiendo es separar portadoras (cada símbolo modula una portadora) que estén correlacionadas entre sí de forma que ante un desvanecimiento profundo la posibilidad de que símbolos contiguos se vean afectados sea pequeña.

## Modulador

Como lo dice su nombre se encarga de modular la información que le llega del anterior bloque, es aquí donde realmente se agrupan los bits en símbolos, ya que es en este donde se selecciona la modulación que puede ser: QPSK, 16QAM o 64QAM.

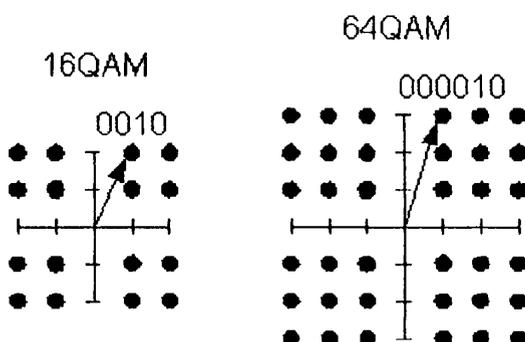


Figura 1.43.-Tipos de modulación

El tema de tipo de modulación se analiza con más detalle en la sección 1. Pero cabe resaltar que todas estos tipos de modulación usan el código Gray que consiste en tener una diferencia de un solo bit entre dos símbolos que estén a distancia mínima.

### **Adaptador de trama**

Una vez modulados los datos, necesita añadirseles información adicional para que el receptor pueda realizar una correcta decodificación de los datos, por lo que el adaptador de trama adhiere portadoras como señales piloto con propósitos de sincronización y TPS (Transmission Parameter Signalling) es decir, señales de información del sistema que llevan los parámetros de modulación, control de información y que se modulan usando DBPSK (Differential Phase Shift Keying). Considerado las 1512 portadoras en el modo 2k (6048 portadoras en el modo 8k) cada uno de los cuales llevan los símbolos, nos da un total de portadoras de 1705 (6817 en el modo 8k), donde 193 portadoras llevarán esta información adicional en el caso de 2K y en el modo 8K ,769 portadoras.

De donde, las señales pilotos son de dos clases:

- Pilotos continuos (Cotinual Pilots):

Modulan siempre las mismas portadoras dentro del símbolo COFDM, ocupan 45 portadoras en el modo 2k y 177 en el modo 8k; son transmitidas con una mayor potencia; son usadas para estimar las características del canal y además hacer correcciones.

- Pilotos dispersos (Scattered pilots),(Fig.1.44):

Localizadas como un modelo predefinido tales que hay un número igual de portadoras por símbolo, 131 portadoras en el modo 2K y 524 en el modo 8k, son transmitidas con una mayor potencia, usados en conjunto con pilotos continuos para estimar el canal de distorsión.

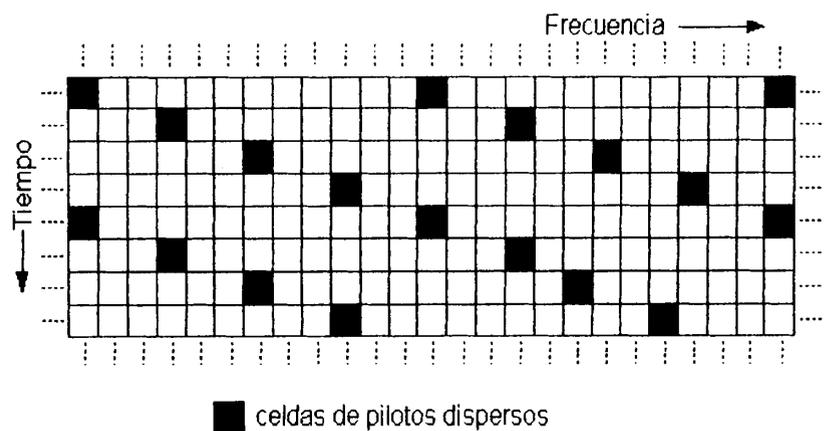


Figura 1.44.- Adaptador de trama

Y, las señales de información del sistema (TPS) llevan la siguiente información:

Tipo de modulación usada.

Información jerárquica.

Intervalo de guarda.

Tasa de código interno (Inner code rates).

Modo de transmisión (2k o 8k).

Número de tramas (frame) dentro de una supertrama (superframe) que van de 0 a 3.

La estructura de trama que se va a transmitir es la siguiente: Un grupo de sub-portadoras  $N$ , donde  $N_{\text{máx}}$  puede ser 1705 (modo 2K), o 6817 (modo 8K) llevan cada una un símbolo (número de bits, dependiendo del tipo de modulación) a esto lo que se llama símbolo OFDM. Un grupo de 68 símbolos OFDM, forman una trama OFDM (OFDM frame), y cuatro tramas OFDM forman una super trama OFDM (OFDM super frame). Esto se lo ilustra mejor en la figura 1.45:

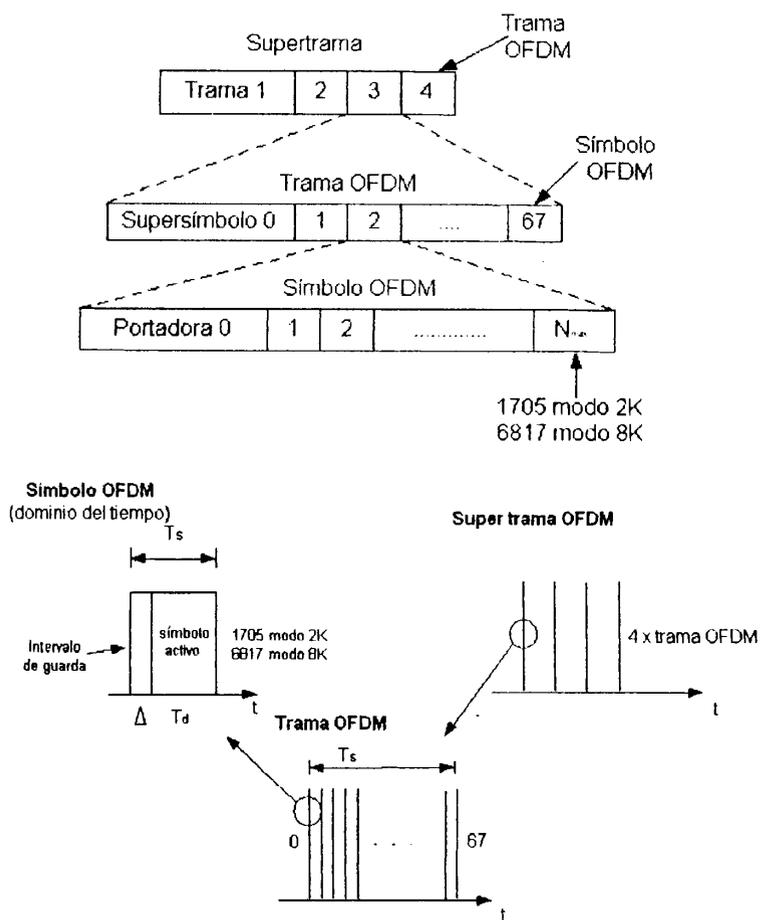


Figura 1.45.- Estructura de las tramas

### IFFT (Transformada Rápida Inversa de Fourier)

A continuación se aplica IDFT (Inverse Discrete Fourier Transform). Esta operación matemática es ampliamente usada para transformar datos del dominio de la frecuencia al dominio del tiempo. La IDFT correlaciona los datos de entrada en el dominio de la frecuencia con

sus funciones básicas ortogonales, las cuales son sinusoides. Esta correlación es equivalente a mapear la entrada de datos dentro de funciones básicas sinusoidales . En la práctica, es implementada muy eficientemente con una IFFT (Inverse Fast Fourier Transform), que es matemáticamente equivalente a IDFT.

La IFFT, toma en un tiempo  $N$  símbolos, donde  $N$  es el número de portadoras en el sistema. Cada uno de estos  $N$  símbolos, posee un período de  $T$  segundos, recordando que cada función básica para una IFFT son  $N$  sinusoides ortogonales. Cada una de estas sinusoides tiene una frecuencia diferente. La amplitud de cada símbolo determina la amplitud y la fase de la senoide para esa sub-portadora.

La salida del bloque IFFT es la suma de todas las  $N$  sinusoides.

Entonces, este bloque provee de una simple manera de modular datos, dentro de  $N$  sub-portadoras ortogonales.

Es importante saber que para que sea eficiente este algoritmo , el número N con que se va a trabajar, debe ser potencia de dos, por lo que en el modo 2K se trabaja con 2048, y el modo 8K trabaja con 8192.

### **Intervalo de guarda**

La inmunidad al multipasos es creada por la inserción de un intervalo de guarda, ésta técnica consiste en habilitar un cierto intervalo temporal, que se añade al intervalo de tiempo necesario para la transmisión de un símbolo, es decir que es una extensión del tiempo que el símbolo está siendo transmitido.

Por ejemplo, si se habla de un intervalo de guarda de  $\frac{1}{4}$  se trata de una duración del intervalo de guarda de  $\frac{1}{4}$  de símbolo. (Fig.1.46). Con esto se evita que unos símbolo se vean afectados por otros (interferencia ínter simbólica), aunque un símbolo siempre puede ser afectado por una versión retardada de sí mismo.

En la figura 1.47, podemos apreciar lo anteriormente dicho, el símbolo  $k$  se ve afectado por la señal retardada del mismo símbolo, no obstante, el símbolo  $k$  no se ve afectado por el símbolo  $k-1$ , debido al intervalo de guarda ( $\Delta$ ). De donde podemos concluir que el periodo total del símbolo será  $T_{\text{símbolo}} = T_0 + \Delta$ , siendo  $T_0$  la parte que denominábamos como parte de símbolo útil pues en ese intervalo se concentra toda la información transmitida, y  $\Delta$  la duración del intervalo de guarda.

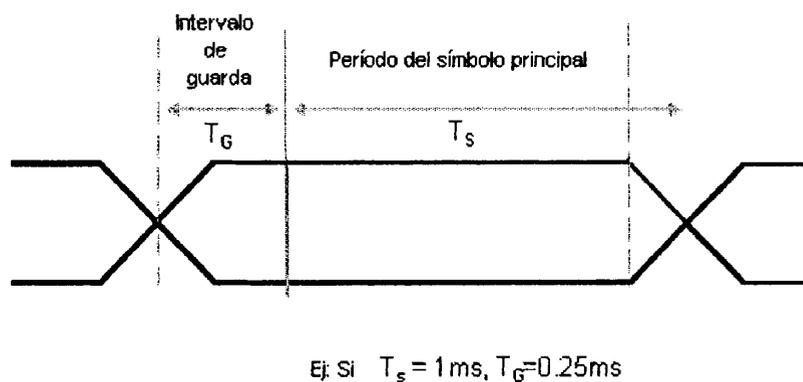


Figura 1.46.- Intervalo de guarda

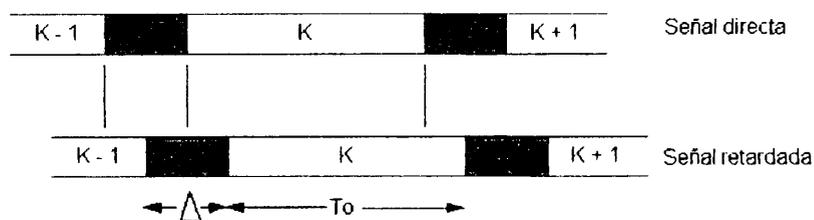


Figura 1.47.-Intervalo de guarda adherido.

La realización de este bloque se lleva a cabo mediante una extensión cíclica de la salida de la IFFT. Esta extensión cíclica no es más que la copia de un determinado número de las últimas muestras de salida de la IFFT (Fig.1.48).

La desventaja de la introducción del intervalo de guarda consiste en una reducción de la eficiencia espectral, ya que hay que transmitir muestras duplicadas que no aportan nueva información.

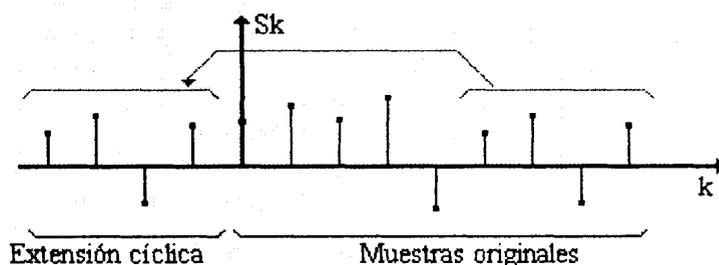


Figura 1.48.- Extensión cíclica de la salida de la IFFT

El estándar considera cuatro posibles valores para la duración de intervalo de guarda, los cuales son:  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{16}$ ,  $\frac{1}{32}$ ; estos se utilizan en ambos modos.

La tabla 7, muestra la tasa de datos usada según el tipo de modulación y tasa de código.

Modulación	Tasa de código	Intervalo de guarda			
		1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK	1/2	4,98	5,53	5,85	6,03
	2/3	6,64	7,37	7,81	8,04
	3/4	7,46	8,29	8,78	9,05
	5/6	8,29	9,22	9,76	10,05
	7/8	8,71	9,68	10,25	10,56
16-QAM	1/2	9,95	11,06	11,71	12,06
	2/3	13,27	14,75	15,61	16,09
	3/4	14,93	16,59	17,56	18,1
	5/6	16,59	18,43	19,52	20,11
	7/8	17,42	19,35	20,49	21,11
64-QAM	1/2	14,93	16,59	17,56	18,1
	2/3	19,91	22,12	23,42	24,13
	3/4	22,39	24,88	26,35	27,14
	5/6	24,88	27,65	29,27	30,16
	7/8	26,13	29,03	30,74	31,67

Tabla VII.- Intervalo de guarda según modulación y FEC

La tabla 8, presenta algunos parámetros a considerarse al escoger un intervalo de guarda, considerando que  $7us \sim 2,1km$  y  $224us \sim 67km$ .

<b>Modo</b>	<b>8K</b>				<b>2K</b>			
<b>Intervalo de guarda</b>	<b>1/4</b>	<b>1/8</b>	<b>1/16</b>	<b>1/32</b>	<b>1/4</b>	<b>1/8</b>	<b>1/16</b>	<b>1/32</b>
<b>Duración del símbolo OFDM</b>	896 $\mu$ s				224 $\mu$ s			
<b>Duración del intervalo de guarda(<math>\mu</math>s)</b>	224	112	56	28	56	28	14	7
<b>Total de duración(<math>\mu</math>s)</b>	1120	1005	952	924	280	252	238	231
<b>Tasa de transmisión máxima (QPSK)MB/s</b>	8,7	9,7	10,3	10,6	8,7	9,7	10,3	10,6
<b>Tasa de transmisión máxima ( 64 QAM )MB/s</b>	26,1	29	30,7	31,7	26,1	29	30,7	31,7

Tabla VIII.-Tabla de selección de modo e intervalo de guarda

### 1.4.3 DVB-S

El primer sistema de transmisión definido dentro de la norma DVB es el correspondiente a transmisión por satélite, especificado en la norma ETS 300 421 de 1994. Se conoce como DVB-S, y está basado en dos principales características:

La codificación de vídeo y audio, así como el múltiplex de transporte, son los definidos en el estándar MPEG-2.

El ancho de banda del transpondedor no está definido, sino que puede ser cualquiera de entre los utilizados internacionalmente. La modulación es QPSK, con doble codificación. La velocidad binaria útil disponible para el multiplex MPEG depende de dos factores: El ancho de banda del transpondedor y el nivel de protección utilizado en la codificación convolucional .

A la fecha, los esquemas de modulación QPSK, 8PSK, y 16QAM se consideran adecuados para los fines de la difusión de TV digital. Esto es de especial interés para la calidad en transmisiones de tipo contribución que manejan una compresión MPEG 2 con perfil 4:2:2 P@ML a 21.503 Mbps.

La principal diferencia entre ellos es la cantidad requerida de ancho de banda y potencia para transmisión. El otro parámetro que influye en el ancho de banda y potencia requeridos para transmisión, es la codificación. La codificación, o en este caso, la corrección "hacia adelante" de errores, agrega información al flujo de datos de modo tal que se reduce la cantidad de potencia requerida para

transmisión y mejora la reconstrucción del flujo de datos recibido en el demodulador.

Naturalmente, aumenta el ancho de banda. Existen otros parámetros que también influyen en la potencia y el ancho de banda requeridos para transmisión, tal como el factor de forma del filtro de transmisión. Es trabajo de los operadores del sistema optimizar todos estos parámetros de transmisión del enlace satelital. Además, en situaciones usuales, el material a difundir se genera o produce en distintos lugares y también se requiere se transmita a múltiples sitios.

Por todo esto, el diseñador u operador del sistema de transmisión vía satélite, debe considerar tamaños de antena, ancho de banda disponible, potencia y otras variables para hacer lo más eficiente posible la recepción y entrega de la información. Las herramientas importantes para hacer lo anterior, incluye la selección del tipo de modulación y codificación.

Las normas para la transmisión de TV digital deben considerar dos tipos de servicios: 1) Contribución.

Transmisión de programación o datos desde la fuente al centro de difusión. 2) Distribución. Transmisión de la programación o datos desde el centro de difusión a los afiliados o estaciones miembro. Existen a la fecha dos organismos que tratan de establecer normas para este tipo de difusión, la Advanced Television System Comité (USA) y la Digital Video Broadcasting-Satellite (ETSI).

El análisis de las normas de ambos organismos permitirá establecer con precisión de ventajas y desventajas de los métodos de modulación y codificación que ahí se proponen, con el fin de hacer una adecuada selección de la tecnología de transmisión vía satélite.

El siguiente diagrama (fig.1.49) muestra el diagrama de bloques funcional del sistema en transmisión.

Como se recordará, el codificador convolucional genera un código madre, de tasa  $1/2$ , formado por dos señales que se denominaban X e Y. Puesto que la modulación es QPSK, si se desea transmitir con el máximo nivel de protección, la señal X se lleva a modular la componente en fase de la

señal ( $I = X$ ) y la señal  $Y$  se lleva a modular la componente en cuadratura ( $Q = Y$ ). Si se desea un nivel de protección inferior se descartan algunos de los bits del codificador (se perfora el código) asignando a la vez algunos bits a la componente en fase  $I$  y otros a la componente en cuadratura  $Q$ .

La tasa  $2/3$  se obtiene agrupando 4 bits de las secuencias  $X$  e  $Y$  y transmitiendo solamente 6 de los 8 bits. Estos 6 se hacen corresponder con las señales  $I$  y  $Q$ :

$$I = X_1Y_2Y_3 \quad Q = Y_1X_3Y_4$$

La tasa  $3/4$  se obtiene tomando 6 bits (3  $X$  y 3  $Y$ ) y transmitiendo solo 4:

$$I = X_1Y_2 \quad Q = Y_1X_3$$

La tasa  $5/6$  se obtiene tomando 10 bits (5  $X$  y 5  $Y$ ) y transmitiendo solo 6:

$$I = X_1Y_2Y_4 \quad Q = Y_1X_3X_5$$

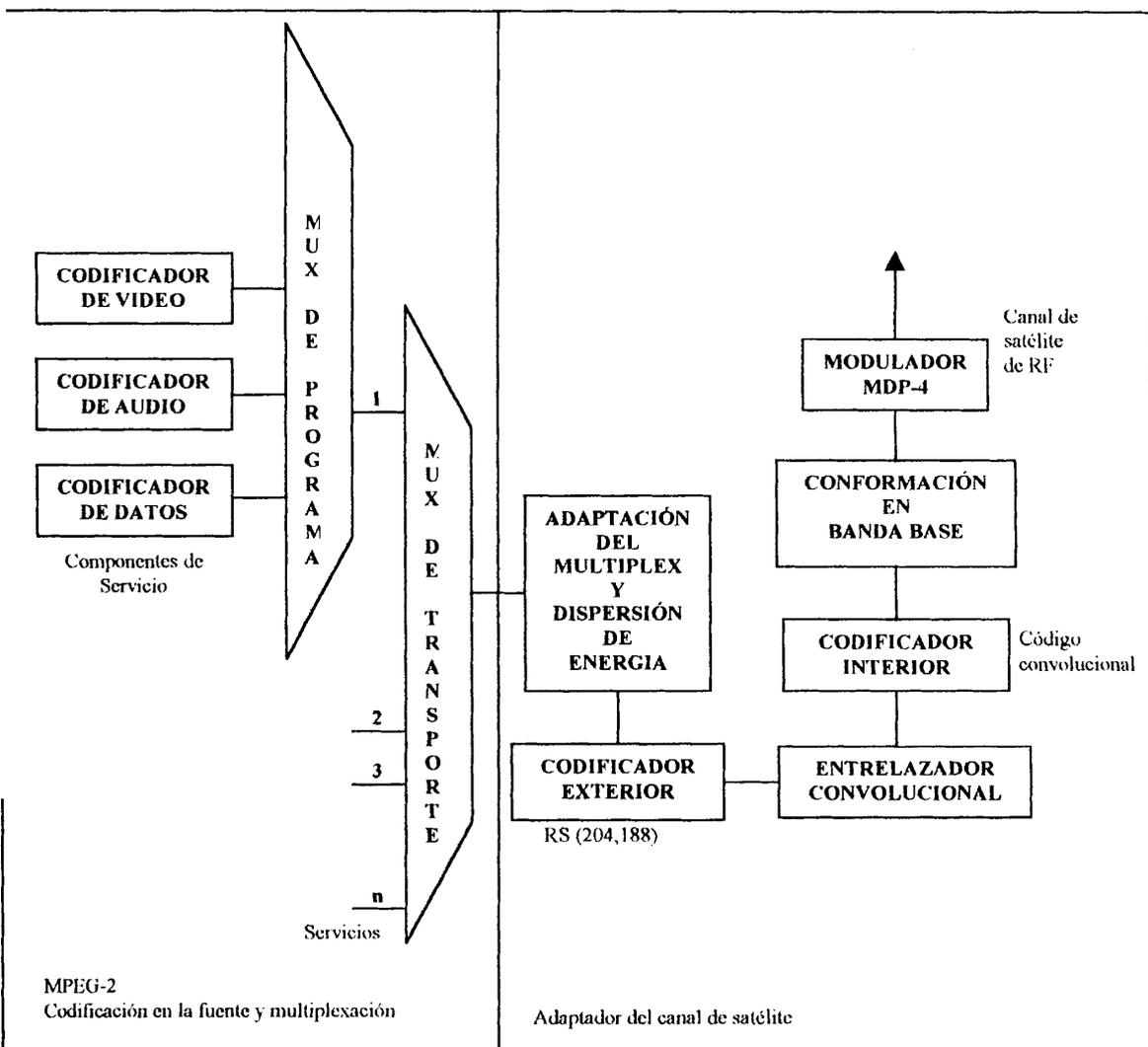


Figura 1.49 Diagrama de bloques funcional del sistema

DVB-S

La tasa 7/8 se obtiene tomando 14 bits (7 X y 7 Y) y transmitiendo solo 8:

$$I = X_1Y_2Y_4Y_6 \quad Q = Y_1Y_3X_5X_7$$

Conformación en banda base y modulación: Una vez obtenidas las señales I y Q por el proceso descrito, se les aplica un filtrado en raíz cuadrada de coseno alzado con factor de ensanchamiento espectral 0,35. Las señales así filtradas modulan directamente a la portadora. No existe codificación diferencial. El esquema de modulación se muestra en la figura 1.50.

El objetivo de calidad en los estándares DVB se centra en garantizar una transmisión QEF (Quasi Error Free) durante un elevado porcentaje de tiempo. Esto significa que se produce como máximo un error sin corregir cada hora, lo que implica una tasa de error del orden de  $10^{-10}$ . Esta tasa tan reducida puede alcanzarse gracias a la doble codificación de canal que lleva el sistema. Puesto que es difícil medir tasas de error tan bajas, es frecuente realizar la medida de errores en recepción después de decodificar el

código convolucional pero antes de aplicar el decodificador de bloques.

En este punto el umbral QEF se corresponde con una probabilidad de error de  $2 \times 10^{-4}$ . Los requisitos en cuanto a energía por bit sobre densidad espectral de ruido dependen de la tasa del codificador convolucional y se muestran en la tabla de la siguiente página. La energía por bit se refiere al régimen binario útil, antes de la codificación. La velocidad binaria se incrementa en el factor 204/188 en el codificador de bloques y en 1/FEC en el codificador convolucional, siendo FEC la tasa del código (2/3, 3/4, ...). Puesto que la modulación es QPSK, que transporta dos bits por símbolo, puede fácilmente comprobarse que la velocidad de símbolos es:

$$R_s = R_u \frac{204}{188} * \frac{1}{FEC} * \frac{1}{2}$$

En términos de relación C/N, la potencia C es la energía por bit multiplicada por la tasa binaria útil  $R_u$  (bits sin codificar).

La potencia de ruido será el producto de densidad espectral

por ancho de banda del transpondedor BW. La relación C/N necesaria puede evaluarse como:

$$\frac{C}{N} (dB) = \frac{Eb}{No} (dB) + 10 * \log \left( 2 * \frac{Rs}{BW} * \frac{188}{204} * FEC \right)$$

La relación Rs/BW depende de la distorsión que se tolere. Suele considerarse que el ancho de banda BW es 1,28 veces la velocidad de símbolo. Con este valor se obtienen los umbrales de C/N que se detallan en la siguiente tabla 9.

Tasa del código	Eb/No umbral	C/N umbral
1/2	4.5 dB	3.1 dB
2/3	5.0 dB	4.8 dB
3/4	5.5 dB	5.8 dB
5/6	6.0 dB	6.8 dB
7/8	6.4 dB	7.4 dB

Tabla IX.- Relaciones de potencia en DVB-S

A estos valores teóricos debe sumarse al menos 1 dB por degradación en los filtros y el módem. En cualquier caso, son umbrales muy inferiores a los de los sistemas analógicos, pero debe tenerse en cuenta que el efecto umbral es mucho más marcado en los sistemas digitales.

Cuando la relación C/N está por debajo del umbral la señal se deteriora muy rápidamente, impidiéndose la recepción. Por ello, parece razonable aprovechar el hecho de que los umbrales sean más bajos para aumentar algo la disponibilidad del servicio. En los sistemas analógicos el estar por debajo del umbral no supone una pérdida completa de recepción, sino un deterioro progresivo de la calidad de la imagen debido a un incremento notable del ruido.

NOTA 1 –  $R_u$  se refiere a la velocidad binaria útil tras la MUX MPEG-2.  $R_s$  (velocidad de símbolos) corresponde a la anchura de banda a  $-3$  dB de la señal modulada.

### **Corrección de Errores**

La utilización de corrección de errores para la protección de la información contra el ruido ocasionado por las largas trayectorias que debe recorrer la señal desde tierra hasta el satélite, y regresar nuevamente a la tierra y traspasar toda la cadena de electrónica estación-satélite-estación, se refleja hasta una mejora en 27 dB. Esto significa llevar un enlace

con una tasa de error de 1 cada 1000 hasta 1 en 100 millones.

La corrección de errores se basa en la transmisión de información redundante. Los sistemas más utilizados son el llamado FEC (Forward Error Correction) que se caracteriza por ser un sistema de primera instancia y que actúa directamente sobre el stream útil. El FEC utiliza bits adicionales con una palabra máxima de 8 bits siendo la mínima de dos, si utilizamos esta última estamos en presencia de FEC  $\frac{1}{2}$  que significa 1 bit de información más 1 bit de redundancia, teniendo como máxima cota 7 bits de información más uno de redundancia.

Como es conocido por todos, cuantos más bits necesito transmitir, más ancho de banda voy a necesitar, por lo cual a primera pasada no dudamos en elegir la relación FEC  $\frac{7}{8}$  (7 bits de información por 1 de redundancia).

Por ejemplo, para transmitir 14 bits necesito 16 bits totales (14 de información por 2 de redundancia) contra los 28 que necesitaría si utilizo FEC  $\frac{1}{2}$ . Esta solución -de utilizar  $\frac{7}{8}$ -

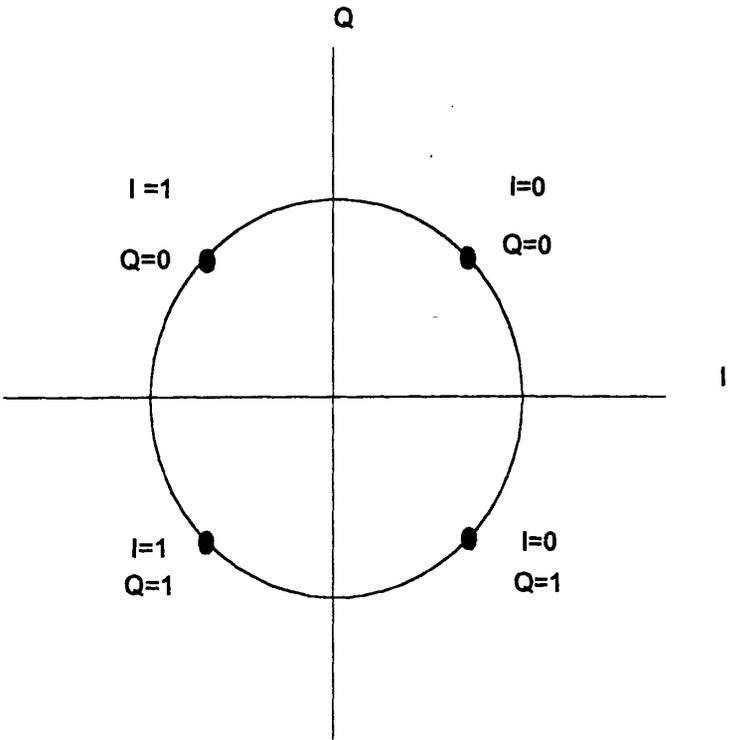
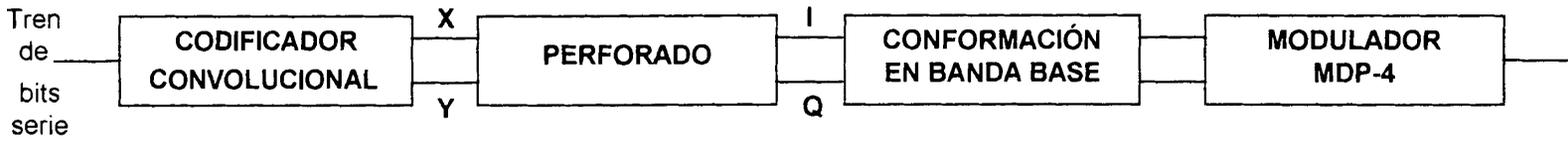


Figura 1.50.- Constelación MDP-4

será excelente, siempre y cuando mi enlace pueda obtener una relación portadora ruido aceptable. Porque cuanto menos bits redundantes utilizo, menos inmune al ruido es mi señal y para lograr una buena relación portadora ruido en enlaces satelitales, seguro se necesitarán diámetros de antena mayores.

Los valores normalizados de FEC (Convolutivo) que se utilizan en todos los sistemas actuales son  $1/2$ ,  $2/3$ ,  $3/4$ ,  $5/6$ ,  $6/7$  y  $7/8$ .

#### **1.4.4 Enlaces satelitales**

Un enlace satelital consta de dos estaciones terrenas, (una transmisora y otra receptora), y un satélite(segmento espacial).

Una estación terrena es un espacio físico diseñado de tal manera que contenga todo el equipamiento necesario para enviar y/o recibir una señal al o desde el satélite.

### **Estación Transmisora**

El proceso al cual se somete una señal digital de televisión, antes de ser transmitida es el siguiente: Modulación, Conversión de frecuencia, Amplificación de potencia, Transmisión (ver figura 1.51).

El proceso de modulación es aquel donde la señal de entrada tipo digital (tramas MPEG-2), se le añade una cantidad de bits adicionales (FEC/RS) para fines de detección y corrección de errores en la recepción; luego, el resultado de esta adición, se mezcla con una señal analógica para lograr obtener una señal generalmente modulada en fase.

Un proceso de filtrado es aplicado a esta señal con el objetivo de obtener una frecuencia intermedia, que en nuestro caso es de 70MHz.

Debido a que las bandas de transmisión satelitales están en el orden de los GHz (Banda C y Banda Ku), es necesario hacer uso de un Convertidor de frecuencia. Es decir, la señal entregada por el modulador tipo IF (MHz) es elevada

a una frecuencia RF (GHz), mediante la multiplicación con una señal portadora de alta frecuencia.

Con el objetivo de proporcionar a la señal modulada la potencia necesaria para llegar al satélite con el nivel necesario, y así, obtener la potencia requerida a la salida del satélite y con ello lograr el enlace, se utiliza un Amplificador de Potencia; del que básicamente existen tres tipos a saber: TWT(Tubos de Onda Progresiva), SSPA (Amplificadores de Estado Sólido), y los Klystron; cuya principal diferencia radica en los intervalos de potencia y las frecuencias en las que pueden operar.

Así, la energía de la señal obtenida es radiada hasta el satélite por una antena, cuya ganancia está relacionada con el diámetro, material de construcción, y tipo de reflector que se use, entre otros.

El medio principal para lograr la alta ganancia en la mayoría de las antenas, consiste en usar uno o más reflectores, cuya superficies deben tener alta precisión geométrica y ser

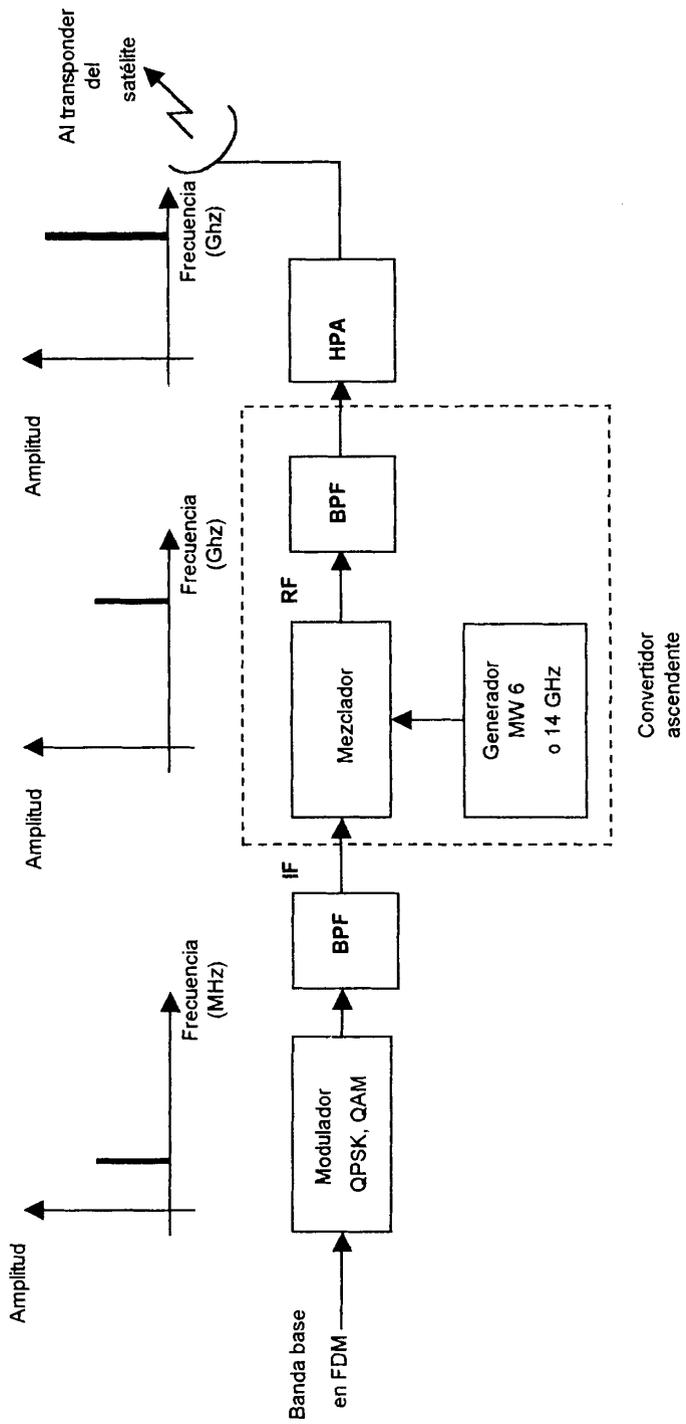


Figura 1.51.- Estación transmisora

eléctricamente conductoras para poder radiar la energía que reciben de los radiadores primarios.

El objetivo específico del uso de reflectores ya sean únicos o múltiples es convertir las ondas de frente esférico en ondas de frente casi plano que concentren la energía en una sola dirección.

Los principales tipos de antena para estación terrena con un solo reflector son las de alimentación frontal en las que su alimentador se encuentra en el centro de la parábola y la de alimentador descentrado en las que su alimentador no se encuentra en el centro de la parábola, parabólicas ambas. Las antenas más comunes que utilizan reflectores múltiples son las de diseño llamados Cassegrain, ya sean centradas o descentradas.(figura1.52)

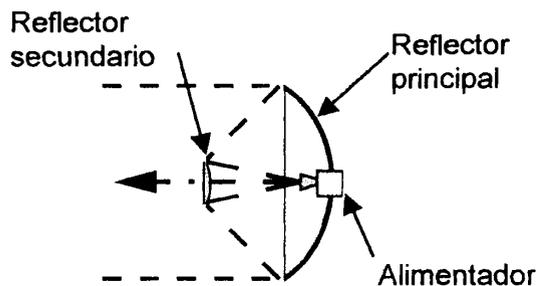


Figura 1.52.- Diagrama de una antena Cassegrain

### **Segmento Espacial**

El segmento espacial se refiere al transponder de satélite, que consta de un dispositivo (BPF) para limitar la banda de entrada con el fin de eliminar el ruido total aplicado a la entrada de un amplificador de bajo ruido de entrada (LNA). La salida del LNA alimenta a un convertidor de frecuencia que está constituido por un oscilador de desplazamiento y un BPF para poder convertir la frecuencia de subida de banda alta a una frecuencia de bajada de banda baja; lo anterior se efectúa para que no se interfieran las señales que llegan al satélite con las que salen de él, a continuación un amplificador de potencia de bajo nivel, que es comúnmente un tubo de ondas progresivas, amplifica la señal de RF para su transmisión por medio de la bajada a los receptores de la estación terrena. Cada canal de RF del satélite requiere un transponder separado.(Figura 1.53)

### **Estación Receptora**

Una vez que la señal transmitida por el satélite ha sido captada por la antena receptora, el Amplificador de bajo nivel de ruido (LNA), amplifica dicha señal de información de tal modo que no se ve afectada por el nivel de ruido

propio de la señal y del generado por el mismo amplificador (debido a su temperatura de ruido, por cuanto mientras más baja sea ésta, mejor será su comportamiento), proporcionando así una señal de información con un nivel bajo de ruido.

Algo que es de mucha importancia es la calidad de la estación receptora, es decir la Figura de mérito o  $G/T$ , que mientras mayor sea su valor, mejor será su comportamiento. Este valor está dado por la ganancia y temperatura de la antena además de la temperatura del LNA.

Una vez que la señal es amplificada, pasa por un convertidor de frecuencia en donde se disminuye la frecuencia RF a frecuencia intermedia IF (es decir 70 MHz o 140 MHz dependiendo del sistema). Una vez que la señal está en el rango de la frecuencia intermedia, se demodula mediante un módem, que se encargará de proporcionar la información en banda base y verifica la información corrigiéndose en base al algoritmo del FEC. El Módem posee un parámetro de mucha importancia como lo es

$E_b/N_0$  o relación de Energía de Bit a Densidad Espectral de Ruido.(Figura 1.54)

### **Parámetros del enlace satelital.**

Antes de exponer los cálculos a realizarse para un enlace satelital es necesario tener en cuenta las siguientes definiciones a seguir:

Energía de bit ( $E_b$ ). Matemáticamente está dada por:

$$E_b = P_t T_b$$

En donde  $E_b$  = Energía de un bit sencillo (Joules por bit)

$P_t$  = Potencia total de la portadora (Watts)

$T_b$  = Tiempo de un bit sencillo (segundos)

Siendo  $T_b = 1/f_b$  , y  $f_b$  la razón de bit por segundo.

Reemplazando tenemos:

$$E_b = P_t / f_b$$

Por tanto la  $E_b$  es energía que se utiliza para transmitir un solo bit.

### **Potencia isotrópica irradiada efectiva (PIRE).**

Un radiador isotrópico emite ondas electromagnéticas que en el espacio libre se propagan en todas las direcciones de tal manera que a cualquier distancia  $d$  de su centro fluye la potencia total generada  $P_r$ , distribuida uniformemente en toda su superficie, a través de área total  $A = 4\pi d^2$  de la esfera virtual que describe. Sin embargo, la densidad de flujo de potencia  $P_r / 4\pi d^2$ , o potencia por unidad de área, disminuye con el cuadrado de la distancia.

La fracción de la potencia total que se capta en el punto de recepción es la fracción del área de la esfera descrita por  $d$  que es interceptada por la antena receptora, o por el reflector que le permite captar mayor energía, multiplicada por un factor de eficiencia.

$$P_t = (P_r / 4\pi d^2) A_e$$

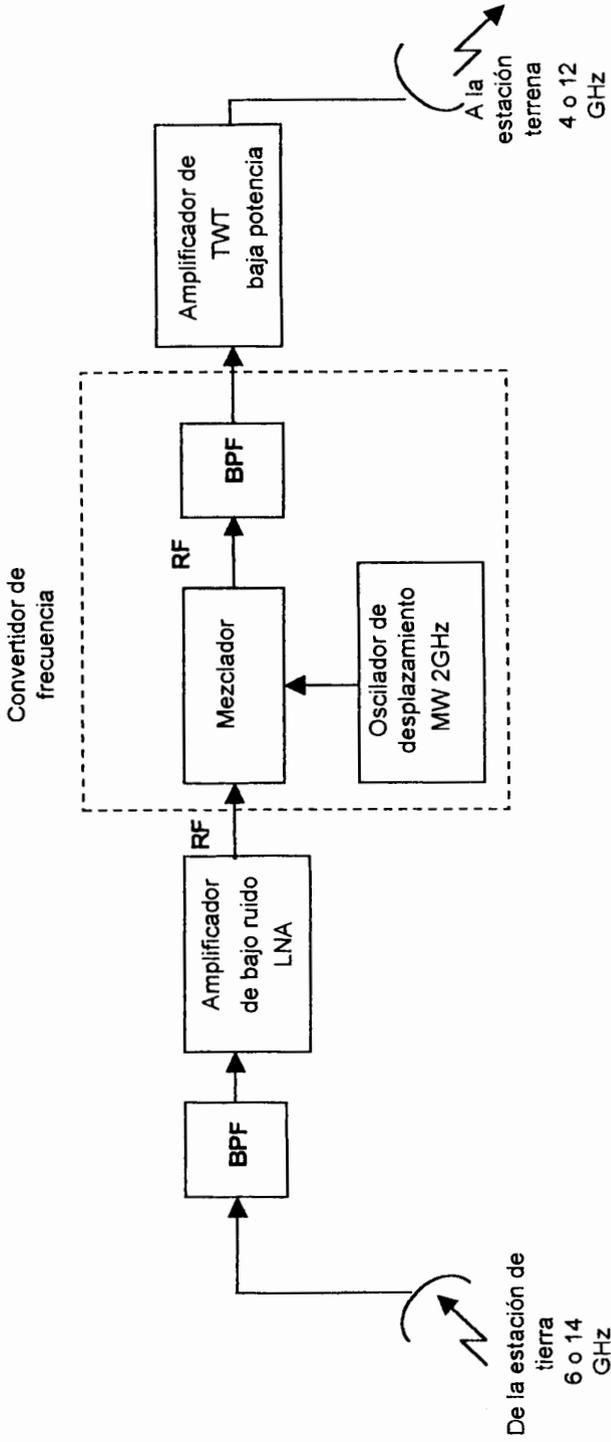
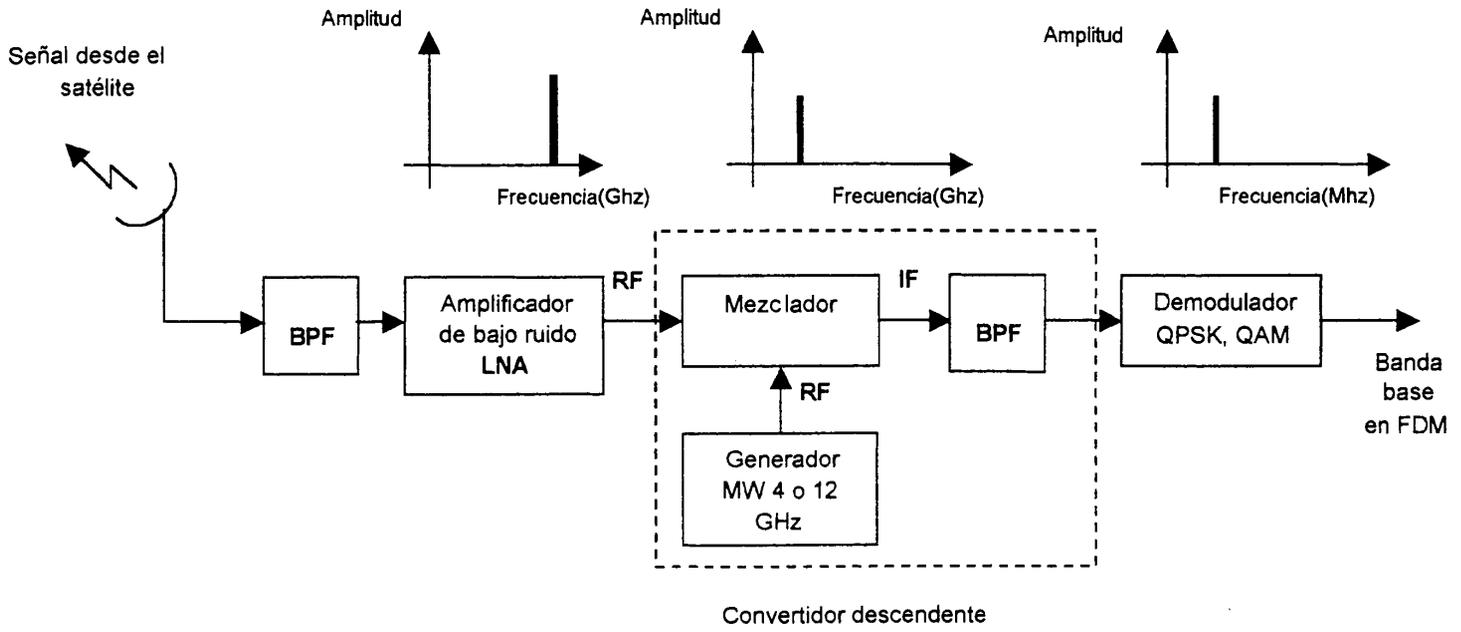


Figura 1.53.- Segmento Espacial

Figura 1.54.- Estación receptora



Donde

$A_e = A_i \eta$  área efectiva o abertura efectiva

$A_i$  = área de intercepción equifase

$\eta$  = factor de eficiencia que generalmente un valor entre 0.5 y 0.7

En muchos casos es deseable que las antenas no sean isótropas y que concentren la potencia disponible  $P_t$  alrededor de una dirección determinada, que para los satélites corresponden a la zona de servicio y para las estaciones terrenas a la ubicación del satélite, reduciéndola drásticamente en otras direcciones. Para tales antenas  $G_t$  representa la ganancia de la antena transmisora o relación entre la potencia que tendría que generar una antena isótropa y la que genera la antena en consideración, para que ambas produjeran la misma densidad de flujo de potencia en la misma dirección y distancia. Entonces la potencia en el punto de recepción está dada por:

$$P_r = P_t G_t (A_e / 4\pi d^2)$$

Por lo que el PIRE se por:

$$\text{PIRE} = P_t G_t$$

Expresada en logaritmo tenemos:

$$\text{PIRE}(\text{dbW}) = P_t (\text{dbw}) + G_t(\text{dbW})$$

Un transpondedor de un satélite puede radiar simultáneamente potencia distribuida entre diversas portadoras, pero para un enlace específico sólo interesa una de ellas, por lo que a la potencia recibida correspondiente podemos llamarla C en sustitución de Pr. También Ae puede representarse en función de la ganancia de la antena receptora por medio de la ecuación universal de antena.

$$A_e = G\lambda^2/4\pi$$

Donde G es la ganancia de la antena y  $\lambda$  es la longitud de onda a la frecuencia central de la portadora considerada. Por tanto, la potencia recibida en un enlace puede representarse en función de los parámetros de potencia

transmitida, ganancia de las antenas transmisora y receptora y distancia entre transmisor y receptor como:

$$C = [PIRE/4\pi d^2] [G_r \lambda^2/4\pi]$$

Considerando como las pérdidas por espacio libre a

$$L_{sp} = (4\pi d / \lambda)^2$$

Tenemos

$$C = (PIRE/L_{sp})G_r$$

Si

$$P_t(\text{dB}) = P_{rt}(\text{dBW}) - L_{bo}(\text{dB}) - L_{misc}(\text{dB})$$

Resultando:

$$PIRE(\text{dB}) = P_{rt}(\text{dBW}) - L_{bo}(\text{dB}) - L_{misc}(\text{dB}) + G_t(\text{dB})$$

En donde:

$P_{rt}$  = Potencia de salida real del transmisor (dBW)

$G_t$  = Ganancia transmisora de la antena (dB)

$L_{bo}$  = Pérdidas por respaldo de HPA (dB)

$L_{bf} = \text{Pérdidas del alimentador (dB)}$

### **Potencia total de ruido (N)**

La potencia de ruido térmico generado en una resistencia debido a las fluctuaciones de corriente está expresada matemáticamente como:

$$N = KTB$$

Donde

N = Potencia de ruido (watts)

K = Constante de Boltzman (  $1.38054 \times 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$ )

B = ancho de banda (Hertz)

T = temperatura ambiente ( $^\circ\text{K}$ )

El ruido proveniente del espacio introducido por una antena a un receptor puede considerarse equivalente al originado a una resistencia a una temperatura T tal que produzca la misma potencia.

### **Densidad de ruido $N_0$**

Es la potencia de ruido presente en un ancho de banda de 1 hertz.

Matemáticamente la densidad de ruido es:

$$N_0 = N / B \text{ ó } K T_e$$

En donde :

$N_0$  = Densidad de ruido (wattios/hertz)

$N$  = Potencia de ruido total(wattios)

$B$  = Ancho de banda (hertz)

$K$  = Constante de Boltzman (  $1.38054 \times 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$ )

$T_e$  = Temperatura de ruido equivalente ( $^\circ \text{K}$ )

Relación de densidad de portadora ruido (C/N<sub>0</sub>)

Es la potencia de señal en comparación con la densidad de ruido. Matemáticamente,

$$C/N_0 = C/K T_e$$

**Relación portadora a ruido (C/N)**

Describe la diferencia existente entre la potencia de la señal que se recibe y la potencia de ruido existente en el sistema, y es utilizada como el indicador de la calidad de comunicación en el sistema de microondas vía satélite.

$$C/N = C / KTB$$

Relación de la densidad de energía de bit a ruido ( $E_b / N_0$ )

Es una relación que permite comparar los sistemas digitales que utilizan diferentes tasas de transmisión, esquemas de modulación o técnicas de codificación.

Como  $E_b = C/f_b$  y  $N_0 = N/B$ , entonces :

$$E_b / N_0 = CB/Nf_b$$

$$E_b / N_0(\text{db}) = C/N(\text{db}) + B/f_b(\text{db})$$

### **Figura de Mérito ( $G/T_e$ )**

La relación  $G/T_e$  es la relación de la ganancia de la antena de recepción a la temperatura de ruido equivalente del receptor de un satélite o una estación terrena. En los sistemas satelitales la potencia de la portadora de recepción es muy pequeña por lo que es necesario amplificar el nivel de la señal a través de un LNA (amplificador de bajo ruido) por lo tanto debe considerarse la ganancia aportada por el LNA.

$$G/T_e = (G_r + G(\text{LNA}))/T_e$$

### **Temperatura de Ruido Equivalente**

Es la temperatura de ruido aparente que refleja todo el conjunto de temperaturas de ruido del sistema en un solo punto, el punto de referencia para determinar la temperatura de ruido del conjunto de elementos es usualmente las terminales de la antena, o alternativamente la entrada del amplificador conectado a ella en la cadena de recepción de una estación terrena o de un transponder del satélite, puesto que en el recorrido de una señal hasta cualquier punto en una estación terrena hay ruido adicional o pérdidas introducidas por cada elemento.

$$T_e = T_{\text{ant}} + T_{\text{LNA}} + \dots + T_{\text{otros}}$$

### **Ancho De Banda**

Está dado por:

$$BW = V \cdot (1 + \text{ROLL OFF})(RS) / (n \cdot \text{FEC}) \quad (\text{Hz})$$

V = Velocidad de información

FEC = Factor debido al código de corrección de errores por adelantado

$n$  = número de bits por símbolo, su valor depende de la modulación empleada.

Si la modulación es QPSK  $n = 2$

Si la modulación es 16QAM  $n = 4$

Si la modulación es 64QAM  $n = 6$

ROLL OFF = Factor de ensanchamiento del espectro  
(característica de los módem)

RS = valor correspondiente al código Reed Salomón

### Ecuaciones De Enlace

$$C = (PIRE/L_{sp})G_r$$

$$PIRE = P_{rt} - L_{bo} - L_{misc} + G_t$$

$$C = (P_{rt} G_t G_r) / (L_{bo} L_{misc} L_{sp})$$

Aplicando logaritmo ( $10\log X$ ):

$$C = P_{rt} - L_{bo} - L_{misc} + G_t - L_{sp} + G_r$$

Si dividimos para  $N_o = KT_e$  obtenemos:

### Ecuación de subida

$$C/N_o = \underbrace{P_{rt} + G_t}_{\substack{\text{PIRE} \\ \text{estación} \\ \text{terrena}}} + \underbrace{10\log(G_r/T_e)}_{\substack{G/T_e \\ \text{Satélite}}} - L_{bo} - L_{misc} - L_{sp} - \underbrace{10\log K}_{\substack{\text{Constante} \\ \text{de} \\ \text{Boltzman}}}$$

### Ecuación de Bajada

$$C/N_o = \underbrace{P_{rt} + G_t}_{\substack{\text{PIRE} \\ \text{satélite}}} + \underbrace{10\log(G_r/T_e)}_{\substack{G/T_e \\ \text{Estación} \\ \text{terrena}}} - L_{bo} - L_{misc} - L_{sp} - \underbrace{10\log K}_{\substack{\text{Constante} \\ \text{de} \\ \text{Boltzman}}}$$

### Evaluación del enlace

En lo que respecta al enlace de subida evaluamos la relación C/N que constituye la calidad del enlace en la comunicación entre la estación transmisora y el satélite como receptor tomando en cuenta las diferentes interferencias que pueden presentarse en el camino, las

cuales degradan el comportamiento del enlace, si mayor es el valor de la potencia de la portadora respecto al ruido (C/N) es el mejor el desempeño del satélite y del enlace en sí.

#### **1.4.5. Enlaces microondas**

En los sistemas de línea de vista las ondas de radio viajan en línea recta y se limitan en el horizonte a causa de la curvatura de la tierra y se curvan o difractan más allá del horizonte óptico, distancia llamada horizonte de radio, el cual limita la visión más allá de un cierto punto.

La distancia al horizonte de radio varía con el índice de refracción y depende de la altura de las antenas, el cual puede extenderse elevándolas. Algunos diseñadores generalizan y dicen que este es  $4/3$  de la distancia al horizonte óptico; sin embargo, tal consideración pueden ser optimista cuando se usan ciertas circunstancias.

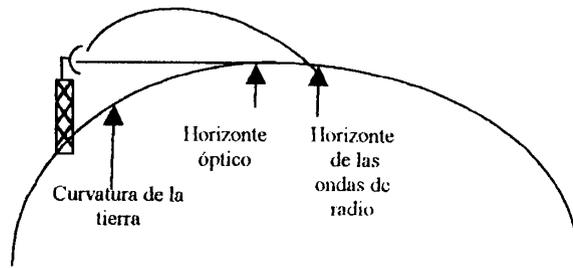


Figura 1.55.- Horizonte óptico

En la figura 1.55 se ilustra el concepto de horizonte óptico y de radio. En trayectorias de radio con varias millas de largo las microondas pueden sufrir desvanecimiento; entre más larga la trayectoria hay más posibilidades de que suceda éste.

El desvanecimiento es la variación del nivel de una señal de radio con el tiempo. En los sistemas de línea de vista las causas del desvanecimiento son los cambios atmosféricos, las reflexiones en la tierra y el agua en la trayectoria de propagación. Las bandas que se usan más frecuentemente con microondas en línea de vista son de 2 GHz, 4 GHz, 6GHz y 7GHz.

## Características de Trayectoria

Las trayectorias de propagación normales entre dos antenas, en un sistema de radio microondas, se muestra en la figura 1.56.

La trayectoria de espacio libre es la trayectoria de la línea de vista directa entre las antenas transmisora y receptora.

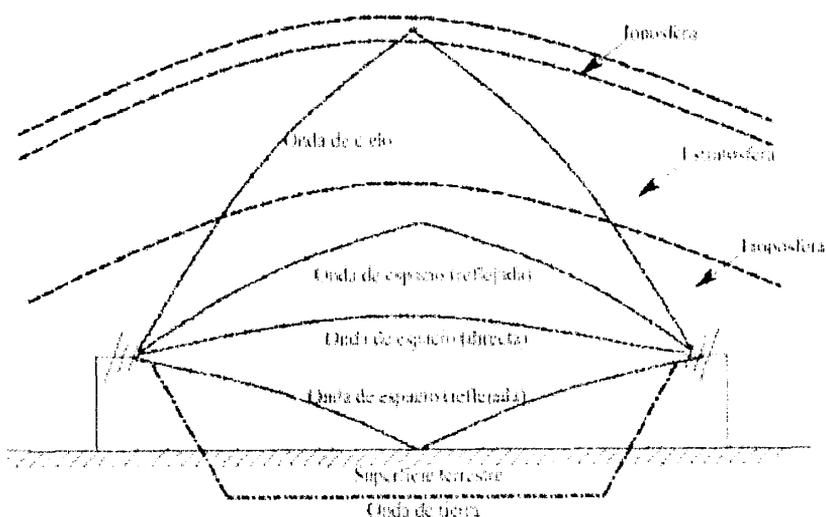


Figura 1.56 Tipos de ondas según el medio en que se propagan.

La onda reflejada a tierra es la porción de la señal transmisora que se refleja de la superficie de la Tierra y es capturada por la antena receptora. La onda superficie consiste de campos eléctricos y magnéticos asociados con

las corrientes inducidas por la superficie de la Tierra. La magnitud de la onda de superficie depende de las características de la superficie de la Tierra y de la polarización electromagnética de la onda. La suma de estas tres trayectorias tomando en cuenta su amplitud y fase se llama la onda de tierra. La onda de cielo es la porción de la señal transmisora que se regresa (reflejada) a la superficie de la tierra por las capas ionizadas de la atmósfera de la Tierra.

Las trayectorias mostradas en la figura, existen en cualquier sistema de microonda pero algunas son imperceptibles en ciertos rangos de frecuencia así debajo de 1.5MHz la onda de superficie proporciona la cobertura primaria y la onda de cielo ayuda a extender esta cobertura en la noche cuando la absorción de la ionosfera está en su mínimo. En el caso de frecuencias que están arriba de 30 – 50MHz las trayectorias de espacio libre y la reflejada a Tierra generalmente son las únicas trayectorias de importancia. La onda de superficie también se puede dejar de considerar a estas frecuencias, siempre y cuando la altura de las antenas no sean muy bajas. La onda de cielo solamente es una fuente de

interferencia ocasional de larga distancia y no es una señal confiable para el propósito de comunicación de microondas.

Para conservar la comunicación efectiva debe existir una altura mínima en las torres.

Las torres deben tener la altura justa para que el haz de la onda sobrepase los obstáculos en la trayectoria. Entre los obstáculos se encuentran la orografía del terreno, como montañas, serranías, colinas y la curva de la tierra, la cual es mayor en la parte media de la trayectoria, también están los edificios, torres, silos, etc.

Estos obstáculos se consideran a lo largo de la trayectoria para graficar, lo que se conoce como perfil de terreno o trayectoria. Para la realización de los mismos se requieren de buenos mapas topográficos de la región.

En el mapa se traza una línea recta entre los puntos de cuestión. La escala vertical depende de la razón de cambio de la elevación a lo largo de la trayectoria, mientras la horizontal son las distancias considerando los obstáculos

que se encuentran en el camino, marcándolas con una letra o un número sobre la escala horizontal, luego se establece un punto directamente arriba con la altura sobre el nivel de mar.

Una vez que se establece la altitud, se deben dar varios márgenes de libramiento adicional y, si el obstáculo es un terreno con vegetación, especialmente árboles, se debe dejar margen adicional para el crecimiento.

A la altura de cada obstáculo se debe añadir la "irregularidad de la tierra", es decir la cantidad de metros que aumenta la altura en la trayectoria de un obstáculo como resultado de la curvatura de irregularidad de la tierra.

La cantidad de irregularidad de la Tierra en cualquier punto de la trayectoria se puede calcular mediante:

$$h = 0.078 d_1 d_2$$

donde  $d_1$  es la distancia desde el punto más cercano del salto hasta el obstáculo y  $d_2$  es la distancia desde el punto

lejano del salto hasta el obstáculo, esta ecuación está dada para un haz en línea recta (sin desviaciones), sin embargo la refracción atmosférica ocasiona que se desvíe aproximándose o alejándose de la tierra, a este efecto se maneja mediante la adición de un factor  $K$  de la ecuación anterior, donde

$K = \text{radio efectivo de la tierra} / \text{radio real de la tierra}$

Entonces,

$$h = 0.078 d_1 d_2 / K$$

Si  $K > 1$  el haz se desvía hacia la tierra y el horizonte de radio es mayor que el horizonte óptico; si  $K < 1$  el horizonte de radio es menor que el horizonte óptico. Normalmente  $K$  tiene un valor de  $4/3$ .

En conclusión, en la elaboración del perfil del terreno se debe añadir el valor de  $h$  a cada obstáculo.

Otro factor que se debe añadir a la altura del obstáculo es el margen para la zona de Fresnel. Este factor proviene de la teoría de ondas electromagnéticas, según el cual el frente

de onda, como el del haz tienen propiedades de expansión conforme se propagan en el espacio.

La cantidad de margen adicional que se debe dejar sobre los obstáculos para evitar los problemas del fenómeno de Fresnel (difracción) se expresa mediante las zonas de Fresnel. El radio de la primera zona de Fresnel (Fig 1.57) se calcula con:

$$R = 17.3 \sqrt{\frac{d_1 d_2}{FD}}$$

donde,

F = frecuencia en GHz

d1= distancia desde la antena de transmisión hasta el obstáculo (Km.)

d2 = distancia desde el obstáculo en la trayectoria hasta la antena de recepción (Km.)

$$D = d1 + d2 \text{ (Km)}$$

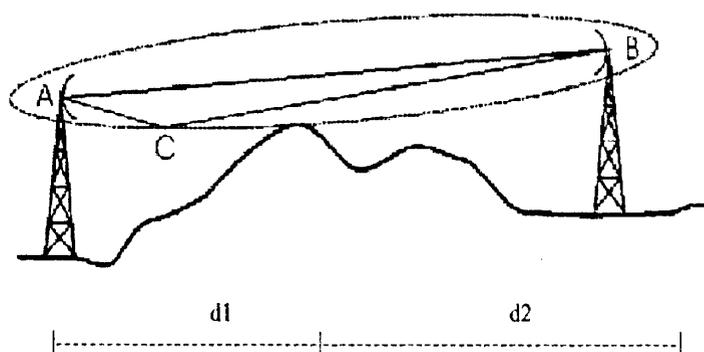


Figura 1.57.- El radio de la primera zona de Fresnel

Asimismo, el agua y otras superficies suaves provocan reflexiones indeseables lo cual influye en el ajuste de la altura de las torres. El objetivo es que estos puntos de reflexión queden en un terreno donde la energía que se refleja se divida y se disperse. Así se usa la relación de altura de torres  $h_1/h_2$ , donde  $h_1$  es siempre la torre más baja, entonces el punto de reflexión se puede mover mediante el ajuste de la relación  $h_1/h_2$ .

### Umbral del receptor

También llamado sensibilidad en el receptor, es la potencia mínima ( $C_{\min}$ ) de la portadora de banda ancha en la entrada de un receptor que proporcionará una salida de banda base que puede utilizarse. El umbral del receptor depende de la potencia del ruido, el ruido que se introduce

en el receptor y la sensibilidad al ruido del detector de banda base.

Para la selección de equipos es necesario calcular ciertos parámetros que tienen que ver con el diseño del radio enlace, una vez seleccionada la banda de frecuencia a utilizarse.

Entre los parámetros a calcularse tenemos:

### **Pérdida de trayectoria de espacio libre**

Se la define como la pérdida incurrida por una onda electromagnética conforme se propaga en línea recta en el vacío, sin ninguna absorción o reflexión de energía de los objetos cercanos. así:

$$L_{sp} = (4\pi d / \lambda)^2 = (4\pi f_d / c)^2$$

Donde,

$L_{sp}$  = pérdidas de trayectoria de espacio libre

$d$  = distancia

$f$  = frecuencia

$\lambda$  = longitud de onda

$c =$  velocidad de la luz en el espacio libre ( $3 \times 10^8$  m/s)

En dB:

$$L_{sp}(dB) = 20 \log(4\pi fd / c) = 20 \log(4\pi/c) + 20 \log f + 20 \log d$$

Si  $f$  está en GHz y  $d$  está en Km.:

$$L_{sp}(dB) = 92.4 + 20 \log f + 20 \log d$$

### **Ganancia de la antena**

A una frecuencia escogida, se puede hallar la ganancia de la antena necesaria para dicho enlace, conociendo que la ganancia de una antena parabólica está en función de su área efectiva, entonces:

$$G = 10 \log (4\pi A\eta / \lambda^2)$$

Donde,

$G =$  ganancia de la antena

$A =$  Área efectiva de la antena

$\eta$  = eficiencia de apertura

$\lambda$  = longitud de onda de la frecuencia de operación.

Por lo general las antenas que se disponen en el mercado tienen una eficiencia del 55% o más, por lo que la ganancia en dB y considerando que la frecuencia está en GHz y el diámetro en metros, sería:

$$G = 20 \log D + 20 \log f + 17.8$$

donde,

D = diámetro de la antena

f = frecuencia

### **Margen de desvanecimiento**

El margen de desvanecimiento es un factor de "acolchonamiento" que considera las características no ideales y menos predecibles de la propagación de las ondas de radio, por lo tanto se incluye como pérdida en la ecuación de ganancia del sistema.

Este margen es igual a la diferencia entre el nivel de recepción calculado y el umbral de recepción. Así,

$$F_m = C - C_{\min}$$

Donde,

$F_m$  = margen de desvanecimiento

$C$  = nivel o potencia de recepción

$C_{\min}$  = umbral de recepción

### **Potencia de recepción**

Es la potencia a la entrada del receptor ( $C$ ) sin obstrucciones y suponiendo que no existe desvanecimiento.

Por lo que :

$$C(\text{dB}) = P_t + G_t + G_r - L_{\text{sp}} - L_{\text{LT}} - L_{\text{LR}}$$

en donde,

$G_t$  = ganancia de la antena transmisora(dB)

$G_r$  = ganancia de la antena receptora(dB)

$L_{\text{sp}}$  = pérdidas por espacio libre(dB)

$L_{\text{LT}}$  = pérdidas en la línea transmisora(dB)

$L_{\text{LR}}$  = pérdidas en la línea receptora(dB)

Las pérdidas en las líneas de transmisión son por cada 100 m y se calculan mediante:

$$L_L = (\text{dB}/100\text{m}) \times (\text{longitud de la línea en metros})(\text{dB})$$

### **Tiempo fuera del aire(U)**

Es importante conocer, el tiempo que puede estar fuera del aire el enlace a realizarse, puesto que debido a factores climáticos, la rugosidad del terreno, entre otros, hacen que pueda ver segundos en que pueda fallar el enlace.

Para conocer este parámetro es necesario conocer con anterioridad, la temperatura anual promedio(T), el tipo de clima (n) que varía según el lugar, margen de desvanecimiento dispersivo(DFM), rugosidad(W).

Pero antes es importante hallar el margen de desvanecimiento compuesto (CFM), para luego encontrar el tiempo fuera del aire en el enlace total:

$$\text{CFM} = -10 \log_{10}(10^{-(F_m/10)} + 10^{-(DFM/10)}) \text{ (db)}$$

$$U = P_o (10^{-(CFM/10)})$$

$$U = P_o (10^{-(CFM/10)})(100)$$

$$P_o = (A)(C)(f/4)(D \cdot 3 \times 10^{-5})$$

$$A = (T/50)(1/12)(3) = (T/50)/4$$

$$C = n (W/50) - 13$$

$$\text{Disponibilidad del enlace} = 100 \% - U(\%)$$

De donde,

A = es el factor climático

N = tipo de clima que varía, si es seco 0.5, promedio 1 y costero caliente y húmedo es 2

Po= parámetros fijos del enlace

*Aplicación:*

Comparando la potencia de recepción calculada, con el umbral de potencia del receptor, la potencia de recepción debe ser mayor que el umbral de recepción de esta manera conocemos la calidad de nuestro enlace.

## 1.5. Iluminación e Instalaciones Eléctricas

La buena iluminación implica una atención a varios elementos, tales como la clase de recinto o local y el servicio para el cual se requiere la iluminación; la luminaria más apropiada para el servicio; el efecto del color y la reflexión de techos, paredes y pisos; la intensidad, distribución, difusión y color de la luz y el brillo intrínseco de la luminaria, así como el deslumbramiento y las sombras.

Los valores recomendados para las intensidades de iluminación deseables para una visión adecuada y fácil en las aulas y habitaciones, se presentan en el illuminating Engineering Society (IES) Lighting Handbook.

Las luminarias se clasifican generalmente como de alumbrado:

Directo.

Semidirecto.

Semiindirecto.

Indirecto.

Una amplia variedad de luminarias proporciona luz dentro de cada una de estas cuatro clases, y su elección debe basarse en factores tales como el brillo de la superficie, eficiencia y mantenimiento. El color y la reflexión de paredes, techos y pisos afectan al factor de utilización total empleado al calcular el rendimiento luminoso necesario para obtener el nivel de iluminación deseado.

La intensidad de la luz debe ser abundante para poder tener una visión clara y distinta. La distribución de la luz debe ser tal que la iluminación sobre una parte dada del local o área de trabajo sea por lo menos casi uniforme. Excepto para efectos de alumbrado especiales, el color de la luz aproximado al de la luz de día o el que tienda hacia el amarillo será en general el más satisfactorio. Las fuentes de luz se deben colocar de modo que los rayos no pasen directamente al ojo y su brillo intrínseco no se reduzca por envolventes difusoras.

Así mismo los objetos capaces de altas reflexiones especulares se deben eliminar del alcance de la visión. El deslumbramiento que es el resultado de brillo intenso en áreas concentradas dentro de la línea de visión directa, debe ser eliminado completamente.

Las sombras son necesarias para distinguir los contornos, pero tales sombras deben ser difusas y no demasiado abruptas o densas.

El conocimiento de que la luz está compuesta de fotones que viajan en todas direcciones ayuda en la comprensión de la terminología usada en el diseño de un sistema de alumbrado. La intensidad luminosa ( $I$ ) es la medida de energía luminica emitida por una fuente de luz en una dirección dada. La unidad de intensidad luminosa es la candela (bujía) (cd).

Una fuente de luz puntual uniforme que tenga una intensidad luminosa de 1 cd por definición produce una densidad de flujo lumínico de 1 lumen (lm) por **esterrradián** (sr) (lm/sr). Un esterrradián (sr) es una unidad de ángulo sólido; para una esfera completa, el ángulo sólido; para uan esfera completa, el ángulo sólido subtendido en su centro vale  $4\pi$  sr. Se determina dividiendo el área dela superficie de una esfera entre el cuadrado del radio. Por lo tanto, un ángulo sólido de 1 sr. abarcará un área de  $1 \text{ m}^2$  (o de  $1 \text{ pie}^2$ ) en una esfera que tenga un radio de  $1 \text{ m}^2$  (o de  $1 \text{ pie}$ ). Puesto que una fuente de 1 cd emite un flujo lumínico a razón de  $1 \text{ lm/sr}$ , la iluminación resultante de  $1 \text{ m}^2$  de área es

naturalmente  $1 \text{ lm/m}^2$ , o bien 1 lux (lx). Así, el flujo lumínico total producido por una fuente de 1 cd es  $4\pi \text{ lm}$ .

La **iluminación** (E) es la densidad de flujo lumínico que incide sobre una superficie, y se mide en lúmenes por metro cuadrado, o luxes (  $1 \text{ lm/pie}^2$  se llama pie.-candela (fc, del inglés foot-candle).

La intensidad luminosa es la densidad angular de flujo lumínico, en tanto que la iluminación es la densidad superficial del flujo.

La iluminación (en luxes o pie-candelas) es independiente del carácter o color de la superficie en la que incide y es diferente del brillo de una superficie. Este brillo, denominado también luminancia, si tal superficie es la de una fuente luminosa o una de reflexión, depende del carácter y el color de la superficie; así como del valor de la iluminación emitida o reflejada por ella. Una superficie de difusión perfecta que emite o refleja luz a razón de  $1 \text{ lm/m}^2$  se denomina pie-lambert). El brillo promedio de una superficie reflectora en luxes (o en pie-lamberts) es el producto del factor de reflexión de la superficie y la iluminación en luxes (o en pie-candelas) recibida en la superficie).

La eficiencia de una fuente de luz es la razón del flujo lumínico total sobre la potencia eléctrica total consumida, y se expresa en lúmenes por watt.

El coeficiente de utilización (CU) de una instalación de alumbrado en un plano dado es el flujo total recibido por dicho plano, dividido entre el flujo total proveniente de las lámparas que lo iluminan. Cuando no se especifica otra cosa, el plano de referencia es el plano de trabajo, un plano horizontal situado a 75 cm (30 pulg) desde el piso.

<b>Industrias eléctricas</b>	<b>Iluminancia (lux)</b>	<b>Clase de calidad</b>
Fabricación de cables	300	B-C
Ensamblaje de aparatos telefónicos	500	A-B
Bobinados	750	A-B
Montaje de receptores de radio y TV	1.000	A-B
Ensamblaje de componentes electrónicos y trabajos de ultraprecisión	1.500	A-B

Tabla X.- Niveles de iluminación

### **Cálculos para alumbrado**

Existen dos métodos básicos para calcular el tamaño, el número y el posible espaciamiento de unidades de alumbrado (luminarias) para producir un nivel de iluminación (en luxes o pie-candelas) en un plano o superficie dados: el método de punto por punto y el método de nivel medio. El primero, utiliza la ley del cuadrado inverso para una fuente puntual de luz. Este método es algo laborioso puesto que implica calcular la contribución de cada unidad de alumbrado de un sistema destinado a la iluminación de un área dada. Dicho método es útil en la determinación de niveles de iluminación producidos por aparatos simples o múltiples para luz concentrada y luz inundante. Una desventaja del método citado es que no suelen tomarse en cuenta las interreflexiones de las superficies del local, cuando se utiliza para determinar los niveles de iluminación para alumbrado general.

El método del nivel medio o de los lúmenes se basa en la hipótesis de que, para condiciones similares del tipo de luminaria; color y textura de paredes, techos y pisos; dimensiones de local, etc., el flujo lumínico medio en el plano de trabajo será un porcentaje definido del flujo lumínico total emitido por las fuentes de luz.

Método de punto por punto: Las relaciones básicas para éste método se deducen de la geometría del diagrama que se muestra en la figura 1.58, y de hecho de que la iluminación desde una fuente concentrada varía según el cuadrado de la distancia, cuando ésta es mayor que cinco veces la dimensión máxima de la fuente. Los términos de las ecuaciones se definen como sigue:

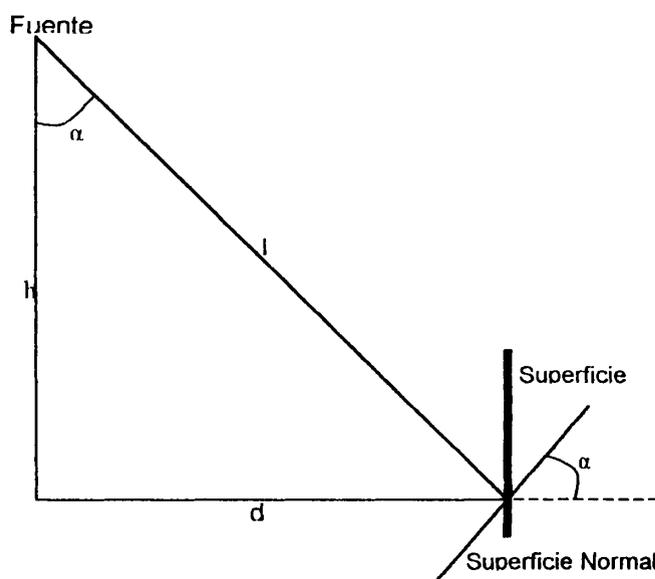


Figura 1.58 Geometría del diagrama

$I_{\alpha}$  = Intensidad luminosa (en candelas) a un ángulo  $\alpha$  respecto de la vertical, obtenida a partir de la distribución considerada.

$E_n$  = Iluminación sobre una superficie horizontal (o perpendicular)

$E_h$  = Iluminación sobre una superficie horizontal.

$E_u$  = Iluminación sobre una superficie vertical

$d$  = distancia horizontal desde la vertical que pasa por la fuente hasta el punto de interés (cómo se indica en la figura 1.58).

$h$  = distancia vertical desde el plano horizontal hasta la fuente.

$l$  = distancia directa desde la fuente hasta el punto de interés.

$\alpha$  = Ángulo que el haz luminoso forma con la vertical.

De la ley del cuadrado inverso:

$$E_n = \frac{I\alpha}{l^2} \quad \text{lx(fc)}$$

Por geometría:

$$E_n = \frac{I\alpha}{h^2 + d^2} = I\alpha \frac{\cos^2 \alpha}{h^2}$$

dado que  $l = h / \cos \alpha$  :

$$E_n = E_n \cos \alpha = \frac{I\alpha \cos \alpha}{l^2} = \frac{I\alpha \cos^3 \alpha}{h^2} = \frac{I\alpha h}{l^3}$$

Asimismo:

$$E_p = E_n \sin \alpha = I\alpha \frac{\sin^3 \alpha}{d^2} = I\alpha d / l^3$$

$E_u$  = Iluminación sobre una superficie vertical

$d$  = distancia horizontal desde la vertical que pasa por la fuente hasta el punto de interés (cómo se indica en la figura 1.58).

$h$  = distancia vertical desde el plano horizontal hasta la fuente.

$l$  = distancia directa desde la fuente hasta el punto de interés.

$\alpha$  = Ángulo que el haz luminoso forma con la vertical.

De la ley del cuadrado inverso:

$$E_n = \frac{I\alpha}{l^2} \quad \text{lx(fc)}$$

Por geometría:

$$E_n = \frac{I\alpha}{h^2 + d^2} = I\alpha \frac{\cos^2 \alpha}{h^2}$$

dado que  $l = h / \cos \alpha$  :

$$E_n = E_n \cos \alpha = \frac{I\alpha \cos \alpha}{l^2} = \frac{I\alpha \cos^3 \alpha}{h^2} = \frac{I\alpha h}{l^3}$$

Asimismo:

$$E_p = E_n \sin \alpha = I\alpha \frac{\sin^3 \alpha}{d^2} = I\alpha d / l^3$$

$E_u$  = Iluminación sobre una superficie vertical

$d$  = distancia horizontal desde la vertical que pasa por la fuente hasta el punto de interés (cómo se indica en la figura 1.58).

$h$  = distancia vertical desde el plano horizontal hasta la fuente.

$l$  = distancia directa desde la fuente hasta el punto de interés.

$\alpha$  = Ángulo que el haz luminoso forma con la vertical.

De la ley del cuadrado inverso:

$$E_n = \frac{I\alpha}{l^2} \quad \text{lx(fc)}$$

Por geometría:

$$E_n = \frac{I\alpha}{h^2 + d^2} = I\alpha \frac{\cos^2 \alpha}{h^2}$$

dado que  $l = h / \cos \alpha$  :

$$E_n = E_n \cos \alpha = \frac{I\alpha \cos \alpha}{l^2} = \frac{I\alpha \cos^3 \alpha}{h^2} = \frac{I\alpha h}{l^3}$$

Asimismo:

$$E_p = E_n \operatorname{sen} \alpha = I_\alpha \frac{\operatorname{sen}^3 \alpha}{d^2} = I_\alpha d / l^3$$

Puesto que para ciertas tareas los luxes (o pie-candelas) se conocen o se dan,  $I_\alpha$  es la variable de interés. Despejando  $I_\alpha$  cuando se conoce  $E_h$  se tiene que

$$I_\alpha = E_h \frac{h^2}{\cos^3 \alpha} = \frac{E_h l^3}{h} (cd)$$

Si se utilizan fuentes tubulares tales como las lámparas fluorescentes, entonces, para hileras largas de éstas, la iluminación varía solo inversamente con la primera potencia de la distancia, de modo que tendrían que desarrollarse ecuaciones diferentes cuando se usaran estas luminarias.

Si la fuente de luz es una superficie muy grande, como p. Ej. Un techo cubierto con aparatos fluorescentes provistos de canaletas de difusión (troffers), entonces la iluminación es constante con la distancia cuando el punto de interés está alejado de la pared.

Método del nivel medio (o de los lúmenes). El diseño de sistemas de iluminación general viene determinado por las dimensiones del local, características estructurales, características de reflexión de las paredes y techos, y altura de montaje, intensidad luminosa,

distribución y características de mantenimiento de las unidades de alumbrado. La meta básica del diseño de alumbrado general es entregar un nivel promedio específico de iluminación (en luxes o pie-candelas) a un plano de trabajo u otro plano de referencia en un local.

Sin embargo, la luz emitida por las fuentes es afectada de varios modos y reducida por la reflexión, difusión y absorción de las piezas de la unidad de alumbrado y paredes, techo, piso y objetos en el espacio local. El método del nivel medio (o de las lámparas) toma en cuenta muchas de estas variables en la determinación del nivel de iluminación promedio final.

Para estimar pérdidas de luz al calcular la iluminación media que llega a la superficie de trabajo durante la vida de la instalación, se emplean dos factores: el coeficiente de utilización (CU) y el factor de mantenimiento (FM). Dicho factor proviene de la reducción en el rendimiento luminoso de la fuente con el paso del tiempo y de la reducción debida a la acumulación de suciedad en las superficies de las unidades de alumbrado.

Puesto que los luxes (o los pie-candelas, fc) requeridos son los lúmenes incidentes divididos entre el área del plano de trabajo, la iluminación (luxes) mantenida En es:

$$E_n = \frac{I_a CU \times FM}{A(m^2)} (lx)$$

donde  $I_a$  es la intensidad inicial total de la lámpara. El coeficiente de utilización (CU) tiene en cuenta lo siguiente:

- a. Eficiencia de la unidad de alumbrado
- b. Distribución de la intensidad de la unidad de alumbrado
- c. Reflectancias del local incluyendo paredes; piso y techo
- d. Proporciones del local en función de la relación de cavidad zonal.

Las relaciones de cavidad zonal consiste en la relación de cavidad de local, la de cavidad de techo y de cavidad de piso, Las cavidades se definen como en la figura 1.59. y la relación se calcula como:

$$\text{Relación\_de\_cavidad} = \frac{5h(L+W)}{L \times W}$$

Donde L = longitud del local

W = anchura del local

H = altura o profundidad de la cavidad de techo (hcc), de local (hgc) o de piso (hfc)

Como se muestra en la figura 1.59 para la relación de cavidad particular que se calcula.

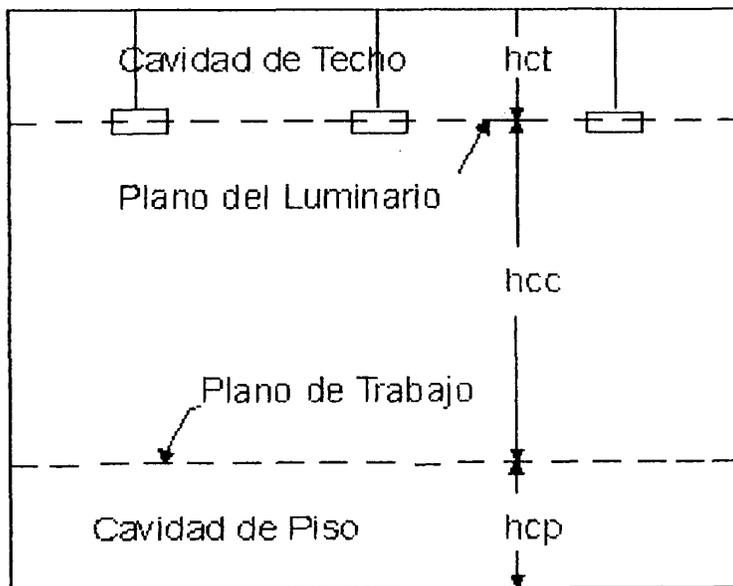


Figura 1.59.- Cavidades

En el diseño de instalaciones, un requisito usual es determinar cuantas lámparas y aparatos de alumbrado son necesarios para producir los luxes (o los pie-candelas) deseados.. Por consiguiente, los lúmenes iniciales totales de lámparas son:

$$I_a = \frac{E_n A}{CU \times FM}$$

Los valores del coeficiente de utilización (CU) para un intervalo de relaciones de local y valores de reflectancia de pared, piso y techo para cada tipo de luminaria se pueden obtener del fabricante.

Los valores típicos para algunas unidades se dan en la tabla 3 del apéndice B. Asimismo se incluyen diversos valores de factores de mantenimiento para diferentes valores de factores de mantenimiento para diferentes condiciones ambientales.

Por lo general, se proporcionan factores de espaciamiento máximo como una relación de la altura de la fuente a partir del plano de trabajo.

El factor de mantenimiento (FM) es igual al producto del factor de disminución de lúmenes (FDL) de la luminaria y el factor de deterioro por suciedad (FDS) de la unidad de alumbrado:

$$FM = FDL \times FDS$$

Los fabricantes de lámparas pueden proporcionar datos sobre la disminución de los lúmenes, pero una curva típica de lúmenes en función de la vida útil es la figura 1.60.

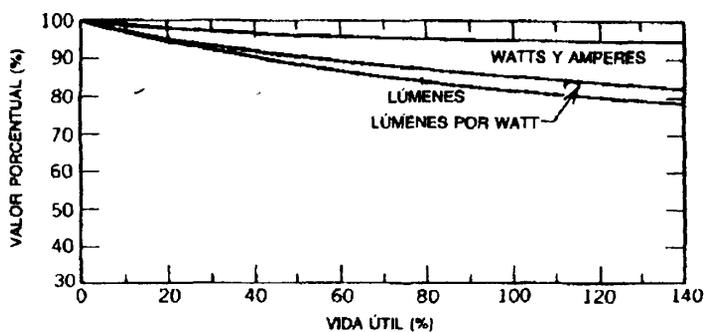


figura 1.60 una Curva de lúmenes

Los valores del factor de deterioro por suciedad FDS de unidades de alumbrado se indican en la tabla 4 del apéndice B.

## 1.6. Distribución de peso

### Momento De Fuerza. Principios De Los Momentos.

El momento de una fuerza, o de cualquier vector, con respecto a un punto en particular, esta dado por el producto de la magnitud de la fuerza por la distancia perpendicular del punto a la línea de acción de la fuerza. Esta distancia perpendicular se llama brazo del momento, por lo que la magnitud del momento de una fuerza  $F$ , con respecto a un punto  $A$  y a una distancia  $l$ , como se muestra en la figura 1.61a, está dada por la siguiente ecuación:  $M_A^F = l F$

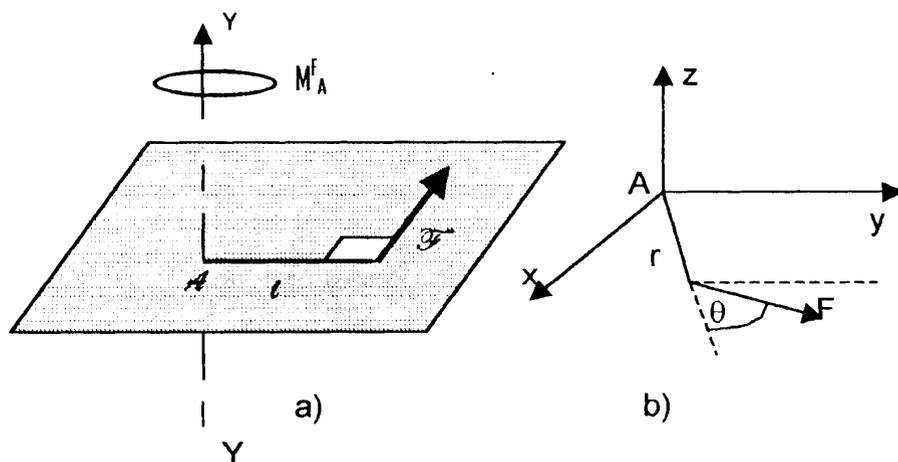


Figura 1.61.- a) Fuerza perpendicular al brazo; b) Fuerza no perpendicular al brazo

El momento de una fuerza con respecto a un punto, representa la tendencia a girar del cuerpo en el cual actúa la fuerza con respecto al eje perpendicular al plano definido por la fuerza y el brazo de momento.

Debido a que el momento es el producto de una fuerza y una distancia, las unidades de momento podrían ser: kilogramo-metro (kg-m), libra-pie (lb-pie), etc.

En el caso de que la fuerza no se encuentre perpendicular al brazo de momento, como se muestra en la figura 1.61b, entonces se puede decir que el momento de fuerza está dado por:

$$M_A^F = rF \sin \theta$$

Donde  $\theta$  es el ángulo entre  $r$  y  $F$ . El eje respecto del cual  $F$  tiende a producir la rotación es perpendicular al plano formado por  $r$  y  $F$ ., por lo tanto el momento estará en esta misma dirección.

Si se usa el principio de la mano derecha, podemos determinar y comprobar la dirección del vector resultante. Este principio consiste en colocar los cuatro dedos de la mano derecha

apuntando a lo largo de la fuerza, en este caso  $F$ , y entonces se giran un ángulo  $\theta$  hacia el otro vector, en este caso  $r$ , y la dirección del dedo pulgar levantado es la dirección del producto vectorial.

Así entonces el momento de fuerza implica dos vectores ( $r$  y  $F$ ) y se define como igual al producto del vectorial o producto cruz de  $r$  y  $F$ :

$$M_A^F = r \times F$$

Por lo tanto, el momento de una fuerza con respecto a un centro de momentos es el producto vectorial del vector de posición que va del centro de momentos a un punto cualquiera de la línea de acción de la fuerza y del vector fuerza.

Cabe recalcar que se debe considerar que en el producto vectorial el orden en que se multiplican dos vectores si es importante, por lo tanto si se cambia el orden, se debe cambiar el signo, esto es verificable usando la regla de la mano derecha.

apuntando a lo largo de la fuerza, en este caso  $F$ , y entonces se giran un ángulo  $\theta$  hacia el otro vector, en este caso  $r$ , y la dirección del dedo pulgar levantado es la dirección del producto vectorial.

Así entonces el momento de fuerza implica dos vectores ( $r$  y  $F$ ) y se define como igual al producto del vectorial o producto cruz de  $r$  y  $F$ :

$$M_A^F = r \times F$$

Por lo tanto, el momento de una fuerza con respecto a un centro de momentos es el producto vectorial del vector de posición que va del centro de momentos a un punto cualquiera de la línea de acción de la fuerza y del vector fuerza.

Cabe recalcar que se debe considerar que en el producto vectorial el orden en que se multiplican dos vectores si es importante, por lo tanto si se cambia el orden, se debe cambiar el signo, esto es verificable usando la regla de la mano derecha.

Esta definición, permite considerar el principio de transmisibilidad, lo que quiere decir que el efecto externo de una fuerza sobre un cuerpo rígido es independiente del sitio donde se aplique a lo largo de su línea de acción.

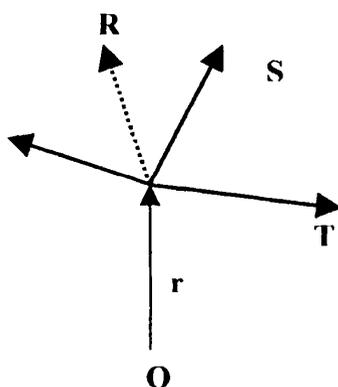


Figura 1.62.- Teorema de Varignon

El principio de momentos es un concepto muy importante y aplicable conocido como el teorema de Varignon, el cual dice que el momento de una fuerza es igual a la suma de los momentos de sus componentes. El sistema de fuerzas puede ser coplanar o espacial, pero las fuerzas deben ser concurrentes, de otra manera será imposible trazar un vector de posición común a ellas desde el centro de momentos común.

Es decir, siguiendo la figura 1.62, podemos decir:

$$R = P + S + T$$

Por lo que con respecto al punto O, los momentos de dichas fuerzas son:

$$r \times R = r \times (P + S + T) = r \times P + r \times S + r \times T$$

Resumiendo, se puede representar de la siguiente manera:

$$M^R_O = \Sigma M_O = \Sigma (r \times F); \text{ donde } F \text{ son las fuerzas concurrentes.}$$

### Pares De Fuerzas

El par de fuerzas se define como dos fuerzas iguales, paralelas y de sentidos opuestos. Si existe una distancia perpendicular entre ellas, a esta se la llama brazo de momento del par de fuerzas. (Ver figura 1.63).

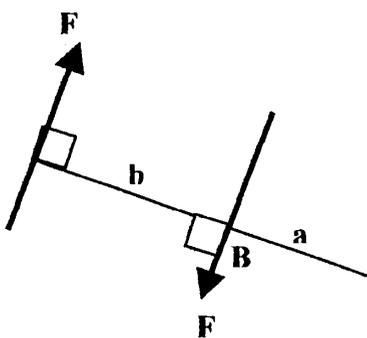


Figura 1.63.- Par de fuerzas

La suma vectorial de estas dos fuerzas es cero, pero no así la suma de sus momentos.

El efecto que produce un par de fuerzas sobre un cuerpo, es la tendencia a hacer rotar el cuerpo alrededor de un eje perpendicular al plano del par de fuerzas.

Una importante propiedad de dicho par de fuerzas consiste en que la suma de momento de sus fuerzas, es constante e independiente de cualquier centro de momentos.

Tomando como ejemplo la figura 1.63, y los centro de momentos A y B tenemos:

$$\Sigma M_A = Fb$$

$$\Sigma M_B = F(b + a) - Fa = Fb$$

La propiedad del par de fuerzas de producir un momento que es independiente del centro de momentos, no varía si :

- El par de fuerzas en un ángulo cualquiera en su plano.
- Se desplaza el par de fuerzas a otra posición en su plano.
- Si se desplaza el par de fuerzas a un plano paralelo

La suma vectorial de estas dos fuerzas es cero, pero no así la suma de sus momentos.

El efecto que produce un par de fuerzas sobre un cuerpo, es la tendencia a hacer rotar el cuerpo alrededor de un eje perpendicular al plano del par de fuerzas.

Una importante propiedad de dicho par de fuerzas consiste en que la suma de momento de sus fuerzas, es constante e independiente de cualquier centro de momentos.

Tomando como ejemplo la figura 1.63, y los centro de momentos A y B tenemos:

$$\Sigma M_A = Fb$$

$$\Sigma M_B = F(b + a) - Fa = Fb$$

La propiedad del par de fuerzas de producir un momento que es independiente del centro de momentos, no varía si :

- El par de fuerzas en un ángulo cualquiera en su plano.
- Se desplaza el par de fuerzas a otra posición en su plano.
- Si se desplaza el par de fuerzas a un plano paralelo

- Se desplaza el par de fuerzas por otro par, en su plano, sin que cambie su producto  $Fd$  (Fuerza por distancia), ni su sentido de rotación.

Solo en el caso especial de que un sistema de fuerzas este dado únicamente por pares de fuerzas, en el mismo plano o en planos paralelos, el par resultante será igual a la suma algebraica de los momentos de los pares originales, caso contrario el par resultante será la suma geométrica de los vectores de momento de los pares originales.

### **Cálculo de las cargas sobre los ejes**

Para la optimización de un vehículo y el correcto dimensionamiento de la carrocería es imprescindible hacer un cálculo de las cargas sobre los ejes. Sólo es posible concertar la carrocería con las condiciones del camión si se procede a pesar éste antes de comenzar con los trabajos de carrozado. Los pesos determinados por pesaje se incluyen en el cálculo de las cargas sobre los ejes.

El reparto de los pesos de los grupos sobre los ejes delantero y trasero, se basa en el teorema de los pares de fuerza. Todas las

cotas de distancia deben estar referidas al centro técnico del eje delantero. Para un mejor entendimiento, el peso se aplica en las fórmulas siguientes no en el sentido de fuerza de peso en (N) sino en el sentido de masas en (Kg.).

Debe observarse la escritura matemática correcta. En virtud de ello, rige el acuerdo siguiente:

Cotas:

- Todas las cotas de distancia que se hallan DELANTE del centro teórico del eje delantero reciben un signo NEGATIVO(-)
- Todas las cotas de distancia que se hallan DETRÁS del centro teórico del eje delantero reciben un signo POSITIVO (+)

Pesos:

- Todos los pesos que CARGAN el vehículo reciben un signo POSITIVO (+)
- Todos los pesos que DESCARGAN el vehículo reciben un signo NEGATIVO (-).

Así, la distribución de peso de un equipo ubicado a una cierta distancia (Ver figura 1.64), está dada por:

Peso del eje trasero:

$$l_t \cdot \Delta G_T = \Delta G \times a$$

$$\Delta G_T = (\Delta G \times a) / l_t$$

De donde,

- $\Delta G_T$  = Peso en el eje trasero
- $\Delta G$  = Peso de un equipo (Kg.)
- $a$  = Distancia del equipo desde el centro teórico del eje delantero
- $l_t$  = Distancia entre ejes teórica

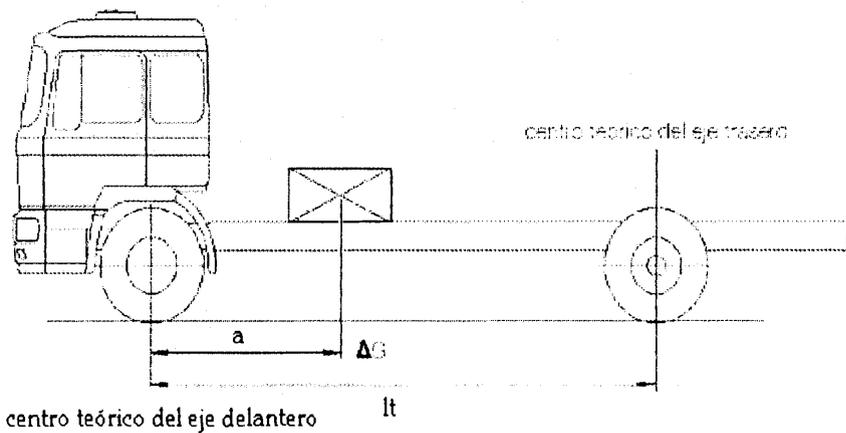


Figura 1.64.- Peso de un objeto referido al centro teórico del eje delantero

Peso del eje delantero:

$$\Delta G_d = \Delta G - \Delta G_T$$

$$\Delta G_d = \text{Peso del eje delantero}$$

Ejemplo :

Peso  $\Delta G = 120 \text{ Kg.}$

Distancia desde el centro del primer eje:  $a = 1600 \text{ mm}$

Distancia entre ejes teórica  $l_t = 4500 \text{ mm}$

Se busca la distribución de pesos sobre los ejes delantero y trasero.

Eje trasero

$$\Delta G_H = \Delta G \cdot a / l_t = 120 \cdot (1600) / 4500$$

$\Delta G_H = 43 \text{ Kg.}$ , el eje trasero es cargado.

Eje delantero:

$$\Delta G_V = \Delta G - \Delta G_H = 120 - (43)$$

$\Delta G_V = 77 \text{ Kg.}$ , el eje delantero es cargado

*Aplicación:*

Es importante realizar la distribución de los pesos, ya que esta determinará si cualquiera de los dos ejes está sobrecargado; al comparar el peso total de la carga a utilizarse en cada uno de los

ejes, con el valor máximo de soporte de los ejes, provisto por el fabricante de el vehículo a usar.

### **Movimiento Circular uniforme**

Cuando un objeto se mueve en trayectoria circular con una velocidad constante, posee una aceleración centrípeta, que es igual a:

$$a_r = \frac{v^2}{r}$$

donde  $v$  es la velocidad del objeto y  $r$  es el radio de curvatura( Fig. 1.65a).

Esto puede comprobarse al considerar la aceleración media  $\bar{a} = \Delta v / \Delta t$ . Donde la aceleración dependo del cambio de velocidad y debido a que la velocidad es un vector, la aceleración se produce por un cambio de magnitud de la velocidad o por un cambio en la dirección de la velocidad.

Para este último caso, en que la trayectoria es circular, el vector velocidad es siempre tangente en la trayectoria y perpendicular a el radio  $r$ .

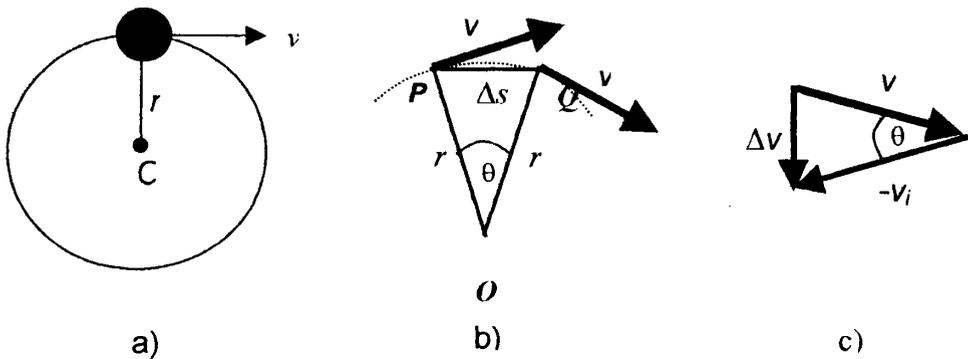


Figura 1.65 Movimiento Circular uniforme

Si el objeto está ubicado en P con un velocidad  $v_i$  en el tiempo  $t_i$  y luego se traslada a Q en un tiempo final  $t_f$  con velocidad  $v_f$  y la magnitud de  $v_i$  y  $v_f$  son iguales  $v$ , entonces  $\Delta v = v_f - v_i$ . Es decir, que  $\Delta v$  se obtiene de sumar el vector  $v_f$  con el vector  $v_i$  (Fig. 1.65c).

Si  $\Delta t$  es muy pequeño,  $\Delta s$  y  $\Delta v$  son también pequeños,  $v_f$  y  $v_i$  serán casi paralelos entre ellos y el vector  $\Delta v$  será aproximadamente perpendicular a ellos, o en este caso a punta al centro del círculo. Además si consideramos que el triángulo en la Fig.1.65 b y c son semejantes, debido a que el ángulo entre cualquiera de los dos lados es el mismo y la razón entre la longitudes de estos lados también es la misma, entonces tenemos:

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta s}{s}$$

así reemplazando en la aceleración media tenemos:

$$a = \frac{\bar{v} \Delta s}{r \Delta t}$$

Si P y Q están muy cercanos , entonces  $\Delta t$  tiende a cero, por lo que  $\Delta s/\Delta t$  se aproxima a la velocidad  $v$  , entonces:

$$a_r = \frac{v^2}{r}$$

y ésta apunta al centro debido a que  $\Delta v$  apunta al centro.

También una fuerza centrípeta actúa sobre el objeto, la cual según la segunda ley de Newton obtenemos:

$$F_r = ma_r = m \frac{v^2}{r}$$

La fuerza centrípeta que actúa sobre un vehículo que rodea una curva en una carretera plana, es la fuerza de fricción entre las llantas y el pavimento.

$$f_s = m \frac{v^2}{r}$$

Si la fuerza centrípeta se anulara, el vehículo no se movería en trayectoria circular, sino que se moverá a lo largo de la trayectoria de la línea tangente al círculo.

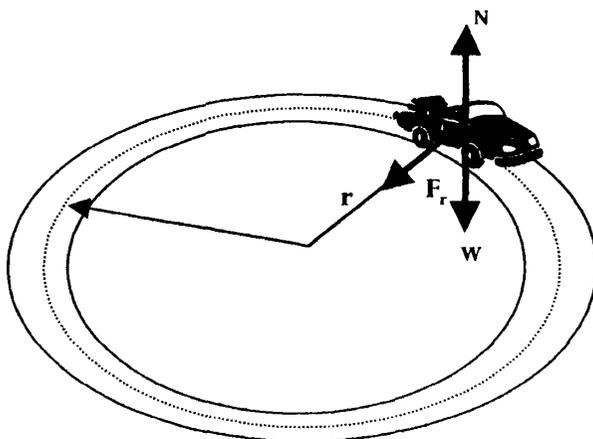


Figura 1.66.- Vehículo en trayectoria circular

La rapidez máxima, que puede tener el automóvil al rodear la curva (figura 1.66), corresponde a la rapidez a la cual está éste en el límite de patinarse hacia afuera. En este punto la fricción alcanza su máximo valor dado por:

$$f_s \text{ máx} = \mu N$$

donde  $N$  es la fuerza normal que en este caso debido a que es una carretera plana es igual al peso, es decir,

$$f_{s \text{ máx}} = \mu mg$$

Por lo que ,

$$v_{\text{máx}} = \sqrt{\frac{f_{s \text{ máx}} r}{g}}$$

En el caso de que la curva sea una carretera peraltada de ángulo  $\theta$ , la velocidad máxima en una curva peraltada en un camino, es la velocidad con la que un vehículo debe transitar para que no exista fuerza de rozamiento lateral en sus neumáticos. La figura 1.67, nos muestra el caso citado, donde:

La aceleración centrípeta está dada por  $a_r = \frac{v^2}{r}$ , donde  $v$  es la velocidad del vehículo y,  $r$  es el radio de la trayectoria circular, su peso es igual a  $mg$ .

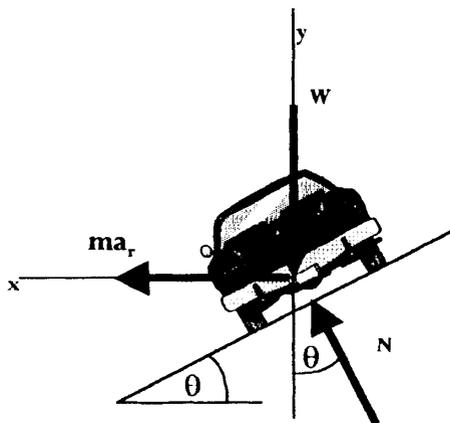


Figura 1.67.- Vehículo en trayectoria circular peraltada

Como no se debe ejercer ninguna fuerza de rozamiento lateral sobre el vehículo, la reacción  $N$  del camino se muestra perpendicular a la carretera, por lo que aplicando la segunda ley de Newton tenemos:

$$\pm \sum F_y = 0 \quad N \cos \theta - W = 0$$

$$\pm \sum F_x = ma_r$$

$$N = \frac{W}{\cos \theta}$$

y

$$N(\text{sen} \theta) = \frac{W}{g} a_r$$

Reemplazando el valor de  $N$  y  $a_r$  tenemos:

$$\frac{W}{\cos \theta} \text{sen} \theta = \frac{W}{g} \frac{v^2}{r}$$

$$v_{\text{máx}} = \sqrt{rg \tan \theta}$$

Por tanto, un vehículo al moverse con la rapidez correcta puede recorrer una curva peraltada, incluso sobre una superficie congelada, ya que no depende en absoluto del peso o de la fricción.

## 1.7. Aislamiento Térmico y Refrigeración

El universo está hecho de materia y energía, la materia se compone de átomos, los cuales están en constante movimiento, rotando alrededor de sí mismas, vibrando o chocándose entre sí, la energía generada por este tipo de movimiento es llamado Calor, por esto el calor depende de la velocidad de las partículas, su número, su tamaño y su tipo. Podemos concluir entonces que *el calor es la energía total del movimiento molecular en una sustancia.*

La temperatura es la medida de la energía molecular media, *la temperatura* nos indica si las partículas se mueven mucho o poco ya que nos indica la agitación promedio de las partículas que forman un cuerpo, por lo tanto, la temperatura no es energía sino una medida de ella.

Es el calor el que hace que una temperatura aumente o disminuya, según se aporte o se disminuya el mismo.

La Ley cero de la termodinámica nos dice que si tenemos dos cuerpos llamados A y B, con diferente temperatura uno de otro, y

los ponemos en contacto, en un tiempo determinado  $t$ , estos alcanzarán la misma temperatura, es decir, tendrán ambos la misma temperatura. Si luego un tercer cuerpo, que llamaremos C se pone en contacto con A y B, también alcanzará la misma temperatura y, por lo tanto, A, B y C tendrán la misma temperatura mientras estén en contacto. Para lograr esto, se necesita que exista la transferencia de calor.

La transferencia de calor es la energía en tránsito debido a una diferencia de temperatura, si dos cuerpos tienen diferentes temperaturas, el cuerpo a temperatura más alta cede energía al cuerpo de menor temperatura. Siempre que exista una diferencia de temperaturas en un cuerpo o entre cuerpos, debe ocurrir una transferencia de calor.

El calor se transfiere de un lugar o cuerpo a otro mediante tres procesos: *conducción, convección y radiación*.

*La conducción* del calor es el resultado de choques moleculares. Cuando se calienta el extremo de un objeto, sus moléculas se mueven cada vez más rápido, al chocar con sus vecinas, de movimiento más lento, les transfieren algo de su energía, y la

los ponemos en contacto, en un tiempo determinado  $t$ , estos alcanzarán la misma temperatura, es decir, tendrán ambos la misma temperatura. Si luego un tercer cuerpo, que llamaremos C se pone en contacto con A y B, también alcanzará la misma temperatura y, por lo tanto, A, B y C tendrán la misma temperatura mientras estén en contacto. Para lograr esto, se necesita que exista la transferencia de calor.

La transferencia de calor es la energía en tránsito debido a una diferencia de temperatura, si dos cuerpos tienen diferentes temperaturas, el cuerpo a temperatura más alta cede energía al cuerpo de menor temperatura. Siempre que exista una diferencia de temperaturas en un cuerpo o entre cuerpos, debe ocurrir una transferencia de calor.

El calor se transfiere de un lugar o cuerpo a otro mediante tres procesos: *conducción, convección y radiación*.

*La conducción* del calor es el resultado de choques moleculares. Cuando se calienta el extremo de un objeto, sus moléculas se mueven cada vez más rápido, al chocar con sus vecinas, de movimiento más lento, les transfieren algo de su energía, y la

velocidad de las vecinas aumenta también , continúan éstas transfiriendo algo de su energía a las moléculas más alejadas a lo largo del objeto hasta que la energía del objeto caliente se extiende por el objeto frío.

La conducción tiene lugar cuando dos objetos a diferentes temperaturas entran en contacto. El calor fluye desde el objeto más caliente hasta más frío, hasta que los dos objetos alcanzan a la misma temperatura

La conducción del calor sólo es posible si existe una diferencia de temperatura. Experimentalmente se ha visto que:

$$\Delta Q / \Delta t = k A (T_1 - T_2) / l , \text{ donde:}$$

$\Delta Q$ : flujo de calor

$\Delta t$ : intervalo de tiempo

A: área de la sección transversal del objeto

L: la distancia entre sus dos extremos

T1, T2: temperaturas de los dos materiales

K: es una constante de proporcionalidad de conductividad térmica

El flujo de calor o transferencia de calor por unidad de área es la velocidad con que se transfiere el calor en la dirección de mayor temperatura hacia la menor temperatura, como vemos en la figura 1.68:

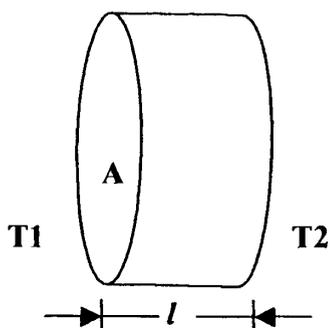


Figura 1.68 Flujo de calor

Como vemos en esta fórmula, el flujo de calor por intervalo de tiempo, es directamente proporcional al área de la sección transversal y a la expresión:  $(T_2 - T_1)/l$ , también es directamente proporcional a la constante  $k$ , por lo tanto las sustancias para las cuales  $k$  es grande, conducen el calor con rapidez y se conocen como *buenos conductores*, la mayoría de metales cumplen con esta especificación.

Las sustancias para las que  $k$  es pequeña, son malos conductores y se los conoce con el nombre de *aislantes o aisladores*.

El valor de la constante  $k$  depende del material, es una característica propia de cada material.(Tabla 11)

<b>Material</b>	<b><math>K(J/s.m.C^\circ)</math></b>
Asbesto	0.16
Madera	0.08-0.16
Corcho y lana de vidrio	0.042
Plata	420
Agua	0.56
Aire	0.023

Tabla XI.- Conductividad Térmica

Si se desea que la temperatura externa no se introduzca hacia el interior de cualquier superficie, se debe revestir aquella superficie con algún material que logre aislar ambas superficies, de esta manera se logra una independencia entre las dos superficies, en cuanto a temperatura se refiere.

### **Refrigeración**

La refrigeración, es una técnica que intenta lograr el máximo de confortabilidad en el interior de un ámbito cerrado, logrando

siempre conservar las condiciones atmosféricas interiores independientes de las que rijan en el exterior.

Refrigeración es sinónimo de enfriar, es decir producir frío haciendo descender artificialmente la temperatura ambiente de un recinto cerrado, lo que se conseguirá extrayendo calor del mismo. La producción de frío, no es otra cosa que la consecuencia de eliminar calor, y para conseguir tal efecto termodinámico, se usa un medio refrigerante que realice la conversión deseada recorriendo un ciclo completo, de manera que pueda trabajar continuamente.

### **Producción de frío**

La unidad fundamental de la producción de frío se conoce como frigoría, y es la cantidad de frío necesario para absorber o anular una caloría, se define como la cantidad de calor que tenemos que sustraer a 1 kg. de agua a 15° C de temperatura para disminuir esta temperatura en 1° C. También se puede usar las unidades Kcal y BTU.

La refrigeración mecánica se basa en la propiedad que tienen algunos cuerpos o productos al evaporarse, de absorber de los

cuerpos que lo rodean, el calor necesario para efectuar dicho fenómeno, con lo que se realiza el enfriamiento de los mismos. Estos cuerpos que tienen esta propiedad se llaman frigorígenos, siendo los más comunes: el agua, Freón 11 con un punto de ebullición de  $-25^{\circ}\text{C}$ , Freón 12 de  $-30^{\circ}\text{C}$  de ebullición y freón 22.

### **Refrigeración por Compresión**

La unidad refrigerante de un aparato acondicionador de aire, hace circular en circuito cerrado el fluido frigorígeno es decir, en el ciclo de refrigeración circula un refrigerante (para reducir o mantener la temperatura de un ambiente por debajo de la temperatura del entorno se debe extraer calor del espacio y transferirlo a otro cuerpo cuya temperatura sea inferior a la del espacio refrigerado, todo esto lo hace el refrigerante) que pasa por diversos estados o condiciones, cada uno de estos cambios se denomina procesos.

El refrigerante comienza en un estado o condición inicial, pasa por una serie de procesos según una secuencia definitiva y vuelve a su condición inicial. Esta serie de procesos se denominan " ciclo de refrigeración ". El ciclo de refrigeración simple se compone de cuatro procesos fundamentales.

El ciclo simple de refrigeración por compresión del vapor (Fig.1.69), tiene cuatro componentes: *el compresor, un condensador, un evaporador y una válvula de expansión.*

El elemento principal es el compresor, que como lo indica su nombre comprime el producto frigorífico, se aumenta la presión del gas utilizando energía mecánica.

*El condensador*, donde se condensa el vapor de alta presión, desprendiendo calor a sus proximidades.

*El evaporador*, son los elementos enfriadores que tienen por misión refrigerar el líquido frigorígeno, para volverlo a su estado anterior gaseoso, consiste en un sistema de tubos deshidratados , formando serpentines lisos o con aletas que recibe una corriente de aire.

*Válvula de expansión*, para que el líquido se expanda, pasando de la elevada presión del condensador a la baja presión del evaporador, se necesita una válvula que regula el flujo.

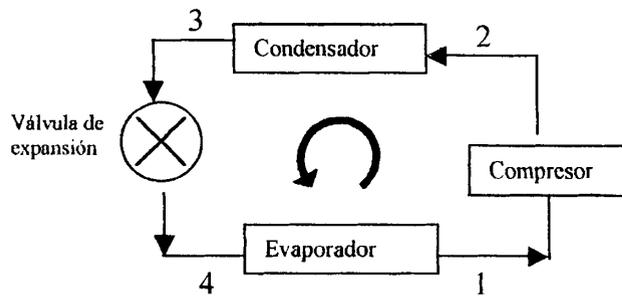


Figura 1.69 Refrigeración

### Cálculo De La Potencia Frigorífica Necesaria

En el cálculo de la potencia frigorífica necesaria para absorber el calor de un recinto intervienen numerosos factores: superficie de las paredes, el techo, temperatura exterior, orientación de la habitación, infiltraciones de aire, iluminación, ocupantes, equipos que estén e el interior, etc.

Tenemos que obtener el calor generado por cada una de las partes que se nombró anteriormente, cada una de las fórmulas usadas para esto se expresan en el capítulo de cálculos de refrigeración realizados.

# CAPÍTULO 2

## 2. DISEÑO GENERAL DEL PROYECTO

### 2.1. Aspectos básicos del diseño

Una unidad móvil de televisión digital es un vehículo diseñado y equipado para poder transmitir y/o grabar en cualquier punto remoto una señal de televisión procesada con tecnología totalmente digital.

Para el diseño de la unidad móvil se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

*Propósito de la unidad móvil:* contribución

*Utilidad en su mayor y menor parte del tiempo:* Al diseñar un sistema de producción que funciona para el 95 % de los casos, siempre podrá ser equipada para el 5% de los casos inusuales.

*Tipo de producción a realizarse:* deportivo, social, cultural o noticioso.

*Cantidad de equipos requeridos para producción:* cámaras, VTR, Switcher , Distribuidores, mixer de audio, etc.

*Cantidad de equipos requeridos para transmisión:* Encoders, moduladores, up/down converters, HPA's, antenas.

*Selección del vehículo o vehículos a utilizarse.*

*Costos:* generales, operacionales y adicionales

Estos son los aspectos básicos que se deben tomar en cuenta para la realización del diseño de una unidad móvil de televisión.

## **2.2. Requerimientos Del Proyecto**

Se nos planteó el diseño de una unidad móvil para televisión digital debidamente equipada para realizar grabación de programas o transmisión en vivo usando un enlace digital vía

microonda dentro de la ciudad con alcance calculado para 10 Km o vía satélite usando un flyaway .

La unidad móvil debe estar en capacidad de reproducir videos pregrabados y/o preproducidos, así como realizar repeticiones instantáneas, transmitir con 4 cámaras y demás equipos complementarios para la producción.

Deberá seleccionarse él o los vehículos apropiados y diseñar dimensiones de carrocería, aislamiento térmico, cálculo de carga y protecciones, refrigeración, distribución de peso, diseño de instalación, selección de equipos, cálculos de ingeniería y análisis de costos.

Bajo este criterio planteamos las siguientes especificaciones:

Esta unidad móvil será usada para **contribución**, llevando la señal de televisión desde un lugar remoto hasta la estación del canal.

Además, está preparada para ser empleada en diversos tipos de eventos ya sean: deportivos en la mayor parte del tiempo, culturales, sociales y noticioso en el resto del tiempo.

El equipamiento necesario se resume en lo siguiente:

4 cámaras de televisión

1 vídeo switcher de producción mínimo de 12 entradas

3 VTR

1 Servidor de video con 3 entradas/salidas de video y mínimo 6 entradas/salidas monofónicas de audio.

Comunicación interna para cuatro camarógrafos, coordinadores, director de cámaras, productor, iluminación, sonidista y control técnico.

Una consola de audio

Generador eléctrico de emergencia

Sistema de UPS

Sistema de ventilación

Sistema de transmisión microonda y satelital

### **2.3. Diseño y Descripción del Sistema de Televisión**

El diseño de nuestro sistema de televisión se dirigió a cumplir las condiciones de funcionalidad de la unidad móvil

anteriormente descritas. Para lo cual se dividió el diseño en las siguientes partes: video, audio, genlock, intercomunicación, transmisión.

### **2.3.1. Video**

Lo correspondiente al diseño de video se muestra en la figura 2.1 del apéndice C.

El diseño consta de cuatro cámaras (C) Thomson LDK1707 que generan cuatro señales individuales de video. Dichas cámaras se conectan directamente a su Unidad De Control De Cámara (CCU) Thomson DT500 respectivo, a través de un cable Triax (T1).

Para acceder fácilmente a los niveles de operación y modificar parámetros técnicos, se conecta un Operational Control Panel (OCP42) Thomson a cada CCU.

De las tres salidas SDI que poseen cada CCU, la salida SDI1 se conecta a las entradas (1 a 4) del Patch Panel de Video (PPV1), mientras las salidas 1 al 4 del PPV1, van al

Switcher de Producción marca Grassvalley modelo 1200 (frame).

La salida SDI2 al Routing Switcher de Control Técnico (RS CT) y las salida SDI3 al Video Server (VS) DVCPRO PDR 400D marca Grassvalley respectivamente (con excepción de la salida SDI3 del CCU4 que es conectada a la entrada de la VTR1 Panasonic AJ-D960), cada CCU posee una salida analógica compuesta, conectada a un monitor (M) Panasonic BT-S915D para visualizar la señal proveniente de las cámaras y permitir que el director de cámaras seleccione o mezcle dichas señales usando el switch de producción.

Las tres salidas del Video Server son conectadas a las entradas 21 al 23 del PPV2 y sus correspondientes salidas a los distribuidores (D1-D4) VSM-6001-SC Leitch, como también la salida de la VTR1 a la entrada 24 del PPV2 y su salida al D4. De las cinco salidas disponibles en cada distribuidor, tres son usadas y conectadas a las entradas 5-16 del PPV1 y sus respectivas salidas a: un monitor individual y a la entrada del SW y RS CT respectivamente.

La señal seleccionada, presente a la salida del SW, es conocida como PGM(Programa); siendo ésta la señal predominante por cuanto será grabada y/o transmitida, es por tanto necesario colocar como medida de prevención un Patch Panel de Video (PPV2) CANARE 75Ω Digital Video Patchbays 241U-DVJW, de esta manera, la salida PGM, es conectada a la entrada 1 del mismo; y la salida 1 del PPV2 a la entrada del distribuidor (D5) para ser controlada con monitores, grabada (VTR) y/o transmitida vía satelital o microonda. Junto con la salida PGM en el SW, tenemos una salida llamada Preview (PVW), la cual se usa para visualizar la señal antes de enviarla al aire y se controla a través de un monitor (M9). Adicionalmente, las salidas key y de video de un Generador de Caracteres (GC) Pynacle System DEKO500, ingresan al SW.

En caso de daño del distribuidor D5, se ha considerado conveniente colocar un distribuidor D8 en la salida 7 del PPV2, de esta forma se salvaguarda la señal a las entradas de los diferentes equipos que se encontraban a la salida del D5 conectadas en las entradas 2-6 del PPV2, ya

La señal seleccionada, presente a la salida del SW, es conocida como PGM(Programa); siendo ésta la señal predominante por cuanto será grabada y/o transmitida, es por tanto necesario colocar como medida de prevención un Patch Panel de Video (PPV2) CANARE 75Ω Digital Video Patchbays 241U-DVJW, de esta manera, la salida PGM, es conectada a la entrada 1 del mismo; y la salida 1 del PPV2 a la entrada del distribuidor (D5) para ser controlada con monitores, grabada (VTR) y/o transmitida vía satelital o microonda. Junto con la salida PGM en el SW, tenemos una salida llamada Preview (PVW), la cual se usa para visualizar la señal antes de enviarla al aire y se controla a través de un monitor (M9). Adicionalmente, las salidas key y de video de un Generador de Caracteres (GC) Pynacle System DEKO500, ingresan al SW.

En caso de daño del distribuidor D5, se ha considerado conveniente colocar un distribuidor D8 en la salida 7 del PPV2, de esta forma se salvaguarda la señal a las entradas de los diferentes equipos que se encontraban a la salida del D5 conectadas en las entradas 2-6 del PPV2, ya

que serían conectadas en las salidas del D8 fijadas en el PPV2 del 12-20.

Las señales grabadas por las VTR2 y VTR3 son mostradas en los monitores (M15-M16) y mediante los distribuidores (D6-D7) son dirigidas a las entradas del SW y del RS CT en caso de necesitar repeticiones instantáneas de algunas escenas grabadas. Cualquier anomalía en la señal de video es visualizada a través de un Monitor de forma de onda ( Waveform monitor)(WFM) Tektronik WFM601M, conectado a la salida del RS CT, permitiéndonos realizar los respectivos ajustes que sean necesarios para lograr una señal de buena calidad; visualizando los cambios respectivos a través de un monitor(M14).

### **2.3.2. Genlock**

El diseño de genlock se muestra en la figura 2.2.

El sincronismo es generado por un equipo SPG 422 marca Tektronix, esta señal (black burst), se distribuye a la entrada de sincronismo de algunos equipos que sirven de

fuentes de video y que el mezclado de los mismos requieren una perfecta sincronización, esta señal es importante por lo que se hace necesario tener un respaldo de la misma y lo obtenemos usando otro equipo SPG 422 teniendo la posibilidad de intercambiar entre los dos haciendo uso de un Change Over ECO 422 Tektronix, el mismo que permite el paso de la señal de sincronismo de uno de los dos a la vez, es decir este sistema permite usar un generador como principal (master) y el otro como secundario, entrando el segundo en funcionamiento cuando el primero sufra algún desperfecto.

El SPG genera 4 salidas estas son: Analog Black Burst, Serial Digital Black, Serial Digital Color Bars, Serial Digital Test Signal y AES/EBU Digital Audio.

Las señales presente a la salida del Change Over ECO 422 son las mismas del SPG 422 de las cuales consideramos la Analog Black Burst para sincronizar el sistema de video y se la conecta a la entrada 1 de un Patch Panel de Video (PPV3) marca Canare 75Ω, la salida 1 del PPV3 es conectada a la entrada de un distribuidor de vídeo analógico DG1 de 13 salidas marca Leitch (VDA –

6001-V13) para poder distribuir la señal de sincronismo hacia las entradas de gen lock de las CCU, VTR, VIDEO Server y Switch de Producción, conectando en las salidas del 2 al 10 del patch panel a cada una de las salidas del distribuidor.

Si el DG1 sufre algún daño, se ha considerado colocar un distribuidor DG2 en la salida 11 del PPV3 para conservar la señal a las entradas de gen lock de los equipos conectados en las entradas 2-10 del PPV3, conectando para esto todas las salidas del DG2 en las entradas 12-20 del PPV3.

Con fines de realización de pruebas a los equipos, se hace uso adicional de la salida Serial Digital Test, la cual es conectada a la entrada 21 del PPV3 y su respectiva salida a la entrada 12 del RS.

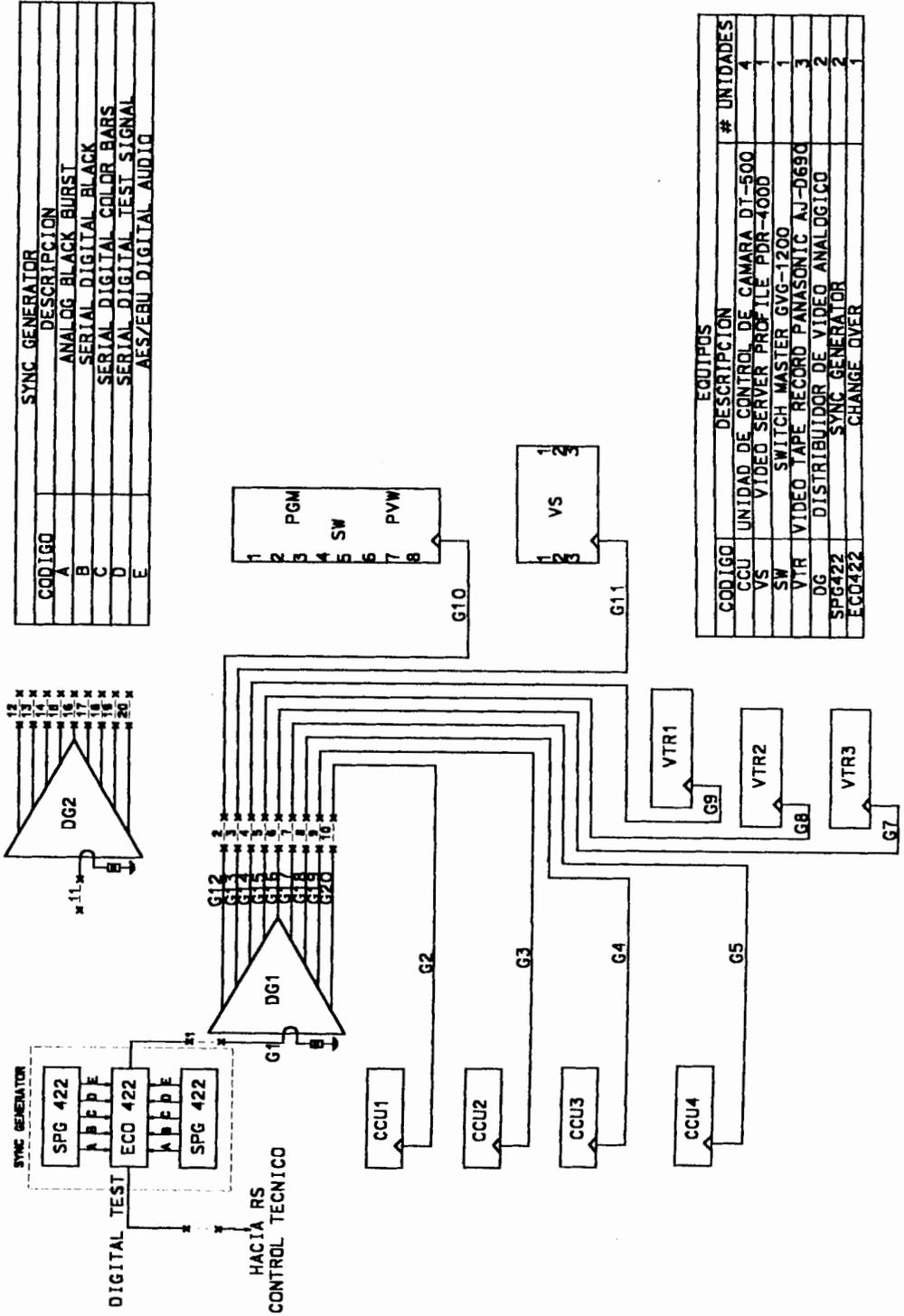


Figura 2.2.-Sistema de Genlock

### 2.3.3. Audio

El diseño del sistema de audio se muestra en la fig 2.3. La disposición y la cantidad de elementos que lo componen se ajustan en principio a una serie de requerimientos mínimos planteados por los tipos de programas a realizarse; sin embargo permite cambios con el objetivo de cubrir necesidades más exigentes en este aspecto como pueden ser el número de entradas y salidas, el cambio de configuración de los grupos de salida, la amplificación de una o varias salidas, la inserción de elementos dinámicos externos en cada una de sus entradas, el uso de entradas y salidas tanto analógicas como digitales.

Este diseño tiene como elemento principal una consola de audio tipo digital (324 LIVE) de la marca Soundcraft a las primeras cuatro entradas de este se conectan cuatro estaciones receptoras T4N de SHURE con conectores tipo XLR balanceado, en la quinta y sexta entrada se permite la opción de conectar dos micrófonos alámbricos con el mismo tipo de conector que estarán a disposición para conectarse en el panel externo de la móvil, un híbrido (AEQ

TH-02 EX MK-II) se conectará a la entrada número siete del mixer con el objeto de realizar enlaces telefónicos en la grabación de programas en vivo con un conector tipo XLR balanceado; la entrada número ocho será conectada a un PC Acersdu a través de un conector TRS tipo jack de ¼”;

Las entradas 9,10, 11, 12, 13 y 14 de la consola son utilizadas como entradas de realimentación de audio ya que son conectadas a las salidas de audio analógicas de las unidades de grabación y reproducción con conectores tipo XLR balanceado.

En este sistema dispone de dieciséis entradas analógicas y dieciséis entradas digitales tipo T-DIF con la capacidad de convertirse entradas analógicas o digitales tipo AES/EBU dependiendo de la unidad interfase que se seleccione.

Las salidas están divididas de la siguiente manera:

Un grupo de salidas monofónicas GP1, GP2, GP3 y GP4.

Una salida PHONE conectada a un audífono estereofónico (T50RP DE FOSTEX) utilizado por el sonidista.

Una salida MIX con canal izquierdo y canal derecho que puede ser amplificada para ser escuchada en el recinto donde se produce el programa, a disposición en el panel externo de la móvil.

Una salida MONITOR para control dentro de la unidad móvil.

Una salida digital AES/EBU para transmisión de audio digital.

A todas estas salidas se pueden asignar entradas diferentes razón por la cual se conectaron a un patch panel de audio con conexiones tipo XLR balanceado en su parte posterior dando así a este diseño la versatilidad necesaria en caso de ser sometida a cambios de configuración.

GP1 será utilizado como señal de programa para ser grabado en las videograbadoras VTR2 y VTR3 (Panasonic AJ-D960) para esto se conectará esta salida al distribuidor de audio analógico DA2 (ADA-16 de Videotek) a través del patch panel,.

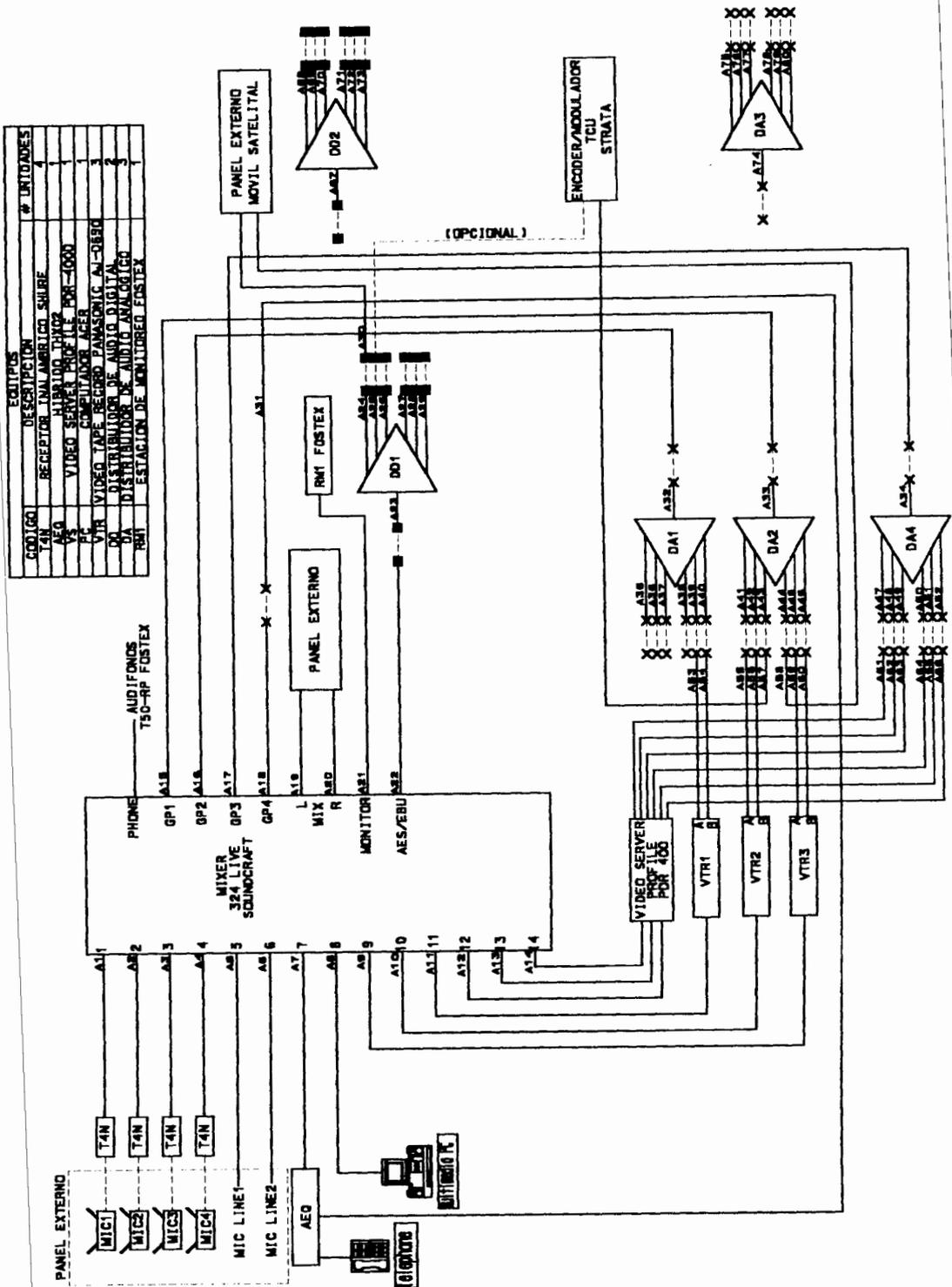


Figura 2.3.-Sistema de Audio

<b>Conexiones de Audio</b>		
<b>CÓDIGO</b>	<b>ORIGEN</b>	<b>DESTINO</b>
A1	OUT XLRM T4N1	IN XLRH MIX1
A2	OUT XLRM T4N2	IN XLRH MIX2
A3	OUT XLRM T4N3	IN XLRH MIX3
A4	OUT XLRM T4N4	IN XLRH MIX4
A5	OUT XLRM MIC	IN XLRH MIX5
A6	OUT XLRM MIC	IN XLRH MIX6
A7	OUT XLRM AEQ	IN XLRH MIX7
A8	OUT AUDIO PC	IN TRS MIX
A9	OUT XLRM VTR3	IN XLRH MIX9
A10	OUT XLRM VTR2	IN XLRH MIX10
A11	OUT XLRM VTR1	IN XLRH MIX11
A12	OUT XLRM1 VS	IN XLRH MIX12
A13	OUT XLRM2 VS	IN XLRH MIX13
A14	OUT XLRM3 VS	IN XLRH MIX14
A15	OUT GP1	PPA1
A16	OUT GP2	PPA2
A17	OUT GP3	PPA3
A18	OUT GP4	PPA4
A19	OUT MIX LEFT	PANEL EXT.
A20	OUT MIX RIGHT	PANEL EXT.
A21	OUT MONITOR	IN XLR RM1
A22	OUT AES/EBU	PPD1
A23	PPD1	IN DD1
A24	OUT DD1 1	PPD2
A25	OUT DD1 2	PPD3
A26	OUT DD1 3	PPD4
A27	OUT DD1 4	PPD5
A28	OUT DD1 5	PPD6
A29	OUT DD1 6	PPD7
A30	PPD2	PANEL EXT.
A31	PPA5	IN XLR AEQ
A32	PPA6	IN XLR DA1
A33	PPA7	IN XLR DA2
A34	PPA8	IN XLR DA4
A35	OUT DA1 1	PPA9
A36	OUT DA1 2	PPA10

A37	OUT DA1 3	PPA11
A38	OUT DA1 4	PPA12
A39	OUT DA1 5	PPA13
A40	OUT DA1 6	PPA14
A41	OUT DA2 1	PPA15
A42	OUT DA2 2	PPA16
A43	OUT DA2 3	PPA17
A44	OUT DA2 4	PPA18
A45	OUT DA2 5	PPA19
A46	OUT DA2 6	PPA20
A47	OUT DA4 1	PPA21
A48	OUT DA4 2	PPA22
A49	OUT DA4 3	PPA23
A50	OUT DA4 4	PPA24
A51	OUT DA4 5	PPA25
A52	OUT DA4 6	PPA26
A53	PPA11	IN XLRA VTR1
A54	PPA12	IN XLRB VTR1
A55	PPA13	IN XLRA VTR2
A56	PPA14	IN XLRB VTR2
A57	PPA15	IN XLR TCU
A58	PPA16	PANEL EXT.
A59	PPA17	IN XLRA VTR3
A60	PPA18	IN XLRB VTR3
A61	PPA19	IN XLR1 VS
A62	PPA20	IN XLR2 VS
A63	PPA25	IN XLR3 VS
A64	PPA26	IN XLR4 VS
A65	PPA31	IN XLR5 VS
A66	PPA32	IN XLR6 VS
A67	PPD8	IN DD2
A68	OUT DD2 1	PPD9
A69	OUT DD2 2	PPD10
A70	OUT DD2 3	PPD11
A71	OUT DD2 4	PPD12
A72	OUT DD2 5	PPD13
A73	OUT DD2 6	PPD14
A74	PPA36	IN XLR DA3

<b>Conexiones de Genlock</b>		
<b>CÓDIGO</b>	<b>ORIGEN</b>	<b>DESTINO</b>
G1	Out PPV3 1	IN DG1
G2	Out PPV3 10	IN CCU 1
G3	Out PPV3 9	IN CCU 2
G4	Out PPV3 8	IN CCU 3
G5	Out PPV3 7	IN CCU 4
G7	Out PPV3 6	IN VTR 3
G8	Out PPV3 5	IN VTR 2
G9	Out PPV3 4	IN VTR1
G10	Out PPV3 2	IN SW
G11	Out PPV3 3	IN VS
G12	Out DG1 1	IN PPV3 2
G13	Out DG1 2	IN PPV3 3
G14	Out DG1 3	IN PPV3-4
G15	Out DG1 4	IN PPV3 5
G16	Out DG1 5	IN PPV3 6
G17	Out DG1 6	IN PPV3 7
G18	Out DG1 7	IN PPV3 8
G19	Out DG1 8	IN PPV3 9
G20	Out DG1 9	PPV3 10
G21	Out A ECO422	IN PPV3 1
G22	Out DG2 1	IN PPV3 12
G23	Out DG2 2	IN PPV3 13
G24	Out DG2 3	IN PPV3 14
G25	Out DG2 4	IN PPV3 15
G26	Out DG2 5	IN PPV3 16
G27	Out DG2 6	IN PPV3 17
G28	Out DG2 7	IN PPV3 18
G29	Out DG2 8	IN PPV3 19
G30	Out DG2 9	IN PPV3 20
G31	Out D ECO422	IN PPV3 21
G32	Out PPV3 21	IN RS 12

Tabla XII.- Conexiones de GenLock

A75	OUT DA3 1	PPA37
A76	OUT DA3 2	PPA38
A77	OUT DA3 3	PPA39
A78	OUT DA3 4	PPA40
A79	OUT DA3 5	PPA41
A80	OUT DA3 6	PPA42

Tabla XIII.- Conexiones de Audio

Se tomarán cuatro salidas del distribuidor para conectarse a los módulos del patch panel de audio y de ahí a las entradas de canal A y Canal B de cada una de las videograbadoras antes mencionadas; del mismo distribuidor se toman dos salidas una para transmisión vía satélite y otra para transmisión vía microonda a través del modulo del patch panel de audio analógico.

GP2 se usara con el objeto de grabar la señal de audio ligada con la señal de video que se grabara en la videograbadora VTR1 (Panasonic AJ-D960); enviando la señal GP2 al modulo del patch panel de audio para conectarla a la entrada del distribuidor de audio DA1 (ADA-16 de Videotek) dos de las salidas de este se conectarán al

canal A y B de VTR1 a través de los módulos del patch de audio.

GP3 será conectada a través del módulo del patch panel a la entrada del distribuidor de audio DA4 (ADA-16 de Videotek), de ahí todas las salidas del distribuidor, se conectan a seis canales de audio analógico del video server PDR400 de Grassvalley.

GP4 se utilizará para realimentar al sistema híbrido (AEQ TH-02 EX MK-II) conectándose a la entrada de programa de este equipo a través del módulo del patch panel de audio para el enlace telefónico.

La salida MONITOR se conecta al canal A del equipo de monitoreo RM-1 de FOSTEX a través de un conector tipo TRS jack de ¼".

La salida digital AES/EBU de la consola de audio (324 LIVE de Soundcraft) se conectará directamente a la entrada de un distribuidor de audio digital tipo AES/EBU DD1 (AES-3981-B de LEITCH), a través del módulo del patch panel de

audio digital; de este distribuidor se procederá a llevar esta señal a la entrada de audio digital del encoder modulador de STRATA para la transmisión vía microonda y al panel externo de la móvil la transmisión vía satélite.

Adicionalmente este sistema cuenta con dos distribuidores de audio conectados a sus respectivos patchs panel en caso de que uno de los ya conectados falle estos son el DA3 (ADA-16 de Videotek) y el DD2 (AES-3981-B de LEITCH) analógico y digital respectivamente.

#### **2.3.4. Intercomunicación**

Siendo la comunicación un elemento importante para la coordinación entre camarógrafos, directores de cámaras, productores, talentos, sonidistas, etc, en un determinado evento, ya sea en vivo o grabado, es por tanto indispensable poseer un diseño que satisfaga todas las posibles exigencias para una excelente coordinación entre todo el equipo técnico y de producción.

Así el diseño presente en este proyecto trata de abarcar todas estas combinaciones para alcanzar dicha meta. La figura 2.4 muestra el diseño de intercomunicación, cuyo principal dispositivo es una estación de intercomunicación (Intercom Station) MS-440 PLpro ClearCom de 4 canales, asignado al productor general con su respectivo headset CC-60 ClearCom y opcional goosneck 9" Clearcom, teniendo acceso de comunicarse en el canal 1 con el director de cámaras, control técnico, y camarógrafos, vía un sistema inalámbrico WBS-670 que permite conectarse el beltpack fullduplex alámbrico del director de cámaras y éste a su headset, asimismo el headset de control técnico es conectado al su respectivo beltpack fullduplex y éste al beltpack de control técnico. Los camarógrafos poseen cada uno un beltpack inalámbrico full duplex WTR-670 y un headset permitiendo la comunicación entre el productor general, director de cámaras, control técnico y entre ellos.

En el canal 2, otro intercomunicador inalámbrico WBS-670 ClearCom es conectado teniendo acceso el productor a comunicarse con los Coordinadores e Iluminación, quienes poseen su propio beltpack fullduplex inalámbrico

cada uno de ellos a frecuencias previamente determinadas y conectados a su correspondiente headset.

Un beltpack con su respectivo headset es conectado en el canal 3 del MS-440, cuyo canal está asignado a el sonidista, mientras que el canal 4 el Híbrido AC-10H ClearCom es conectado, permitiendo al diseño la posibilidad de realizar la Coordinación vía telefónica desde un lugar remoto.

Por último los talentos, son dirigidos por el o los coordinadores mediante una estación base transmisora stand-alone UPX-10 Clearcom inalámbrico, que permite la total movilidad y flexibilidad de los talentos que portan un receptor bodypack RCV-2 con su conector monoaural TS-1 para recibir las órdenes vía el UPX-10.

Código	Equipo	Cant
IS	4 Channel Intercom Station MS-440	1
WBS	Wireless Broadcast System WBS-670	1
H	Universal System Interface AC-10H	1
UPX	Wireless Cue/IFB System UPX-10	1
B	Beltpack RS-501	1
BW	Wireless Beltpack WTR-670	8
RCV	Miniature Receiver RCV-2	4
H-2E	Headset 2 ears CC-260	9
H-1E	Headsets 1 ear CC-95	4
EA	Earpiece monoaural miniature TS-1	4
TLF	Teléfono Panasonic KX-TS5LX	1
MIC	Microfono alambrico Shure PG58	1

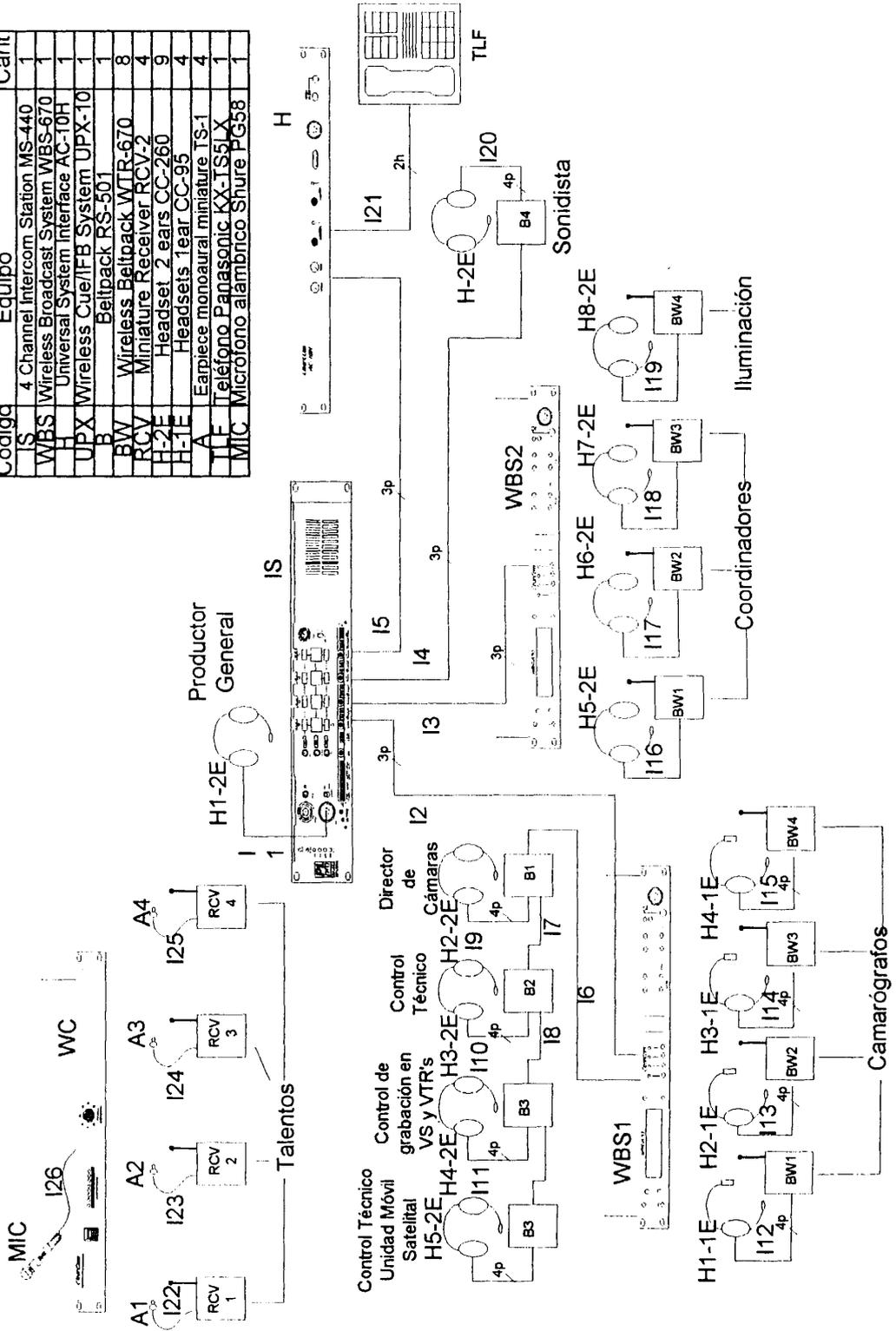


Figura 2.4.- Sistema de Intercomunicación

<b>CÓDIGO</b>	<b>ORIGEN</b>	<b>DESTINO</b>
I1	Out XLR-4M IS	In XLR-4F H1-2E
I2	Out CH1 XLR-3M IS	In XLR-3F WBS1
I3	Out CH2 XLR-3M IS	In XLR-3F WBS2
I4	Out CH3 XLR-3M IS	In XLR-3F B4
I5	Out CH4 XLR-3M IS	In XLR-3F H
I6	Out XLR-3M WBS1	In XLR-3F B1
I7	Out XLR-3M B1	In XLR-3F B2
I8	Out XLR-3M B2	In XLR-3F B3
I9	Out XLR-4M B1	In XLR-4F H2-2E
I10	Out XLR-4M B2	In XLR-4F H3-2E
I11	Out XLR-4M B3	In XLR-4F H4-2E
I12	Out XLR-4M BW1	In XLR-4F H1-1E
I13	Out XLR-4M BW2	In XLR-4F H2-1E
I14	Out XLR-4M BW3	In XLR-4F H3-1E
I15	Out XLR-4M BW4	In XLR-4F H4-1E
I16	Out XLR-4M BW1	In XLR-4F H5-2E
I17	Out XLR-4M BW2	In XLR-4F H6-2E
I18	Out XLR-4M BW3	In XLR-4F H7-2E
I19	Out XLR-4M BW4	In XLR-4F H8-2E
I20	Out XLR-4M B4	In XLR-4F H9-2E
I21	Out TLF	In BP-1/BP-4 H
I22	Out Minijack RCV1	A1
I23	Out Minijack RCV2	A2
I24	Out Minijack RCV3	A3
I25	Out Minijack RCV4	A4
I26	Out XLR-3F UPX	XLR-3M MIC

Tabla XIV.- Conexiones de Intercomunicación

### 2.3.5. Transmisión

Nuestras unidades móviles, están diseñadas para transmisiones de tipo contribución, es decir, llevar la señal de programación hacia el canal. Con el objetivo de lograrlo, se ha diseñado dos tipos de enlaces: enlace vía microonda y enlace vía satélite.

Para ambos enlaces, se toma la señal digital del distribuidor D5 de video, que entrega la señal del programa; y el audio, de las salidas del mixer de audio en el caso de ser analógicas o digitales. De utilizarse audio embebido, ésta señal se la tomará de la salida del equipo embebedor de audio.

En la transmisión microonda, de la figura 2.5 es usado el modelo STRATA de Microwave Radio Communications, la señal que se transmite vía microonda debe primeramente comprimirse, con el objeto de reducir su ancho de banda, luego de esto debe modularse usando COFDM.

Según lo que desee transmitir sea esto audio embebido, video con audio digital o analógico, se debe ingresar aun

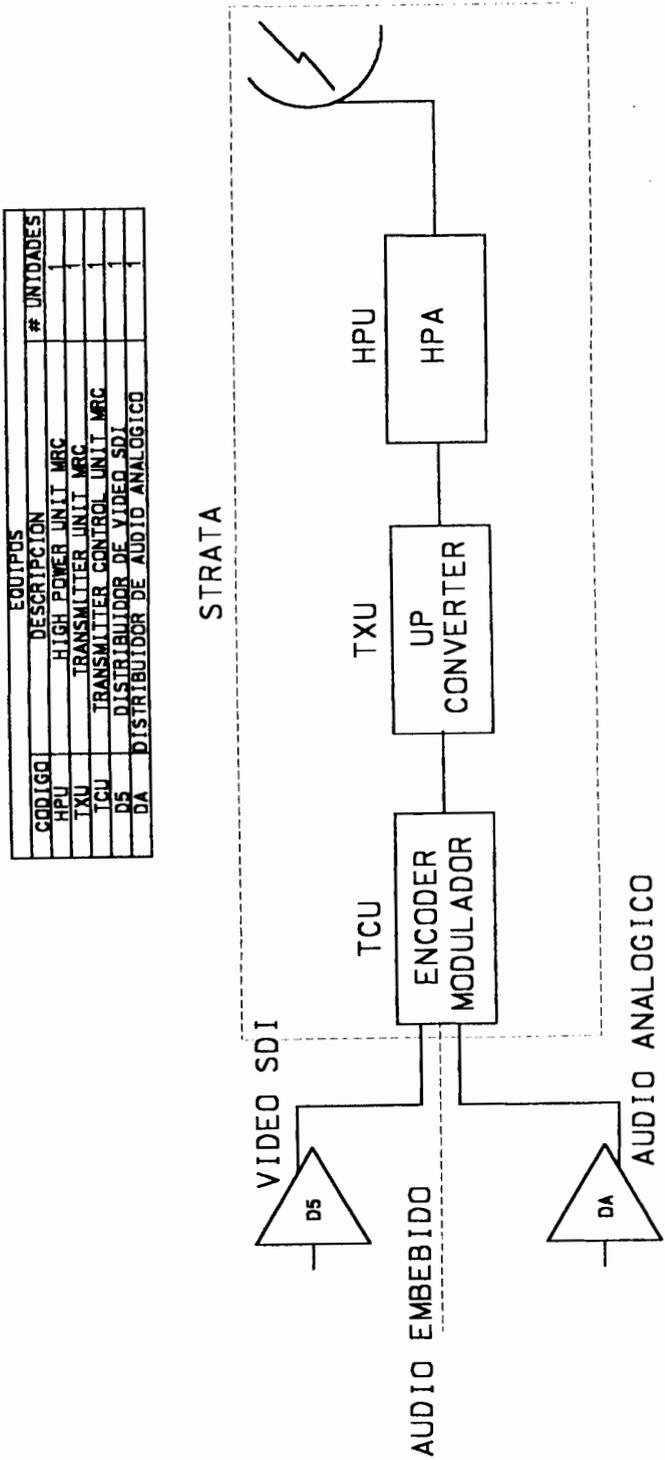


Figura 2.5.-Sistema de Transmisión Vía Microonda

equipo TCU (Transmitter Control Unit) de microwave Radio Communications, el mismo que posee una entrada SDI por donde recibe la señal Program que envía el Switch de Producción a través del destruidor 5, posee además dos entradas para audio AES/EBU en caso de usar audio digital, una entrada para audio embebido y una para audio analógico.

Realiza modulación COFDM y comprime en MPEG 4:2:2/4:2:0 según se desee.

Luego de la modulación necesitamos aumentar el valor de la frecuencia de valor IF hasta valores de RF, usamos para esto un equipo TXU (Transmitter Unit), el cual necesita un HPA (High Power Unit) para poder elevar la potencia para realizar la respectiva transmisión, conectándolo a la antena respectiva.

Para el caso de transmisión satelital, se ha considerado conveniente proveer la opción de transmitir en banda C y en banda Ku, además de utilizar una estación terrena portátil (Flyaway), por lo que se seleccionó los equipos

integrados por Microwave Radio Communications para proveer un perfecto enlace satelital.

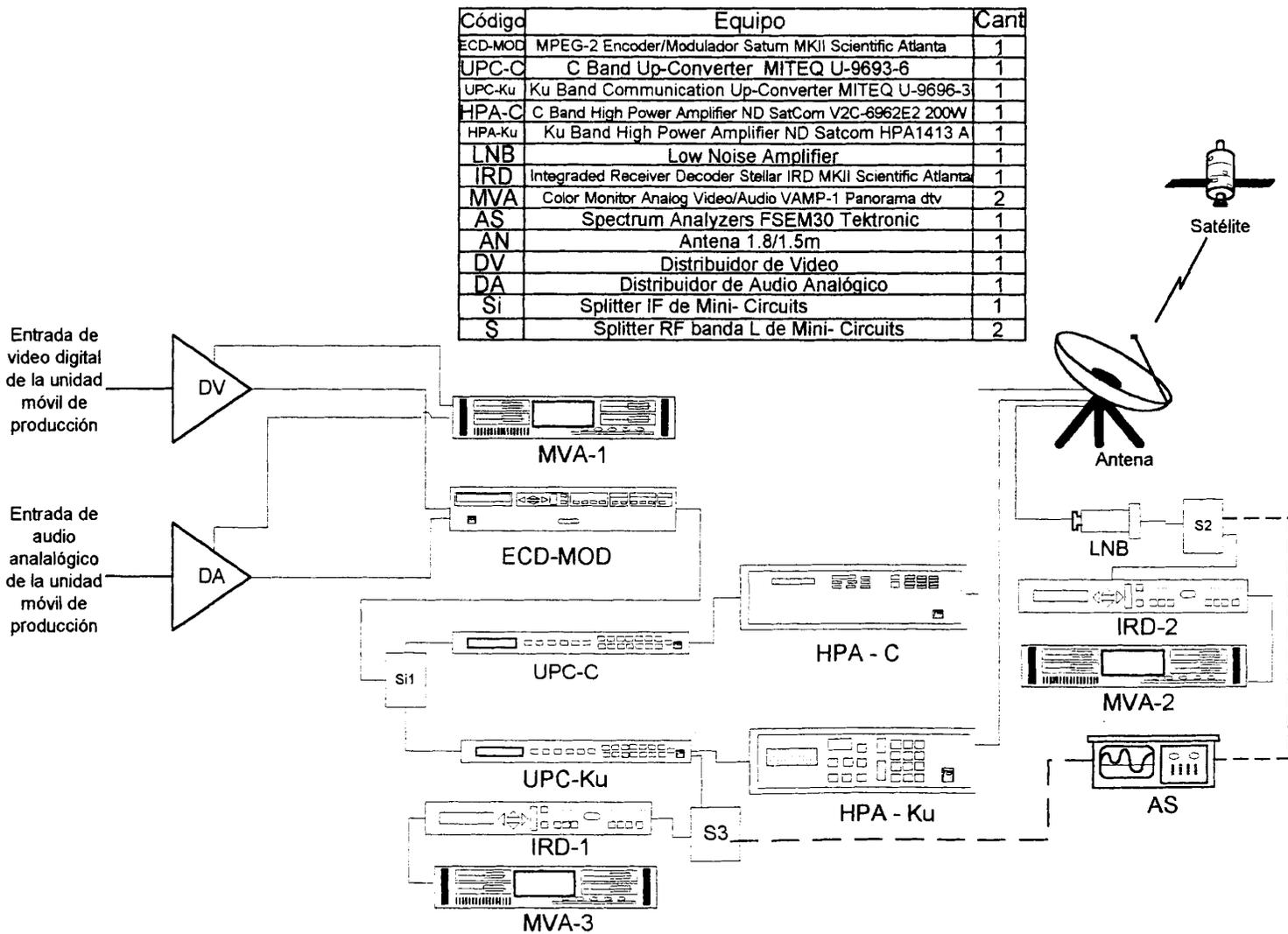
Las señales de audio y video son llevadas desde el panel de conexiones externas de la unidad móvil de producción y transmisión microonda, hasta la unidad móvil de transmisión satelital.

Ambas señales entran a un distribuidor de tal manera que puedan ser controladas como transmitidas.

La figura 2.6 muestra el diseño completo de transmisión satelital.

El distribuidor de video (DV), entrega la señal de video tanto a la entrada del monitor de color analógico Video / audio AVMP-1 de Panorama dtv (MVA) (visualizándola), como a la entrada SDI del Encoder-Modulador (ECD) Scientific Atlanta Saturn MKII, para comprimir la señal del programa logrando una menor tasa de bits y modulándola con la técnica de modulación digital escogida (QPSK, 8PSK, 16QAM).

Figura 2.6.- Sistema de Transmisión Satelital



Asimismo, el distribuidor de audio (DA) reparte la señal de audio al Encoder-Modulador (ECD) y a el monitor (MVA). Si se desea transmitir con audio embebido, ésta señal ingresa directamente a la entrada del ECD. La salida IF (70MHz) del Encoder-Modulador(EDC), es conectada a la entrada de un splitter que entregará al mismo tiempo de ser requerido la señal al Up-Converter Banda C(5.725-6.725GHz) MITEQ U-9693-6 (UPC-C) y/o al Up-Converter Banda Ku(13.75–14.5GHz) MITEQ U-9696-3L(UPC-Ku), permitiendo llevar la señal a una frecuencia RF apropiada.

Con el objetivo de elevar el nivel de la potencia de la señal a transmitirse, el High Power Amplifier Banda C ND SatCom V2C-6962E2 200W (HPA-C) o el High Power Amplifier Banda Ku(13.75 -14.50GHz) ND Satcom HPA1413 A (HPA-Ku), son usados; en consecuencia a sus entradas se conectan los up-converters de sus frecuencias respectivas, mientras sus salidas son conectadas a la antena de 1.8/1.5 metros dependiendo de la banda de frecuencia con que se transmita.

subida, vía una salida de un splitter, cuya entrada es proveniente de un LNB conectado a la antena pudiendo operar en banda L. Sus salidas de video y audio analógico o embebido, ingresan a el Monitor(MVA-2) para su correspondiente control.

Conjuntamente, un Analizador de Espectro FSP3 de Tektronix (AS), puede ser conectado al Up-converter de banda Ku que ofrece una salida adicional en banda L para su respectivo monitoreo, mediante la salida del splitter S3; como también podría ser conectado al LNB banda C mediante el splitter S2, para realizar el control de la portadora en frecuencias de banda L pues este abarca una frecuencia de (9KHz-3GHz).

## **2.4. Diseño y Descripción de los Vehículos**

### **2.4.1. Aspectos Básicos**

Una vez realizado el diseño completo para producción como para transmisión se procede al diseño de la unidad móvil considerando las siguientes pautas:

La técnica de construcción de la carrocería , el grueso de las paredes y la estructura de la misma, la distribución de áreas, la instalación de los equipos en los racks dentro de cada área específica, distribución de peso, conductos de ventilación, distribución eléctrica y cableado.

En nuestro proyecto se optó por el uso de dos vehículos, uno para producción transmisión vía microonda y el otro para la transmisión vía satélite, proporcionando de esta manera flexibilidad en el tipo de transmisión a emplearse, dependiendo de la ubicación geográfica del punto remoto des de donde se va a realizar la producción, siendo independientes entre sí en el caso de necesitar dos tipos de cobertura al mismo tiempo.

#### **2.4.2. Distribución de Áreas**

Para la distribución óptima del espacio dentro del vehículo de producción y transmisión microonda hemos establecido dos áreas de trabajo específicas, basados en la actividades de ejecución durante su operabilidad (Ver figura 2.7) .

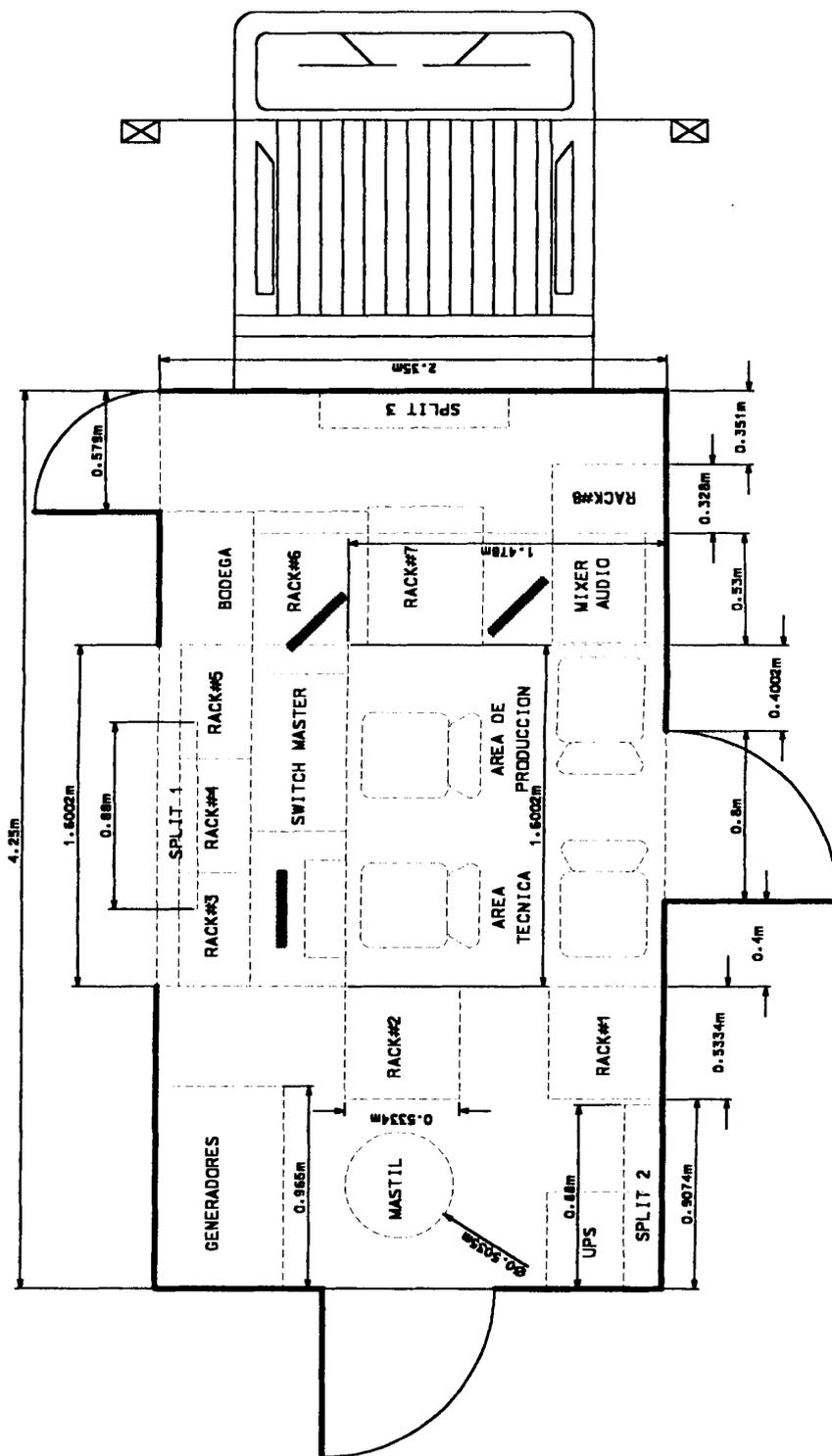


Figura 2.7.-Distribución de Áreas Unidad Móvil de Producción

Estas son: Área técnica y área de producción, las cuales detallamos a continuación:

**Área Técnica:** En esta área se encuentra los diferentes equipos para la realización del monitoreo y control de todas las señales tanto de audio como de video. Adicionalmente se ha considerado colocar los dispositivos de transmisión microonda y los equipos de generación y estabilización del sistema eléctrico, con el objetivo de tener un control total del sistema.

**Área de producción:** Como indica el gráfico, es contigua al área técnica y se divide en tres áreas importantes que son: video, audio y grabación. En la sección de video se encuentra bajo la responsabilidad del director de cámaras que junto con el productor (en ciertas ocasiones) son los que deciden que señal es la que se envía al aire.

A diferencia del video el audio está a cargo de una sola persona: que es el sonidista, quien tiene la facultad de elegir cual de las fuentes de audio es la que se grabará y/o se enviará al aire. Un operador es el encargado de la sección de grabación, quien controla y provee al director de

Estas son: Área técnica y área de producción, las cuales detallamos a continuación:

**Área Técnica:** En esta área se encuentran los diferentes equipos para la realización del monitoreo y control de todas las señales tanto de audio como de video. Adicionalmente se ha considerado colocar los dispositivos de transmisión microonda y los equipos de generación y estabilización del sistema eléctrico, con el objetivo de tener un control total del sistema.

**Área de producción:** Como indica el gráfico, es contigua al área técnica y se divide en tres áreas importantes que son: video, audio y grabación. En la sección de video se encuentra bajo la responsabilidad del director de cámaras que junto con el productor (en ciertas ocasiones) son los que deciden que señal es la que se envía al aire.

A diferencia del video el audio está a cargo de una sola persona: que es el sonidista, quien tiene la facultad de elegir cual de las fuentes de audio es la que se grabará y/o se enviará al aire. Un operador es el encargado de la sección de grabación, quien controla y provee al director de

cámaras de las repeticiones instantáneas cuando éste las requiera.

Para el caso de la unidad móvil satelital, posee una sola área que es la técnica con la diferencia que son equipos para la transmisión satelital.

Además, se consideró dejar para la unidad de producción 20 cm en la parte superior de la carrocería para colocar la iluminación y ductos de aire acondicionado. Así también en la parte inferior 10 cm para las canaletas de video, audio y eléctricas, las cuales se muestran en la figura 2.8.

### **2.4.3. Distribución De Equipos**

En primer lugar, los equipos utilizados en las unidades móviles se los puede clasificar en: equipos electrónicos y equipos eléctricos.

*Los equipos electrónicos* han sido distribuidos, según sus funciones, en racks; teniendo en cuenta ciertos aspectos básicos de ergonomía, optimización de espacio, distribución de peso y facilidades de operación.



Estos equipos constituyen: los equipos de producción de la señal de televisión (switcher de producción, monitores, mixer de audio, generador de caracteres, etc.), los de grabación / reproducción (servidor de video, VTR's), y control técnico (WFM, CCU's, equipos de microonda y satelital, etc).

La figura 2.9 muestra la ubicación de los equipos dentro de los racks de la unidad móvil de producción y transmisión microonda.

Los racks 3, 4, 5, 6 y 8 comprenden los equipos de producción de la señal de televisión.

Los racks 3, 4, y 5, están bajo el control del director de cámaras y aquí se encuentran ubicados 12 monitores (4 en cada rack), mediante el cual podrá visualizar las señales de video de cámaras, programa final, preview, servidor de video y VTR's; pudiendo seleccionar las imágenes que se deseen enviar al aire. (Ver figura 2.9)



La posición en que han sido ubicados obedecen a recomendaciones ergonómicas sobre el ángulo visual, que dice: los objetos que deben ser observados más frecuentemente deben situarse al frente del trabajador. El ángulo visual recomendado (medido a partir de la línea de visión horizontal) varía entre  $15^{\circ}$  y  $45^{\circ}$  en dependencia de la postura de trabajo. 15 grados (postura reclinada hacia atrás) y 45 grados (postura reclinada hacia delante).

También se encuentran ubicados los equipos de intercomunicación considerando su uso y disponibilidad para el personal que los utilice.

Para la empleo del panel del switcher de producción se ha considerado en el diseño, una mesa de trabajo del grosor de una unidad de rack, profundidad idéntica a la del panel, y altura de 71,12 cm, teniendo en cuenta las recomendaciones ergonómicas respecto a el espacio de trabajo, la visualización y la altura de la mesa de trabajo:

Para las piernas en posición Sedente: Espacio suficiente entre la superficie inferior del plano de trabajo y el asiento para el movimiento libre de las piernas; ancho

recomendado 60 cm; profundidad mínima a nivel de las rodillas 45 cm; profundidad mínima a nivel del piso 65 cm.

Distancia de visualización del plano de trabajo: deberá ser proporcional al tamaño del objeto de trabajo; trabajo con demanda visual normal (lectura, otras operaciones) 35-50 cm.

Altura del plano de trabajo: Trabajos que demandan de movimiento libre de las manos, ligeramente por debajo del nivel del codo.

Los distribuidores de las señales de video son ubicados en el rack 4 para evitar cables de muy larga distancia produciendo molestias, daños o posibles pérdidas.

En lo que concierne al audio, todos los equipos (ver figura 2.9) fueron situados en un solo rack (rack 8), de tal forma que el sonidista pueda trabajar cómoda y de manera eficaz, cumpliendo con las recomendaciones ergonómicas citadas anteriormente para la operación, ubicación del monitor y mesa de trabajo para el mixer de audio.

Por razones de ahorro de espacio, los equipos que poseen una mayor profundidad y que no necesitan operación manual, fueron colocados en racks, bajo la superficie de la mesa de trabajo, estos corresponden a los equipos de: Frame del Switcher de producción y Servidor de video, en el rack 6; Generador de Caracteres y CPU en el rack 7. (Ver figura 2.9)

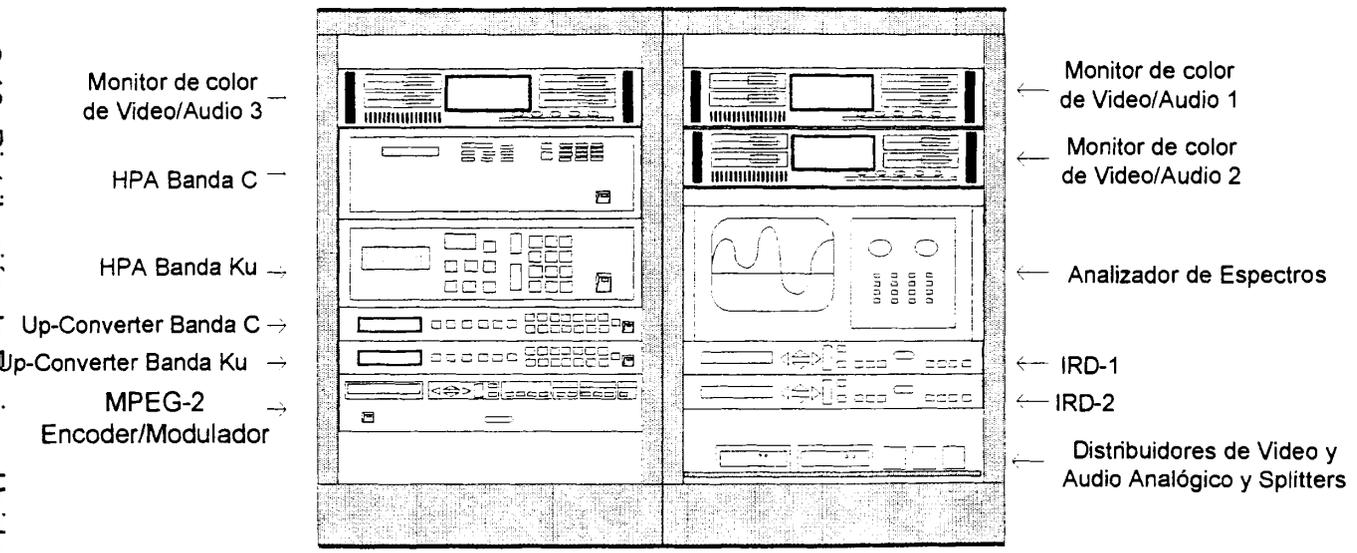
El rack 2 está compuesto por los equipos de grabación y reproducción de video (3 VTR's, con excepción del servidor de video por razones citadas arriba). Este está situado junto al los racks 3, 4, y 5 con el fin de visualizar la señal grabada o reproducida en los monitores de dichos racks, para economizar los costos que representaría el comprar más de ellos. Cuenta además con su respectivo parlante de monitoreo y se ha dispuesto el ubicar el Encoder-Modulador COFDM y el Up-converter de Microonda por asuntos de falta de espacio en el rack de control técnico que se encuentra junto a éste, sin perjudicar la operación de los equipos de grabación.

El rack 1 es de control técnico, y es aquí donde se monitorea las distintas señales de video, cámaras y de audio. Además también se encuentra los equipos de sincronización con sus respectivos distribuidores, junto a los patchbays para los casos de emergencia, un parlante para el control de audio y un híbrido AEQ para la comunicación vía telefónica si fuera necesario entre los talentos.

Para el caso de la unidad móvil de transmisión satelital, la figura 2.10 muestra en detalle la ubicación de los equipos electrónicos.

Esta unidad consta de dos racks, cuyos equipos se los ha distribuido por operación, en el rack 1 constan los equipos del enlace satelital propiamente dichos (HPA's, Up-Converters, Encoder-Modulador), entre tanto el rack 2 lleva los equipos de control y distribución( Monitores de video/Audio, Analizador de Espectro, distribuidores de video y audio). Una vez más siguiendo la recomendaciones ergonómicas y de visualización citadas anteriormente.

Figura 2. 10.-Distribución de Equipos Unidad Móvil Satelital



Los equipos y accesorios eléctricos que corresponden a: Generadores eléctricos, UPS, panel de distribución, protecciones eléctricas, cables y conectores para acometidas principal y de emergencia; se encuentran ubicados en la parte trasera del vehículo, para el caso de la unidad móvil de producción y transmisión microonda.

El panel de distribución está ubicado dentro de la unidad móvil para facilitar el monitoreo y el acceso rápido a él por el técnico de control, no así las acometidas eléctricas que se operarían fueran de la vehículo.

En la unidad móvil satelital, el UPS, generador eléctrico, y el panel de distribución, se encuentran en el interior del vehículo como lo muestra la figura 2.11.

El sistema de refrigeración consta de splitters y su correspondiente compresor de tal manera que el flujo de aire emitido se distribuye uniformemente dentro de las unidades móviles.

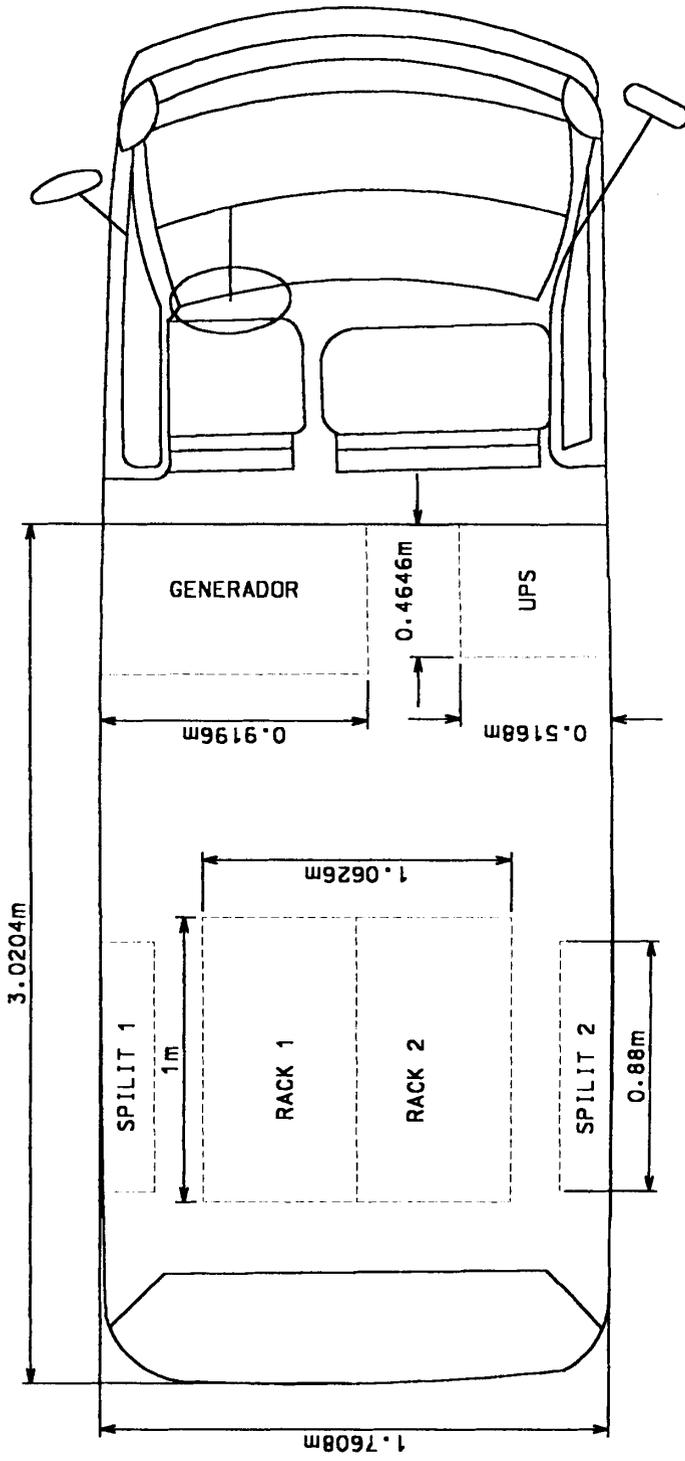


Figura 2.11.-Ubicación de Equipos Unidad Móvil Satelital

#### 2.4.4. Distribución de peso

La distribución de peso o carga de las unidades móviles está diseñada de tal manera que no se generen momentos rotacionales que las desestabilicen .

Para ambos casos, se consideró ciertas recomendaciones para su correcta distribución de carga:

El centro de gravedad de la carga está situada en el centro de la plataforma de carga, de modo que cuando hay un cierto número de cargas abultadas tales como máquinas, equipos y estructuras, deberán estar posicionadas tan cerca como sea posible de la línea central de la plataforma de carga (línea que pasa por la intersección de las diagonales de la plataforma de carga y forma ángulos rectos con ambos bordes del piso de la plataforma de carga).

Debido a que la carga abultada está formada por equipos de diferentes tamaños, se tratará que objeto más grande se

encuentre posicionado tan cerca como sea posible del centro.

La carga deberá distribuirse igualmente sobre la plataforma de carga.

Cuando se coloque la carga lateralmente sobre la plataforma de carga se debe distribuirla simétricamente y equitativamente con relación a la línea central de la plataforma.

Todas estas recomendaciones se las consideró durante la realización del diseño, sin desatender la distribución más funcional posible.

#### **2.4.5. Aislamiento Térmico y Refrigeración**

Para el *aislamiento térmico* se optó por un buen aislante como lo es la fibra de vidrio, puesto que posee una alta eficiencia térmica, baja conductividad térmica garantizando la transferencia de calor casi nula, además tiene componentes incombustibles que disminuye la propagación

de fuego en caso de siniestro, también es el más ligero de todos los termoaislantes. No se expande ni se contrae al estar expuesta a temperaturas, tiene larga duración por lo que los costos de mantenimiento no se consideran.

Toda el interior estará recubierto de fibra de vidrio de 8 cm, adicionalmente llevará forros exteriores de aluminio.

El *sistema de refrigeración* está basado en el diseño de un sistema de aire acondicionado, para lo cual se tienen dos puntos importantes, que son:

La selección del equipo apropiado

La selección de la distribución de aire.

Para la selección del equipo apropiado se debe considerar la carga térmica o carga de refrigeración considerando lo siguiente:

El calor generado por todos los equipos en el interior

El calor generado por transmisión de paredes

El calor generado por infiltraciones de aire

El calor generado por iluminación

El calor generado por los ocupantes.

De esta manera obteniendo el requerimiento de carga térmica se seleccionó el equipo que cumple con las características de refrigeración necesarias, el cual brindará internamente una temperatura adecuada para el bienestar o confort, esta temperatura está en el rango de 22°C a 25°C.

El equipo seleccionado para el sistema de refrigeración para la unidad móvil encargada de la producción es el MultiSplit LM-3022C3L de LG (compresor más 3 unidades de ventilación) de 30000 BTU, y para la unidad de transmisión satelital el modelo MultiSplit LM-2421CL de LG (compresor más 2 unidades de ventilación) de 24000 BTU.

Para el diseño de distribución de aire se tomó en cuenta que la penetración de éste no sea de manera brusca, es decir, que el aire frío no desemboque totalmente por un solo lugar, se lo hace llegar a través de unos dispositivos denominados rejillas o difusores y la elección de la misma

obedece más bien a criterios estructurales o estéticos, necesitando realizar los cálculos respectivos para obtener el tamaño de las mismas.

Las rejillas se las colocará para el caso de la unidad de producción en la parte lateral izquierda, en la parte frontal superior, y en el superior del inferior.

#### **2.4.6. Instalaciones Eléctricas e Iluminación**

Este diseño en forma general se presenta en la figura 2.12; con el objetivo de mantener estable y seguro el suministro de energía dentro de la unidad móvil durante su funcionamiento, se determinó el uso de un sistema de UPS (Comett Extreme de MGE) tipo torre de 6KVA para el sostenimiento temporal de la energía, hasta que sea activado el sistema generador de energía (EX5500 de HONDA) de 5.5KVA

Estos valores de potencia se establecieron de acuerdo a la potencia de consumo de los equipos de producción en conjunto con el consumo del sistema de iluminación

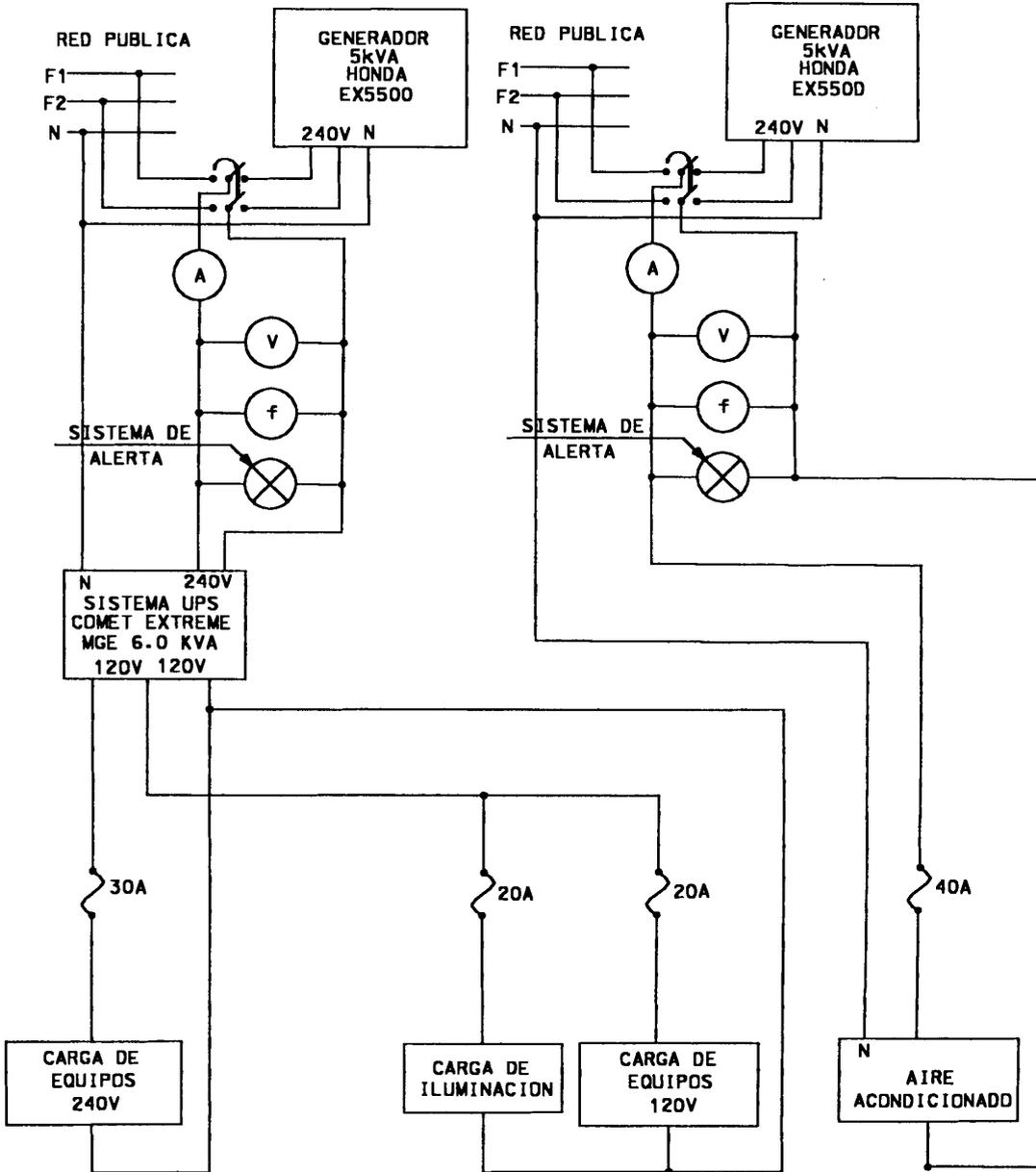


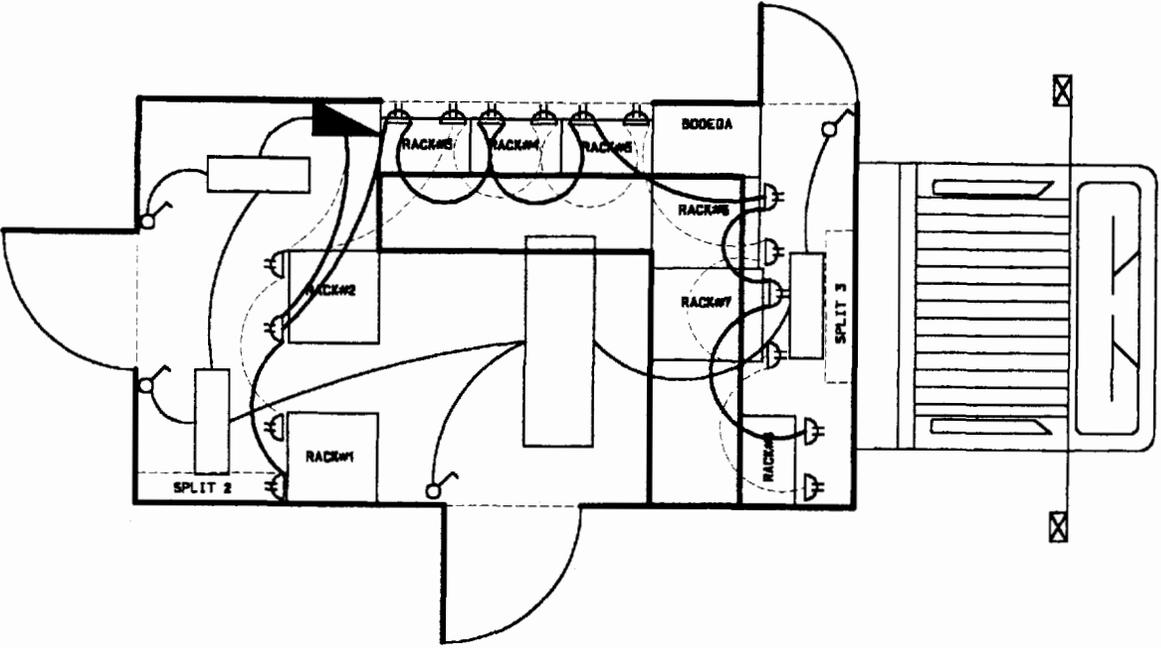
Figura 2.12.-Sistema Eléctrico Unidad Móvil de Producción

dándole además un porcentaje adicional de guarda para el caso de que se conecten equipos adicionales

Este sistema esta aislado del sistema de refrigeración ya que el consumo de energía de este es muy elevado por lo cual será conectado a otro generador de iguales características del anterior. Adicionalmente posee un sistema de monitoreo de voltaje, frecuencia y corriente para la entrada de energía ya sea de la acometida principal o del generador.

El panel de control contiene los elementos encargados, de la distribución y monitoreo de la energía eléctrica dentro de la unidad móvil.

El diagrama de iluminación y de distribución eléctrica, dentro de la unidad móvil de producción se muestra en la fig 2.13. ; la localización de los elementos se dispuso de acuerdo al espacio y ubicación de la canaleta eléctrica, las luminarias se escogieron de acuerdo al nivel de iluminación deseado en cada área.



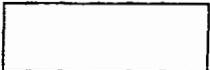
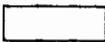
SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
	SWITCH UNIPOLAR
	TOMA CORRIENTE
	UNIDAD DE DOS LAMPARAS FLUORESCENTES DE 40W
	UNIDAD DE DOS LAMPARAS FLUORESCENTES DE 20W
	PANEL DE CONTROL
	LINEA 110V ILUMINACION
	LINEA 220V TOMA
	LINEA 110V TOMA

Figura 2.13.-Diagrama de Distribución Eléctrica Unidad Móvil de Producción

Dentro de la unidad móvil satelital posee también un sistema de mantenimiento de energía parecido al de la unidad móvil de producción solo que en este por falta de espacio no se colocó un sistema de respaldo de energía para los aires acondicionados el diagrama de iluminación e instalaciones eléctricas dentro de esta unidad móvil se observa en la figura 2.14.

SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
	SWITCH UNIPOLAR
	TOMA CORRIENTE
	UNIDAD DE DOS LAMPARAS FLUORESCENTES DE 20W
	PANEL DE CONTROL
	LINEA 110V ILUMINACION
	LINEA 220V TOMA
	LINEA 110V TOMA

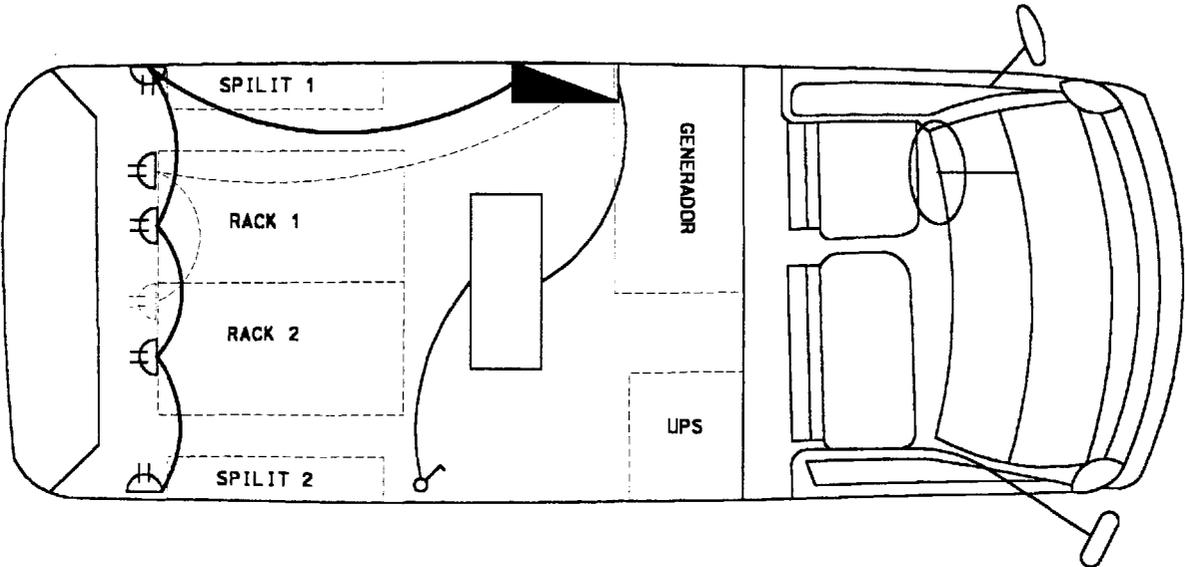


Figura 2.14.-Diagrama de Distribución Eléctrica Unidad Móvil Satelital

# **CAPÍTULO 3**

## **3. SELECCIÓN DE EQUIPOS Y VEHÍCULOS**

La selección de equipos ha sido efectuada conforme a las necesidades requeridas para alcanzar una excelente calidad durante el procesamiento de la señal así como en su transmisión. Por tanto, para este proyecto hemos considerado equipos que no tan solamente cumplan con los estándares establecidos dentro de su área sino también que sean los más óptimos y de mejor calidad. En lo referente a los vehículos se seleccionaron con el fin de satisfacer los requerimientos de espacio físico y capacidad de carga.

Las especificaciones técnicas de cada uno de ellos se encuentra descrita en el apéndice A.

A continuación presentamos, los diferentes equipos que se han considerado para el desarrollo de este proyecto, así como una descripción de las principales características de los mismos.

### 3.1. Equipos de video

Para la selección de los equipos de video, una característica en común en la mayoría de los casos, fue el buscar equipos que utilizaran la norma 4:2:2, con conectores SDI (BNC, 75 $\Omega$ ).

Estos equipos que componen el diseño de video son los siguientes:

Camera Digital Triax TTV/LDK 1707 12-Bit

Unidad de Control de Cámara CCU DT500

Panel de control Operacional OCP42 de THOMSON

Switcher de Producción Digital Modelo 1200 Grass Valley

VTR de Estudio AJ-D960 DVCPRO50

Distribuidor Amplificador de Video Digital VSM-6001-S10/4 de Leitch

Distribuidor Amplificador de Video Digital VSM-6001-S6 de Leitch

Monitor de Video de Color de 9" Panasonic BT-S915DA

Patchbays de Video Digital 75  $\Omega$  CANARE

AES/EBU Multiplexer/Embeber MXA-6003 S4/4U Leitch

Generador de Caracteres Deko 500 de Pinnacle System

Video Sever DVCPRO PDR400D de GrassValley

Waveform monitor WFM6001M de Tektronix

Los cuales procedemos a describir brevemente mencionando los criterios bajo los cuales fueron elegidos:

**Cámara Digital Triax TTV/LDK 1707 12-Bit, Unidad de Control de Cámara CCU DT500 y Panel de control Operacional OCP42 de THOMSON**

Un elemento de vital importancia, por la relación que tiene con el resto del diseño, pudiendo afectarlo si su calidad no es buena, es la cámara de video. Era necesario entonces tener en cuenta ciertas características básicas a considerar en su correcta elección, entre las cuales podemos citar:

Que sea digital, con 10 bits de cuantización, con salida de cable triax, alta calidad de imágenes, cámara de estudio, que en lo posible no use compresión de video, compacta, y con una longitud de cable extensa.

Estas y otras características son las que brinda la cámara digital TTV/LDK 1707 de Thomson, que con sus 12 bits promete una calidad de imágenes inaccesibles en cámaras de 10 bits, estos 2 bits hacen toda la diferencia en el aumento de un rango dinámico, dando un excelente precisión en color en el crucial

over-exposed areas, con un enlace digital triax transmitiendo una señal 4:2:2 sin compresión desde la cámara hasta el CCU con una extensión de 500 m de cable, entregando a las salidas del CCU la más alta calidad de imágenes y la opción de extender esta longitud hasta 2 o 3Km con un adaptador de fibra óptica.

Para el control de la cámara, el panel control operacional (OCP42) compacto, económico y de fácil operación, combina las más sofisticadas funciones con rapidez de acceso para los ajustes necesarios tales como counter, iris, y black level.

La calidad de transmisión digital asegura una completa transparencia en el enlace, permitiendo intercambiar sin riesgo de cambios de color. La 1707 es una confiable cámara de estudio que ofrece algunas características necesarias para su integración en ambientes de producción.

Su respectivo CCU DT500 Digital Triax CCU es ligero, compacto y posee 3 salidas SDI (10 bits) y 2 analógicas compuestas para NTSC con conectores BNC.

### **Digital Production Switcher Model 1200 Grass Valley**

EL Model 1200 Digital Production Switcher de GrassValley, ha sido seleccionado ya que es un mezclador y productor de efectos especiales de video digital, que ofrece características tan buenas como 10 bits en formato digital para una excelente calidad de la señal y permitiendo colocar efectos virtualmente ilimitados, con un ratio de aspecto que puede ser configurado para 4:3 o 16:9 (13.5 MHz).

Admite hasta 16 entradas de key o video digital con conectores SDI, que son suficientes para la entradas de video digital requeridas en el diseño de nuestra unidad móvil, y posee dos keyers y un downstream keyer.

Los controles de efectos de transición incluyen cut, lever arm, wipe y entre los diferentes tipos de keys logra luminance key, linear key, present pattern key, y chroma key.

Mediante una pantalla colocada en la esquina superior izquierda permite seleccionar opciones del menú para configurarlo. Además cuenta con un panel auxiliar que provee un control

remoto en las salidas auxiliares del switcher, este se conecta al frame del switcher en el puerto serial de 9 pines macho.

### **VTR de Estudio AJ-D960 DVCPRO50**

Para la grabación del programa final, repeticiones y reproducción de programas pregrabados, era necesario escoger una VTR de estudio que además de ofrecer alta calidad de imágenes en componentes 4:2:2 y por ende conectores SDI, su formato de compresión sea bajo y su degradación de imágenes sea mínima, tanto en su compresión como descompresión, fue así que se decidió para este diseño a la AJ-D960 Studio VTR, con formato DVCPRO50 caracterizado por un relación de compresión de 3.3:1, reteniendo la alta calidad de imagen que brinda el 4:2:2.

La AJ-D960 dispone de interfaces analógicas y digitales para los canales de audio a 48KHz.

Permite además grabar y retroceder(play back) entre los formatos de grabación DVCPRO50/DVCPRO en caso de necesitarlo mediante un conmutador, grabando hasta 92 minutos dentro de la cinta compacta de 1/4" AJ-5P92LP mientras en el modo DVCPRO este tiempo se duplica hasta 184 minutos. En play back

este conmutador cambia automáticamente de acuerdo a la cinta insertada. También los modos 525/625 pueden ser seleccionados en el sub-panel frontal de la VTR. Gracias a características tales como la velocidad variable de movimiento en play back, lento -1x (reverse) a 2x velocidad normal hacen de la AJ-D960 la elección sobresaliente para programas de producción.

### **Distribuidor Amplificador de Video Digital VSM-6001-S10/4 de Leitch**

Habiendo tan solo una salida del programa final surge la necesidad de que este sea grabado, controlado y/o transmitido, por lo que es imprescindible el uso de un distribuidor que posea tanto salidas analógicas como digitales, debido a que los monitores empleados en el diseño no son digitales. El número de equipos destinatarios asciende a 9 de los cuales 4 son analógicos; por lo que el DA VSM-6001-S10/4 de Leitch es el distribuidor por el que se optó, ya que este ofrece 1 entrada y 5 salidas SDI y 4 salidas de video compuesto NTSC.

### **Monitor de Video de Color de 9" Panasonic BT-S915DA**

El control visual de la señal de video, es ejecutada mediante el uso de monitores que ayudan a verificar si ésta se encuentra en

los niveles necesarios de color como en óptima calidad de resolución para ser transmitida y/o grabada, además para el desarrollo del presente trabajo se consideró que no era necesario que tuviera una interfaz serial, ya que un monitor analógico proporciona las mismas propiedades y a menor costo. Por tanto, la elección del monitor de video Panasonic BT-S915DA satisfizo estas y otras características entre las cuales podemos citar: posee la opción de escoger el aspecto de radio 4:3/16:9 para control de una variedad de fuentes de imagen, acepta señales compuestas y componentes 525/625 haciéndolo ideal para sistemas de alta resolución con formato DTV. Su tamaño permite que puedan colocarse 2 monitores en una sola unidad de rack de 19" y además de ser necesario se puede insertar una tarjeta para interface SDI. Por lo que se presenta como la mejor opción para la realización de este proyecto.

### **75 $\Omega$ Digital Video Patchbays CANARE**

En nuestro diseño se consideró la utilización de Patchbays que posea conectores BNC 75 $\Omega$  y soporten una alta tasa de bits de datos, como también aplicaciones de video analógico NTSC.

El modelo 241U-DVJW de CANARE fue la elección para dichos equipos, que previenen el corte de grabación, control y/o

transmisión durante la realización de programas en casos de emergencia. Estos optimizan espacio ya que ocupan tan solo una unidad de rack (1.75") de alto.

Sus respectivos patch cord de  $75\Omega$  modelo VPC003F son el complemento adecuado debido a su flexibilidad y durabilidad. Con tres pies de longitud aseguran comodidad y rapidez en los cambios, durante el momento de efectuarlos.

#### **AES AUDIO Multiplexer/Embedder MXA-6003 S4/4U Leitch**

Pensando en los beneficiarios, se decidió brindar todas las posibles opciones para transmitir la señal final, por lo que no podía faltar un equipo que permitiera embeber o multiplexar audio. Así el modelo MXA-6003 S4/4U de Leitch fue el equipo seleccionando para realizar esta función, insertando una o dos entradas AES dentro de una señal de 270Mb/s SDI, brindando una entrada SDI y dos entradas de 110 ohmios AES, con dos salidas BNC, permitiendo enviar la señal a dos lugares al mismo tiempo de ser necesario.

#### **Generador de Caracteres Deko 500 de Pinnacle System**

El equipo Deko 500 de Pinnacle System nos permite generar texto que se introducirá en el video para respaldo y explicación de muchas de las imágenes mostradas en la televisión. Con un

generador de caracteres podemos presentar una imagen acompañada de textos, logos y diferentes fondos según sea el tema de producción de video. En programación de noticiosa es muy usada para poner los nombres de los presentadores e incluir fondos.

A más de textos permite introducir gráficos al video de todos de todos los formatos más usuales TIF; PCX; JGP; BMP; GIF; PSD; TGA; EPS, etc.

Viene con un software configurable, permite video NTSC y PAL, tiene una entrada de video y de key tanto para digital como analógico.

### **Video Server DVCPRO PDR400 de GrassValley**

Este servidor PDR400 de video provee compatibilidad con DVCPRO. Permite la digitalización de imágenes tomadas de las cámaras y de VTRs, es un muy buen sistema de grabación de video y reproducción de los mismos. La digitalización se realiza para el almacenamiento, pues posee codec que le permiten realizar este proceso. Pero el tipo de formato a la salida es el mismo que ingresa, teniendo la particularidad de almacenar en

formato de compresión DVCPRO y reproduciendo a la salida el formato bajo el cual se obtuvo la señal de video.

Con hasta 6 codeecs DVCPRO se puede digitalizar material de cinco entradas de video, estas pueden ser cámaras o VTRs de cualquier formato simultáneamente y usar 6 canales para monitoreo.

Posee interfaces de red para conectores de fibra óptica, logrando de esta manera una transferencia rápida y en tiempo real de la compresión realizada.

Posee de 16 a 32 canales de audio en estándar digital, AES/EBU, embebido y también analógico. Las interfaces usadas para audio digital son XLR216 Breakout Box, BNC216 para Audio Analógico PAC216.

Usa un software específico que puede ser actualizado, el server en sí es un mainframe, y necesita de un monitor, teclado y mouse. El almacenamiento interno es de 18 GB Ultra-SCSI drives.

Maneja un ancho de banda de 30 Mb/s, posee cuatro o seis canales de video DV25, dos o tres DV50. en lo que respecta a

canales de lectura/escritura, tiene 4 canales separados. Soporta 5, 10, 15 ó 20 drivers de 18 GB.

### **Waveform Monitor WFM601M de Tektronix**

Aunque la mayoría de los equipos de video poseen circuitos de ajuste automático para el nivel de audio y video, dichos controles están programados para realizar ajustes muy básicos, y seguramente no son los mas adecuados para un acabado profesional.

Para poder examinar y controlar estos parámetros técnicos necesitamos algunos equipos especiales. En esencia se requiere de dos equipos para monitorear y controlar la señal de video: el monitor forma de onda y el vectorscopio.

El monitor forma de onda mide y despliega una gráfica del nivel de brillo o luminancia de la señal de video; el vectorscopio mide la información de color como un vector con magnitud y ángulo.

Generalmente, estos son aparatos separados; sin embargo, en algunos casos ambos pueden estar integrados en un solo monitor como en el caso del equipo de Tektronix WaveForm Monitor WFM601M que sugerimos en este proyecto, la señal de

video necesita un monitoreo continuo, pues cualquier variación afectaría grandemente la perfecta visualización del vídeo.

Este monitor de forma de onda permite visualizar señales de un ancho de banda desde 50Khz a 300 MHz, tiene una interfaz SDI para recibir la señal que se selecciona en el routing switcher para su control, también tiene entrada para monitoreo de la señal de audio embebido y reporta distintos errores que se presenten en la señal.

### **3.2. Equipos De Sincronización**

Para una perfecta sincronización en nuestro sistema de producción se han seleccionado equipos que cumplen con características de control en su funcionamiento, tanto en lo que respecta a control de ganancia, de picos de voltaje, y diagnóstico teniendo como resultado de esto una muy buena eficiencia en el desempeño de los mismos, además el equipo de sincronismo seleccionado permite tener listo un sistema de backup para entrar en funcionamiento automáticamente cuando ocurre algún inconveniente.

Las especificaciones técnicas de cada uno de ellos se encuentra descrita en el apéndice A.

Los equipos a usarse son los siguientes:

Distribuidor De Genlock El Génesis VDA-6001

SPG422D Generador De Sincronismo

ECO422 Change Over

### **Distribuidor Génesis VDA-6001 – v13 de Leitch para Genlock**

El Génesis VDA-6001 – v13 es un distribuidor de video, es el que sugerimos para usarse en lo que respecta a distribuir la señal de Genlock hacia los equipos que la requieren.

Puede tener uno o dos canales para distribuir video analógico, el que se requiere en nuestro caso es el de un canal de ingreso, es decir, una entrada de señal analógica con el propósito de repartir la señal que recibe a diferentes puntos sin alterarla.

Este equipo incluye control de ganancia y no permite que la señal se degrade al distribuirse, pues el control de ganancia amplificará si es necesario cuando se haya producido alguna pérdida en la misma.

El modelo seleccionado provee 13 salidas de la misma señal que se ingresa, que para nuestro caso es lo ideal, porque se tiene que repartir la señal de sincronismo tanto en CCU's, VTRs, Video Server y Switch de Producción.

A más del control de ganancia, tiene un control de picos de voltaje lo que lo hace más eficiente aún.

Tiene un puerto de diagnóstico serial, se puede acceder a la información y control a través de un computador personal remoto vía serial.

### **SPG422 Generador De Sincronismo**

Este es un generador de sincronismo ideal para la transición de estudios de televisión analógicos a digitales. Se necesita una sincronización perfecta entre equipos que aún funcionen con la mezcla de los dos formatos.

Provee dos modos de funcionamiento en el modo de estándar simple, la salida de black burst se permite para NTSC 525/60 y para PAL 625/50. Si se trabaja en el modo dual a más de la

salida de Black Burts tenemos las salidas: Serial Digital Color Bars, Serial Digital Test Signal y AES/EBU Digital Audio.

El SPG422 tiene una alta exactitud, tiene un sistema de referencia interna, este nivel de rendimiento hace que se pueda usar como master en muchas aplicaciones.

Las señales digitales de salida permiten obtener el Burts, una señal de test, una señal para sincronismo de audio digital.

#### **ECO422 Change Over**

El ECO422 es una unidad de chageover designada para uso en el proceso de producción de televisión. Acepta señales de video compuesta y componentes y audio digital, tres niveles de sincronismo y una señal analógica de blackburst, esto hace que sea ideal para la mezcla de ambos formatos.

Permite 11 configuraciones de canal, pues recibe del equipo primario o master SPG422 5 salidas y del equipo de backup 5 salidas y su propia salida.

La configuración es por un switch interno, que se encargará de hacer el cambio hacia el equipo SPG422 que funciona de backup

cuando exista una operación crítica de la salida generada por el equipo master SPG422. Esta selección es automática si funciona en el modo switch-on –fault, sin embargo en el peor de los casos, si fallaran ambos equipos, este equipo no alterna entre las dos fuentes, esta función podría ser invalidada por la selección de fuente manual de sincronismo, facilitando periodos de prueba de la función de changeover.

Existe un panel frontal para seleccionar el modo de operación, tiene leds indicadores de fallos, y también se puede acceder a este vía remota usando la interfaz RS232.

### **3.3. Equipos de Audio**

Estos equipos se seleccionaron por la necesidad de contar con un sistema de audio profesional que ocupara poco espacio y contara con la diversidad necesaria para elegir el tipo de audio a transmitirse analógico o digital (AES/EBU o embebido).

Las especificaciones técnicas de cada uno de ellos se encuentra descrita en el apéndice A.

Los equipos que forman parte de este diseño son los siguientes:

Mixer de audio digital 324 LIVE de SOUNDCRAFT.

Híbrido con extensor de frecuencia TH-02 EX Mk-II de AEQ.

Headphone T50-RP de FOSTEX.

Estación receptora inalámbrica T4N de SHURE.

Emisor de mano T2 de SHURE.

Computador AcerPower Sd.

Distribuidor de audio digital AES/EBU AES-3981-B de LEITCH.

Distribuidor de audio Analógico ADA-16 de VIDEOTEK.

Teléfono Panasonic KX-TS5LX.

Estación de monitoreo RM-1 de FOSTEX.

Micrófono alámbrico Shure PG58.

### **Mixer de audio digital 324 LIVE de SOUNDCRAFT**

Este equipo fue seleccionado por la característica de versatilidad en el tipo de audio tanto en su entrada como en su salida (dispone de salidas tanto analógicas como digitales), es así, como tenemos 16 entradas analógicas balanceadas o desbalanceadas, 16 entradas digitales tipo T-DIF que pueden convertirse en tipo analógico o AES/EBU dependiendo de la interfase opcional que se instale, 4 salidas auxiliares, 4 grupos de salida asignables libremente a cualquier grupo de entradas, una salida MIX con canal izquierdo y derecho, dos salidas flotantes

monofónicas (FL1 y FL2), una salida AES/EBU estereofónica asignable a la salida MIX, AUX 1-2 , AUX 3-4 o FL1-FL2.

El procesamiento de la señal en su interior es íntegramente digital con 24 bits de muestreo en cada una de sus entradas analógicas, esto permite que la designación, configuración y manejo de todas sus entradas sea totalmente automático; por ejemplo se puede realizar la copia de la configuración de una entrada y asignársela a otra sin necesidad de tener que configurarla de nuevo, memoriza distintos tipos de configuración y asignación que pueden ser cambiados o probados sobre la marcha sin perturbar la señal de salida.

#### **Híbrido con extensor de frecuencia TH-02 EX Mk-II de AEQ.**

Con el propósito de contar con un sistema para el caso de programas en vivo que contara con la participación del público vía telefónica se escogió este sistema híbrido que permite la conexión de dos líneas telefónicas adaptables a sistemas de audio analógico con entrada y salida de programa ( dos o cuatro hilos) balanceada por transformador.

Las funciones que ofrece este dispositivo son las de dejar en línea de espera la llamada entrante, puesta al aire de la señal de salida, cambio de dos a cuatro hilos y supresión del eco.

#### **Headphone T50-RP de FOSTEX.**

Para uso del sonidista se dispuso el uso de audífonos estereofónicos profesionales que contara con eficiencia en la reproducción del sonido, alta sensibilidad, rango de baja frecuencia extendido y sobre todo que sea ligero.

#### **Estación receptora inalámbrica T4N de SHURE.**

Este receptor se escogió por la configuración tipo diversity que le da la capacidad de recibir la señal proveniente del emisor con cualquiera de sus dos antenas o con las dos al mismo tiempo entre sus características principales encontramos:

Indicador de alimentación: Se ilumina en verde cuando se conecta la alimentación del receptor.

Indicador de señal RF. Se ilumina una de las dos luces indicadoras cuando la antena A o B recibe RF.

Control de volumen: Ajusta el volumen de salida del receptor. No afecta al indicador TRANSMITTER AUDIO PEAK (picos de audio del emisor).

Antena(s) telescópica(s): Recibe las señales del emisor.

Salida de audio: Proporciona señal de nivel de micrófono para su conexión a amplificadores o consolas mezcladoras. Jack de auriculares de 1/4 plug y conector XLR macho.

Control de silenciamiento: Este control ha sido ajustado en la fábrica y normalmente no requiere ajuste.

Entrada de alimentación: Acepta alimentación del adaptador de CA que se incluye.

Retenedor del cable de alimentación: T4N solamente. Fija el cable del adaptador de alimentación CA al receptor.

### **Emisor de mano T2 de SHURE.**

Este emisor se adapta al micrófono PG58 y su señal puede ser captada por el emisor T4N de SHURE entre sus principales

características tenemos:

Interruptor de encendido. Está empotrado para evitar apagar el emisor de forma accidental. Indicador de alimentación. Se ilumina en verde cuando está conectada la alimentación.

Indicador de descarga de batería. Se ilumina en rojo cuando a la batería le queda carga para una hora o menos, por lo que debe cambiarse.

Interruptor de silenciamiento. Póngalo en la posición ON para que el emisor funcione normalmente. Póngalo en la posición MUTE para evitar que se transmitan sonidos hacia el receptor. Al silenciar el emisor, no se corta la alimentación.

Control de ganancia de audio. Le permite ajustar el emisor según la intensidad de su voz. Se suministra un destornillador pequeño para hacer los ajustes. Batería alcalina de 9 V (se muestra instalada). Alimenta el micrófono-emisor. Cubierta de la batería. Se desenrosca para dar acceso a la batería alcalina de 9 V y al control de ganancia.

### **Computador AcerPower Sd.**

La AcerPower Sd incluye lo último en procesadores, memoria DDR-SDRAM y gráficos VGA integrados a la tarjeta principal para el éxito de aplicaciones.

AcerPower Sd tiene lo más avanzado en memoria y poder de procesamiento, además está equipada con opciones de expandibilidad muy convenientes. Puede mejorar el desempeño de los gráficos añadiendo una tarjeta AGP adicional, conectar un CD-R externo de alta velocidad o también un scanner; añadir puertos IEEE 1394 (FireWire) a través de sus tres ranuras PCI e incrementar la memoria DDR-SDRAM a 2GB con sus dos ranuras adicionales.

### **Distribuidor de audio digital AES/EBU AES-3981-B de LEITCH.**

Para destinar la salida de audio digital tipo AES/EBU desde el mixer hacia los diferentes equipos de transmisión este distribuidor posee ocho salidas tipo monofónicas o cuatro salidas tipo estereo con conectores tipo XLR balanceado 75Ω.

**Distribuidor de audio Analógico ADA-16 de VIDEOTEK.**

Para destinar la salida de audio analógico desde el mixer hacia los diferentes equipos ya sean de producción o transmisión este distribuidor posee seis salidas tipo monofónicas o con conectores tipo XLR balanceado  $600\Omega$ .

**Estación de monitoreo RM-1 de FOSTEX.**

Este equipo es seleccionado principalmente porque ocupa poco espacio una unidad de rack además de eso posee 2 entradas estereofónicas de audio balanceadas que permiten conectores tipo XLR o TRS, selección de los canales de entrada a monitorear, control de ganancia tipo estereo, jack de conexión para audífonos, indicador de presencia de la señal, 2 amplificadores internos cada uno con 15W de salida.

**3.4. Equipos de intercomunicación**

Los equipos que han sido seleccionados y que se proponen para el desarrollo de este proyecto, en el área de intercomunicación, son todos de la marca ClearCom con excepción del teléfono y el micrófono que son marca Panasonic y Shure respectivamente. Esto se debe a la gran experiencia, confiabilidad y atención a los

detalles, que hacen de esta compañía la elegida para sistemas de comunicación profesional alrededor del mundo.

Las especificaciones técnicas de cada uno de ellos se encuentra descrita en el apéndice A.

Los equipos que forman parte de este diseño son los siguientes:

Estación de intercomunicación de 4 canales MS-440

Equipo de intercomunicación inalámbrica UHF WBS-670

Sistema de Control Inalámbrico UPX-10, RCV-2

Sistema de Interfase Universal (Híbrido) AC-10H

Beltpacks RS-501

Beltpacks inalámbricos WTR-670

Receptores inalámbricos para los talentos RCV-2

Headsets de 2 orejas CC-260

Headsets de 1 oreja CC-95

Audífonos monoaurales pequeños TS-1

Teléfono

Micrófono

A continuación se expone los criterios bajo los cuales se seleccionaron estos equipos y una breve descripción de los mismos:

**Estación de Intercomunicación de 4 canales MS-440 (4-Channel intercom Stations)**

Para una comunicación completa entre los productores, control técnico, sonidista y todo el equipo de trabajo que involucra una unidad móvil, el MS-440 de 4 canales independientes, es el equipo ideal para lograr este propósito; proveyendo una flexibilidad y facilidad en operación, permitiendo agrupar por cada canal el personal cuyo trabajo conserva mutua relación, considerando la variedad de eventos que pueda suscitarse. Así mediante la conexión de un headset o por un micrófono opcional (gooseneck) el productor general o director de cámaras puede coordinar con todo el equipo de trabajo, poseyendo en el panel frontal la capacidad de programar cada uno de las salidas de sus canales cuyos conectores son XLR-3M.

Pudiendo llamar a cada usuario del respectivo canal con el botón "CALL" o hablarle a todos con el botón "ALL TALK", ó oprimir el botón "LISTEN" para escuchar lo que los usuarios de

cada canal desean decirle. Si se programa seleccionando el botón "AUTO-TALK/LISTEN" le permite hablar y escuchar al mismo tiempo cuando el botón "TALK" es oprimido. Si se desea enlazar los canales B, C y/o D a el canal A para crear una Super Party Line, se debe oprimir el botón "LINK" permitiendo controlar los otros canales a partir de este canal.

Debido a las ventajas que ofrece la estación de intercomunicación MS-440 se presenta como la mejor opción para este proyecto y para la dirección de un programa.

#### **Equipo de intercomunicación inalámbrica UHF WBS-670**

Pensando en proporcionar comodidad y facilidad de movimiento al personal que trabaje fuera de la unidad móvil de producción, se prefirió elegir un equipo inalámbrico que además de brindar dichas características, opere en un amplio rango de frecuencias seleccionables y donde la comunicación full duplex sea un requerimiento, de tal modo que el personal que incluye camarógrafos, coordinadores y encargados de la iluminación, pudieran estar comunicados permanentemente con su respectivo dirigente.

Por tanto, el equipo de intercomunicación inalámbrica UHF WBS-670 de ClearCom, es el dispositivo necesario para este diseño, suministrando por cada estación base cuatro beltpack inalámbricos WTR-670, que pueden ser conectados vía la estación base, a un canal de un equipo de intercomunicación alámbrico, que para nuestro diseño es el MS-440.

Su rango de frecuencia se encuentra entre 518 – 740 MHz. Con una separación de 18MHz para los beltpack.

Una pantalla LCD en el panel frontal de la estación base, muestra la información de los canales y sus frecuencias y permite la programación de los beltpacks, dando total control sobre ellos. Además si se desea, se puede conectar un headset a el panel frontal para comunicarse con los beltpacks inalámbricos o con el sistema de intercomunicación alámbrico.

### **Sistema de Control Inalámbrico UPX-10, RCV-2 y TS-1 (Wireless Cue/IFB System)**

El sistema de control inalámbrico de Clearcom está diseñado para los talentos (actores o presentadores del programa de TV) en nuestro diseño. Consiste de una estación base transmisora,

modelo UPX-10 y de receptores portátiles inalámbricos, RCV-2. Dándole al talento la total movilidad y flexibilidad necesaria para un libre desempeño en el escenario. Proporcionando una comunicación confiable entre el coordinador de talentos y los talentos. Mediante el uso de un micrófono conectado en el panel trasero (XLR-3F) del UPX-10 con calidad profesional de audio el coordinador de talentos podrá dar las indicaciones necesarias durante el desarrollo de un programa. Las frecuencias de operación del UPX-10 es desde 169 hasta 216MHz.

El receptor RCV-2, de dos canales seleccionables, puede ser configurado para el UPX-10 en un canal y un equipo de intercomunicación inalámbrico en el otro si se desea(en este diseño no es utilizado), debido a su compatibilidad con otros sistemas Clearcom. Además posee un conector minijack monoaural de salida de audio donde se conectará un audífono TS-1 para el talento.

### **Sistema de Interfase Universal AC-10H**

Previendo que podría suscitarse, que la coordinación de algún evento pueda darse vía telefónica, era por tanto necesario implementar dentro de nuestro diseño de intercomunicación de la

unidad móvil, un equipo versátil con interfase híbrida que conecte los sistemas ClearCom a una variedad de sistemas de comunicación, que en nuestro caso es la línea telefónica de 2 hilos a 3 hilos, siendo ésta última la entrada al canal del MS-440.

En base a lo anterior, se seleccionó el AC-10H de ClearCom, que trabaja con un par de líneas de teléfono dedicadas, pudiendo alimentar la línea telefónica directamente a través del AC-10H al MS-440 y permitiendo marcar o realizar llamadas telefónicas.

Además trabaja con sistemas de 3 o 4 hilos proporcionando otras facilidades de conexión con otros sistemas de intercomunicación que no se han considerado para este diseño, pero que se toman en cuenta en caso de necesitarlos.

### **Beltpack RS-501**

El beltpack RS-501, reúne las características planteadas para la selección del este equipo: excelente calidad de audio, ideal para ambientes de alto ruido, duradero, 1 canal de audio con conectores XLR-3M, loop-through, con conexión a un headset y fácil operación.

Estos beltpacks que son asignados al director de cámaras, control técnico, control de grabación y sonidista, han sido diseñados especialmente para medios de televisión donde el ruido del entorno pueda afectar la calidad de audio, lo suficientemente robustos de tal modo que puede sobrevivir una caída de 60 pies y están hecho de un material ultra duradero HDS compuesto.

Su compacta medida y peso ligero hacen de este beltpack un equipo confortable para extensivos periodos de trabajo.

### **Headsets CC-260 y CC-95**

Siendo los headsets, equipos generalmente estropeados debido al constante uso que se les da y la importancia que tienen para la comunicación entre personal, era por tanto necesario seleccionar headsets de alta durabilidad, comodidad y una excelente calidad de audio profesional.

Por tanto, los modelos CC-260 de dos orejas y el CC-95 de una oreja son los headsets que cumplen con los requisitos establecidos anteriormente, ya que están contruidos con

materiales de alta durabilidad, con plástico ABS recubriendo las orejeras, pudiendo soportar el deterioro debido a las caídas, y extremo uso y esta fuerte construcción es la que protege los transductores internos del daño. Además de esto, el boom arm está diseñado para la cancelación del ruido en el micrófono, y posee una rotación de 300 grados, permitiendo al usuario posicionar el micrófono del lado izquierdo o derecho. El micrófono tiene baja susceptibilidad al viento, la respiración y ruido producido por el manejo. El CC-260 tiene separado los alambres del earphone para usos estereo o binaural "split ear" y ambos poseen conectores de XLR-4M.

### **Teléfono Panasonic KX-TS5LX**

El KX-TS5LX es un buen teléfono con control de volumen de 6 niveles para sonidos más nítidos. Ahorra espacio y puede instalarse en la mesa/pared, y es el apropiado para nuestro diseño. Posee: selector de timbre de 3 niveles (alto, bajo y desconectado); rediscado de un toque (para rediscar el último número discado, útil cuando trata de llamar a un número ocupado o que no contesta); control de volumen de 6 niveles (permite controlar el volumen de audio para escuchar la conversación) y no es muy voluminoso.

### **Micrófono alámbrico Shure PG58**

Pensando en la elección de un micrófono que sea de fabricación resistente, con baja susceptibilidad a los feedbacks, que acentúe la claridad de las voces, dinámico unidireccional (cardioide), cuya dispersión polar de cardioide aisle la fuente sonora principal a la vez que reduzca al mínimo los ruidos de fondo y los ruidos causados por el viento y por el aliento, se eligió el modelo PG58 de Shure, que además posee un sistema de montaje resistente a choques y una rejilla de malla de acero que garantizan su durabilidad aún en condiciones de mal maltrato al aparato y conectores XLR-3 con su respectivo cable incluido.

Es por estas ventajas que se incluyó este micrófono alámbrico en la lista de equipos a utilizarse en intercomunicación.

## **3.5. Equipos de Transmisión**

### **3.5.1. Vía Satélite**

Siendo uno de los requerimientos del diseño el emplear una estación terrena portátil (Flyaway), se procedió en la búsqueda de compañías que proporcionaran este diseño.

Así, luego de la misma, se llegó a escoger Microwave Radio Communications (MRC), por ofrecer la integración

de equipos exactos, para proveer un perfecto enlace que puede operar en cualquier parte del mundo, con características tales como durabilidad, calidad, sistema confiable y una capacidad de transmisión superior a las demás.

Las especificaciones técnicas de cada uno de ellos se encuentra descrita en el apéndice A.

El Flyaway de MRC, consta de los siguientes equipos que operan en banda C y Ku:

Antena flyaway 2.4m VertexRSI

Amplificador de alta potencia (High power Amplifier) de Banda C (5.725-6.725GHz) SatCom HPA 1705 A

Amplificador de alta potencia (High power Amplifier) de Banda Ku (13.75-14.5GHz) SatCom HPA-1413 A

Up Converter Band C(5.725-6.725GHz) MITEQ U-9693-6

Up Converter Band Ku(13.75-14.5GHz) MITEQ U-9696-3L

MPEG-2 Encoder-Modulator Scientific Atlanta Saturn MK II

3 Monitor de color analógico Video / audio AVMP-1 de Panorama dtv

Analizador de Espectro FSEM30 de Tektronik

Integrated Receiver Decoder (IRD) Scientific Atlanta  
Stellar IRD Mk II

1 LNB Banda C(3.4-4.2) 3000FB Norsat International Inc  
Distribuidores de audio analógico ADA-3981 y audio digital  
AES/EBU AES-3981-B

Los cuales se describen brevemente a continuación:

### **Antena flyaway 2.4m VertexRSI**

En la búsqueda de una antena que garantizara un buen enlace y que la misma pueda transmitir en las bandas C y Ku, se encontró que la antena de 2,4 m modelo flyaway de Vertex era la adecuada por estar diseñada para transmitir en ambas bandas, además de proveer bajos lóbulos laterales y ser compatible con INTELSAT y EUTELSAT, con quienes se realizaría los cálculos del enlace.

Esta antena portátil consiste de un reflector de fibra de carbón, la cual hace de ella ligera en peso, y una estructura de aluminio que la soporta.

## **MPEG-2 Encoder-Modulator Scientific Atlanta Saturn MK II**

Para la selección del compresor y modulador, era requisito buscar equipos ideales para contribución. El uno, que comprima la señal utilizando MPEG-2 y el otro que ofrezca modular en QPSK, 8PSK, 16QAM (todas las modulaciones en DVB).

Ambos requerimientos fueron agrupados en un solo equipo provisto por Scientific Atlanta, este es el MPEG-2 Encoder-Modulator Saturn MK II. Cuyas entradas de video y audio, nos permiten ofrecer en nuestro diseño, todas las posibles opciones al gusto del operador, ya sea que se desee transmitir video digital 4:2:2 (SDI) comprimido con audio analógico, audio digital o audio embebido, usando los distintos tipos de modulación digital QPSK, 8PSK o 16QAM.

Además de ser muy compacto (2RU), es compatible con otros equipos que no pertenezcan a Scientific Atlantic, brindando a la salida del modulador una interfase de 70MHz (BNC).

### **IRD (Integrated Receiver Decoder Scientific Atlanta Stellar IRD Mk II)**

El control de la señal del enlace de subida, se la realiza a través de un IRD(Integrated Receiver Decoder Scientific Atlanta Stellar IRD Mk II).

Este receptor demodula y descomprime, la señal entrante en banda L (950 a 2150 MHz) ofreciendo a su salida alta calidad de video compuesto(NTSC/PAL) o digital(SDI) con audio embebido incluyendo el genlock y audio analógico o digital.

Además realiza automáticamente la detección del espectro y la tasa de código con un control del BER y Eb/No.

Este equipo es totalmente compatible con otros y su tamaño compacto de 1RU, nos permite el ahorro de espacio en nuestra unidad móvil.

**Amplificador de alta potencia (High power Amplifier)  
de Banda C (5.725-6.725GHz) SatCom HPA 1705 A y  
Banda Ku (13.75-14.5GHz) SatCom HPA-1413 A**

Ligeramente pesados, estos HPA's TWT Satcom, han sido seleccionados por brindar la potencia necesaria para un perfecto enlace de contribución, en nuestro diseño satelital en banda C y Ku respectivamente.

Su conveniente tamaño de 3 unidades de rack, reduce el espacio a utilizarse. Asimismo todos los parámetros de RF pueden ser controlados en el panel frontal y su diseño está realizado de manera tal que asegura una fácil reparación.

**Up-Converter Banda Ku(13.75-14.5GHz) MITEQ U-9696-3L y Banda C(5.725-6.725GHz) MITEQ U-9693-6**

Los Up-Converters de MITEQ banda Ku y banda C, son equipo ideales para aplicaciones de transmisiones de video, ENG/SNG, que cubren las bandas desde 13.75 a 14.5GHz y 5.725 a 6.725GHz respectivamente. Estos equipos entregan a sus salidas, doble frecuencia: 70MHz y la opción de 1140MHz, proveyendo interfaces para todos

los tipos de módems, haciendo de ellos, los equipos necesarios para nuestro diseño satelital. El modelo U-9696-3L banda Ku brinda una salida en banda L; capacitando al operador para controlar la señal de subida en un receptor o en un analizador de Espectro.

**Monitor de color analógico Video /audio AVMP-1 de Panorama dtv**

VAMP-1 ofrece la capacidad de controlar audio y video analógico en un solo equipo contenido en 2 unidades de rack, reduciendo efectivamente el espacio, haciendo de él el equipo oportuno para el presente proyecto.

Con su pantalla LCD de 4" facilita el control de video analógico NTSC y la sección de audio analógico tiene un solo grupo de dos canales esteros, cada canal con la opción de loop-through. Además de brindar la opción de un jack para headphones y entrada de audio externo.

**LNB Banda C(3.4-4.2) 3000FB Norsat International Inc.**

Se consideró colocar un LNB en nuestro diseño con la finalidad de asegurar que la señal transmitida esté siendo

enviada correctamente, con una potencia y un ancho de banda adecuados.

La razón de ser en banda C, es porque el up-converter de la misma frecuencia no ofrece una salida en banda L para realizar el control deseado en dicha frecuencia, como lo ofrece el up-converter en banda Ku, escogiendo de esta manera al LNB Banda C(3.4-4.2) 3000FB Norsat International Inc, por brindar la banda deseada además de poseer una temperatura de ruido de 20°K lo que nos brinda un mejor G/T.

### **Analizador de Espectro FSP3(9KHz-3GHz) de Tektronik**

Con el objetivo de realizar el respectivo control a la portadora saliente, un analizador de espectro fue considerado para nuestro diseño. El mismo que cubre la banda L (950-1450MHz), visualizando la situación de la portadora durante la transmisión de la señal, en banda C como en Ku, a la salida del LNB y del Up-converter respectivamente.

De esta manera se redujo los costos que representaría el hacerlo con un rango mayor de frecuencia, y realizando las mismas funciones.

### **Distribuidores de audio analógico ADA-3981 y audio digital AES/EBU AES-3981-B**

Las señales de audio recibidas en la unidad móvil de transmisión satelital, no son suficientes para poder abarcar las entradas necesarias a los equipos que requieren de audio ya sea analógico como digital, por tanto fue necesario utilizar distribuidores que ayudaran repartiendo el audio a los equipos correspondientes, así se seleccionó los distribuidores ADA-3981 analógico y AES-3981-B digital de Leitch.

### **Splitters RF ZA2CS-10-20W y Splitter IF ZFSC-2-1 de dos caminos de Mini-Circuits**

Con la necesidad de suministrar a la entrada de los up converters (banda C y Ku) y de monitorear en banda L al mismo tiempo, en el analizador de Espectro, como en los IRD's, se buscó, splitters que estuvieran dentro de los rangos de frecuencia requeridos (70MHz y 950-1440MHz),

y que además las pérdidas de inserción sean bajas; se halló los Splitters RF ZA2CS-10-20W y Splitter IF ZFSC-2-1 de dos caminos fabricados por Mini-Circuits, los cuales poseen pérdidas de inserción típica de 0.2 db y 0.5 db máximo.

### **3.5.2. Vía Microonda**

#### **Unidad de Control de Transmisión (TCU)**

El modelo llamado STRATA de Microware Radio, ofrece una Unidad de Control de Transmisión (TCU) que provee compresión MPEG2 y modulación COFDM.

Trabaja junto con la unidad de transmisión (TXU) y con el High Power Unit (HPU) del modelo STRATA.

Para el control se usa un panel frontal, tiene la alternativa de poder ser monitoreado remotamente a través de una Computadora conectada al un puerto RS232, pues contiene un software para el monitoreo.

Posee una entrada de video digital SDI, dos entradas para audio embebido , una para audio analógico y otra para video analógico.

Comprime en MPEG-2 4:2:2 P@ML ó en MPEG-2 4:2:0 P@ML, se puede escoger entre ambos, en el primer caso, lleva el video a velocidades de 2-30 Mbits y para el segundo caso de 1.5 a 15 Mbits.

La modulacion la realiza en COFDM llevando la frecuencia a 70 Mhz, con la opción de escoger entre 6 Mhz, 7Mhz, u 8 Mhz, permite también modular en QPSK, 16QAM, 64 QAM. Lo que respecta al FEC se lo puede seleccionar entre:  $2/3$ ,  $3/4$ ,  $5/6$ ,  $7/8$ .

Las especificaciones técnicas de cada uno de ellos se encuentra descrita en el apéndice A.

### **Unidad de transmisión (TXU)**

La unidad de transmisión (TXU) es un transmisor que recibe entradas de frecuencia intermedia para llevarlas a frecuencia de Radio (RF). Tiene la facilidad de funcionar sólo o como una parte integrada del modelo STRATA, es decir junto con el TCU y el HPU.

Posee un panel frontal para el control y operación, puede conectarse también a un computadora personal a través de un puerto RS232, para una operación remota cambiando ciertos parámetros y seleccionando otros

Posee un conector tipo "N" de RF para conectar el cable que va hacia la antena o para conectar ésta directamente, acepta una variedad de modelos de antenas.

Tiene una entrada de video tanto para señal compuesta analógica, como para la señal digital SDI, la frecuencia de salida es de 2 a 15 Ghz, posee cuatro canales de audio mono y dual stereo.

### **High Power Unit (HPU)**

EL High Power Unit (HPU) de STRATA provee potencia adicional de salida para el transmisor TXU. Se conecta al TXU a través de un simple cable para RF.

El HPU se ofrece en dos modelos, el modelo HPU-OB, puede ser montado como parte del modelo STARTA, junto con la unidad de transmisión TXU y con Unidad de control

de transmisión TCU y el modelo HPU-ENG que se aplica para aplicaciones que requieren la separación de hasta 100 pies entre TXU y HPU, para el caso de nuestro proyecto, se sugiere el uso del primer modelo explicado.

Usa un conector "N" tipo RF provisto por el cable o directamente al montaje de la antena, tiene un adaptador Twist Lock Adapter montado sobre el conector RF para aceptar una variedad de antenas parabólicas o MegaHorn.

El rango de entrada DC es de 11 Vdc a 48 Vcd, a través de un un conector RS485 se une con el TXU. Para frecuencias de 1.9 a 2.7 Ghz la Potencia de salida para modo QPSK es de 37 dBm. Tiene led indicadores de DC Power, RF Power (Front Panel).

### **3.6. Vehículos**

Los vehículos fueron seleccionados principalmente por su capacidad de carga luego por su precio, además de esto presentan detalles mecánicos de interés que mencionamos a continuación; otras características se presentan en el apéndice A

## **KIA PREGIO**

La Pregio con líneas más redondeadas mejoran tanto su comportamiento aerodinámico como su estética. Está impulsada por un motor diesel de 2.665 cc, capaz de entregar 83 CV a 4.150 r.p.m., con un torque máximo de 17,5 kgm a 2.400 r.p.m.

Su economía de consumo sumado a un tanque de 65 litros le otorgan una buena autonomía. Con tracción trasera y caja manual de 5 velocidades, la versión minibús para 12 pasajeros tiene reloj digital, levanta cristales delanteros eléctricos, cierre centralizado, aire acondicionado y calefacción con controles individuales atrás y adelante, equipo de audio con 4 parlantes, apertura interior de tanque de combustible y cinturones de seguridad inerciales.

## **Chevrolet NPR71P**

el modelo NPR presenta un motor de tipo diesel 4.57 cc con salida máxima de 119.4HP a 2.850 rpm con un par máximo de 33.2 Kg a 1.800 rpm; caja manual de 6 velocidades adelante y 1 reversa, radio de giro mínimo de 6.2m, suspensión delantera y trasera, cabina tipo inclinable, dirección de potencia con relación 21.9:1; instrumentación completa en cabina, sistema de

ventilación, freno de estacionamiento, freno de motor y capacidad de carga de 4960kg.

### **3.7. Equipos Eléctricos**

Cada uno de estos equipos fueron seleccionados en base a cálculos realizados previamente.

Las especificaciones técnicas de cada uno de ellos se encuentra descrita en el apéndice A.

#### **UPS (Comett Extreme de MGE) tipo torre de 6KVA**

Para el sostenimiento temporal de la energía se escogió este equipo por las características que mencionaremos a continuación:

Amplio rango de entrada de 84 a 264 voltios, facilidad de conexión con equipo generador, gran capacidad de sobrecarga, posibilidad de extender su unidad de batería, carga total en 2 horas y cuarenta y cinco minutos, nivel de ruido de 45dBA, sistema inversor libre de transientes, entrada y salida de voltaje independiente, eficiencia de potencia del 93%, tiempo de

duración de 9 minutos a carga completa, conexión en cascada o paralelo, comunicación via interfase RS232 o USB.

Este equipo esta formado por tres partes, un modulo electrónico, un modulo de batería y un modulo transformador. Si se desea aumentar el tiempo de duración de la batería, se pueden adicionar hasta cuatro módulos de batería, que le permiten una duración de hasta una hora y trece minutos a carga completa.

### **Sistema generador de energia (EX5500 de HONDA)**

Este generador tiene como característica más importante, bajo nivel de ruido lo que permite su utilización en sistemas de tipo electrónico, arranque eléctrico del motor (GX360), potencia de salida de 5.5KVA para 230V y sistema automático de regulación de voltaje.

### **Equipos de Iluminación**

En la práctica, la selección de la fuente y del equipo depende tanto de razones económicas como de la naturaleza de la tarea visual y del contorno. La extensión y forma de la zona a iluminar, la reflectancia de las paredes techos y suelos, las horas de funcionamientos anuales, la potencia nominal y otros factores

menos importantes deben tenerse en cuenta al seleccionar el equipo Idóneo que habrá de ser económico tanto por su funcionamiento como por su instalación.

El grado requerido de fidelidad de color es también importante en la elección de la fuente de la luz. Por esta razón se decidió utilizar lámparas fluorescentes por el bajo consumo de potencia y calidad de iluminación, las de 36W para la sección de producción y control técnico, en las otras áreas se decidió utilizar lámparas de 18 W por cuestiones de espacio.

### **Equipos de aire acondicionado**

En el mercado existe una amplia variedad de diferentes equipos de aire acondicionado, son solo dos modelos realmente diferentes uno del otro, los modelos compactos o de paquete y los split.

#### **LM-2421C2L aire acondicionado tipo multisplit**

Un sistema Split, comprende una parte exterior y una parte interior. El compresor y el condensador se ubica al exterior como un solo equipo, mientras que la unidad evaporadora se instala en

el interior. La unidad interior comprende un evaporador y un ventilador para dirigir el aire frío, ambas unidades se conectan mediante las líneas de refrigerante.

Las unidades multi-split comprenden varias unidades interiores conectadas a una unidad exterior. Hay muchas configuraciones posibles según el número y tipo de unidades interiores que se pueden conectar a la unidad exterior. Para el caso del modelo seleccionado este consta de 2 unidades de evaporación.

Pueden generar hasta 24000 BTU/h, para su funcionamiento necesita un voltaje de 220 V. Trabaja con una o con dos unidades internas, para nuestro caso deberá trabajar con las dos unidades internas, es preferible el uso de sistemas split porque debido a que el compresor se encuentra fuera, permite que el ruido generado por el mismo no cause molestias en el interior.

Este sistema es el que se usa en la unidad móvil satelital, cada una de las unidades internas de ventilación generan un flujo de 540 m<sup>3</sup>/h.

Estas unidades internas hacen las veces de los difusores, pues cumplen las mismas características respecto al área y al flujo de aire que envían.

### **LM-3022C3L aire acondicionado tipo multisplit**

Este también es un sistema multisplit como el explicado anteriormente, pero en este caso tenemos 3 unidades internas, cada una puede generar 9.3 m<sup>3</sup>/min, es decir aproximadamente 558 m<sup>3</sup>/h, que si cumple con el flujo de aire requerido que es 328.32 m<sup>3</sup>/h. por cada unidad de ventilación. El área de los difusores por dónde se envía el aire frío, en caso de usar rejillas es también aproximadamente igual al tamaño de las unidades internas, por lo tanto simplemente se instalan las unidades internas.

Este modelo es libre de ruidos debido a que el compresor está externamente y eso es una gran ventaja comparado a los modelos tipo paquete, que tienen una cara en contacto con el exterior para la condensación y la otra cara proporciona refrigeración directamente al aire interior. Las dos caras del aparato están separadas por una pared divisoria, que está aislada para evitar la transferencia de calor entre las dos zonas.

Sin embargo, la unidad compuesta por el compresor y el condensador está cerca de la habitación y, por tanto, el aparato genera ruido, en el sistema split el compresor está en la parte externa, por lo tanto está libre de ruidos.

Otra ventaja que se aprovecha del modelo SPLIT es que su ubicación puede ser en cualquier sitio, no precisamente en un lugar con linderos exteriores, una desventaja de este modelo es que el precio es un poco más elevado, y que la renovación de aire no es del todo eficaz debido a que como son unidades separadas, no tiene entradas de aire suficiente, pero esto no es preocupante, adicionalmente Los principales inconvenientes son el ruido generado por las unidades interiores, la dificultad de realizar tareas de mantenimiento en la unidad exterior, la evacuación de condensados y el cambio del filtro de cada split.

En comparación a los diferentes sistemas, este parece ser el de una eficiencia energética superior.

Pueden generar hasta 30000 BTU/h, para su funcionamiento necesita un voltaje de 220 V.

# **CAPÍTULO 4**

## **4. CÁLCULOS DE INGENIERÍA**

En seguida se presenta todos los cálculos realizados para el desarrollo de los diseños de las unidades móviles, basados en los equipos seleccionados ya descritos en el capítulo anterior.

### **4.1. Cálculo De Enlace Microonda**

Para la realización del enlace vía microonda, se consideró la mayor longitud de la línea de transmisión, que se puede ofrecer con el mástil a utilizarse en la unidad móvil, queriendo mostrar la calidad del enlace cuando se dan las mayores pérdidas.

**Datos generales:**

	<b>Sitio A</b>	<b>Sitio B</b>
	Unidad Móvil de Transmisión Microonda	Cerro Del Carmen
<b>Coordenadas geográficas en UTM:</b>	9748,50 N Y 622,28 E	9749,43 N Y 624,25 E
<b>Altura sobre el nivel del mar</b>	5 m	90 m
<b>Marca, modelo, diámetro de las antenas:</b>	Microwave Radio Communications (MRC)/ Millenium Parabolic/4 ft (120cm)	Microwave Radio Communications (MRC)/ Millenium Parabolic/4 ft (120cm)
<b>Altura de las antenas:</b>	(mástil): 30.4 m	(torre): 20 m
<b>Ganancia de las antenas:</b>	25 dbi	25 dbi
<b>Tipo de línea de Tx y Rx entre antena y MW</b>	LDF4-50A (1/2")	LDF4-50A (1/2")
<b>Pérdidas de la línea de Tx en dBm por cada 100 m.:</b>	11.5 dbm	11.5 dbm
<b>Longitud de la línea de Tx y Rx:</b>	30 m	25 m
<b>Frecuencia a utilizarse:</b>	2.4 GHz	
<b>Polarización:</b>	Lineal Vertical	
<b>Marca de los equipos:</b>	MRC	
<b>Modelo</b>	Strata	
<b>Potencia de Tx:</b>	+37 dbm	
<b>Nivel de umbral de Rx:</b>	-87 dbm	

Datos del terreno obtenidos del mapa topográfico (distancia y altura):

<b>Distancia(Km)</b>	<b>Altura(m)</b>
0	90
0.06	88.5
0.10	70
0.12	60
0.15	30
0.17	20
0.20	15
0.22	13
0.25	10
0.26	9
0.27	8
0.30	7
0.33	6
0.35	5
0.37	5
0.5	5
1	5
1.5	5
2	5
2.5	5
3	5
4	5
5	5
6	5
7	5
8	5
9	5
10	5

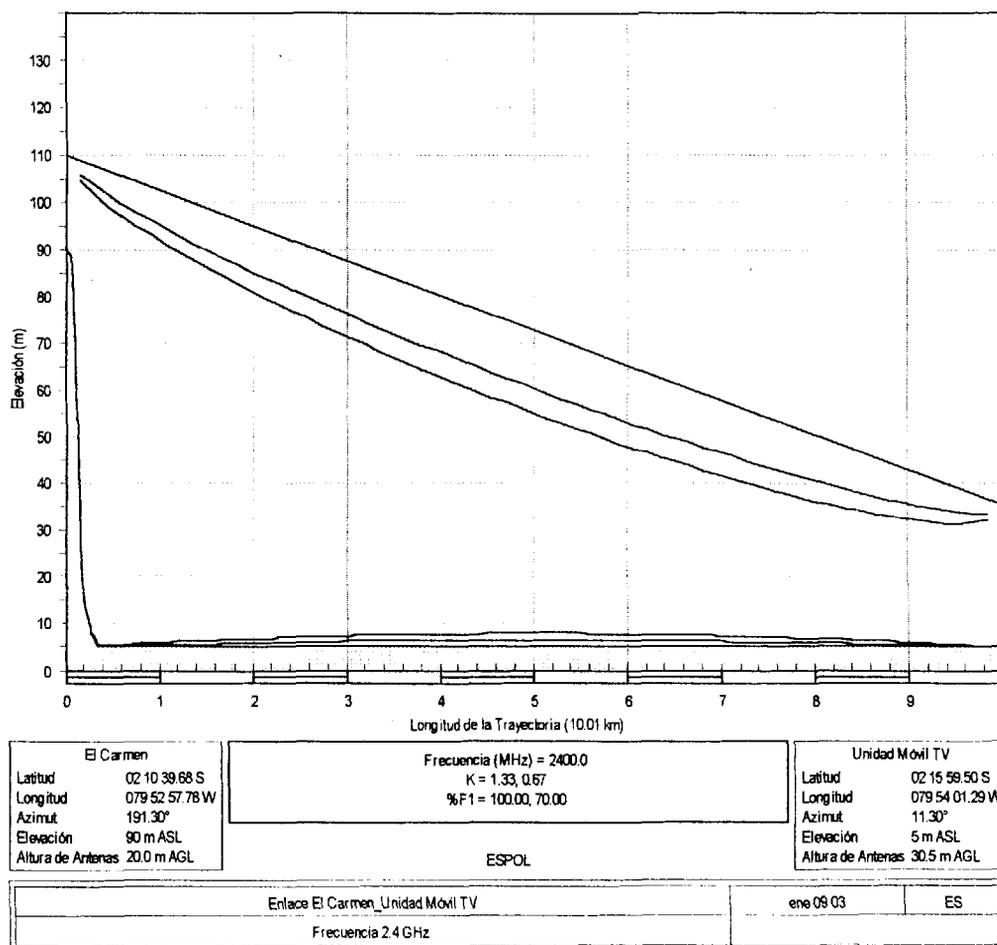


Figura 4.1 Perfil del terreno graficado

Los cálculos presentados a continuación, representan los valores aproximados de la potencia en el receptor, debido a que se han realizado sin considerar otras pérdidas, que si se toman en cuenta en los diferentes software creados para la realización de los mismos, siendo efectuados con el fin de tener una referencia para la selección de los equipos a usarse en este proyecto. Es por esto, que

además se expone los resultados derivados a través de un software denominado Pathloss, pudiendo obtener resultados más ajustados a la realidad.

$$\begin{aligned}
 C &= P_t + G_t + G_r - L_{sp} - L_{LA} - L_{LB} \\
 &= +37\text{dbm} + 25\text{dbi} + 25\text{dbi} - 120.00\text{db} - 3.505\text{db/m} - \\
 &\quad 2.3\text{db/m} \\
 &= -38.8052\text{db}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{sp} &= 20 \log_{10}(\text{Dist.Km}) + 20 \log_{10}(\text{FGHz}) + 92.4\text{db} \\
 &= 20 \log(10\text{ Km}) + 20 \log(2.4\text{GHz}) + 92.4\text{db} \\
 &= 20\text{db} + 7.6042\text{db} + 92.4\text{db} \\
 &= 120.00\text{db}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{LA} &= (\text{Pérdida de la línea en db/100m}) (\text{Longitud de la línea A}) [\text{db}] \\
 &= (11.5\text{db/100}) (30.48) = 3.5052\text{db}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{LB} &= (\text{Pérdida de la línea en db/100m}) (\text{Longitud de la línea B}) [\text{db}] \\
 &= (11.5\text{db/100}) (20\text{m}) = 2.3\text{db}
 \end{aligned}$$

$$F_M = \text{RSL}(\text{db}) - \text{UR}(\text{db}) = -38.8052\text{db} - (-87\text{db}) = 48.1948\text{db}$$

además se expone los resultados derivados a través de un software denominado Pathloss, pudiendo obtener resultados más ajustados a la realidad.

$$\begin{aligned}
 C &= P_t + G_t + G_r - L_{sp} - L_{LA} - L_{LB} \\
 &= +37\text{dbm} + 25\text{dbi} + 25\text{dbi} - 120.00\text{db} - 3.505\text{db/m} - \\
 &\quad 2.3\text{db/m} \\
 &= -38.8052\text{db}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{sp} &= 20 \log_{10}(\text{Dist.Km}) + 20 \log_{10}(\text{FGHz}) + 92.4\text{db} \\
 &= 20 \log(10\text{Km}) + 20 \log(2.4\text{GHz}) + 92.4\text{db} \\
 &= 20\text{db} + 7.6042\text{db} + 92.4\text{db} \\
 &= 120.00\text{db}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{LA} &= (\text{Pérdida de la línea en db/100m}) (\text{Longitud de la línea A}) [\text{db}] \\
 &= (11.5\text{db/100}) (30.48) = 3.5052\text{db}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{LB} &= (\text{Pérdida de la línea en db/100m}) (\text{Longitud de la línea B}) [\text{db}] \\
 &= (11.5\text{db/100}) (20\text{m}) = 2.3\text{db}
 \end{aligned}$$

$$F_M = \text{RSL}(\text{db}) - \text{UR}(\text{db}) = -38.8052\text{db} - (-87\text{db}) = 48.1948\text{db}$$

## Cálculos en el Path loss

UnidadMóvil El Carmen.pl4	El Carmen	Unidad Móvil TV
Elevación (m)	90.00	5.00
Latitud	02 10 39.68 S	02 15 59.50 S
Longitud	079 52 57.76 W	079 54 01.29 W
Azimuth Verdadero (°)	191.30	11.30
Ángulo Vertical (°)	-0.46	0.39
Modelo de Antena	Millenium Parabolic	Millenium Parabolic
Altura de Antena (m)	20.00	30.48
Ganancia de Antena (dBi)	25.00	25.00
Tipo de Línea de TX	LDF4-50A (1/2")	LDF4-50A (1/2")
Longitud de Línea de TX (m)	25.00	35.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	11.50	11.50
Pérdida en Línea de TX (dB)	2.88	4.03
Pérdida en Conectores (dB)	0.10	0.10
Frecuencia (MHz)	2400.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	10.01	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	120.08	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.06	
Margen de Campo (dB)	1.00	
Pérdidas Netas del Enlace (dB)	78.24	78.24
Modelo de Radio	MRC	MRC
Potencia de Transmisión (w)	5.01	5.01
Potencia de Transmisión (dBm)	37.00	37.00
PIRE (dBm)	59.02	57.88
Criterio de Umbral de Recepción	BER 10-6	BER 10-6
Nivel de Umbral (dBm)	-87.00	-87.00
Señal Recibida (dBm)	-41.24	-41.24
Margen de Desv. - Térmico (dB)	45.76	45.76
Factor Climático	2.00	
Rugosidad del Terreno (m)	6.10	
Factor C	6.58	
Temperatura Anual Promedio (°C)	30.00	
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	99.99997	99.99997
(sec)	0.66	0.66
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	99.99999	99.99999
(sec)	2.98	2.98
(% - sec)	99.99998 - 5.97	
Región de Precipitación	H Tropical Wet	
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	45.76	

jue, ene 09 2003

Reliability Method - Vigants - Barnett

Precipitación - Crane

Conclusión:

Comparando la potencia de recepción calculada  $-41.24$  dBm, con el umbral de potencia del receptor de  $-87$ dBm, la potencia de recepción es mayor que el umbral de recepción de esta manera podemos concluir que el enlace se realizará sin ningún riesgo.

La robustez en la transmisión microonda se debe al uso de la multiplexación COFDM con respecto a los multipasos, lo que hacen que juntamente con los equipos empleados ofrezca un enlace de alta eficiencia y una confiabilidad del 99,9994%, aún cuando los cálculos se han realizado en base a las mayores pérdidas que se pueden alcanzar.

#### 4.2. Cálculo De Enlace Satelital

Para realizar los cálculos del enlace satelital correspondiente en las dos bandas tomamos en cuenta ciertas especificaciones brindadas por el proveedor satelital que es INTELSAT VIIIA(805) y se resumen en el siguiente cuadro:

<b>DATOS DEL SATELITE</b>	
Satélite	INTELSAT
Banda de operación	C, Ku
Tipo de transpondedor	36 MHz
Frecuencia central ascendente	6.4670 GHz

Frecuencia central descendente	3.4420 GHz
G/T satélite	-8
Perdidas por espacio libre	200.2 db
Perdidas miscelaneas	1 db
Perdidas por HPA	1 db
PIRE	26.2

<b>DATOS DE LA SEÑAL A TRANSMITIR</b>	
Velocidad de información	5 Mb/s
Modulación	QPSK
Roll Off	35%
FEC	$\frac{3}{4}$
Red Salomon	204/188

<b>DATOS DE LA ESTACIÓN TRANSMISORA</b>	
Diámetro de la antena	2.4 m
Ganancia de la antena tx banda C	41.7 dbi
Ganancia de la antena tx banda Ku	48.7 dbi
Potencia	28.75 db

Procedimos a calcular el ancho de banda ocupado por nuestra señal.

$$B_{wo} = V_{tx} \left( \frac{1 + \alpha}{n} \right)$$

Con la respectiva corrección de errores, tenemos que :

$$B_{wo} = V_{tx} \left( \frac{1 + \alpha}{n} \right) \left( \frac{1}{FEC} \right) (\text{Red Salomon})$$

Donde:

$V_{tx}$ : es la velocidad de transmisión que en este caso es 5 Mb/s

$\alpha$ : es el rango de filtro de Roll off para televisión es de 0.35

$n$  : número de bits por símbolo depende de la modulación en este caso es QPSK.

FEC: Factor de Corrección de errores

Red Salomón: Factor de Corrección de errores

El ancho de banda ocupado :

$$Bwo = Vtx \left( \frac{1 + 0.35}{2} \right) \left( \frac{1}{3/4} \right) \left( \frac{204}{188} \right)$$

$$Bwo = 4.830 \text{ MHz}$$

Tenemos un margen de guarda (mg) de 6% de cada lado es decir 12% en total.

El ancho de banda asignado es :

$$Bwa = Bwo + mg$$

$$Bwa = 4.830 + 12\%(4.830) = 5.468 \text{ MHz}$$

El ancho de banda asignado es el espacio en frecuencia que utilizaremos para el cálculo del enlace.

Cálculos del enlace de subida para banda C

$$\left(\frac{C}{N_0}\right) = P_t + G_T + \left(\frac{G_r}{T_e}\right)_{sat} - L_{b0} - L_{misc} - L_{sp} - 10 \log K$$

$$\left(\frac{C}{N_0}\right) = 28.75 + 41.7 - 8 - 10 - 1 - 200.2 - 10 \log(1.38(10)^{-23})$$

$$\left(\frac{C}{N_0}\right) = 79.85 \text{ db}$$

Ahora:

$$\frac{Eb}{N_0} = \frac{C}{N_0} \left(\frac{1}{fb}\right)$$

$$\frac{Eb}{N_0} = \frac{C}{N_0} + \left(\frac{1}{fb}\right)$$

$$\frac{Eb}{N_0} = 79.5 + 10 \log \left(\frac{1}{5 * 10^6}\right)$$

$$\frac{Eb}{N_0} = 12.86 \text{ db}$$

Como

$$N_0 = \frac{N}{B}$$

Tenemos:

$$\frac{C}{N} = \frac{Eb}{N_0} \left(\frac{fb}{B}\right)$$

$$\frac{C}{N} = 12.86 \text{ db} + 10 \log \left(\frac{5 * 10^6}{4.883 * 10^6}\right)$$

$$\frac{C}{N} = 12.96 \text{ db}$$

Con esto se tiene un BER aproximadamente de  $1 \times 10^{-8}$

### Cálculos del enlace de subida Para banda Ku

$$\left( \frac{C}{N_0} \right) = P_t + G_T + \left( \frac{G_r}{T_e} \right)_{sat} - L_{ho} - L_{misc} - L_{sp} - 10 \log K$$

$$\left( \frac{C}{N_0} \right) = 26 + 4.8.7 - 8 - 10 - 1 - 200.2 + 228.6$$

$$\left( \frac{C}{N_0} \right) = 84.1 \text{ db}$$

$$\frac{Eb}{N_0} = \frac{C}{N_0} + \left( \frac{1}{fb} \right)$$

$$\frac{Eb}{N_0} = 84.1 - 66.98$$

$$\frac{Eb}{N_0} = 17.11 \text{ db}$$

$$\frac{C}{N} = \frac{Eb}{N_0} \left( \frac{fb}{B} \right)$$

$$\frac{C}{N} = 17.11 \text{ db} + 10 \log \left( \frac{5 * 10^6}{4.883 * 10^6} \right)$$

$$\frac{C}{N} = 17.21 \text{ db}$$

### Cálculos del enlace de bajada para banda C

$$\left( \frac{C}{N_0} \right) = P_t + G_T + \left( \frac{G_r}{T_e} \right)_{sat} - L_{b0} - L_{misc} - L_{sp} - 10 \log K$$

$$\left( \frac{C}{N_0} \right) = PIRE_{satelite} + \left( \frac{G_r}{T_e} \right)_{antena} - L_{b0} - L_{misc} - L_{sp} - 10 \log K$$

Donde: 
$$\frac{Gr}{T_e} = \frac{G_{antena} + G_{LNB}}{T_{LNB} + T_{ant} + T_{amb}}$$

$$G_{antena} = 41.7 \text{ dbi} = 1041.7/10 = 14791,08$$

$$G_{lnb} = 60 \text{ dbi} = 1060/10 = 1000000$$

$$\frac{Gr}{T_e} = \frac{1014791,08}{60 + 20 + 303} = 2649.5 = 34,23 \text{ db}$$

$$\left( \frac{C}{N_0} \right) = 26.2 + 34.23 - 11.3 - 1 - 194.7 + 228,6$$

$$\left(\frac{C}{N_0}\right) = 82,03 \text{ db}$$

$$\frac{Eb}{N_0}(\text{dB}) = \frac{C}{N_0} + \left(\frac{1}{fb}\right)$$

$$\frac{Eb}{N_0} = 82.03 - 66.98$$

$$\frac{Eb}{N_0} = 15.05 \text{ db}$$

$$\frac{C}{N}(\text{dB}) = \frac{Eb}{N_0} + \left(\frac{fb}{B}\right)$$

$$\frac{C}{N}(\text{dB}) = 15.05 \text{ db} + 10 \log\left(\frac{5 * 10^6}{4.883 * 10^6}\right)$$

$$\frac{C}{N} = 15.1528 \text{ db}$$

### **4.3. Cálculo de Iluminación e Instalaciones Eléctricas**

Para realizar estos cálculos se tomaron en cuenta ciertas características y recomendaciones expuestas en el capítulo 1 sección 1.5, sobre este tipo de cálculo; la reflectancia del piso debe ser aproximadamente del 20%, la reflectancia de techos y paredes se determina de acuerdo al tipo de material del que estén revestidos, para el techo es del 80%, mientras que para las paredes es del 50%.

El nivel de iluminación requerido se determina, de acuerdo al tipo de trabajo que se va realizar en un área determinada.

La unidad móvil de producción esta dividida en nuestro proyecto, en cuatro áreas a iluminar como se muestra en la figura 4.2; así para nuestro caso en el área de producción y control técnico se decidió que el nivel de iluminación requerido es de 300 lux, no solo por el tipo de trabajo a realizarse, sino porque los equipos ahí colocados también generan niveles de reflexión bajos; mientras que en las otras áreas la iluminación, solo depende de la luminaria allí colocada, por lo que se optó por un nivel de iluminación de 500 lux.

La altura dentro de la móvil es de 1.7m

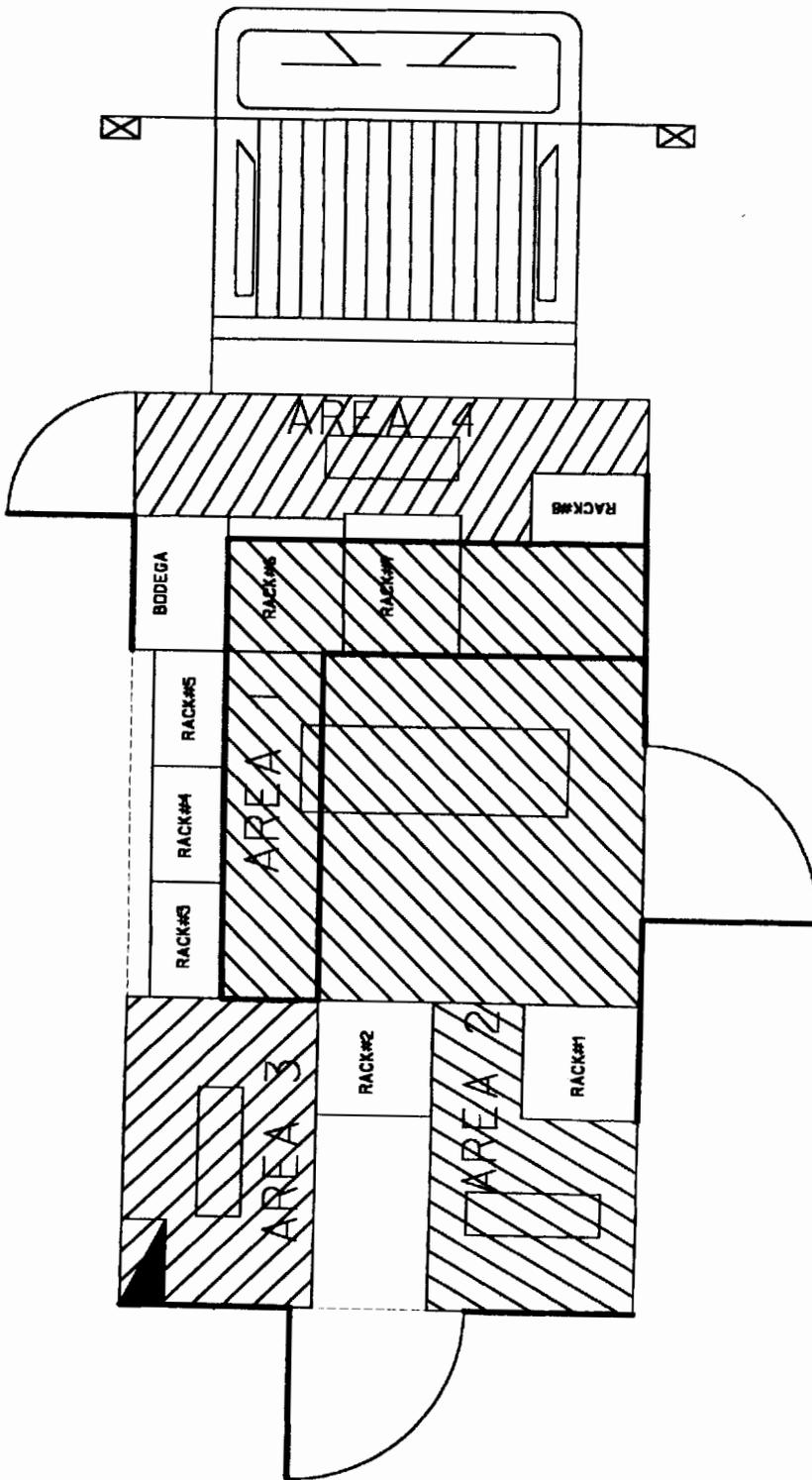
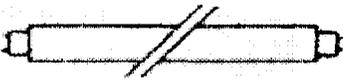


Figura 4.2.-Áreas de Iluminación Unidad Móvil de Producción

El tipo de luminaria escogida son de tipo fluorescente de luz blanca de 36W y 18W. Los datos proporcionados por el fabricante (PHILIPS) para este tipo de luminarias se describen a continuación:

Símbolo	LBS	Potencia P (W)	Flujo lumin. $\Phi$ (lm) Inten. lumin. I (cd)	Philips
	T-QS 38	18 W	1.150 lm	TL 18 W/... RS
	T-QS 38	36 W	2.800 lm	TL 36 W/... RS
	T-QS 38	58 W	4.400 lm	TL 58 W/... RS

De aquí, se puede calcular el rendimiento y los lúmenes por cada aparato que contiene dos lámparas fluorescentes por unidad.

$$\text{Rendimiento}(36W) = \Phi / P = 2800 / 36 = 77.77 \text{ lm/W}$$

$$\text{Lumenes por aparato}(36W) = 2800 * 2 = 5600$$

$$\text{Rendimiento}(18W) = \Phi / P = 1150 / 18 = 63.88 \text{ lm/W}$$

$$\text{Lumenes por aparato}(18W) = 1150 * 2 = 2300$$

A continuación procedemos a presentar los cálculos para cada una de estas áreas; el factor de mantenimiento (FM) para cada una de estas lámparas es de 0.7, que se obtiene multiplicando por el factor de disminución de lúmenes (FDL), de 0.8 (de la gráfica de la

Fig.1.60) para el 120% de vida de la lámpara (dato proporcionado por el fabricante), por el factor de deterioro por suciedad (FDS) de 0.85 (obtenido de la tabla 4 del apéndice B) para la categoría V. Esto supone una unidad de alumbrado "limpia" mantenida cada 18 meses.

$$FM = FDL * FDS = 0.7$$

Área 1

$$\text{Ancho} = 1.921m \quad \text{Área} = 4.092m^2$$

$$\text{Largo} = 2.1302m$$

La relación de cavidad techo piso está dada por:

$$RCR = \frac{5h(L+W)}{L*W} = 8.43 \approx 9.0 \Rightarrow CU = 0.31$$

De donde se obtiene :

$$\text{Lumenes}_{\text{TOTALES}} = \frac{E_b(L*W)}{CU * FM} = 5657.14lm$$

$$\text{Watts}_{\text{TOTALES}} = \frac{\text{Lumenes}_{\text{TOTALES}}}{\text{Rendimiento}(36W)} = 72.742W$$

$$\text{Número de aparatos} = \frac{\text{Lumenes}_{\text{TOTALES}}}{\text{Lumenes por aparato}(36W)} = 1.01 \approx 1$$

Por lo tanto se requiere de una lámpara de 2 fluorescentes de 36W para el área 1.

## Área 2

$$\text{Ancho} = 0.9496m \quad \text{Área} = 0.8571m^2$$

$$\text{Largo} = 0.9074m$$

La relación de cavidad techo piso está dada por:

$$RCR = \frac{5h(L+W)}{L*W} = 18.367 \approx 18 \Rightarrow CU = 0.28$$

De donde se obtiene :

$$\text{Lumenes}_{\text{TOTALES}} = \frac{E_h(L*W)}{CU * FM} = 2555.4lm$$

$$\text{Watts}_{\text{TOTALES}} = \frac{\text{Lumenes}_{\text{TOTALES}}}{\text{Re n dim iento}(18W)} = 40.0W$$

$$\text{Número de aparatos} = \frac{\text{Lumenes}_{\text{TOTALES}}}{\text{Lumenes por aparato}(18W)} = 1.11 \approx 1$$

Se concluye entonces que se requiere de una lámpara de dos fluorescentes de 18W para el área 2.

### Área 3

$$\text{Ancho} = 0.771m \quad \text{Área} = 1.11m^2$$

$$\text{Largo} = 1.4408m$$

La relación de cavidad techo piso está dada por:

$$RCR = \frac{5h(L+W)}{L*W} = 16.94 \approx 17 \Rightarrow CU = 0.28$$

De donde se obtiene :

$$\text{Lumenes}_{\text{TOTALES}} = \frac{E_h(L*W)}{CU * FM} = 2831.63lm$$

$$\text{Watts}_{\text{TOTALES}} = \frac{\text{Lumenes}_{\text{TOTALES}}}{\text{Re ndim iento}(18W)} = 44.33W$$

$$\text{Número de aparatos} = \frac{\text{Lumenes}_{\text{TOTALES}}}{\text{Lumenes por aparato}(18W)} = 1.23 \approx 1$$

Se concluye entonces que se requiere de una lámpara de dos fluorescentes de 18W para el área 3.

### Área 4

Para esta área por ser irregular se determino un largo y un ancho promedio

$$\text{Ancho} = 1.2143m \quad \text{Área} = 1.2576m^2$$

$$Largo = 1.2143m$$

La relación de cavidad techo piso está dada por:

$$RCR = \frac{5h(L+W)}{L*W} = 15.16 \approx 15 \Rightarrow CU = 0.28$$

De donde se obtiene :

$$Lumenes_{TOTALES} = \frac{E_h(L*W)}{CU*FM} = 3208.16lm$$

$$Watts_{TOTALES} = \frac{Lumenes_{TOTALES}}{Rendimiento(18W)} = 50.22W$$

$$Número\ de\ aparatos = \frac{Lumenes_{TOTALES}}{Lumenes\ por\ aparato(18W)} = 1.39 \approx 1$$

Por lo tanto se requiere de una lámpara de dos fluorescentes de 18 W para el área 4.

Para la unidad móvil satelital se toman las mismas consideraciones pero para una sola área de interés, con un nivel de iluminación de 300 lux y una altura  $h = 1.5m$

$$Ancho = 1.6 m$$

$$Area = 3.2 m^2$$

*Largo* = 2 m

$$RCR = \frac{5h(L+W)}{L*W} = 8.4375 \approx 15 \Rightarrow CU = 0.35$$

$$Lumenes_{TOTALES} = \frac{E_h(L*W)}{CU * I.M} = 3918.36lm$$

$$Watts_{TOTALES} = \frac{Lumenes_{TOTALES}}{Rendimiento(18W)} = 61.34W$$

$$Número\ de\ aparatos = \frac{Lumenes_{TOTALES}}{Lumenes\ por\ aparato(18W)} = 1.7 \approx 2$$

Conclusión:

Para la iluminación de la unidad móvil de producción, se utilizarán 4 luminarias que poseen 2 fluorescentes cada una, tres serán de 18W y una de 36W por fluorescente, según los cálculos obtenidos arriba, marca Philips, ubicadas como se muestra en la figura 4.2.

Para el caso de la unidad móvil satelital se usarán dos luminarias que también poseen 2 fluorescentes por cada uno, de 18W por fluorescentes, de marca Philips, también en base a los cálculos realizados.

#### 4.4. Cálculos de Distribución de peso

Para la obtención de estos cálculos, se efectuó en primer lugar la suma del peso total de los equipos y accesorios seleccionados anteriormente y utilizados en este proyecto, por racks. Lo que además ayudó en la selección de los vehículos.

#### Pesos Unidad Móvil de Producción y Transmisión Microonda

Equipo	Cant	Peso		
		lbs	Kgs	Total(Kg)
<b>RACK 1 (Control Técnico)</b>				
CCU DT 500	4	14,96	6,80	27,20
OCP 42	4	2,64	1,20	4,80
Waveform monitor Tetronix WFM601M	1	17,60	8,00	8,00
Monitor Panasonic BT-S915DA	1	15,9	7,20	7,20
SPG 422	2	13,5	6,14	12,28
ECO 422	1	10,8	4,90	4,90
Patch Video	3	2,20	1,00	3,00
Path Audio	1	2,20	1,00	1,00
Distribuidor VDA-6001-V13 Leitch	2	0,39	0,15	0,30
Híbrido AEQ TH-02 EX MK-II	1	7,70	3,50	3,50
RM-1	1	9,90	4,50	4,50
CC-260 Headset	1	0,878	0,40	0,40
<b>Peso Rack 1</b>				<b>77,08</b>
<b>RACK 2 (VTR)</b>				
HPU-OB	1	21,12	9,6	9,60
TXU	1	7	3,20	3,20
TCU	1	7	3,20	3,20
RM-1	1	9,90	4,50	4,50

AJ-D960 VTR	3	44.1	20,00	60,00
CC-260 Headset	1	0,878	0,40	0,40
<b>Peso Rack 2</b>				<b>80,90</b>
<b>RACK 3 (Producción)</b>				
Monitor Panasonic BT-S915DA	4	15.9	7,20	28,80
WBS-670 Single Channel Wireless	2	6	3,15	6,30
CC-260 Headset	1	0,878	0,40	0,40
<b>Peso Rack 3</b>				<b>35,50</b>
<b>RACK 4 (Producción)</b>				
Monitor Panasonic BT-S915DA	4	15.9	7,20	28,80
UPX-10	1	3,2	1,5	1,50
AC-10H	1	2	0,91	0,91
VSM-6001-S10/4	6	0.40	0,16	0,93
VSM-6001-S6	2	0,33	0,15	0,30
<b>Peso Rack 4</b>				<b>32,44</b>
<b>RACK 5 (Producción)</b>				
Monitor Panasonic BT-S915DA	4	15,9	7,20	28,80
MS-440	1	9,7	4,40	4,40
Teléfono	1	1,14	0,52	0,52
CC-260 Headset	2	0,878	0,40	0,80
<b>Peso Rack 5</b>				<b>34,52</b>
<b>RACK 6</b>				
Video Server DVCPRO PDR400	1	65	29,54	29,54
Switch Master Modelo 1200 GrassValley(Frame)	1	80	36,00	36,00
Monitor Plano	1	17,82	8,10	8,10
<b>Peso Rack 6</b>				<b>73,64</b>
<b>RACK 7</b>				
Generador de Caracteres	1	121	55,00	55,00
CPU	1	2,20		1,00
Monitor Plano	1	17,82	8,10	8,10

<b>Peso Rack 7</b>				<b>64,10</b>
<b>RACK 8(Sonido)</b>				
Monitor Panasonic BT-S915DA	1	15,9	7,20	7,20
RM-1	1	9,90	4,50	4,50
Distribuidor Audio Analógico ADA-16 de Videotek	1	2,75	1,25	1,25
Headphone T50RP	1	2,20		1,00
Distribuidor de AES/EBU AES-3981-B de Leitch	1	2,75	1,25	1,25
Teléfono	1	1,14	0,52	0,52
CC-260 Headset	1	0,878	0,40	0,40
T4N	4	15,4 oz.	0,44	1,74
<b>Peso Rack 8</b>				<b>17,86</b>
<b>Bodega</b>				
Viewfinder(7")	4	15,40	7,00	28,00
1707 Camara Head	4	12,10	5,50	22,00
Sportcam	4	22,00	10,00	40,00
WTR-670 BELTPACK	8	1,00	0,45	3,63
CC-95 Headset	4	0,62	0,28	1,13
CC-260 Headset	4	0,88	0,40	1,60
RCV-2	4	0,35	0,16	0,64
Reells de Cámaras 380S	4	38,5	17,50	70,00
Beltpack RS-501	4	0,48	0,22	0,88
<b>Peso Bodega</b>				<b>167,88</b>
<b>Otros equipos y Accesorios</b>				
Sillas+ persona	4	160,6	73,00	292,00
Aire acondicionado(splitter)	3	22,00	10,00	10,00
Aire acondicionado(compresor)	1	138,6	63,00	63,00
Mastil Willburt Heavy duty locking (40m)	1	600	273,0	273,00
Antena Parabolica 2,4 m	1	110,0	50,00	50,00
Extintor	1	10	4,54	4,54
Luminaria 1	1	1,36	3,00	3,00
Luminaria 2	1	0,9	2,00	2,00
Luminaria 3	1	0,9	2,00	2,00
Luminaria 4	1	0,9	2,00	2,00
Panel de distribución	1	9,09	20,00	20,00

324 DIGITAL LIVE de Soundcraft mixer de audio	1	31,68	14,40	14,40
Switch Master Modelo 1200 GrassValley(Panel)	1	48	21,80	21,80
Mesa1	1	2,25	4,50	4,50
Mesa2	1	2,25	4,50	4,50
Generador EX 5500 de honda	2	369,6	168,0	336,00
Monitores	3	17,82	8,1	24,30
Teclados	3	2,20	1	3,00
UPS 4.5kVA (3000W) Standard Configuration	1	512,6	233	233,00
<b>Peso Otros equipos</b>				<b>1363,04</b>
<b>Peso TOTAL</b>				<b>1966,95</b>

### Pesos Unidad Móvil de Transmisión Satelital

Equipo	Cant	Peso		
		lbs	Kgs	Total(Kg)
<b>Rack 1</b>				
Color Monitor Analog Video/Audio VAMP-1 Panorama dtv	1	17,00	7,72	7,72
C Band High Power Amplifier ND SatCom V2C-6962E2 200W	1	90	41	41
Ku Band High Power Amplifier ND Satcom HPA1413 A	1	26	57	57
C Band Up-Converter MITEQ U-9693-6	1	20,00	9,09	9,09
Ku Band Communication Up-Converter MITEQ U-9696-3	1	96,80	44	44
MPEG-2 Encoder/Modulador Saturn MKII Scientific Atlanta	1	45	20	20
<b>Peso total Rack 1</b>				<b>178,81</b>
<b>Rack 2</b>				
Color Monitor Analog Video/Audio VAMP-1 Panorama dtv	2	16,98	7,72	15,44

Spectrum Analyzers FSEM30 Tektronic	1	2,20		1
Integraded Receiver Decoder Stellar IRD MKII Scientific Atlanta	2	11	5	10
Distribuidor de video analógico	1	2,50	1,13	1,13
Distribuidor de audio analógico	1	2,49	1,13	1,13
Splitters	2	2,20		2
<b>Peso total Rack 2</b>				<b>30,7</b>
<b>Otros equipos</b>				
Antena	1	315,0	143	142,9
Tripode	1	48,00	21,8	21,8
Generador Eléctrico	1	369,6	168	168
UPS	1	512,6	233	233
Aire acondicionado splitters	2	19,8	9	18
Aire acondicionado(compresor)	1	134,2	61	61
Luminaria	1,29	1,00	1,00	2
LNB	1,84	0,20	0,50	0,7
Silla + persona	1,29	36,50	36,50	73
<b>Peso Otros equipos</b>				<b>720,4</b>
<b>Peso Total(Kg)</b>				<b>929,91</b>

Una vez, realizados los cálculos de peso ( $\Delta G$ ), se procedió a realizar la distribución de estos dentro de los vehículos, tomando como referencia al eje delantero (ED), para verificar si el peso del eje trasero (ET), no sobrepasa el peso nominal proporcionado por el fabricante de los vehículos. Cálculos realizados en base a la teoría de pares de fuerzas, revisados en el capítulo 1.6.

Además, para una mejor comprensión de los mismos, la figura 4.3 y la figura 4.4, muestra de manera general, la ubicación y las distancias de los equipos (a), en las unidades móviles.



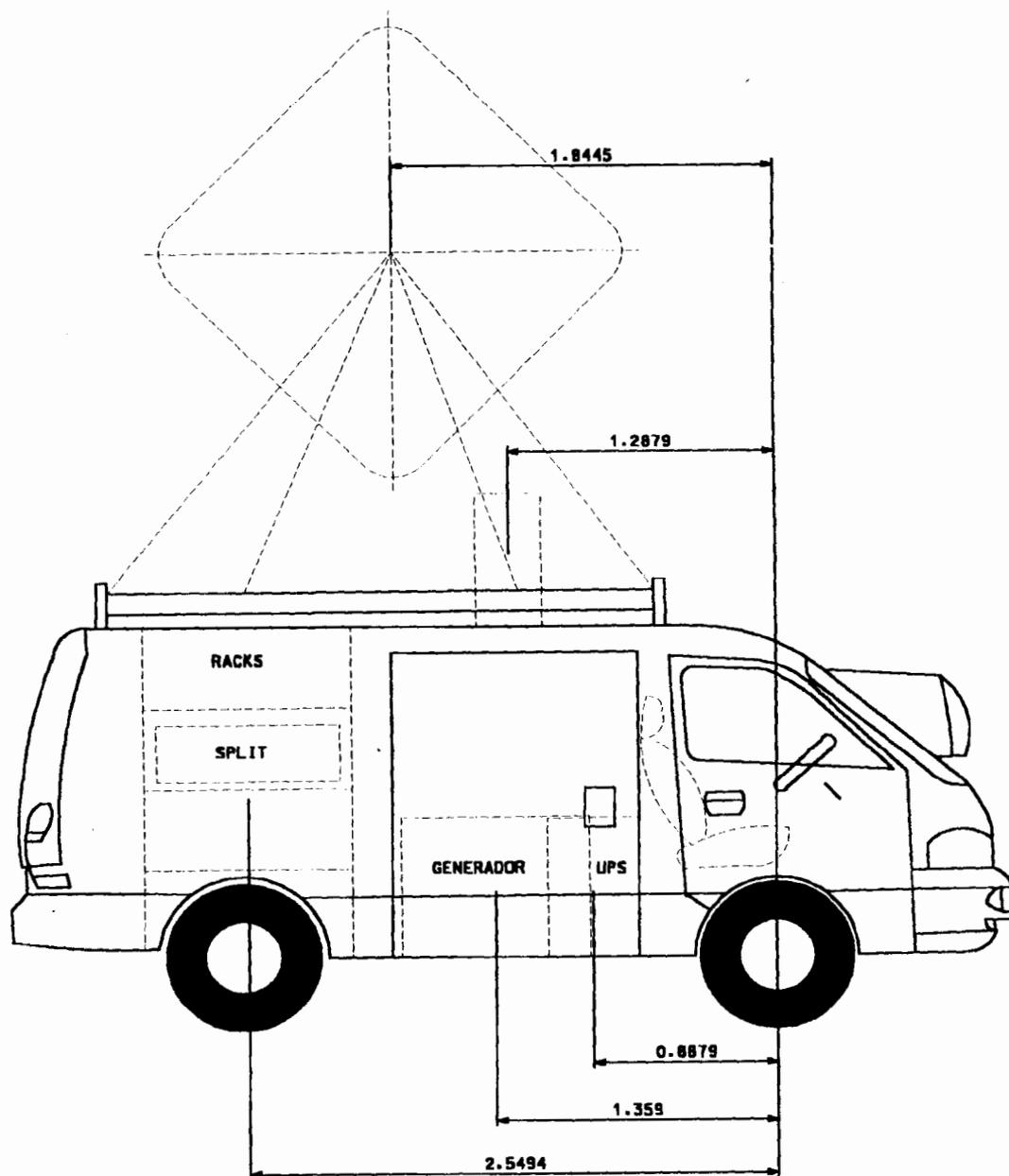


Figura 4.3.- Unidad Móvil Satelital

Recordando además que la distancia entre ejes está dada por la nomenclatura (lt).

### Unidad Móvil de Producción y Transmisión Microonda

#### CÁLCULO DE CARGAS SOBRE LOS EJES

Vehículo, cabina: :Kia Motor Pregio(12)

Distancia entre los ejes(lt):3,365m

Capacidad de carga: 4,960Kg

Carrocería: 4,25m plataforma de carga

Denominación	Dist. ED t.( $\alpha$ )	Distribución de cargas en		
		ED( $\Delta G \times (l, -a) / l, )$	ET( $\Delta G \times a / l, )$	Total( $\Delta G$ )
Rack 1	3,696	6,62	70,46	77,08
Rack 2	3,696	6,95	73,95	80,90
Rack 3	3,1625	8,68	26,82	35,50
Rack 4	2,62	13,16	19,28	32,44
Rack 5	2,107	19,26	15,25	34,52
Rack 6	1,5291	53,75	19,89	73,64
Rack 7	1,5291	46,78	17,32	64,10
Rack 8	1,1255	15,18	2,68	17,86
Bodega	1,51	123,47	44,40	167,88
Silla 1	3,049	20,31	52,69	73
Silla 2	3,049	20,31	52,69	73
Silla 3	2,347	35,53	37,47	73
Silla 4	2,347	35,53	37,47	73
Mástil + antena	4,42	-41,75	364,75	323
Panel distribución	4,62	-3,77	23,77	20
Aire acond.	0,705	9,75	0,25	10,00

splitter				
Aire acond. splitter	2,62	4,06	5,94	10,00
Aire acond. splitter	4,32	-1,00	11,00	10,00
Aire acond.(comp.)	2,3025	31,50	31,50	63
Extintor	4,42	-0,59	5,13	4,54
Luminaria 1	2,36	1,45	1,55	3
Luminaria 2	4,41	-0,25	2,25	2
Luminaria 3	4,15	-0,10	2,10	2
Luminaria 4	0,91	1,83	0,17	2
Mesa 1	2,62	1,83	2,67	4,5
Mesa 2	1,5291	3,28	1,22	4,5
Mixer de audio de Soundcraft	1,56	10,38	4,02	14,4
Switch Master Modelo 1200	2,3158	10,81	10,99	21,8
Teclado	2,9	0,97	2,03	3
Monitor Gen.Caracteres	1,5291	5,91	2,19	8,1
Monitor Servidor Video	2,9	2,61	5,49	8,1
Monitor de audio	1,5291	5,91	2,19	8,1
Generador EX 5500 de honda	4,15	-16,48	352,48	336
UPS 4.5kVA (3000W) Standard Configuration	4,59	-41,89	274,89	233
<b>Total (%)</b>		<b>21,956</b>	<b>66,198</b>	<b>88%</b>
<b>Total (Kg)</b>		<b>431,87</b>	<b>1302,08</b>	<b>1966,95</b>

**Unidad Móvil de Transmisión Satelital**  
**CÁLCULO DE CARGAS SOBRE LOS EJES**

Vehículo, cabina: :Kia Motor Pregio(12)

Distancia entre los ejes: :2,58m

Capacidad de carga: 1200 Kg aproximadamente

Carrocería: :3,78m plataforma de carga

Denominación	Dist.	Distribución de cargas en			
		ED t.(a)	ED( $\frac{\Delta G \times (l_i - a)}{l_i}$ )	ET( $\frac{\Delta G \times a}{l_i}$ )	Total( $\Delta G$ )
Rack 1	2,54		2,77	176,04	178,81
Rack 2	2,54		0,48	30,22	30,7
Generador Eléctrico	1,36		79,44	88,56	168
UPS	0,89		152,62	80,38	233
Aire acond. splitters	2,54		0,28	17,72	18
Aire acond. (compresor)	1,29		30,50	30,50	61
Antena+trípode	1,84		47,24	117,46	164,7
Luminaria	1,29		1,00	1,00	2
LNB	1,84		0,20	0,50	0,7
Silla + persona	1,29		36,50	36,50	73
<b>Total (%)</b>			<b>33,82</b>	<b>58,33</b>	<b>92,1</b>
<b>Total (Kg)</b>			<b>314,53</b>	<b>542,38</b>	<b>929,91</b>

Conclusión:

Para la Unidad móvil de producción y transmisión microonda, se puede apreciar que la mayor carga se encuentra sobre el eje trasera con un 66.198%, lo que corresponde a 1302.08 Kg. que

no sobrepasa el valor de capacidad de carga del eje trasero, que es de 6600 Kg, mientras el 21.956% (431.87Kg) se encuentra en el eje delantero, que tampoco sobrepasa el valor de capacidad de carga que es de 3100 Kgs.; siendo el total de carga para este vehículo de 1966.95 Kgs, siendo su capacidad de carga total de 4 toneladas.

Para la unidad móvil satelital concluimos que el total de peso en esta unidad es de 929.91 Kgs, siendo repartido éstos entre ambos ejes; con el 33.82%(314.53Kg.) en el eje delantero y el 58.33% (542.38 Kg) en el eje trasero. Resaltando que el mayor peso se encuentra en el eje trasero ya que éste está diseñado para llevar la mayor carga.

#### **4.5 Cálculo de Aislamiento Térmico y Refrigeración**

##### **Aislamiento térmico**

Para el cálculo de aislamiento térmico tenemos lo siguiente:

La transferencia de calor que se genera es el siguiente:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = kA(\Delta T) / l$$

Considerando que el tipo de aislamiento térmico a usarse es lana de vidrio y constante  $k = 0.0258 \text{ w/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ , según la parte teórica vista en el capítulo 1.7

El área ocupada por la pared lateral es de

$$A = [(4.25 - 0.16)] \times (1.7) = 7.08 \text{m}^2$$

$l = 0.08 \text{ m}$  es el espesor del aislamiento

La temperatura exterior es aproximadamente  $32^\circ\text{C}$  y la interior de  $25^\circ\text{C}$ , que es la temperatura de confort por lo tanto,

$$\Delta t = 32 - 25 = 7$$

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = 0.0258(7.08 \text{m}^2)(7^\circ\text{C}) / 0.08 \text{m}$$

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = 15.98$$

Este valor es despreciable prácticamente, tomando en cuenta su aporte para el cálculo total del calor, por eso concluimos que se desprecia el calor transmitido a través de esta pared.

Como este cálculo fue realizado para la pared de mayor área, por lo tanto el que se generará en el área frontal también es despreciable.

### Refrigeración

Lo que primero se realiza es el cálculo de la carga térmica QT para lo cual se calcula el calor sensible.

### Cálculo de calor sensible y latente

Siendo el calor sensible el que ingresa por diferencia de temperaturas y el calor que ingresa por diferencia de humedades es conocido como calor latente.

a) Calor generado por todos los equipos:

$$QE = \text{Potencia de todos los equipos [ w ]} * 0.860 = \text{[Kcal/hora]}$$

Se realiza la sumatoria de la potencia de todos los equipos.

Equipo de video	Pot [ w ]	Cantidad	Pot Tot [ w ]
Video Server	750	1	750,00
VTR	280	3	840,00
Monitor	0,102	16	1,632
Waveform	75	1	75,00
CCU	100	4	400,00
OCP	3	4	12,00
Generador Car	100	1	100,00

Swich Producc.	400	1	400,00
Switch Producc. Panel	200	1	200,00
VSM-6001	3,9		3,90
		<b>Total</b>	<b>2782,53</b>
<b>Equipos de audio</b>			
Mixer de audio	100	1	100,00
Hibrido TH-02	37	1	37,00
Headphone	0,2	1	0,20
Estación receptora	3,7	1	3,70
Computador	200	1	200,00
Distribuidores	13	1	13
Teléfono	30	1	30,00
		<b>Total</b>	<b>383,90</b>
<b>Equipos de microonda</b>			
TCU	24	1	24,00
TXU	24	1	24,00
HPU	300	1	300,00
Potencia total			<b>348,00</b>
<b>Equipos de intercomunicación</b>			
UPX	0,24		0,24
VSM601	3,9		3,90
AC10H	0,504		0,50
MS440	800		800,00
WVS6670	0,05		0,05
UPC	120		120,00
		<b>Total</b>	<b>924,69</b>
Sistema generador	3000		3000,00
<b>POTENCIA TOTAL</b>			<b>7439,13</b>
<b>donde QE(Kcal/hora) =</b>			<b>6397,65</b>

b) Calor generado por transmisión de paredes:

En el caso del calor generado por las paredes en este vehículo se considera despreciable debido al aislamiento térmico que posee.

c) Calor generado por infiltraciones de aire:

Para el calor generado por infiltraciones de aire tenemos:

a) Tenemos que el calor latente por infiltraciones de aire es:

$$QLinf = V1 (\Delta X) (0.72) = [\text{Kcal/hora}]$$

Donde:

$V1$  = es el volumen de infiltración por puerta por persona, es un valor tomado de la experiencia, según el tipo de lugar, en este caso es 13.5.

$\Delta X$  = diferencia de humedades absolutas

De la curva psicométrica que se encuentra en el apéndice B, tomamos los valores correspondientes para humedades absolutas para el exterior e interior.

En el exterior tenemos una temperatura y humedad relativa ( $\phi$ ), así mismo en el interior, la cual representa el confort.

$T_{\text{exterior}} = 32^\circ \text{ C}$                        $\phi = 40\%$

$T_{\text{interior}} = 25^\circ \text{ C}$                        $\phi = 50\%$

---

De la curva psicométrica del apéndice B obtenemos los valores de humedad absoluta usando los valores arriba indicados.

Para el exterior:  $\Phi_{\text{absoluta}} = 12$

Para el interior:  $\Phi_{\text{absoluta}} = 10$

$$\Delta X = 12 - 10 = 2$$

$$V1 = (13.5)(4 \text{ personas}) = 54$$

$$QLinf = (54)(2)(0.72) = 77.76 \text{ Kcal/hora}$$

b) Calor sensible por infiltraciones

$$Q_{\text{sinf}} = V1 (\Delta t) (0.29) = [\text{Kcal/hora}]$$

$$Q_{\text{sinf}} = (54) (32 - 25) (0.29) = 109.62 [\text{Kcal/hora}]$$

Q total de infiltración:  $77.76 + 109.62 = 187.38 \text{ Kcal/hora}$

d) Calor generado por iluminación:

Tenemos 4 luminarias formadas por 2 fluorescentes cada una, de las cuales una usa dos de 36W, lo que nos da una potencia de 72W, y las otras tres de 18W cada una, dando una potencia de 108 W; por lo tanto la potencia total sería 180W.

Para obtener el calor total generado por estas usamos la fórmula siguiente:

$$QL = \text{Pot (w)} * 1.25 = [\text{w}]$$

Donde:

Pot (w): Es la potencia de todas las luminarias en watos.

1.25: factor cuando se trata de fluorescentes

Como  $1\text{W} = 0.860 \text{ Kcal/hora}$

Tenemos:  $QL = \text{Pot (w)} * 1.25 * 0.860 = [\text{Kcal/hora}]$

$$QL = 180\text{w} * 1.25 * 0.860 = [\text{Kcal/hora}]$$

$$QL = 193.5 \text{ Kcal/hora}$$

e) Calor generado por personas en el interior:

QLP = calor latente

QSP = calor sensible

A  $24^{\circ}\text{C}$  una persona sentada con trabajo ligero genera el siguiente calor:

$$QLP = 70 \text{ Kcal/hora}$$

$$QSP = 70 \text{ Kcal/hora}$$

Tenemos entonces un calor total de 140 Kcal/hora debemos multiplicar por el número de personas que estarán dentro del local, que en nuestro caso son cuatro.

$$QP = (140)(4 \text{ personas}) = 560 \text{ Kcal/hora}$$

### Calor total generado

<b>PARTIDAS DE CALOR</b>	<b>Kcal/hora</b>
Calor generado por todos los equipos	6397,65
Calor generado por transmisión de paredes	0,00
Calor generado por infiltraciones de aire	187,38
Calor generado por iluminación	193,50
Calor generado por personas en el interior	560,00
TOTAL(Kal/hora)	7338,53
1 Kcal = 3,97 BTU	
TOTAL(BTU/hora)	29133,96

### Selección Del Tipo De Rejilla

Aproximadamente cada 130 Kcal/h requieren un caudal de 17 m<sup>3</sup>/h de ventilación.

Necesitamos saber la cantidad de ventilación total requerida.

En los cálculos anteriores se tiene que el calor total es de 7338,53 Kcal/hora.

Nos resulta entonces:

$$\text{Caudal de ventilación } V_v = \left( \frac{17 \text{ m}^3 / \text{h}}{130 \text{ Kcal} / \text{h}} \right) Q_{[\text{Kcal}]}$$

$$V_v = \left( \frac{17 \text{ m}^3 / \text{h}}{130 \text{ Kcal} / \text{h}} \right) (7338,53 \text{ Kcal/h})$$

$$V_v = 959,65 \text{ m}^3 / \text{h}$$

El área total por donde va a distribuirse el aire es el área de piso, lo que corresponde a las paredes lateral y frontal, de donde la longitud total de la carrocería ( 4,25m ) menos el aislamiento térmico que es de (0.16 m), mientras que para la frontal es de 2,40m menos 0,16 m. Así tenemos:

$$\text{Área de piso es} = (4.14) \times (1.7) + (1.7) \times (2.26) = 10.94 \text{ m}^2$$

$$959,65 / 10.94 = 87,72 \text{ m}^3 / \text{h} \text{ por cada } \text{m}^2$$

De la tabla 1 que se encuentra en el apéndice B, se usaría difusores de techo o de pared, y además se obtiene un velocidad media en el ambiente de 0.25 a 0.3 m/s

Si usamos tres difusores, tenemos:  $959,65/3 = 319,88 \text{ m}^3/\text{h}$  cada uno.

Si se coloca los difusores en la parte superior, estos tendrían una velocidad aproximada de  $2\text{m/s}$ , según la tabla 2 (apéndice B) de velocidades aconsejadas de aire.

Por otro lado, calculamos el caudal.

$$Q = vA \rightarrow A = Q/V$$

Q = Caudal

V = Velocidad aconsejada de aire en m/h

A= Área de la rejilla difusora.

$$A = \frac{319,88 \text{ m}^3 / \text{h}}{7200 \text{ m} / \text{h}}$$

$$A \approx 0.0444 \text{ m}^2$$

### **Cálculos Unidad Móvil Satelital**

Cálculo de calor sensible y latente:

a) Calor generado por todos los equipos:

$QE = \text{Potencia de todos los equipos [ w ]} \cdot 0.860 = [\text{Kcal/hora}]$

Se realiza la sumatoria de la potencia de todos los equipos

Equipo	Pot [ w ]
LNB	10,00
Up converter banda C	110,00
Up converter banda ku	120,00
Monitor	150,00
Analizador de espectros	300,00
IRD	45,00
HPA banda C	2550,00
HPA banda ku	1050,00
Encoder modulador	70,00
	4405,00

Esta potencia en Kcal/hora es igual a 3788,30.

b) Calor generado por transmisión de paredes:

En el caso del calor generado por las paredes en este vehículo se considera despreciable debido al aislamiento térmico que posee.

c) Calor generado por infiltraciones de aire:

Para el calor generado por infiltraciones de aire tenemos:

a) Tenemos que el calor latente por infiltraciones de aire es:

$$QLinf = V1 (\Delta X) (0.72) = [\text{Kcal/hora}]$$

Donde:

V1 = es el volumen de infiltración por puerta y por persona

$\Delta X$  =diferencia de humedades absolutas

De la curva psicometrica en el apéndice B, tomamos los valores correspondientes para humedades absolutas para el exterior e interior.

En el exterior tenemos una temperatura y humedad relativa ( $\phi$ ), así mismo en el interior, la cual representa el confort.

Texterior = 32° C                       $\phi = 40\%$

Tinterior = 25° C                       $\phi = 50\%$

De la curva psicometrica obtenemos los valores de humedad relativa usando los valores arriba indicados.

Para el exterior:  $\Phi$ absoluta= 12

Para el interior:  $\Phi$ absoluta= 10

$$\Delta X = 12-10 =2$$

$$V1 = (13.5) (1) = 13.5$$

$$QLinf= (13.5)(2)(0.72)= 19.44 \text{ Kcal/hora}$$

b) Calor sensible por infiltraciones

$$Q_{\text{sinf}} = V1 (\Delta t) (0.29) = [\text{Kcal/hora}]$$

$$Q_{\text{sinf}} = (13.5) (32-25) (0.29) = 27.41 [\text{Kcal/hora}]$$

$$Q \text{ total de infiltración: } 13.5+27.41=40.91 \text{ Kcal/hora}$$

d) Calor generado por iluminación:

La potencia total es de 72W, debido a las 4 fluorescentes usadas de 18W cada una.

Para obtener el calor total generado por estas usamos la fórmula siguiente:

$$QL = \text{Pot (w)} * 1.25 = [\text{w}]$$

Donde:

Pot (w): Es la potencia de todas las luminarias en watos.

1.25: factor cuando se trata de fluorescentes:

Como 1W= 0.860 Kcal/hora

$$\text{Tenemos: } QL = \text{Pot (w)} * 1.25 * 0.860 = [\text{Kcal/hora}]$$

$$QL = 72 \cdot 1.25 \cdot 0.860 = [\text{Kcal/hora}]$$

$$QL = 77.4 \text{ Kcal/hora}$$

e) Calor generado por personas en el interior:

QLP = calor latente

QSP = calor sensible

A 24°C una persona sentada con trabajo ligero genera el siguiente calor:

$$QLP = 70 \text{ Kcal/hora}$$

$$QSP = 70 \text{ Kcal/hora}$$

Tenemos entonces un calor total de 140 Kcal/hora debemos multiplicar por el número de personas que estarán dentro del local, que en nuestro es una persona.

$$QP = (140)(1 \text{ persona}) = 140 \text{ Kcal/hora}$$

### Cálculo de calor total generado.

<b>PARTIDAS DE CALOR</b>	<b>Kcal/hora</b>
Calor generado por todos los equipos	3788,30
Calor generado por transmisión de paredes	0
Calor generado por infiltraciones de aire	40,91
Calor generado por iluminación	77,14
calor generado por las personas	140,00
<b>Kcal/hora</b>	<b>4046,35</b>
<b>BTU/hora</b>	<b>16064,01</b>

16064,01 BTU/hora, es la capacidad mínima requerida para el aire acondicionado a seleccionarse en la unidad móvil satelital.

### Selección Del Tipo De Rejilla

Aproximadamente cada 130 Kcal/h requieren un caudal de 17 m<sup>3</sup>/h de ventilación.

Necesitamos saber la cantidad de ventilación total requerida.

En los cálculos anteriores se tiene que el calor total es de 4046,35 Kcal/hora. Nos resulta entonces:

$$\text{Caudal de ventilación } V_v = \left( \frac{17 \text{ m}^3 / \text{h}}{130 \text{ Kcal} / \text{h}} \right) Q_{[\text{Kcal}]}$$

$$V_v = \left( \frac{17 \text{ m}^3 / \text{h}}{130 \text{ Kcal} / \text{h}} \right) (4046,35 \text{ Kcal/h})$$

$$V_v = 529,13 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$\text{Área de piso es} = (1.54) \times (1.40) + (3) \times (1.40) = 6.36 \text{ m}^2$$

$$529,13 / 6.36 = 83.197 \text{ m}^3 / \text{h} \text{ por m}^2$$

De la tabla 1 (Apéndice B), se usaría difusores de techo o de pared, y además se obtiene un velocidad media en el ambiente de 0.25 a 0.3 m/s

Si usamos dos difusores, tenemos:  $529,13 / 2 = 264,565 \text{ m}^3/\text{h}$  cada uno.

Si se coloca los difusores en la parte superior, estos tendrían una velocidad aproximada de 2 m/s. Según tabla 2 de velocidades aconsejadas de aire.

Por otro lado, calculamos el caudal.

$$Q = vA \rightarrow A = Q/V$$

Q = Caudal

V = Velocidad aconsejada de aire en m/h

A= Área de la rejilla difusora

$$A = \frac{264,565 \text{ m}^3 / \text{h}}{7200 \text{ m} / \text{h}}$$

$$A \approx 0.0367 \text{ m}^2$$

### Conclusión:

La capacidad mínima requerida para los aire acondicionado a seleccionarse en las unidades móviles, fue de 29133,96 BTU/H y 16064,01 BTU/H, sin embargo, se escogió aires acondicionados que brindaran una capacidad superior a éstas, con el objetivo de dejar un margen, que permitiera posibles incrementos de temperatura de haber cambios en el diseño de las unidades.

Así para el caso de la unidad móvil de producción el aire acondicionado fue de 30000 BTU/H, mientras el de la unidad satelital fue de 24000 BTU/H.

Los splitters utilizados, satisfacen las áreas requeridas para la difusión del aire, tanto para la unidad de producción que fue de 0.0444m<sup>2</sup> como 0.0367 m<sup>2</sup> en el caso de la unidad móvil satelital.

### 4.6 Análisis de Costos

NOMINA DE EQUIPOS	PRECIO		
	No.	Unidad	Total
<b>EQUIPOS DE VIDEO</b>			
Camera Digital Triax LDK 1707 + CCU DT500 + Panel OCP42 de	4	70000	280.000

THOMSON			
Switcher Prod. Digital Mod 1200 Grass Valley	1	120000	120.000
VTR AJ-D960 DVCPRO50 Panasonic	3	32000	96.000
DA Video Digital VSM-6001-S10/4 Leitch	2	775	1.550
DA Video VSM-6001-S6 Leitch	6	500	3.000
Monitor 9" Panasonic BT-S915DA	16	975	15.600
Patchbays de Video Digital 75 Ω CANARE	1	566,62	566,62
AES Embededor MXA-6003 S4/4U Leitch	1	2200	2.200
Waveform monitor WFM6001M Tektronix	1	7000	7.000
Video Server PDR400D	1	140000	140.000
Generador de caracteres DEKO 500 System	1	15000	15.000
Routing Switcher 16 x 1	1		1
Monitor Plano ViewSonic VE170B 17"	2	549,99	1099,98
Mouse Logitech	2	9,5	19
Teclado Logitech	2	44,94	89,88
Conector DVJW	24	19,49	467,76
<b>Total</b>			<b>\$682.594</b>

<b>EQUIPOS DE AUDIO</b>			
Mixer digital 324 LIVE de SOUNDCRAFT.	1	4.000	4.000
Híbrido TH-02 EX Mk-II de AEQ.	1	1.035	1.035
Headphone T50-RP de FOSTEX.	3	149	447
Estación receptora inalámbrica T4N de SHURE.	4	250	1.000
DA digital AES/EBU AES-3981-B de LEITCH.	2	700	1.400
DA Analógico ADA-16 de VIDEOTEK.	3	400	1.200
Teléfono Panasonic KX-TS5LX.	1	109	109
Estación de monitoreo RM-1 de FOSTEX	3	492	1.476

Micrófono PG58-XLR shure	4	350	1.400
Computador AcerPower Sd.	1	2.500	2.500
Patchbays de Audio XLR3 CANARE	1	437	437
<b>Total</b>			<b>\$15.004</b>

<b>EQUIPOS DE INTERCOMUNICACIÓN</b>			
Intercom Station 4 ch. MS-440 Clearcom	1	4000	4.000
Equipo UHF inalámbrico WBS-670 Clear com	2	4000	8.000
Sistema de Control Inalámbrico UPX-10	1	1200	1.200
Sistema de Interfase Universal (Híbrido) AC-10H	1	600	600
Beltpacks RS-501 Clear com	5	270	1.350
Beltpacks inalámbricos WTR-670 Clearcom	8	350	2.800
Receptores inalámbricos RCV-2 Clearcom	4	280	1.120
Headsets de 2 orejas CC-260 Clearcom	9	270	2.430
Headsets de 1 oreja CC-95 Clearcom	4	230	920
Audífonos mono pequeños TS-1 Clearcom	4	20	80
Micrófono PG58-XLR shure	1	101,5	101,5
Teléfono Panasonic KX-TS5LX.	1	109	109
<b>Total</b>			<b>\$22.711</b>

<b>EQUIPOS DE SINCRONISMO</b>			
ECO 422 Change over Tektronix	1	666,66	666,7
SPG422 Master, generador de sincronismo (2)	2	3900	7.800
DA analógico VDA-6001-V13 de Leitch	2	875	1.750
<b>Total</b>			<b>\$10.217</b>

<b>EQUIPOS DE MICROONDA</b>			
Antena Parabólica Millenium 4ft (1,9-2,7GHz)	1	2335	2.335

HPU-OB STRATA Microware Radio	1	4500	4.500
TCU STRATA Microware Radio	1	30000	30.000
TXU STRATA Microware Radio	1	13500	13.500
Twist Lock antenna mount	1	975	975
RXU STRATA Microwave Radio	1	14500	14500
Mástil 40 m de Willburt	1	2000	2.000
<b>Total</b>			<b>\$67.630</b>
<b>EQUIPOS DE FLYAWAY</b>			
Antena flyaway 2.4m Vertex RSI	1	70000	70.000
HPA 1705A Banda C (5.725-6.725GHz) SatCom	1	34030	34.030
Splitter IF Minicircuits de dos salidas	1	44,95	45
Splitter RF Minicircuits de dos salidas	2	89,95	180
HPA-1413A Banda Ku (13.75-14.5GHz) SatCom	1	28536	28.536
Up-Converter Banda C(5.725-6.725GHz) MITEQ U-9693-6	1	9500	9.500
Up-Converter Banda Ku(13.75-14.5GHz) MITEQ U-9696-3L	1	10500	10.500
MPEG-2 Encoder-Modulator Scientific Atlanta Saturn MK II	1	3000	3.000
Monitor de color analógico Video/audio AVMP-1 de Panorama dtv	3	1500	4.500
Analizador de Espectro FSP3 de Tektronik	1	18950	18.950
Integrated Receiver Decoder (IRD) Scientific Atlanta Stellar IRD Mk II	2	3000	6.000
1LNB Banda C(3.4-4.2) 3000FB Norsat International Inc.	1	900	900
<b>Total</b>			<b>\$186.141</b>
<b>VEHÍCULOS</b>			
Camión NPR 71P de Chevrolet	1	24.230	24.230
Carrocería + Aislamiento térmico		7.500	7.500
Camión Furgoneta PREGIO 12 P. Kia Motors	1	17.650	17.650
Aislamiento térmico		1.000	1.000
<b>Total</b>			<b>\$50.380</b>

<b>OTROS</b>			
Aire Acond. Multisplit LM-3022C3L de LG	1	1400	1.400
Aire Acond. Multisplit LM-2421C2L de LG	1	1000	1.000
Sillas	5	103	515
Generadores HONDA EX5500 5.5KVA	3	5429	16.287
UPS COMET EXTREME 6KVA	2	4909	9.818
Equipos eléctricos e Iluminación (breakers, swithers, tomacorrientes, cables, medidores, luminarias)			500
Bandejas de una unidad de rack	18	27	486
Racks	10	159	1.590
Mesas			200
<i>Cables CANARE analógicos</i>			
ECO3 XLR3(F)-XLR3(M) 3m con conectores	10	5,47	55
ECO5 XLR3(F)-XLR3(M) 5m con conectores	20	9,12	182
ECO7 XLR3(F)-XLR3(M) 7m con conectores	10	12,77	128
<i>Cables CANARE digital</i>			
DA05 XLR3(F)-XLR3(M) 5m con conectores	10	1,75	18
<i>Cables CANARE Video</i>			
DH3C03-S BNC(M)-BNC(M) 75ohm 3m	10	5,47	55
DH3C05-S BNC(M)-BNC(M) 75ohm 3m	20	9,12	182
DH3C10-S BNC(M)-BNC(M) 75ohm 3m	10	12,77	128
Cable Reels R380S CANARE	4		4
Cable RG11 500"	1	159,9	159,9
Belden Triax cable con conector Canare CC 500ft	4	509	2.036
<b>Costo Total Unidad Producción y Trans. Microonda:</b>			<b>\$850.691</b>
<b>Costo Total Unidad de Trans. Satelital:</b>			<b>\$218.996</b>
<b>Total de Inversión:</b>			<b>\$1.069.686</b>

Además de estos costos, se debe adicionar la mano de obra a emplearse que sería un 15% de este valor adicional, y los costos de importación por cada equipo, que dependiendo de su tamaño y peso se adiciona de 15 al 30% más de este valor.

Es importante recalcar que la inversión tiene un costo elevado debido a la tecnología a usarse y este valor corresponden a dos unidades móviles.

Además dependiendo de las necesidades y requerimientos del canal, estos podrían variar.

# **CAPÍTULO 5**

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

La introducción de la tecnología digital en el campo de la televisión, amplía el uso de herramientas cada vez más complejas en el procesamiento de la señal de video y audio tanto en producción como en transmisión, beneficiando así el manejo de estas señales y proporcionando una mejor calidad en imágenes para el televidente.

Dentro de un canal de televisión, el empleo de una unidad móvil, se plantea como una necesidad primordial, para llevar la información presente desde cualquier punto remoto, siendo esencial su diseño y equipamiento para proporcionar al canal una señal óptima .

El diseño de las unidades móviles presentes en este trabajo reúne las especificaciones técnicas y demandas requeridas que hacen de éstas, unidades móviles completamente digitales.

El trabajo presentado proporciona una opción de diseño de unidades móviles completamente equipadas que pensando proveer mayor flexibilidad en el uso y equipamiento se decidió proponer dos vehículos uno para producción y transmisión vía microonda y el otro para la transmisión vía satélite que cumplieran funciones individuales pero que a su vez se complementen entre si.

Dichos diseños presentan las siguientes ventajas:

La captura de video realizada a través de un sistema de cámara digital triax que trabaja con 4:2:2 sin compresión, entrega al CCU imágenes de alta calidad que aseguran su posterior desempeño en el proceso de producción.

El uso del formato de compresión de video DVCPRO50 en producción, garantiza el almacenamiento de video, manteniendo la calidad de la información al ser reproducida de ser necesario para su respectivo manejo, debido a su bajo nivel de compresión 3.3:1.

La Compresión MPEG, permite comprimir imágenes digitales en movimiento usando técnicas matemáticas y de estimación logrando anchos de bandas menores que una señal digital, surge como respuesta

al problema de ancho de banda y tiempos de transmisión grandes cuando se desea transmitir señales digitales. Con la compresión MPEG se logra compresiones de 5 a 1.

Todas las interfases de video son de tipo SDI a 270 Mbps lo cual permite la interconexión de todos los equipos de video por ser el estándar para todo lo referente a video digital.

El sistema de audio provee diferentes opciones que pueden ser empleadas según la necesidades que se presenten; así, este diseño tiene salidas de audio analógico y digital (AES/EBU). El procesamiento interno de la señal en el mixer, es completamente digital, esto permite la configuración automática de todo el sistema.

La comunicación interna está diseñada de tal modo que satisfaga todas las posibles exigencias para una excelente coordinación entre todo el equipo técnico y de producción.

El estándar para la transmisión vía satélite DVB-S permite al diseñador del sistema tener una idea de los equipos y configuraciones que deben utilizarse como por ejemplo la modulación recomendada por este

estándar es QPSK no solo por el limitado ancho de banda sino por el nivel de protección que le da a la información transmitida.

La robustez en la transmisión microonda se debe al uso de la multiplexación COFDM con respecto a los multipasos, lo que hacen que juntamente con los equipos empleados ofrezca un enlace de alta eficiencia y una confiabilidad del 99,9994%.

Gracias al uso de un intervalo de guarda que ayuda a que el retardo de la señales al transmitirse garantice su robustez ante lo que antes era un problema de interferencia.

Debido al uso de múltiples portadoras (que para nuestro caso son 2K por la distancia a transmitirse de 10Km) ayuda a que podamos transmitir una alta tasa de información, en pequeñas tasas por el uso de la multiplexación por división de frecuencia que utiliza COFDM

Los equipos que se sugieren dentro de nuestro proyecto, fueron seleccionados para cumplir con los requerimientos, y con los estándares internacionales planteados para la realización del diseño.

Además de los aspectos técnicos, se desarrolló conjuntamente el diseño electromecánico de las unidades móviles, que incluye electricidad, diseño de carrocería, cableado, ventilación; considerando la comodidad, costos y optimización de espacios.

En el caso de fallo de algún equipo, la ubicación y el diseño de carrocería permite revisar y/o cambiar el mismo, sin necesidad de interrupción en la producción.

Es recomendable, para las instalaciones eléctricas utilizar cable tipo concéntrico, con el fin de eliminar posibles inducciones no deseadas.

En cuanto se refiere a cables de video y de audio es recomendable usar cables concéntricos también ya que esto evitará la interferencia que pueda haber si este pasa junto a otros cables.

Para el diseño de la ubicación de equipos, se debe considerar el tamaño de cada uno de ellos, así como su peso con el fin de optimizar espacio y distribuir la carga equitativamente, sin olvidar la funcionabilidad que estos deben tener con los demás equipos.

Se debe considerar sistemas de backup para las señales más importantes como la de genlock y la señales a ser transmitidas o grabadas.

En el momento de comenzar los diseños (video, audio, intercomunicación, transmisión) se debe tener idea de los equipos que se disponen en el mercado de tal manera que los esquemas se realicen en base a éstos, optimizando así el tiempo que podría perderse en caso de no estar disponible el equipo a necesitarse; además, se debe conocer el funcionamiento de estos para evitar malas conexiones.

Mediante el desarrollo de este proyecto se puede observar que es posible diseñar e implementar unidades móviles de televisión en nuestro país, sin la necesidad de importarlas de otros, ya que esto implicaría costos adicionales que elevarían el precio de las mismas por su transporte. Si bien es cierto, que los costos de la inversión total inicial son un poco elevados; se ve compensado con la funcionalidad, eficiencia, flexibilidad que ofrece el diseño de éstas en este proyecto, y el buen uso que se le de al mismo; previendo la posibilidad de expandirse o en caso de daño poder reemplazar sus equipos de ser necesario; a diferencia de las unidades móviles importadas que no dan esta opción.

La duración estimada de este proyecto es de 10 años ya que sus equipos serían depreciados considerando este tiempo

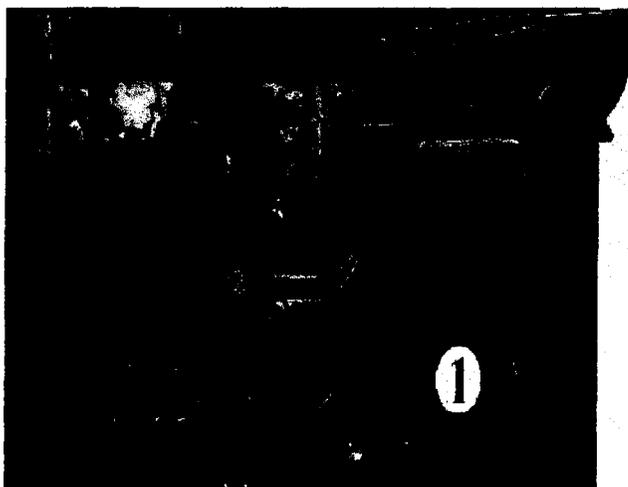
**APÉNDICE A**

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS Y**

**VEHÍCULOS SELECCIONADOS**

## EQUIPOS DE VIDEO:

### Cámara Digital Triax TTV/LDK 1707 12-Bit



#### 1707 Camera Head

Estándar: PAL, NTSC

Sensor: 1707 WIDE LS: 3 CCD 2/3"

IT "low smear" (Interline Transfer)

1020 H x 505 V pixels in NTSC, 16/9-4/3 format, 1008 H x 591 V pixels in PAL, 16/9-4/3 format

Resolución horizontal: 950 TV lines in 16/9, 750 TV lines in 4/3

Resolución vertical: Estándar o extendida

Sensibilidad: 2000 lux en f/8(temperatura de color 3200°K)

Mínimo nivel de luz: aprox. 5.5 lux (apertura de los lentes f/1.4, ganancia 21 dB)

S/N: 63 dB typical NTSC; 61db típico PAL

Shutter: 1/60, 1/120, 1/250, 1/500, 1/1000s

Clear scan: 60.3 Hz to 200 Hz in NTSC; 50.3 Hz to 200 Hz in PAL

Peso: aprox. 5.5 kg

Conectores: salida monitor BNC, 1 Vpp, viewfinder video compuesto; entrada mic XLR-3F con +48 V; prompter/ret. 2 salidas BNC, VBS 1 Vpp

Temperatura de operación: -20°C a +45° C

#### Sportcam

Peso: 10Kg sin viewfinder

Conectores: vf entrada Hirose 12-pin(para la conexión a la cámara head); vf salida para 17 cm (7") viewfinder; ext on air 2-pin; lens 24 pin en el panel frontal de Sportcam, para lens con Thomson; entrada de alimentación de 4-pin sportcam

## CCU DT 500 y OCP 42



### CCU DT 500

Max. distancia del triax 800 ft - 250m con ext. cable Ø 9 mm (atenuación del cable 7.8 dB en 60 MHz)  
1600 ft - 500m con ext.  
Ø 13 mm cable (atenuación 3.9 dB en 60 MHz)

Max. control panel-CCU distancia 30 m, alimentada desde el CCU; 500 m sin alimentación (RS422 SMPTE protocol)

Consumo de potencia 100 W max.  
Peso: 6.8 kg aprox.

Dimensiones: (W x H x D mm) aprox.  
225 x 135 x 385 (3U se alto, mitad 19" rack)

Operating temperature 0°C to +40°C

Conectores: Remoto: Enlace con el Panel de control OCP42 9 pin sub-D  
Tally: al aire 1&2 9 pin sub-D

Salida analog mic output, XLR3

Genlock ext. ref. Entrada analogica genlock

Salidas digitales: 3 salidas, 270 Mb/s serial 4:2:2, 10 bits, BNC; 2 salidas compuestas NTSC for 525/59.94/2/1 camera, o PAL - SECAM composite for 625/50/2/1 ; BNC, 1 Vpp.

Camera Lemo 75 Ω, Lemo 50Ω, Lemo 4E, Fischer, King triax connector



### OCP 42

Peso: 1.2 kg

Dimensiones: HxWxD 354x80x110mm

Temperatura de operación: 0°C a +40°C

Conectores: 9 pin sub-D; CCU 9 pin sub-D; LOOP 9 pin sub-D; DC: XLR 4-pin 12 V DC

**Viewfinder 7" (17 cm)**

Tubo: 17 cm (7") blanco y negro

Alta resolución: 750 líneas TV

Alto brillo: 600 Nits

Rotation +-90° Tilt +-50°

Peso: 7 kg

## **Distribuidor Amplificador de Video Digital VSM-6001-S10/4 de Leitch**

### **Especificaciones Técnicas**

Entradas de video digital: 1; conector BNC ( $75\Omega$ ); estándar: 270Mb/s (525/625), (SMPTE259M-C)

Salidas de video analógico: 4 compuestas; conector BNC ( $75\Omega$ ); PAL/NTSC; 1Vp-p

Salidas de video digital: 5; conector BNC ( $75\Omega$ ); 270Mb/s (525/625), (SMPTE259M-C)

Potencia de consumo: VSM-6001 3.9W (0.54A @ +6.5V, 0.05A @ -7.5V)

Dimensiones: 15mm (0.70") H x 100mm (3.90")W x 220mm (8.70") L

Peso: 155g (0.40lbs)

Retardo: VSM-6001 1.35ms

## **AES AUDIO MULTIPLEXER/EMBEDDER MXA-6003 S4/4U**

### **Especificaciones Técnicas**

Entradas de audio AES: 2 x AES (AES3-1992)

Impedancia: 110 Ohm

Conector: 25 way D (110 Ohm)

Tasa de muestreo: 48/44.1/32 kHz

Entradas de video digital: 2, BNC ( $75\Omega$ ); 270 Mb/s (525/625), (SMPTE259M-C)

Potencia de consumo: 5.5W (0.8A @ +6.5V, 0.02A @ -7.5V)

Dimensiones: 15mm (0.70")H x 100mm (3.90")W x 220mm (8.70")L

Peso: 250g (0.65lbs)

## **Teléfono alámbrico KX-TS5LX Panasonic**

Instalación: mesa / pared

Selector de timbre de 3 niveles (alto, bajo y desconectado)

Rediscado de un toque

Control de volumen de 6 niveles para sonidos más nítidos

Dimensiones: alto x ancho x profundidad): 7.5 x 12.9 x 21.4.

Peso: 520gr.

## VTR de Estudio Panasonic AJ-D960



### General

Alimentación: 120VAC $\pm$ 10%,50-60Hz

Potencia de consumo:  
280W(máx.operación)

Temperatura de Operación: 5°C a 40°C  
(41°F-104°C)

Humedad:10% a 90%(sin rocío)

Peso: 44.09 lbs (20Kg)

Dimensiones (WxHxD):  
16-11/16" x 6-7/8"x16-3/8"  
(424 x 175 x 415mm)

Formato de grabación:  
DVCPRO50/DVCPRO seleccionable

Track de grabación:  
video digital: 525/625 seleccionable  
Audio digital: 4 canales (50 Mbps)  
2 canales (25 Mbps)

TC: Subcódigo de área

Cue: 1 track longitudinal

CTL: 1 track longitudinal

Velocidad de cinta:  
525: 67.640mm/s (DVCPRO50)  
625: 67.708mm/s (DVCPRO50)

Tiempo de Rec/Play:  
Máx. 92 min. con AJ-5P92LP

Velocidad de búsqueda:  $\pm$ 32x (en color)

Cámara lenta digital:  
-1x a +2x(DVCPRO50/DVCPRO)

### Video

Frecuencia de muestreo:  
Y:13.5MHz, P<sub>B</sub>/P<sub>R</sub>:6.75MHz

Cuantización: 8 bits

Corrección de error: Código Reed-Salomon  
Radio de compresión: 3.3:1(DVCPRO50),  
5:1 (DVCPRO)

Tasa de bit: 50Mbps (DVCPRO50)  
25Mbps (DVCPRO)

### [Entrada digital/Salida compuesta] (estándar)

Ancho de banda 525:  
Y:30Hz a 4.5Mhz $\pm$ 0.5db

Ancho de banda 625:  
Y:25Hz a 4.5Mhz $\pm$ 0.5db

Retardo Y/C :10ns o menos

### [Entrada digital/Salida componente] (estándar)

Ancho de banda 525:  
Y:30Hz a 5.75Mhz $\pm$ 0.5db  
P<sub>B</sub>/P<sub>R</sub>:30Hz a 2.75MHz $\pm$ 0.5db

Ancho de banda 625:  
Y:30Hz a 4.5Mhz $\pm$ 0.5db  
P<sub>B</sub>/P<sub>R</sub>:25Hz a 2.75MHz $\pm$ 0.5db

Retardo Y/PB, PR: 10ns o menos

### Audio

Frecuencia de muestreo:48KHz

Cuantización: 16 bits

Corrección de error:  
Código Reed-Salomon

Respuesta de frecuencia:  
20Hz a 20KHz, $\pm$ 1db

Cue track: 300Hz a 6KHz( $\pm$ 3db)

### Entrada de video

SDI: BNCx2 SMPTE 259M-C

Referencia:

BNCx2(loop-through)75 $\Omega$ On/Off

Componente analógica:

BNCx3(Y/P<sub>B</sub>/P<sub>R</sub>)

Compuesto analógico:

BNCx2(loop-through)75 $\Omega$ On/Off

### Salida de Video

Componente analógica:

BNCx3(Y/P<sub>B</sub>/P<sub>R</sub>)

Compuesto analógica: BNCx3

### Entrada de audio

Analógica(CH1/2/3/4): XLRx4

Digital(CH1/2,CH3/4):XLRx2

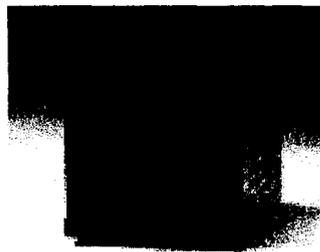
Salida de audio

Analógica(CH1/2/3/4): XLRx4

Digital(CH1/2,CH3/4):XLRx2

## Monitor de Video de Color de 9" Panasonic BT-S915DA

### Especificaciones técnicas



Picture tube 9" diagonal,  
Medida de pantalla efectiva (W x H) : 175 x 137 mm (min.)  
Resolución Horizontal : Más de 300 líneas TV  
Temperatura de Color : 6500K/9300K  
Estándar: NTSC/PAL/SECAM

Salida de potencia de audio: 1 Watt (10%) THD  
Parlantes: Round (6.6 cm) x 1, 16Ω

#### Terminales Entrada/Salida - Linea A (Entrada/Salida)

VIDEO BNC, 1 Vp-p (75Ω o alta impedancia)  
mini DIN 4-pin, Y:1 Vp-p; (75Ω or alta impedancia, auto); C: 0.286 Vp-p (75Ω o alta impedancia, auto)  
S-VIDEO  
AUDIO RCA, 0.5 Vrms (more que 22k Ω )

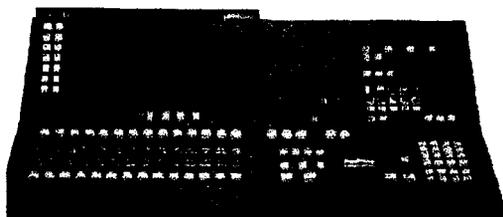
#### Terminales Entrada/Salida - Linea B (Entrada/Salida)

YPBPR BNC, Y:1 Vp-p (75Ω o alta impedancia, auto)  
PBPR: ±0.35 V (75Ω o alta impedancia, auto)  
GBR BNC, G, B, R: 0.7 Vpp (75Ω o alta impedancia, auto); Sync G: 1 Vpp (75Ω o alta impedancia, auto)  
AUDIO RCA, 0.5 Vrms (más que 22k Ω )

#### Terminales Entrada/Salida

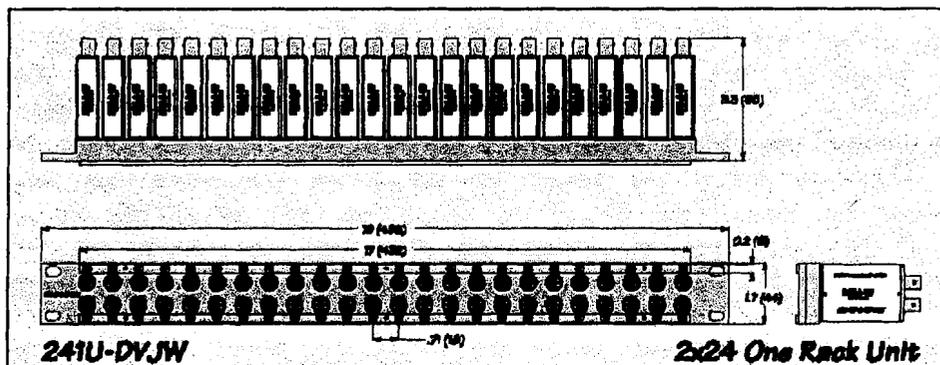
SINC. EXT. (Ent./Sal.) Sinc. compuesto (BNC), 0.3-4.0 Vp-p (75Ω o alta impedancia, auto)  
Salida DC 6 VDC, 0.7 A salida para opcional SDI ET-SD06U  
Alimentación 120 VAC, 50/60 Hz  
Máx. Amperaje 0.85 A  
Dimensions (W x H x D) 8-25/32"x9-5/32"x12-59/64"(223 x 328 x 229 mm)  
Peso 15.9 lbs (7.2 kg)  
Temperatura de operac. 32-104°F (0-40°C)  
Accesorios Cable de poder AC

## Switcher de Producción Digital Modelo 1200 Grass Valley Especificaciones Técnicas



Proceso interno:	Digital
Entradas primarias:	16
Entradas externas:	16 analógicas o digitales SDI
Mix/Efectos	1
Keyers en cada M/E	2
Proceso de la señal de video	Norma 4:2:2:4 Compatible con formato 16x9
Número bits utilizados para proceso	10 bits
Salidas:	Segundo keyer y keying en 3D Program, preview, clean feed, aux, buses, key
Panel de control	
Dimensiones(HxWxD):	10.66x29.00x17.42"(27.1x73.7x44.3cm)
Peso:	48lbs.(21.8Kg.)
Frame:	
Dimensiones(HxWxD):	10.25x19x24.8"(26x43.2x63cm)
Peso:	80lbs.(36.3Kg.)
Potencia requerida	
Consumo del Frame:	400W
Voltaje:	90-260 VAC, 50/60Hz
Consumo del Panel de control:	200 W
Voltaje:	Autorango
Características ambientales	
Temp.ambiente en el Frame:	0-40°C(32-104°F)
Humedad relativa:	Hasta el 95%

## Patchbays de Video Digital 75 $\Omega$ CANARE



Modelo del panel de cargado: 241U-DVJW

Alto del panel de rack: 1RU

Configuración de filas: 2 filas x 24

Modelo del jack: DVJ-W

Cantidad de jack: 24

Puntos de patch: 48

Dimensiones: 19"W x 1.7"H x 3.3"D (483mm x 44mm x 85 mm)

Aplicaciones: SDI (Transmisiones de video digital)

Video analógico(NTSC)

Modelo Patch cords de video de 75 $\Omega$ : VPC003F

Longitud: 3ft

Cable coaxial 75 $\Omega$ : LV-61S

Plugs de video 75 $\Omega$ : VWP-C4A

## Generador de Caracteres DEKO500 de Pinnacle

**Soporta estándares :** NTSC, PAL

### **Entradas de video:**

Digital SDI - SMPTE 272 M, Audio embebido

Analogica es opcional puede ser Compuesta, componentes, s-Video, Key

### **Salidas de video**

Digital SDI - SMPTE

Referencia de video : Analog color black

### **Especificaciones de video analógico**

Niveles de entrada : 1 v p-p

Impedancia de entrada: 75 Ohm

Niveles de salida: 1 Vp-p

Impedancia de salida: 75 Ohm

## Especificaciones de Estándar

RAM: 256

Almacenamiento Interno: 20 Gb o más

Almacenamiento: CD-Rom, floppy drive, driver interno zip

Teclado y mouse Microsoft

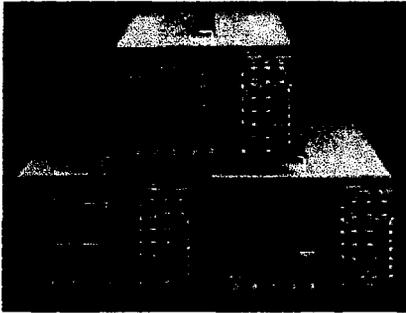
Ethernet: 10/100 baseT (rj45)

Puerto Serial: dos RS232 (DB9)

Power Requeriments: 110/120 V 60/50 Hz.

Dimensiones	mm	in
Alto	178	7
Ancho	482	19
Largo	660	26
Peso	kg	Lb
	23	55

## WAVEFORM MONITOR WFM601M, Tektronix



**Formato:** Componentes 270 Mb/s, compatible con SMPTE 259M y CCIR656

**Tipo de entrada:** looptrough pasiva de 75  $\Omega$

**Pérdidas por retorno:** >25 db 1 a 270 Mhz

**Pérdidas por inserción:**  $\leq 1.5\%$ .

**Ancho de banda de transmisión:** 50 kHz a 300 MHz  $\pm 1.0$  dB

**Rango de ecualización del receptor serial:** Para cable coaxial sobre los 19 db a los 135 Mhz.

### **External Reference**

**Input** – video compuesta Analógica o black burst.

**Return Loss** -  $\geq 40$  dB to 6 MHz.

### **Deflexión vertical**

**Factor Deflexión** -  $\leq 2\%$ .

**Rango de Ganancia Variable** - +12 dB to -6 dB.

### **Respuesta de Frecuencia** -

Canal de luminancia (Y), to 5.0 MHz  $\leq 2\%$ .

Diferencia de color (PB & PR), to 2.5 MHz  $\leq 2\%$ .

**Respuesta de Transiente** -  $\leq 1\%$ .

**Velocidad de campo Tilt** -  $\leq 1\%$ .

**Velocidad de línea Tilt** -  $\leq 1\%$ .

### **Posicion de Rango Horizontal**

Una porción de sincronismo puede ser posicionado en todos los modos de paso.

### **Calibrador**

**Forma de onda cuadrada**

Amplitud: 700 mV  $\pm 1.0\%$ .

Frecuencia: 100 kHz  $\pm 0.1\%$ .

**Componente de modo Vector**

**Ancho de banda vertical** -  $\geq 1.0$  MHz  $\pm 100$  kHz.

**Horizontal a Vertical** -  $\leq 2^\circ$  at 500 kHz or 2 MHz.

**Ganancia Vertical** -  $\pm 1\%$ .

**Ganancia Horizontal** -  $\pm 1\%$ .

**Graticula Electronica** -  $\pm 1\%$ .

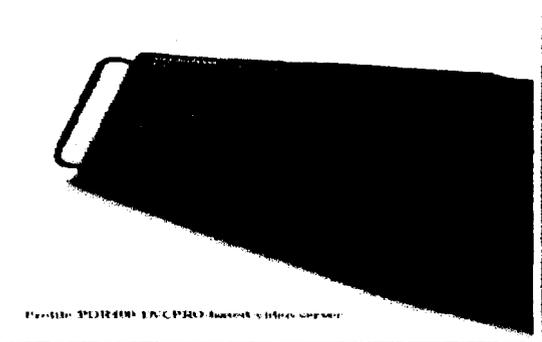
**Visualización de modo Vector**

PB mostrada horizontal axis.

PR mostrada vertical axis.

<b>Dimensiones</b>	<b>mm</b>	<b>in</b>
Alto	133.4	5.25
Ancho	215.9	8.50
Largo	460.4	18.125
<b>Peso</b>	<b>kg</b>	<b>Lb</b>
	7.2	15.7

## VIDEO SERVER PDR400



### Sistema

**Audio:** 16 a 32 canales, digital, estándar, AES/EBU, analógico opcional

**Interfaces Audio (Digitales):**

XLR216 , BNC216

**Audio Interfaces (Analógicas):**

PAC216 (16 channels)

**Ancho de banda:** 30 Mb/s (aproximadamente.)

**Canales de video:** 4 o 6 DV25, 2 o 3 DV50

Un canal de fibra opcional, para video en red

Ethernet: 10/100Base-T

**Almacenamiento interno:**

(8) 18 GB Ultra-SCSI drives (9 hours DV25)

Puertos RS422 Standard

8 puertos RS-422 puertos provistos en una unidad de rack

**Dimensiones físicas**

Tamaño: 8.72 in. Alto x 19 in. ancho: 24.812

in. profundidad , ocupando 5 unidades de rack de alto.

peso: 65 lbs.

**Fuente de poder:** 1184 VA (750 W)

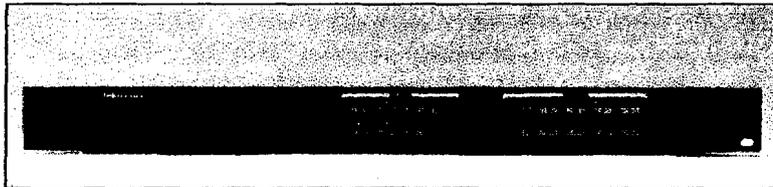
**Características ambientales**

Temperatura de operación: 0 a +40°C

Temperatura de almacenamiento: -40 a +75°C

## EQUIPOS DE SINCRONISMO

### SPG 422 Component Digital Master Sync Generador



Las salidas de video digital están en conformidad con los Estándares ITU-R BT 601/656 (CCIR 601/656).

Las señales de referencia y prueba Color Bars: SMPTE, 75% y 100% full field; 75% and 100% barra de colores sobre rojo.

10-Bit de Codificación.

La velocidad de bit es de 270 Mbs/sec, con una amplitud de 800 mV  $\pm$ 10%.

La impedancia de salida de 75  $\Omega$ .

Las salidas de audio digital están en conformidad con los estándares ANSI S4.40 (AES 3); SMPTE 276M.

Tiene 4 canales de audio, 2 pares de AES/EBU.

Frecuencia: 1 kHz, 800 Hz, silencio.

Nivel: -10 a -20 dBFS en 2 dB por pasos.

No balanceada (BNC): 1 V  $\pm$ 0.2 V.

Balanceadas (XLR): 3 to 10 Vp-p.

REFERENCIA INTERNA

Frecuencia- 13.5 MHz.

Salidas Analógicas De Black Bursts: SMPTE RP 154(NTSC); EBU N14 (PAL).

Parámetros NTSC -

Ancho de Blanking : 10.7  $\mu$ s  $\pm$ 0.2  $\mu$ s.

Nivel de setup: 0 or 7.5 IRE, user selectable.

GENLOCK

Configuración de entrada - Una 75 $\Omega$  loop

Perdidas de retorno - >36 dB to 5 MHz.

Requerimientos de entrada -

Señales: NTSC o PAL black burst.

Amplitud: Nominal  $\pm$ 3 dB.

S/N Ratio: >40 dB.

SCH Phase: Nominal  $\pm$ 40 degrees.

Signals: 1, 3.58, 4.43, 5, and 10 MHz CW.

Amplitud: 2 Vp-p.

Voltage: 90 a 132, 180 a 250 V AC.

Frecuencia: 48 a 62 Hz.

Potencia de consumo - 60 W máximo.

Dimensions	mm	in
Alto (H)	44	1.734
Ancho(W)	483	19
Largo(D)	561	22.1
Peso	Kg	lb
Net	6.14	13.5
Shipping	10.4	22.9

# Changeover Unit ECO422D SD/HD

## Características de entrada y salida

### Pérdidas –

#### Canales 1-6:

30 dB, 0 a 10 MHz.

15 dB, 10 a 750 MHz.

10 dB, 750 MHz a 1.5 GHz.

#### Canales 7-11:

30 dB, 0 a 10 MHz.

15 dB, 10 a 270 MHz.

### Pérdidas de Inserción –

Canales 1-6: 0.2 dB, DC a 10 MHz.

En un rango de frecuencia de 10 MHz a 1.5 GHz, menos de 20 metros de cable Belden 1694A cable.

#### Canales 7-11:

0.2 dB, DC a 10 MHz.

0.5 dB, 10 a 200 MHz.

1.0 dB, 200 a 360 MHz.

### Tiempo de retardo de switcheo –

Aproximadamente 10 ms

### Detección de amplitud

El ECO 422 puede determinar cuando existe una falla cuando las señales de entradas es menor que 2 dB del valor nominal. Los diferentes rangos son:

#### Black Burst –

NTSC: 180 a 225 mV entre 2-4 dB.

PAL: 190 a 235 mV entre 2-4 dB.

SDI – 505 a 630 mV entre 2-5 dB.

AES/EBU Digital Audio – 630 a 790 mV.

### Fuentes de poder

#### Rangos principales–

Voltage: 100 a 240 VAC, ±10%.

Frecuencia: 48 to 62 Hz.

Potencia de consume : 25 W maximo.

### Ambiente

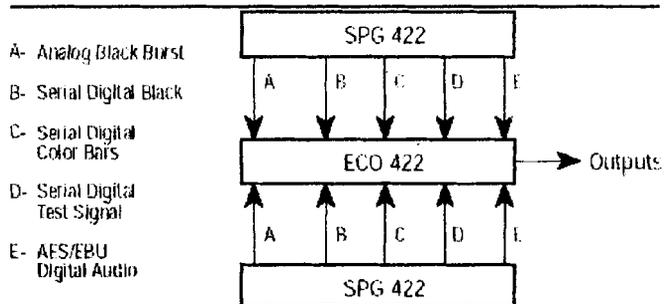
#### Temperatura –

Operación: 0°C to +40°C.

No operación: –40°C to +65°C.

#### Altitud –

Operating: 2000 meters



Dimensions	mm	in
Alto	44	1.734
Ancho	483	19
Largo	561	22.1
<b>Peso</b>	<b>Kg</b>	<b>lb</b>
Neto	4.9	10.8
	8.3	18.3

## **Analog Video Distribution Amplifier 6001**

### **Entradas de video analógico**

Cantidad 1 (2)

Conector BNC

Impedancia 75 Ohms

Standard PAL/NTSC

Nivel 1V pk-pk

### **Salidas de video Analógico**

Cantidad 5 (13)

Conector BNC

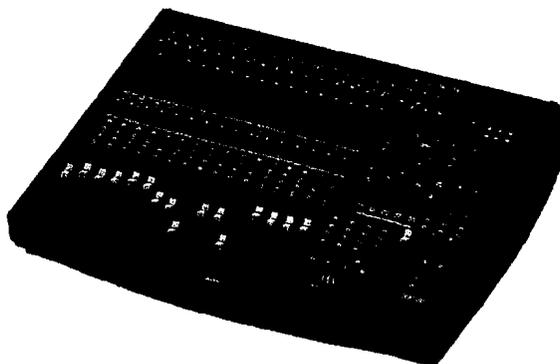
Standard PAL/NTSC

Nivel 1V pk-pk

<b>Dimensions</b>	<b>mm</b>	<b>in</b>
Alto(H)	18	0.75
Ancho(W)	100	3.90
Largo(D)	220	8.7
<b>Peso</b>	<b>g</b>	<b>lb</b>
	150	0.39

## EQUIPOS DE AUDIO

### Mixer de audio digital 324 LIVE de SOUNDCRAFT.



#### **Respuesta de frecuencia**

Medida 20Hz to 20kHz @ 1kHz  
(+4dBu into 60): +0.5dB / -1.5dB

#### **Conversión analógico digital**

Entradas Mic/Line 24-bit, 128 x  
oversampling

Entradas Stereo 24-bit, 128 x  
oversampling

#### **Conversión digital analógico**

Mix Outputs 24-bit, 128 x  
oversampling

Aux Outputs 24-bit, 128 x  
oversampling

**Procesamiento Interno** 24-bit,  
56-bit bussing

#### **SRC**

Tasa de muestreo

Entradas digitales: 30kHz-  
50kHz

#### **Rango dinámico**

Entrada Digital a salida MIX: 104dB

Entrada Mic a salida MIX: 101dB

Entrada Stereo a salida MIX: 99dB

#### **Ruido**

Entrada de ruido equivalente Mic : -127dBu

Salida Mix con Mix Fader abajo: <-86dBu

Salida Mix con Mix Fader

en unidad: <-86dBu

32 canales ruteados con Fader

en unidad: <-74dBu

#### **Distorsión total por armónicas**

Entrada Mic 1kHz @ 30dB ganancia,

Para salida Mix a +14dBu: <0.005%

#### **Frecuencia de Muestreo**

Interna: 44.1kHz

**Consumo de Potencia** 100W

**Peso** 14.4kg / 31.7lb

## Híbrido con extensor de frecuencia TH-02 EX Mk-II de AEQ.



### **Entradas de Audio**

Entrada al programa: Balanceada por transformador  
Impedancia de entrada:  $>6k\Omega$   
Nivel nominal de entrada: 0 dBm  
Entrada cuatro hilos: Balanceada por transformador  
Impedancia de entrada:  $>1k\Omega$   
Nivel nominal de entrada: 0dBm

### **Salidas de Audio**

Salida de programa: Balanceada por transformador  
Nivel nominal de salida: 0dBm  
Salida cuatro hilos: Balanceada por transformador  
Nivel nominal de salida: 0dBm

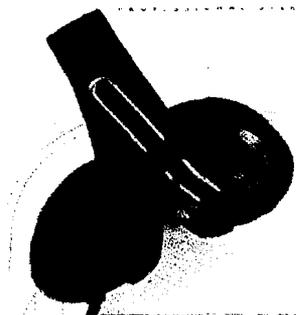
### **Interfaz de línea telefónica**

Entrada/Salida: Por transformador  
Impedancia:  $600\Omega$   
Nivel nominal de entrada: -10dBm  
Nivel nominal de salida: -6.5dBm

## Emisor de mano T2 de SHURE.

Salida de RF: 50 mW típico (FCC); 20 mW típico (ETSI)  
Dimensiones: 236 mm (alt.) x 51mm (prof.) (9,29" alt. x 2,01" prof.)  
Peso neto: 295 g (10,4 oz.)  
Requisitos de alimentación: Batería alcalina de 9 V (se recomienda la Duracell MN1604); batería de níquel-cadmio de 8,4 V opcional.  
Consumo nominal de Corriente: 30 mA

## Headphone T50-RP de FOSTEX.



Tipo  
Semi-abierto RP Respuesta  
de frecuencia dinámica:  
15 Hz - 35 kHz  
Sensitividad:  
98 dB/mW  
Entrada max:  
3000 mW  
Impedancia  
50 ohm  
Peso  
330g (excluding cable)  
Tecnología de cristal-limpio  
para rango de baja  
frecuencia extendido y alta  
frecuencia  
Cable de conexión para 3m

*Estación receptora  
inalámbrica T4N de  
SHURE.*

**Conector:** Conector XLR (macho)  
de 3 clavijas y jack de  
auriculares de 1/4 pulg

**Niveles máximos de salida:** 1/4": +5 dBV  
XLR: -10 dBV

**Niveles nominales de  
salida:** 1/4": -8 dBV  
XLR: -30 dBV

**Configuración de salida:** Activa equilibrada

**Impedancia real:** 3,3  $\kappa$

**Designación de clavijas de  
conector:** XLR: Clavija 1 - tierra; clavija 2 - señal;  
clavija 3 - retorno  
1/4": Punta - señal; manguito - tierra.  
Punta: señal; manguito: tierra

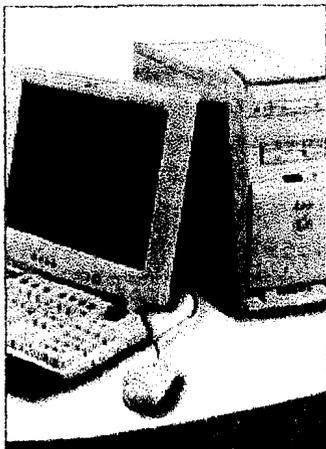
**Dimensiones:** 41 mm (alt.) x 197 mm (an.) x 138 mm  
(prof.)  
(1,625" alt. x 7,77" an. x 5,42" prof.)

**Peso neto:** 435 g (15,4 oz)

**Requisitos de alimentación:** 12-18 VCC nominal, 200 mA

**Fuente de alimentación:** Adaptador de 120 ó 230 VCA

## Computador AcerPower Sd.



<b>Procesador</b>	Intel® Pentium® 4
<b>Chipset</b>	SiS650
<b>Memoria del Sistema</b>	PC2100 DDR-SDRAM, 2 ranuras para módulos DIMMs, soporte para ECC DRAM (corrección de errores)
<b>Bahías y Almacenamiento</b>	2 Bahías externas de 5.25" para: CD-ROM, DVD-ROM, CD-RW, o bahía para disco duro removible. 1 Bahía externa de 3.5" para unidad de disco flexible. 2 Bahías internas de 3.5" para discos duros de 5400/7200 rpm.
<b>Interfaz de Red</b>	Controlador Ethernet 10/100 Base-TX.
<b>Sistema Operativo (Preinstalado)</b>	Microsoft® Windows® XP Home Edition o Microsoft® Windows® XP Professional Edition.
<b>Interfaz de Entrada/Salida</b>	12V de alimentación para parlantes Puerto de red local RJ-45 1 Conector para monitor CRT 4 Puertos USB (Universal Serial Bus), 2 frontales y 2 posteriores 1 Conector para audífonos y 1 para micrófono, (acceso frontal) 1 Puerto PS/2 para mouse 1 Puerto PS/2 para teclado 1 Puerto Paralelo 1 Puerto Serial
<b>Ranuras de Expansión</b>	1 Ranura AGP 3 Ranuras PCI 2.2
<b>Gráficos</b>	Controlador VGA integrado Ranura AGP 4x (para tarjeta de video opcional)

<b>Audio</b>	AC '97 3D PCI Audio (integrado) compatible con SoundBlaster de 16-bits.
<b>Teclado Multimedia / Internet</b>	Teclas estándar incluyendo teclado numérico Botón para "Modo de Espera" Teclas para funciones programables Controles para audio/video Botones para acceso a Internet y correo electrónico Control de volumen y silencio
<b>Monitor</b>	A elegir entre monitores CRT de 15" ó 17" ó LCD de 15"
<b>Gabinete</b>	Minitorre de 42.4 (alto), 20.0 (ancho), 41.4 (fondo) cms. Factor ATX
<b>Antivirus</b>	Norton® AntiVirus
<b>Estándares de la Industria</b>	PC 2001, DMI 2.0 y SMBios 2.3, PCI V2.2 ACPI 1.1, Microsoft® MDP 2001
<b>Fuente de Poder</b>	180W en modo estable, 5V/3A, 12V, incluye "Modo de espera" (para reproducción de CD en apagado). Interruptor, toma de corriente y selector de voltaje en el panel posterior. Solución PFC Standard disponible.
<b>Manejo de Energía</b>	Soporte para ACPI 1.0b
<b>Certificación de Sistema Operativo</b>	Microsoft® Windows® XP Home Edition, Microsoft® Windows® XP Professional, Microsoft® Windows® 2000 Professional, Microsoft® Windows® ME, Red Hat® Linux 7.0 ó superior, SCO® Unixware, Novell® Workstation Client.
<b>Compatibilidad del Sistema</b>	PC 2001, NSTL Y2K, Energy Star, DMI 2.0, WfM 2.0, MacroVisión
<b>Certificación EMI</b>	Sistema: CE, FCC, BSMI, CCIB, VCCI, C-tick Report
<b>Certificación de Seguridad</b>	Sistema: CB Report, Nemko, CCEE, CUL, TUV, B Mark, ENEC

### **Distribuidor de audio digital AES/EBU AES-3981-B de LEITCH.**

Entradas de audio AES: 2 x AES (AES3-1992)

Impedancia: 75 Ohm

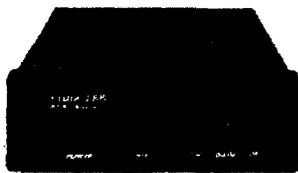
Tasa de muestreo: 96 kHz

Potencia de consumo: 5.5W (0.8A @ +6.5V, 0.02A @ -7.5V)

Dimensiones: 15mm (0.70")H x 100mm (3.90")W x 220mm (8.70")L

Peso: 250g (0.65lbs)

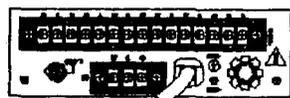
### **Distribuidor de audio Analógico ADA-16 de VIDEOTEK.**



#### **CARACTERÍSTICAS:**

Una entrada de audio balanceada o desbalanceada

Seis salidas de audio balanceadas



Conectores entrada salida tipo barrier strip

#### **Especificaciones de Audio**

Impedancia de entrada:

600Ω o Hi-Z

Impedancia de salida:

600Ω,

Máximo nivel de entrada:

+18 dBm, 20 Hz a 20 kHz

Máximo nivel de salida:

+18 dBm balanced

+12dBm unbalanced,

20 Hz a 20 kHz

Ganancia:

Continuamente ajustable de

- 20 dB a +18 dB

Respuesta de frecuencia:

±0.1 dB 20 Hz a 20 kHz

±0.25 dB 10 Hz a 50 kHz

Distorsión Armónica:

0.1% máxima a +10 dBm nivel de

salida, 20 Hz a 20 kHz

Modo Común de rechazo:

60 dBm mínimo,

20 Hz a 20 kHz

Hum y ruido:

70 dB debajo del máximo nivel de salida

Aislamiento de salida:

40 dB mínimo,

20 Hz a 20 kHz

## Estación de monitoreo RM-1 de FOSTEX.



### Especificaciones técnicas:

Entrada (0dBV=1Vr.m.s, 0dBu=0.775V.r.m.s.)

Entrada (A&B) Conectores XLR & TRS Phone combo connector  
(HOT : Pin2 / Tip)

Impedancia de entrada XLR : 78k $\frac{1}{2}$ or more / TRS : 20k $\frac{1}{2}$  o más

Máximo nivel de entrada XLR : +24dBu / TRS : +13.8dBV  
(+15.8 dBu balanced)

Nivel de referencia de entrada XLR : + 4dBu / TRS : -10dBV  
(-8.2dBu balanced)

Sensitividad (Stereo mode 500 - 2kHz)

XLR : 82dB SPL @ 1 metro / -10dBu (Volumen max.)

TRS : 82dB SPL @ 1 metro / -24dBV (Volumen max.)

Salida amplificada : 2 x 15W into 8 $\frac{1}{2}$ @1kHz

HEADPHONES : 10mW into 50 $\frac{1}{2}$ @ 1kHz

### GENERAL

Respuesta de frecuencia 100Hz - 20kHz

S/N 90dB

Indicador de señal de entrada -20dBu

Modo común de rechazo 40dB típico @ 60Hz

T.H.D. 0.06% (ambos canales)

### Físico

Dimensiones 483(w) x 44 (h) x 254 (d) mm

Peso 4.5kg

Fuente de poder 120V / 230V

## EQUIPOS DE INTERCOMUNICACIÓN

### UPX-10,RCV-2



#### **Tramisor remoto VHF UPX-10**

Frecuencia de operación: 169-216 MHz

Potencia de salida RF: 45-50mW

Alcance: 1500ft bajo condiciones ideales

Modulación: FM

Desviación máxima:  $\pm 7.5$  kHz

Preénfasis: 167  $\mu$ s

#### **CONFIGURACIÓN de ENTRADA**

Estándar: línea balanceada nivel de audio micrófono

Internamente programable: intercom-Clearcom alámbrico/compatible con IFB(un solo canal)

Respuesta de frecuencia de audio: 90Hz a 11KHz,  $\pm 3$  dB

#### **CONTROLES ACCESIBLES AL USUARIO, INDICADORES Y CONECTORES**

Panel frontal: interruptor on/off, LED de encendido, ajuste del nivel de entrada de audio; VU meter(10-segment LED)

Panel trasero: Conectores de entrada de audio(XLR-3F); nivel de entrada de audio(dos posiciones micrófono o slide switch); entrada DC; salida RF Alimentación requerida 12-20 VDC, 200 mA, máximo

Dimensiones: 1.75" H x 17" W x 5.1" D(44 x 430 x 130 mm)

Peso: 3.2 lbs (1.5 kg)



#### **Mini-receptor RCV-2**

Rango de frecuencia: 169-216MHz

Número de frecuencias: una o dos; 1.5MHz separación máxima

Sensibilidad: 2.5 $\mu$ V, máximo, para 50 dB S/N

Respuesta de frecuencia: 70 Hz to 9 kHz,  $\pm 3$  dB

S/N: 80 dB, mínimo

Salida de audio: 200 mW, mínimo

Alimentación: 9-voltios alcalina descartable

#### **CONTROL, CONECTORES E INDICADORES**

Selección del control del volumen

LED indicador de batería baja

Conector de salida de audio: Minijack

Estándar monoaural

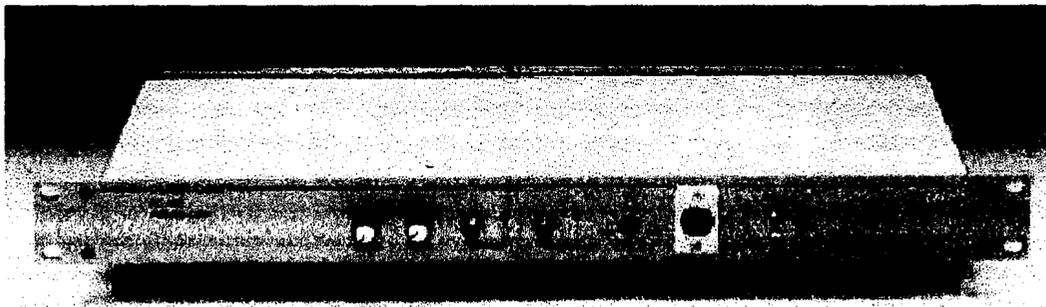
Antena: Cable del headset

Dimensiones: 4" H x 2.5" W x 1" D(100 x 65 x 24 mm)

Peso: 5.5 oz. (160 g), con batería

## AC-10H Universal System Interface

### Especificaciones técnicas



Respuesta de frecuencia: 150 Hz - 10 kHz, + -3 dB

Impedancias de interfaces: Interface Impedance,

2-Wire Mode, Normal: 1,100  $\Omega$

2-Wire Mode, Low-Z: 4  $\Omega$

3- or 4- Wire Mode,

Transmit Output: 200  $\Omega$

Receive Input: 500  $\Omega$

Selector de impedancia(solamente para sistemas de 2 hilos):

High-Z:  $\approx$ 600  $\Omega$

Low-Z:  $\approx$ 16  $\Omega$

Salida del transmisor: Modo 2-hilos, Normal: +8 dBm max 200  $\Omega$

Modo 2-hilos, Low-Z: 125 mV max 4  $\Omega$

Modo 3- o 4-hilos: +4 dBm max 600  $\Omega$

Conectores de entrada y salidas:

(4) 5 -ways para interfaces a otros sistemas

(1) 3 pines XLR-F para interface a ClearCom

Alimentación: 18mA, 28V para ClearCom

Dimensiones: 1.75" H x 19" W x 6" D (45 x 483 x 153 mm)

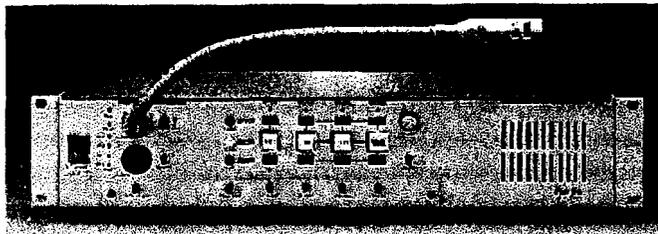
Peso: 2 lbs (0.91 kg)

---

## **MS-440**

### **Estación de intercomunicación de 4 canales**

#### **Especificaciones técnicas**



#### **Estación de audio**

Ancho de banda: 150 Hz -15 kHz

S/N: >75 dB

Impedancia: (200  $\Omega$ )

Micrófono

Conexión: conector plug-in

Patrón: cardioide

Longitud: 9" or 18" gooseneck

Respuesta de frecuencia: 100 Hz - 20 kHz

Alimentación:

Salida de voltaje: 30VDC regulada con protección electrónica para sobre voltajes

Corriente de salida: 2 A máx; 1.75 A máx en un canal

Requerimientos de potencia AC: 105-130 VAC or 210-260 VAC, 50-66 Hz, 80 watts max.

Dimensiones: 3.5" H x 17" W x 6.75" D (89 x 432 x 171 mm)

Peso: 9.7lbs. (4.4kg)

Conectores:

Headset: XLR-4M

MS440: 8 XLR-3M

Entrada de programa: XLR-3F

Salida de anuncios: XLR-3M

Parlante externo: 1/4" phono jack

## Estación base WBS-670, Beltpack WTR-670

### Especificaciones técnicas



#### WBS-670

Rango de frecuencia RF: 518-608 MHz, 614-740 MHz in 18 MHz TX and RX bands

Alimentación: 100-240 VAC, 50-60 Hz

Rango de temperatura: -4°F a 140°F (20°C a 55°C)

Dimensiones: 19.0" W x 1.72" H x 14.0" D (48.3 cm x 4.4 cm x 35.6 cm)

Peso: 6 lbs. 15 oz. (3.15 kg)

Antena transmisora: 1/2 Wave (supplied), conector macho TNC

Antena receptora: 1/2 Wave (supplied), conector macho TNC

Intercomunicador Clearcom: Nivel ajustable de entrada/salida (1 Vrms típico), Línea de impedancia 200  $\Omega$

Transmisor:

Potencia de transmisión: 50 mW max. (High), 5 mW (normal)

Modulación: FM, 40 KHz Deviation

Entrada de audio de micrófono: 30  $\Omega$ -3,500  $\Omega$

Receptor

Sensibilidad RF: <0.7 mV

Salida de headset: salida 40mW dentro de 600 W (1% distortion)

Tipo: Dual Conversion

Superheterodyne, Synthesized, FM, 720 channels

#### WTR-670

Rango de frecuencia RF: 518 - 608 MHz, 614 - 740 MHz in 18 MHz TX and RX bands

Alimentación: 6 Alkaline "AA" Cells (NiMH optional)

Tiempo de vida de las baterías: 14 horas

Rango de temperatura: -4°F a 140°F (20°C a 55°C)

Dimensiones: 3.75" W x 5.05" H x 1.65" D (9.5 cm x 12.8 cm x 4.2 cm)

Peso: 16 oz. (0.454 kg) con baterías alcalinas

Antena transmisora: 1/4 Wave (supplied), Screw type

Antena receptora: 1/4 Wave (supplied), Screw type

Potencia de transmisión: 50 mW max.

Modulación: FM, 40 KHz Deviation

Entrada de audio de micrófono: 30  $\Omega$ -3,500  $\Omega$

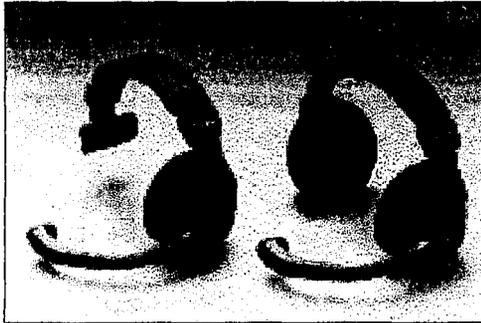
Sensibilidad RF: <0.7 mV

Salida de headset: salida 40mW dentro de 600 W (1% distortion)

Tipo: Dual Conversion

Superheterodyne, Synthesized, FM, 720 channels

## Headset CC-95 ,CC-260



**CC-95**

Número de orejeras: Una  
Respuesta de frecuencia: Amplio  
rango de audio con presencia vocal  
Durabilidad: virtualmente  
indestructible  
Material del headset: ABS y Duracon  
Respuesta de frecuencia del  
micrófono: 70Hz a 18KHz  
Rotación del micrófono: 300 grados  
Impedancia del micrófono/orejeras:  
200Ω/400Ω  
Longitud y tipo de cable: Straight 4-  
hilos, 5.5 ft/1.75m  
Conectores: XLR-4F(XLR4M  
opcional)  
Peso: 9.9oz/282 g

**CC-260**

Número de orejeras: dos  
Respuesta de frecuencia: Amplio  
rango de audio con presencia vocal  
Durabilidad: virtualmente  
indestructible  
Material del headset: ABS y Duracon  
Respuesta de frecuencia del  
micrófono: 70Hz a 18KHz  
Rotación del micrófono: 300 grados  
Impedancia del micrófono/orejeras:  
200Ω/400Ω  
Longitud y tipo de cable: Straight 6-  
hilos, 5.5 ft/1.75m  
Conectores: XLR-4F(XLR4M opcional  
y 6 pines binaural)  
Peso: 14.1oz/399 g

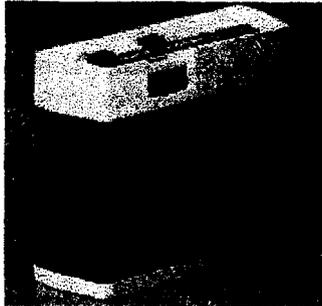
## Micrófono SHURE PG58

Tipo de micrófono: Dinámico  
Patrón polar: Cardioide(unidireccional)  
Respuesta de frecuencia: 60 a 15,000 Hz  
Impedancia de salida: 300Ω  
Sensibilidad: -53 dBV/Pa, (2.2 mV)  
Sensibilidad al hum electromagnético: 26 dB  
Switch: on/off  
Conector: XLR-3M  
Condiciones ambientales: Este micrófono opera sobre un rango de  
Temperatura de operación: -29 a 57°C(-20 a 135°Fahrenheit)  
Peso: Neto: 321 g (11.3 oz)  
Paquete: 908 g (2 lb)  
Longitud del cable: 4.57 m (15ft.) Cable (XLR-XLR).



## **Beltpacks RS-501 de ClearCom**

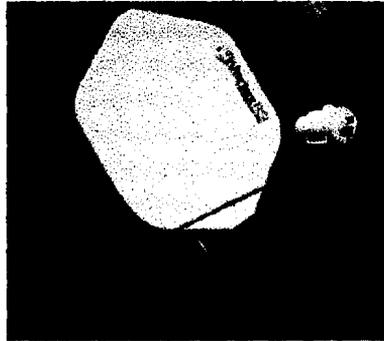
### **Especificaciones técnicas**



<b>Respuesta Frecuencia:</b>	200 Hz - 12 kHz
<b>S/N:</b>	>75 dB
<b>Impedancia Mic Headset:</b>	200 $\Omega$
<b>Ganacia, mic a línea:</b>	conmutable 35 dB, 41 dB
<b>HEADPHONE</b>	
<b>Impedancia de carga:</b>	50 - 2,000 $\Omega$
<b>Ganancia, línea a salida:</b>	+35 dB
<b>Respuesta Frecuencia:</b>	100 Hz - 18 kHz, $\pm$ 2dB
<b>CONNECTORS</b>	
<b>Línea de intercomunicación:</b>	(2) 3-pin XLR-M-F
<b>Headset:</b>	4-pin XLR-M
<b>Alimentación:</b>	
<b>average talk</b>	35mA
<b>with signaling</b>	50mA
<b>Rango de Voltaje DC:</b>	12-32 V
<b>AMBIENTE:</b>	
<b>Rango de Temp. Operación:</b>	0° - 70°C (32° - 158°F)
<b>Humedad:</b>	0 - 90% relativa humedad
<b>Dimensiones:</b>	3.25"H x 3.8"W x 1.5"D(91 x 96.9 x 37.5 mm)
<b>Peso:</b>	8oz. (0.22kg)

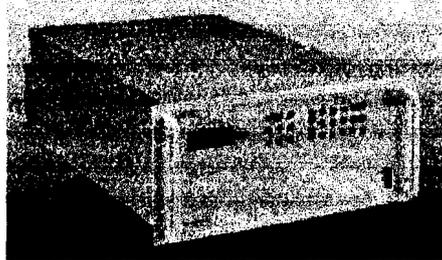
## EQUIPOS PARA ENLACE SATELITAL

### Antena flyaway 2.4m VertexRSI



	Banda C	Banda Ku
Frecuencia		
Recibe:	3.625 - 4.2 GHz	10.75-12.75 GHz
Transmite:	5.850 - 6.425GHz	13.75-14.50 GHz
Ganancia de la antena en mediabanda, dbi		
Recibe:	37.6	4.75
Transmite:	41.7	48.7
Temperatura de ruido		
Elevación 5°	56°K	70°K
Elevación 10°	45°K	59°K
Elevación 20°	41°K	52°K
Elevación 40°	42°K	51°K
Típico G/T en 4,0;11,85GHz; 20° elevación, horizonte clarp		
Banda C 35°K LNA	19.2db/°K	
Banda Ku 70°K LNA		26.6°K
Pérdidas inserción de feed		
Recibe:	0.25 db	0.30 db
Transmite	0.25 db	0.20 db
Interface de guí de onda Flange		
Recibe:	CPR-229G	WR75 Flat
Transmite	CPR-137G	WR75 Flat
Estructura Reflector	Carbon Fiber composite	
Estructura pedestal	Aluminio	
Temp. operacional	5-122°F(-15° a 150°C)	
Peso antena+pedestal	363lb(164.7Kg)	

**Amplificador de alta potencia (High power Amplifier) de Banda C (5.725-6.725GHz) SatCom HPA 1705 A**



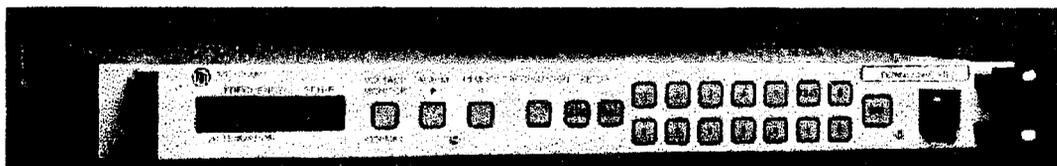
Rango de frecuencia	5.85 - 6.65 GHz
Potencia de salida	650 W (min. at Flange) 750 W Tube
Ganancia en rated power	> 68 dB
Ganancia en 10 dB backoff	> 75 dB
Variación de ganancia	1.0 dB / 80 MHz, 2.5 dB / 500 MHz
Estabilidad de ganancia	< ± 0.25 dB / °C / 24 hrs
Ajuste de ganancia	0 -20 dB
Intermodulación en 7dB backoff	-24 dBc
Figura de ruido	12 dB max.
VSWR	1.4:1 entrada, 1.3:1 Salida (guía de onda)
Conectores RF:	
Entrada	N
Salida	CPR 137 waveguide
Ser.Interface RS 232 /485	9-pin D hem.
Par.Interface	25-pin D hem.
Peso	< 41 kg (90 lbs)
Enfriamiento	Aire forzado
Especificaciones eléctricas	
Alimentación	190 to 240 VAC /47-63 Hz
Potencia de consumo	2550 W max., típica operación 1700 W
Especificaciones ambientales	
Rango temperatura de operación	de -25 °C to + 50 °C
Nivel de ruido (cooling fan)	<60 dBA
Humedad	95%

**Amplificador de alta potencia (High power Amplifier) de Banda Ku  
(13.75-14.5GHz) SatCom HPA-1413 A**



Rango de frecuencia	13.75 -14.50 GHz
Potencia de salida	370 W (min.en Flange) 400 W Tube
Ganancia en rated power	>65 dB
Ganancia en 10 dB backoff	>72 dB
Variación de ganancia	1.0 dB / 80 MHz,2.5 dB / 500 MHz
Estabilidad de ganancia	<±0.25 dB /°C /24 hrs
Ajuste de ganancia	0 -20 dB
Intermodulación en 7dB backoff	-24 dBc
Figura de ruido	12 dB max.
VSWR	1.4:1 entrada,1.3:1 Salida (guía de onda)
Conectores RF:	
Entrada	SMA
Salida	WR 75 guía de onda
Ser.Interface RS 232 /485	9-pin D hem.
Par.Interface	25-pin D hem.
Peso	<26 kg (57 lbs)
Enfriamiento	Aire forzado
Especificaciones eléctricas	
Alimentación	110 to 240 VAC /47 -63 Hz
Potencia de consumo	1050 W max.
Especificaciones ambientales	
Rango temperatura de operación	-25 °C to +55 °C
Nivel de ruido (cooling fan)	<50 dBA
Humedad	100%

## Up Converter Band C(5.725-6.725GHz) MITEQ U-9693-6



### Características IF

Frecuencia	70 $\pm$ 20 MHz (140 $\pm$ 40 MHz opcional)
Impedancia	75 ohms (50 ohms opcional)
Pérdida de retorno	26 dB mínimo
Señal monitor	-20 dBc nominal

### Características RF

Frecuencia	5.725-6.725GHz
Impedancia	50 ohms
Pérdidas	20 dB mínimo
Potencia de salida	10 dBm mínimo
Downconverter LO leakage)	-80 dBm máximo at input port
Figura de ruido	20 dB típico, 25 dB máximo
Respuesta de amplitud	$\pm$ 0.25 dB/ $\pm$ 20 MHz, $\pm$ 0.20 dB/ $\pm$ 18 MHz

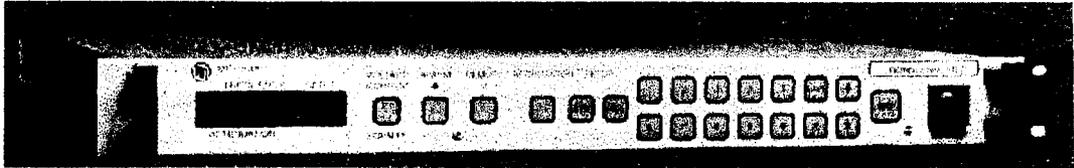
Voltaje	100, 120, 220, 230/240 VAC +10%, -13% (seleccionable en el panel trasero), 250 VAC máximo
---------	---

Frecuencia	47-63 Hz
Potencia de consumo	120 W typical
Peso	20 pounds nominal
Dimensiones	19" x 1.75" panel x 22" máximo (chassis depth 20")

### Conectores en el panel trasero

RF	SMA hembra
IF	BNC hembra
Señal del monitor IF	BNC hembra
Interfase remota	DEM-9S para RS485 y RS422, DB-25P para RS232
Monitor frecuencia/potencia LO	SMA hembra
Temperatura de operación	0 to 50°C
Humedad relativa	Up to 95% at 30°C
Presión atmosférica	Up to 10,000 feet
Temperatura de almacenamiento	-50 to +70°C

## Up Converter Band Ku(13.75-14.5GHz) MITEQ U-9696-3L



### Características IF

Frecuencia	70 $\pm$ 20 MHz (140 $\pm$ 40 MHz opcional)
Impedancia	75 ohms (50 ohms opcional)
Pérdida de retorno	26 dB mínimo
Señal monitor	-20 dBc nominal

### Características RF

Frecuencia	13.75–14.5 GHz
Impedancia	50 ohms
Pérdidas	20 dB mínimo
Potencia de salida	10 dBm mínimo
Downconverter LO leakage)	-80 dBm máximo at input port
Figura de ruido	20 dB típico, 25 dB máximo
Respuesta de amplitud	$\pm 0.25$ dB/ $\pm 20$ MHz, $\pm 0.20$ dB/ $\pm 18$ MHz

Voltaje	100, 120, 220, 230/240 VAC +10%, -13% (seleccionable en el panel trasero), 250 VAC máximo
---------	---

Frecuencia	47–63 Hz
Potencia de consumo	120 W typical
Peso	20 pounds nominal
Dimensiones	19" x 1.75" panel x 22" máximo (chassis depth 20")

Conectores en el panel trasero	
RF	SMA hembra
IF	BNC hembra
Señal del monitor IF	BNC hembra
Interfase remota	DEM-9S para RS485 y RS422, DB-25P para RS232

Monitor frecuencia/potencia LO	SMA hembra
Salida monitor banda-L	SMA hembra
Temperatura de operación	0 to 50°C
Humedad relativa	Up to 95% at 30°C
Presión atmosférica	Up to 10,000 feet
Temperatura de almacenamiento	-50 to +70°C

## **MPEG-2 Encoder-Modulator Scientific Atlanta Saturn MK II**

### **VIDEO**

Número de canales: 1 (hasta 2 interfaces)  
Interfaces analógicas: Compuesto PAL /PALplus /NTSC  
Ruido: <-60 dB  
Respuesta de frecuencia: ±2 dB, 10 Hz to 5.75 MHz  
VBI analógico: Teletext B, Teletext C, VITC, WSS, VPS, Transparent lines  
Interfaces digitales: 270 Mbit/s SDI (525 /625)  
VBI embebido: Sampled Teletext B, Teletext C, VITC, EDH, VII, Transparent lines

### **Video codificado**

Coding profile //levels: MP@ML, 4:2:2P@ML  
Estructura GOP: Flexible  
Tasa de bits: MP@ML (1.5 to 15 Mbit/s); 4:2:2P@ML (5 to 50 Mbit/s)  
Retardo: Variable,,incl.muy bajo retardo(<100 ms)

### **AUDIO**

Número de canales: hasta 3 stereo (6 mono)  
Tipos: Digital AES/EBU, analog. y audio embebido  
Formatos: MPEG Layer II (64 to 384 kbit/s) SMPTE 302M linear audio  
Modos: Stereo, mono, dual mono

### **Transport Stream**

Tasa de bits: 92 Mbit/s

### **Modulador**

Modulación: QPSK, 8PSK, 16QAM (totalmente compatible DVB )  
Tasa de baudios: 1 to 30 Mbaud  
Salida de interfase: 70 MHz (BNC)

### **General**

Rango de temperatura de operación: 0 to 45 °C / 32 to 113 °F  
Rango temperatura almacenamiento: -20 to 70 °C / -4 to 158 °F  
Humedad relativa: 20 to 90 %  
Alimentación: 90 to 250 VAC  
Potencia de consumo: <70 W  
Peso: <20 kg / <45 lbs  
Dimensiones(H x W x D): 19 "x 2RU x 530 mm (19 "x 2RU x 20.8)

### 3 Monitor de color analógico Video / audio AVMP-1 de Panorama dtv



#### AUDIO

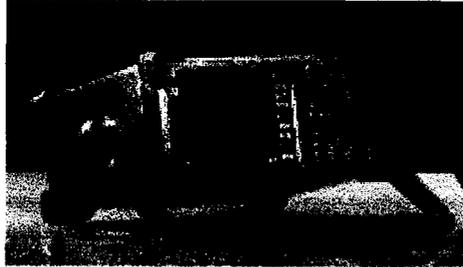
Salida acoustic peak: 100 dB SPL (@ 2 ft.)  
Respuesta eléctrica: 20Hz - 20kHz  $\pm$  1dB  
Salida de potencia del parlante 20 W / 11 W RMS cada lado (4 ohm)  
Hum y Ruido Más de 70 dB salidas llenas

#### VIDEO

Entradas: Compuesto - IV pk-pk NTSC/PAL  
*Resolución de pantalla:* 480H x 230V  
Medida, tipo de pantalla: TFT 4" Diagonal

Peso: 17 lbs.  
Potencia AC: 100-25-VAC, 50/60Hz auto selec.  
Potencia de consumo, prom.máx: 60W  
Dimensiones(H x W x D): 3.5 x 19 x 12 "( 89 x 483 x 298mm)

## Analizador de Espectro FSP3 de Tektronix



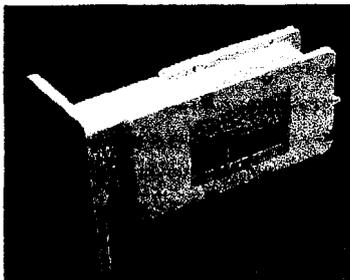
Rango de frecuencia:	9KHz a 3GHz
Resolución de frecuencia:	0.01 Hz
Ref. ext. de frecuencia:	10 MHz
Expansión de frecuencia:	10Hz a 3GHz
Error de expansión:	0.1%
Máximo nivel de entrada Voltaje:	50V
Atenuación RF:	$\geq 10$ dB
Máx. pulso de voltaje	150V
Máx. pulso de energía	1 mWs
Conectores Panel Frontal RF Output:	N female, 50 Ohm.
VSWR:	Typ. 2:1
Rango temperatura operación:	+5°C to +40°C.
Rango temperatura almacenamiento:	-40°C to +70°C
Potencia de consumo:	230 VA
Alimentación AC:	200 V to 240 V: 50 Hz to 60 Hz, 100 V to 120 V: 50 Hz to 400 Hz
Peso:	55.4 lb. (25.2Kg)
Dimensiones(W x H x D):	435 x 236 x 460 mm

## Integrated Receiver Decoder (IRD) Scientific Atlanta Stellar IRD Mk II

### Entrada de banda L/Demodulador

Número de entradas:	2
Frecuencia:	950 to 2150 MHz
Nivel IF:	-25 to -65 dBm
Impedancia:	75 $\Omega$
Formato:	QPSK, 8PSK, 16QAM (totalmente compatible DVB)
Tasa de símbolo:	1 a 45 Mbaudios
Tasas de FEC:	QPSK: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 & 7/8 8PSK: 2/3, 5/6 & 8/9 16QAM: 3/4 & 7/8
Potencia LNB:	Off, 13 V or 18 V (? .5 V) max. 350 mA
VIDEO	
Número de canales:	1
Interfases analógicas	Compuesto PAL /PALplus /NTSC/PAL-M (BNC)
VBI analógico:	Teletext B y C, VITC, WSS, VPS, Transparent lines y GCR
Interfases digitales:	270 Mbit/s SDI (525 /625) (BNC); interfase genlock
VBI embebido:	Sampled Teletext B, Teletext C, VITC, EDH, VII, Transparent lines
Decoding	MP@ML (1.5 to 15 Mbit/s) 4:2:2P@ML (5 to 50 Mbit/s)
<b>AUDIO</b>	
Número de canales:	hasta 2 stereo (4 mono) XLR
Tipos:	Digital AES/EBU, analog. y audio embebido en SDI
Decodificador:	MPEG Layer II (64 to 384 kbit/s) SMPTE 302M linear audio
Modos:	Stereo, mono, dual mono
<b>Transport Stream</b>	
Tasa de bits:	92 Mbit/s
<b>General</b>	
Rango de temperatura de operación:	0 to 45°C / 32 to 113°F
Rango temperatura almacenamiento:	-20 to 70 °C / -4 to 158 °F
Humedad relativa:	20 to 90 %
Alimentación:	90 to 250 VAC
Potencia de consumo:	≤32 W (fully equipped) ≤45 W incl. LNB power
Peso:	<5 kg / <11 lbs
Dimensiones (H x W x D):	19"x 1RU x 300 mm (19"x 1RU x 12 ")

## 1 LNB Banda C(3.4-4.2) 3000FB Norsat International Inc .



Típico servicio:	Global
Entrada de frecuencia:	3.4-4.2
Frecuencia del Osc. Local (GHz)	5.15
Frecuencia de salida(MHz):	950-1750
Figura de ruido:	20° to 35°K
Estabilidad Osc. Local:	±5 kHz to ±25 kHz
Ganancia de conversión:	60 dB
Nivel de salida (1db compresión)	+9 dBm
Potencia:	+15 to 24 VDC, 350 mA
Entrada VSWR	2.2:1
Dimensiones:	7.1" x 4" x 2.75 " (180 x 100 x 70 mm)
Peso:	(700 g)

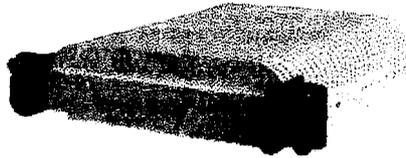
## TCU Transmitter Control Unit



Realiza compresión MPEG 4:2:2/4:2:0, COFDM, and FM Modulation  
COFDM Bandwith Selectable (6,7, and 8 MHz)  
Switch para cambiar entre analógico y Digital  
Auto detección de video, Compuesto, SDI, ASI, 70 MHz IF  
Soporta múltiples configuraciones  
TCU-M - MPEG solo  
TCU-CM - COFDM y MPEG  
TCU-F - FMT Modulador  
TCU-CMF - Switchable entre COFDM/MPEG  
y Analogica FMT Modulator

<b>Dimensions</b>	<b>mm</b>	<b>in</b>
Height	450	1.75
Width	213	8.50
Depth	268	10.55
<b>Weith</b>	<b>kg</b>	<b>Lb</b>
	3.2	7.0

## HPU Transmitter Control Unit



### HPU-OB

Rango de entrada DCDC Input Range: +11 Vdc to +48 Vdc

Control de entrada RF connector via RS 485 connector on TXU

1.9 TO 2.7 GHZ

Potencia de salida (QPSK Mode): +37 dBm

Power de salida (16QAM Mode): +36 dBm

6.4 TO 7.1 GHZ

#### OPCIONES DE ANTENA

Omni-Directional Antenna

MegaHorn

Parabolic Dish – 2ft/4ft

#### CONECTORES, CONTROLES E INDICADORES

LED Indicadores: DC , RF (Panel Frontal )

Conector RF de entrada Tipo "N"

(RF, Power, y Controles del TXU)

salida RF Connector Type "N"

Rango de Temperature de Operación: -20° C to +50° C

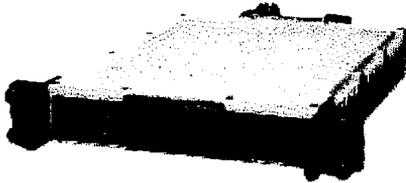
Humidity Relative de Operación 95% @+10° C to +40° C

Altitud de operación: 15,000 feet sobre el nivel del mar (13,500 meters)

#### Físicas

Dimensions	mm	in
Height	57.2	2.5
Width	213	8.50
Depth	270	10.5
Weight	kg	Lb
	3.2	7.0

## TXU Transmitter Unit



Señal de entrada: Compuesta, NTSC/PAL

Trabaja con un circuito de auto sense en control de ganancia.

Señal de salida: 2-15 GHz, 50 ohm – Tipo N

Potencia de salida (2 GHz): 2 GHz - Analog +33 dbm,  
QPSK +31 dbm, 16QAM +30 dbm

Entradas de audio:

(4) canales, dual mono, dual stereo

Potencia de consumo: 24 watts

Rango de voltaje de entrada DC: +11 to +48 Vdc

### PANEL DE CONTROL FRONTAL

Preset Selection: Video Bit Rate, Chroma/Profile, SDI or Composite, Channel Enable/Disable, Transport Stream Output Bit Rate, Test Pattern On/Off, Manual, Auto

Selección de audio: Analógica/Digital

### OPCIONES ANTENA

OmniDirectional Antenna

MegaHorn

Parabolic Dish – 2ft

Parabolic Dish – 4ft

### CONECTORES, CONTROLES E INDICADORES

Señal de entrada : TNC/BNC

DC Power RS-485 Remoto: 8-Pin Circular Connector

Entrada de audio: 10 Pin Circular Connector

Puerto de comunicación RS-232: 9-Pin "D" Connector

Salida RF: Conector Tipo "N"

Todos los controles: Push/Rotary Switch

LED Indicators: Power ON/OFF,

Transmit (XMIT) ON/OFF

### POWER REQUERIMIENTOS

Entrada: +10.5 to +48 Vdc

conector Power: 8-Pin circular

Potencia de consumo : 24W

<b>Dimensions</b>	<b>mm</b>	<b>in</b>
Height	57.2	2.5
Width	213	8.50
Depth	270	10.5
<b>Weith</b>	<b>kg</b>	<b>Lb</b>
	3.2	7.0

## VEHÍCULOS:

### Furgón Pregio de Kia Motor

## PREGIO



**Modelo** Furgón 12 Pax GS bus

#### Motor

Tipo	4 cilindros en línea Diesel
Cilindrada (cc)	2.665
Diámetro y carrera	94,5 x 95,0
Potencia máxima (HP@rpm)	83@ 4.150
Torque máximo (Kgm@rpm)	17.5@2.400
Relación de compresión	21.5: 1

#### Suspensión

Delantera	Doble horquilla y resorte helicoidal
Trasera	Eje rígido con 5 articulaciones, resortes helicoidales y barra estabilizadora

#### Transmisión

Tracción	Trasera
Tipo	Mecánica

#### Dirección

Tipo	Pinón y corona Servoasistida
------	------------------------------

## Frenos

Delanteros

Discos Ventilados

Traseros

Tambores

## Neumáticos

Medida

215 / 70 R14

Llantas

6JJ X 14"

## Dimensiones

Exterior largo (mm)

4.820

Exterior ancho (mm)

1.810

Exterior alto (mm)

1.970

Interior largo (mm) 2.755

Interior ancho (mm) 1.615

Interior alto (mm) 1.365

Distancia entre ejes  
(mm)

2.585

Trocha delantera  
(mm)

1.540

Trocha trasera (mm)

1.520

Voladizo delantero  
(mm)

1.140

Voladizo trasero (mm)

1.100

Volúmen de carga  
aproximado (Lts.) 6.000

Capacidad de carga  
aproximada (Kg) 1.200

Peso (Kg) 1.670

1.812

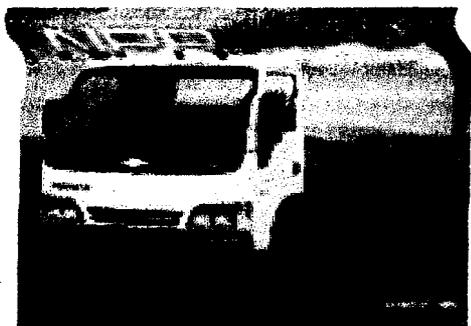
Despeje mínimo (mm)

190

Radio de giro (mts)

5.3

## Camión NPR -71L de Chevrolet



### **MOTOR**

Tipo	Isuzu 4HG1T, longitudinal, turbo 4 cilindros en Linea
Cilindrada	4.570 cc
Potencia (HP@RPM)	135@2.850
Torque (lbs.-pie@RPM)	240@1.800
Sistema de combustible	SFI
Revoluciones máximas (RPM)	2.850
Relación de compresión	19:1
Tipo de combustible	Diesel

### **TRANSMISIÓN Y DIRECCIÓN**

Transmisión	Isuzu MXA6S manual de 6 velocidades
Dirección	Isuzu de potencia

### **SUSPENSIÓN**

Delantera	Ballestas en eje rígido, eje tipo Reserved Elliot, amortiguadores hidráulicos telescópicos de doble acción.
Trasera	Ballestas en eje rígido, eje tipo Isuzu totalmente flotante, relación de eje 6.833:1, amortiguadores hidráulicos telescópicos de doble acción.

**DIMENSIONES**

Largo total (mm)	7.089
Ancho total (mm)	2.115
Altura total (mm)	1.890
Dist. entre ejes (mm)	3.815
Dist. Carrozable (mm)	5.479
Volado delantero (mm)	1.035
Volado trasero (mm)	2.189

Peso bruto vehicular (Kg)	7.500
Peso vacío (Kg)	2.205
Cap. de eje delantero (Kg)	3.100
Cap. de eje trasero	6.600
Capacidad de carga (Kg)	4.960
Radio de giro (pared a pared) (m)	13.7
Radio de giro (de bordillo a bordillo) (m)	12.4

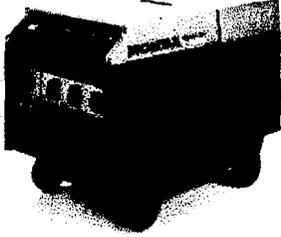
## EQUIPOS ELÉCTRICOS

### UPS COMET EXTREME 6KVA



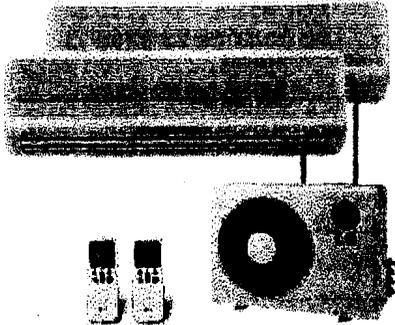
Modelo	Torre
Salida	120/208V
Eficiencia	92-93%
THD	<5%
PFC	0,99
Ventana de entrada de voltaje	84-265V
Extensión de baterías	Si
protección contra descargas	Si
Carga	2 horas y 45 minutos
Sobrecarga	160% por 10 segundos
Comunicación	RS232
USB	Opcional
Ruido	45dBA
Volumen (en pies cubicos) / Peso / tiempo de Back-up	6520 / 233lb / 12 minutes

## **GENERADOR HONDA EX5500 5.5KVA**



<b>Motor</b>	
<b>Modelo</b>	<b>GX 360</b>
<b>Cilindrada (CC)</b>	<b>359</b>
<b>Potencia (CV)</b>	<b>13</b>
<b>Potencia (KW)</b>	<b>8,97</b>
<b>r.p.m.</b>	<b>3000</b>
<b>Válvulas</b>	<b>En cabeza</b>
<b>Arranque</b>	<b>Eléctrico</b>
<b>Depósito de carburante L</b>	<b>16,5</b>
<b>Autonomía H (a Salida Constante)</b>	<b>5,5</b>
<b>Generador</b>	
<b>Salida Constante II 230V (VA)</b>	<b>5000</b>
<b>Salida Máxima II 230V (VA)</b>	<b>5500</b>
<b>Regulación de voltaje</b>	<b>AVR</b>
<b>Mando a distancia</b>	<b>Sí</b>
<b>Arranque automático</b>	<b>Opcional (900 Euro)</b>
<b>Nivel sonoro (Lwa) Insonorizado</b>	<b>87</b>
<b>Dimensiones</b>	
<b>Alto cm</b>	<b>72</b>
<b>Ancho cm</b>	<b>59</b>
<b>Largo cm</b>	<b>96,5</b>
<b>Peso (en seco) Kg</b>	<b>168</b>

## LM-2421C2L Aire Acondicionado Tipo Multisplit



LM-2421CL

Enfriamiento de 24000 BTU/h

220 Voltios

60 Hz de Frecuencia

Sistema PLAZMA

Purificador de Aire

Nuevo Sistema de Flujo

Re-Encendido Automático

Filtro Anti Bacterial de un toque

Deshumificador Saludable

Control Remoto

Modo Automático para Dormir

Operación Automática

Timer on/off de 24 horas

Auto Diagnóstico

Dimensión (mm) :

888x287x170 (A x A x P - Interior)

Unidades A o B

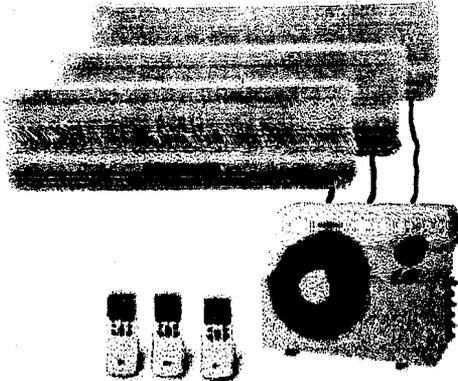
888x287x170 (A x A x P - Interior)

870x655x320 (A x A x P - Exterior)

Peso (int./ext.): 9.0 / 9.0 / 61.0  
Kg.

Auto Voltaje : (110V - 240V)

**LM-3022C3L Aire Acondicionado Tipo Multisplit**



**LM-3022C3L**

Enfriamiento de 30000 BTU/h

220 Voltios

60 Hz de Frecuencia

Sistema PLAZMA

Purificador de Aire

Nuevo Sistema de Flujo

Re-Encendido Automático

Filtro Anti Bacterial de un toque

Deshumificador Saludable

Control Remoto

Modo Automático para Dormir

Operación Automática

Timer on/off de 24 horas

Auto Diagnostico

Dimension(mm) :

888x287x170 (A x A x P - Interior)

Unidades A o B

888x287x170 (A x A x P - Interior)

870x655x320 (A x A x P - Exterior)

Peso (int./ext.): 10.0 / 10.0 / 63.0 Kg.

Auto Voltaje: (110V - 240V)

**APÉNDICE B**  
**TABLAS Y CURVA DE REFRIGERACIÓN E**  
**ILUMINACIÓN**

## TABLAS DE REFRIGERACIÓN

### DATOS ORIENTATIVOS PARA ELEGIR REJILLAS Y DIFUSORES

TABLA 1

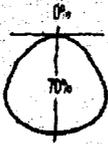
<b>m<sup>3</sup>/h impulsados por m<sup>2</sup> de suelo</b>	<b>Tipo de difusor</b>	<b>Velocidad ambiente media m/s</b>
De 18 a 27 De 27 a 55	Rejillas	0,12 a 0,18 0,18 a 0,28
De 27 a 46 De 46 a 73	Difusores lineales	0,10 a 0,18 0,18 a 0,28
De 46 a 74 De 74 a 91 De 91 a 120	Difusores de techo o de pared	0,12 a 0,18 0,18 a 0,25 0,25 a 0,3

### VELOCIDADES ACONSEJADAS DE AIRE

TABLA 2

<b>Situación de la rejilla</b>	<b>Velocidad</b>
Por encima de la zona ocupada	4 m/s
En el interior de la zona ocupada en el extremo inferior	1 a 1.5 m/s
En el interior de la zona ocupada, en la parte superior	2 m/s

TABLA 3.- COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN

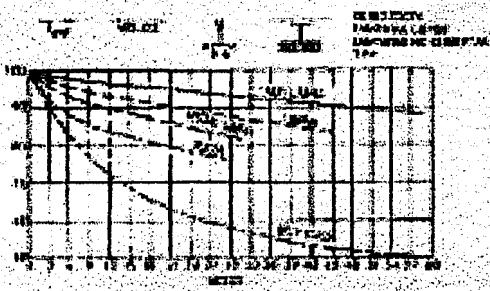
DISTRIBUCIÓN TÍPICA Y ESPACIAMIENTO	Acc <sup>c</sup> →		80			70			50			30			10			0	UNIDADES DE ALUMBRADO TÍPICAS Y CATEGORÍA DE MANTENIMIENTO*
	D <sub>W</sub> →		50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0	
	RCP(%) COEFIC. DE UTILIZACIÓN PARA UN 20% DE REFLECTANCIA DE CAVIDAD DE PISO EFECTIVA, P <sub>0</sub>																		
 S(MÁX)/MH = 1.3	1	.75	.72	.70	.73	.71	.69	.70	.68	.67	.68	.66	.65	.65	.64	.63	.62	 2 LÁMPARAS, DIFUSOR (TROFFER) BLANCO DE 2 PIES DE ANCHO CON LENTE PRISMÁTICA. (MULTIPLIQUESE POR 0.9 PARA 4 LÁMPARAS). FDL-CATEG. DE MANTENIMIENTO V	
	2	.67	.63	.59	.65	.62	.59	.63	.60	.57	.61	.58	.56	.58	.57	.55	.54		
	3	.60	.55	.51	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.52	.48	.53	.50	.48	.47		
	4	.54	.48	.44	.53	.48	.44	.51	.47	.43	.50	.46	.43	.48	.45	.42	.41		
	5	.48	.42	.38	.47	.42	.38	.46	.41	.37	.44	.40	.37	.43	.39	.36	.35		
	6	.43	.37	.33	.42	.37	.33	.41	.36	.33	.40	.36	.32	.39	.35	.32	.31		
	7	.38	.33	.29	.38	.33	.29	.37	.32	.28	.36	.31	.28	.35	.31	.28	.27		
	8	.36	.29	.25	.34	.29	.25	.33	.28	.25	.32	.28	.25	.32	.28	.24	.23		
	9	.31	.25	.21	.31	.25	.21	.30	.24	.21	.29	.24	.21	.28	.24	.21	.20		
	10	.28	.23	.19	.28	.22	.19	.27	.22	.19	.26	.22	.19	.26	.22	.19	.17		
 S(MÁX)/MH = 1.2	1	.70	.68	.65	.65	.63	.61	.55	.53	.52	.45	.45	.44	.37	.36	.36	.32	 2 LÁMPARAS, UNIDAD CON FONDO DE LENTE PRISMÁTICA Y PARTE SUPERIOR ABIERTA. FDL-CATEG. DE MANTENIMIENTO VI	
	2	.62	.58	.55	.58	.54	.51	.49	.47	.44	.41	.39	.38	.34	.33	.32	.28		
	3	.56	.50	.47	.52	.47	.44	.44	.41	.38	.37	.35	.33	.30	.29	.28	.25		
	4	.49	.44	.40	.46	.41	.38	.40	.36	.33	.33	.31	.29	.28	.26	.25	.22		
	5	.44	.39	.35	.41	.36	.33	.36	.32	.29	.30	.27	.25	.25	.23	.22	.20		
	6	.40	.34	.30	.37	.32	.29	.32	.28	.25	.27	.24	.22	.23	.21	.19	.17		
	7	.36	.30	.26	.34	.28	.25	.29	.25	.22	.25	.22	.19	.21	.19	.17	.15		
	8	.33	.27	.23	.30	.25	.22	.26	.22	.20	.22	.20	.17	.19	.16	.15	.13		
	9	.29	.24	.20	.27	.22	.19	.24	.20	.17	.20	.17	.15	.17	.15	.13	.11		
	10	.27	.21	.18	.25	.20	.17	.22	.18	.15	.19	.15	.13	.16	.13	.12	.11		
 MÁX S(MÁX)/MH = 1.3	1	.79	.76	.73	.73	.70	.68	.62	.60	.58	.51	.50	.49	.42	.41	.40	.36	 DIRECTA-INDIRECTA, LADOS DIFUSORES METÁLICOS O DENSOS CON BROQUEL DE REJILLA (LOUVER) DE 36" x 45". FDL-CATEG. DE MANTENIMIENTO II	
	2	.70	.65	.61	.65	.61	.57	.55	.52	.50	.46	.44	.42	.38	.36	.35	.32		
	3	.62	.57	.52	.59	.54	.50	.49	.46	.43	.41	.39	.36	.34	.33	.31	.28		
	4	.55	.49	.44	.51	.46	.42	.44	.40	.37	.37	.34	.32	.31	.29	.27	.24		
	5	.49	.43	.38	.46	.40	.36	.40	.35	.32	.34	.30	.27	.28	.25	.24	.21		
	6	.44	.38	.33	.41	.35	.31	.36	.31	.28	.30	.27	.24	.25	.23	.21	.19		
	7	.40	.34	.29	.37	.31	.27	.32	.28	.24	.27	.24	.21	.23	.20	.19	.18		
	8	.35	.29	.25	.33	.27	.24	.29	.24	.21	.24	.21	.18	.20	.18	.16	.14		
	9	.32	.25	.21	.29	.24	.20	.26	.21	.18	.22	.19	.16	.19	.16	.14	.12		
	10	.30	.23	.19	.26	.22	.19	.24	.20	.16	.20	.17	.14	.17	.14	.12	.11		
 S(MÁX)/MH = 0.6	1	.74	.72	.71	.72	.71	.70	.70	.69	.68	.67	.67	.66	.65	.65	.64	.63	 R-40 MUNDANTE, CON FALDÓN REFLECTOR. FDL-CATEG. DE MANTENIMIENTO IV	
	2	.69	.67	.65	.68	.66	.65	.66	.65	.63	.64	.63	.62	.63	.62	.61	.60		
	3	.66	.63	.61	.65	.63	.61	.64	.61	.60	.62	.60	.59	.61	.59	.58	.57		
	4	.63	.60	.58	.62	.59	.57	.60	.58	.57	.59	.58	.56	.58	.57	.55	.55		
	5	.60	.57	.54	.59	.56	.54	.58	.56	.54	.57	.55	.53	.56	.54	.53	.52		
	6	.57	.54	.52	.57	.54	.52	.56	.54	.52	.55	.53	.51	.55	.53	.51	.50		
	7	.55	.52	.50	.55	.52	.50	.54	.51	.50	.53	.51	.49	.53	.51	.49	.48		
	8	.53	.50	.48	.52	.50	.48	.52	.49	.47	.51	.49	.47	.51	.49	.47	.46		
	9	.50	.47	.45	.50	.47	.45	.49	.47	.45	.49	.47	.45	.48	.46	.45	.44		
	10	.48	.45	.43	.48	.45	.43	.47	.44	.43	.47	.44	.42	.46	.44	.42	.42		

\* Razón del espaciamento máximo entre centros de luminarias a la altura de montaje (o de techo) por encima del plano de trabajo.  
 b RCR = razón de cavidad de local (de room cavity ratio).  
 c Dcc = reflectancia de cavidad de techo efectiva (%).  
 d D<sub>w</sub> = reflectancia de pared (%).  
 e Véanse págs. 9-16 y 9-17 de la referencia 4.

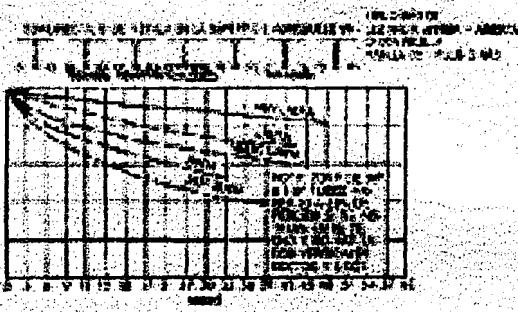
# TABLA 4

## FACTOR DE DETERIORO POR SUCIEDAD

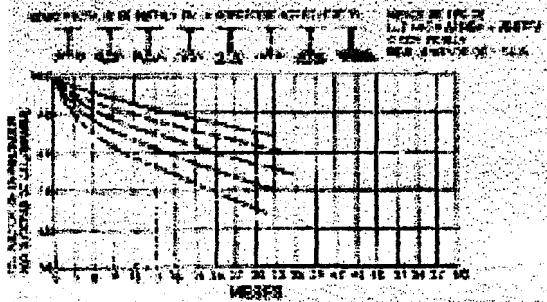
CATEGORIA I



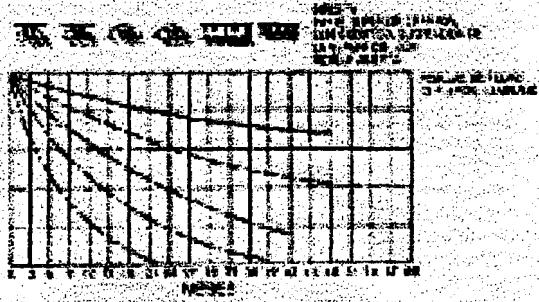
CATEGORIA II



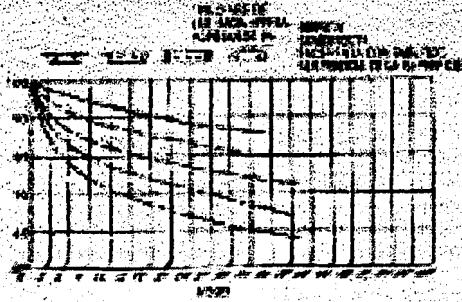
CATEGORIA III



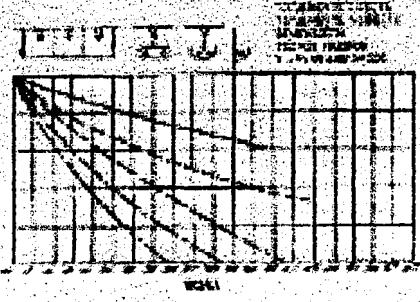
CATEGORIA IV

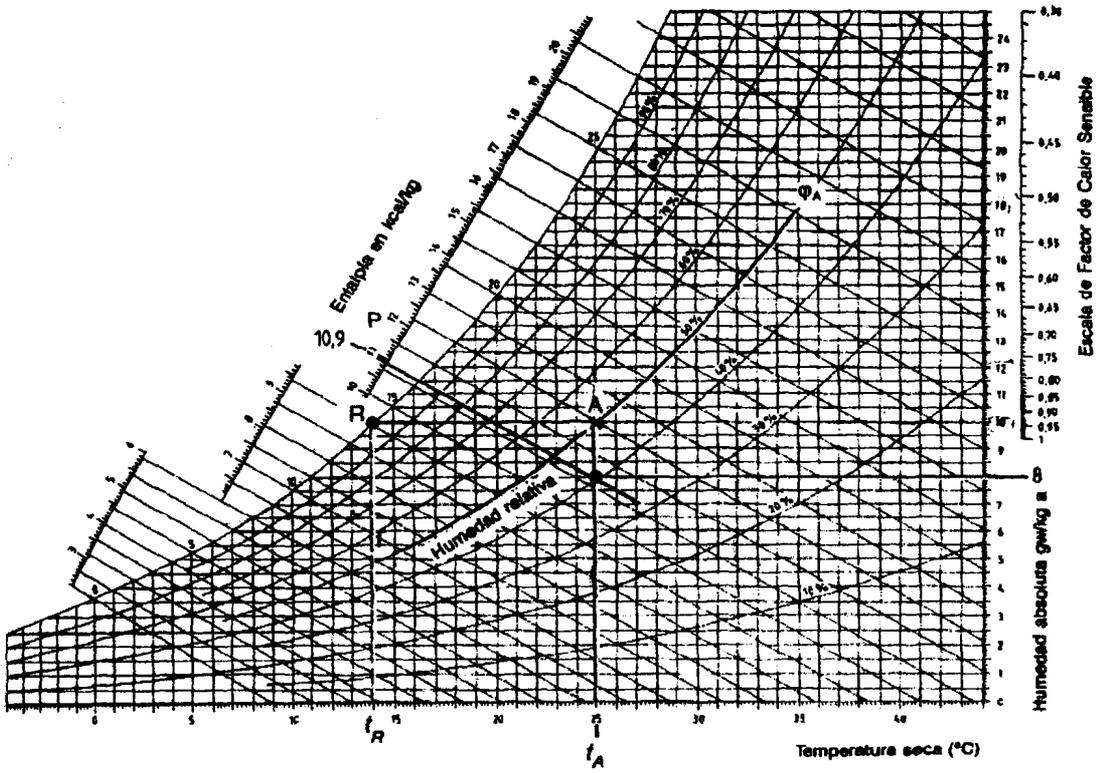


CATEGORIA V



CATEGORIA VI





**CURVA PSICOSOMÉTRICA**

## **APÉNDICE C**

### **DISEÑO DE VIDEO Y CONEXIONES**

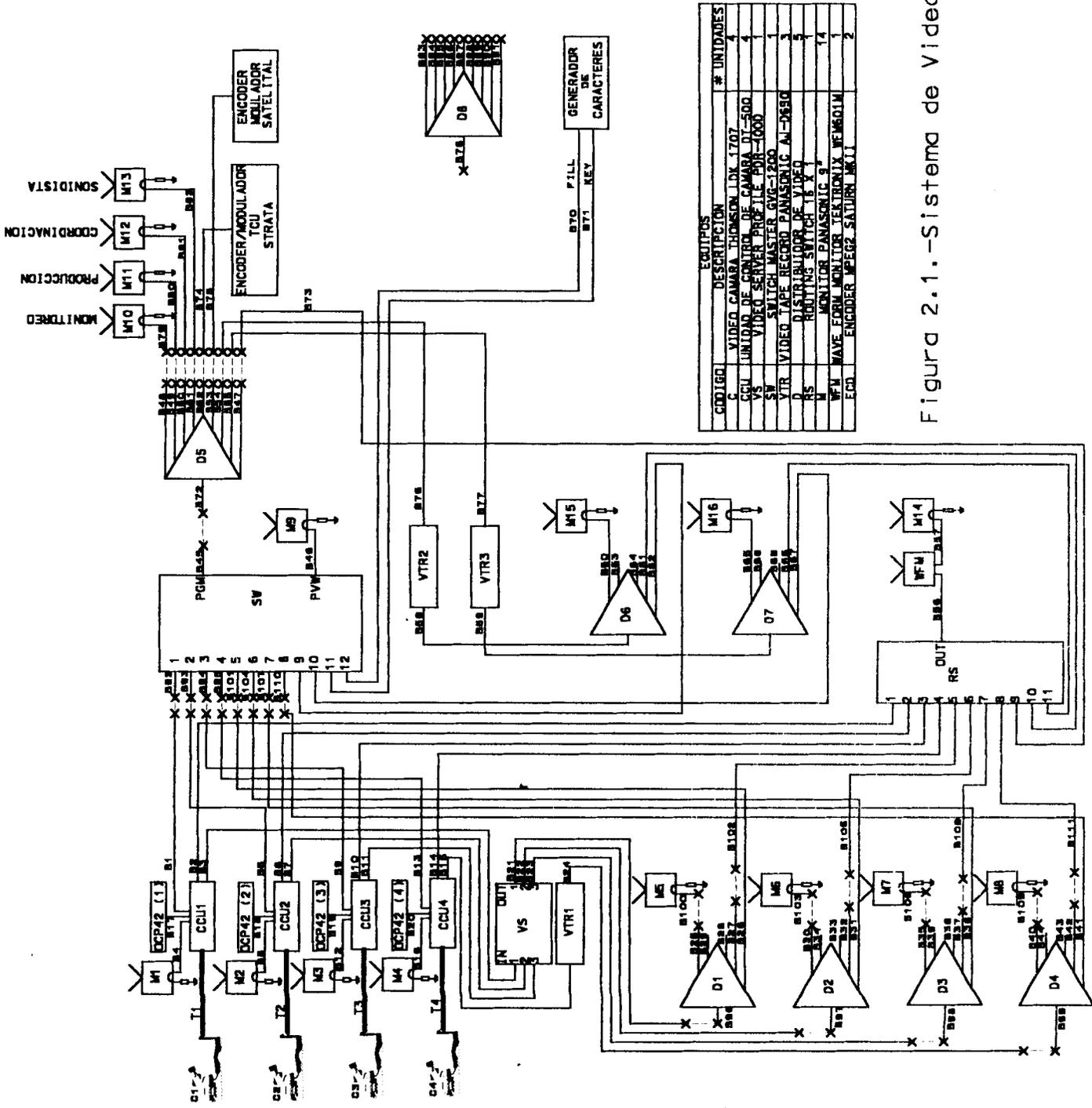


Figura 2.1.-Sistema de Video

## CONEXIONES DEL SISTEMA DE VIDEO

CÓDIGO	ORIGEN	DESTINO
T1	Out Triax C1	In Triax CCU1
T2	Out Triax C2	In Triax CCU2
T3	Out Triax C3	In Triax CCU3
T4	Out Triax C4	In Triax CCU4
B1	Out SDI1 CCU1	In SDI1 PPV1
B2	Out SDI2 CCU1	In SDI1 RS CT
B3	Out SDI3 CCU1	In SDI1 VS
B4	Out Analog1CCU1	In AnalogLineA M1
B5	Out SDI1 CCU2	In SDI2 PPV1
B6	Out SDI2 CCU2	In SDI2 RS CT
B7	Out SDI3 CCU2	In SDI3 VS2
B8	Out Analog1CCU2	In AnalogLineA M2
B9	Out SDI1 CCU3	In SDI3 PPV1
B10	Out SDI2 CCU3	In SDI3 RS CT
B11	Out SDI3 CCU3	In SDI3 VS3
B12	Out Analog1CCU3	In AnalogLineA M3
B13	Out SDI1 CCU4	In SDI4 PPV1
B14	Out SDI2 CCU4	In SDI4 RS CT
B15	Out SDI3 CCU4	In SDI VTR1
B16	Out Analog1CCU4	In AnalogLineA M4
B17	Out D9 CCU1	In D9 OCP42(1)
B18	Out D9 CCU2	In D9 OCP42(2)
B19	Out D9 CCU3	In D9 OCP42(3)
B20	Out D9 CCU4	In D9 OCP42(4)
B21	Out SDI1 VS	In SDI21 PPV2
B22	Out SDI2 VS	In SDI22 PPV2
B23	Out SDI3 VS	In SDI23 PPV2
B24	Out SDI VTR1	In SDI23 PPV3
B25	Out Analog1 D1	In Analog5 PPV1
B26	Out SDI1 D1	In SDI6 PPV1
B27	Out SDI2 D1	In SDI7 PPV1
B28	Out SDI3 D1	
B29	Out SDI4 D1	

B30	Out Analog1 D2	In Analog8 PPV1
<del>B31</del>	<del>Out SDI1 D2</del>	<del>In SDI8 PPV1</del>
B31	Out SDI1 D2	In SDI8 PPV1
<del>B32</del>	<del>Out SDI2 D2</del>	<del>In SDI9 PPV1</del>
B32	Out SDI2 D2	In SDI9 PPV1
B33	Out SDI3 D2	
B34	Out SDI4 D2	
B35	Out Analog1 D3	In Analog11 PPV1
B36	Out SDI1 D3	In SDI12 PPV1
B37	Out SDI2 D3	In SDI13 PPV1
B38	Out SDI3 D3	
B39	Out SDI4 D3	
B40	Out Analog1 D4	In Analog14 PPV1
B41	Out SDI1 D4	In SDI15 PPV1
B42	Out SDI2 D4	In SDI16 PPV1
B43	Out SDI3 D4	
B44	Out SDI4 D4	
B45	Out PGM SW	In SDI1 PPV
B46	Out PVW SW	In AnalogLineA M9
B47	Out SDI1 D5	In SDI2 PPV
B48	Out Analog1 D5	In Analog8 PPV2
B49	Out Analog2 D5	In Analog9 PPV2
B50	Out Analog3 D5	In Analog10 PPV2
B51	Out Analog3 D5	In Analog11 PPV2
B52	Out SDI3 D5	In SDI3 PPV2
B53	Out SDI4 D5	In SDI4 PPV2
B54	Out SDI5 D5	In SDI5 PPV2
B55	Out SDI6 D5	In SDI6 PPV2
B56	Out SDI RS CT	In SDI WFM
B57	Out Analog WFM	In AnalogLineA M13
B58	Out SDI VTR2	In SDI D6
<del>B59</del>	<del>Out SDI VTR3</del>	<del>In SDI D7</del>
B60	Out Analog1 D6	In AnalogLineA M15
B61	Out SDI1 D6	In SDI10 RS CT
B62	Out SDI2 D6	In SDI9 SW
B63	Out SDI3 D6	
B64	Out SDI4 D6	
B65	Out Analog1 D7	In AnalogLineA M16
B66	Out SDI1 D7	In SDI11 RS CT
B67	Out SDI2 D7	In SDI10 SW
B68	Out SDI3 D7	

B69	Out SDI4 D7	
B70	Out SDIV GC	In SDI11SW
B71	Out SDI2K GC	In SDI12 SW
B72	Out SDI1 PPV2	In SDI1 D5
B73	Out SDI2 PPV2	In SDI RS CT
B74	Out SDI3 PPV2	In SDI ECD TXMIC
B75	Out SDI4 PPV2	In SDI ECD TXSAT
B76	Out SDI5 PPV2	In SDI VTR2
B77	Out SDI6 PPV2	In SDI VTR3
B78	Out SDI7 PPV2	In SDI D8
B79	Out Analog8 PPV2	In AnalogLineA M10
B80	Out Analog8 PPV2	In AnalogLineA M11
B81	Out Analog8 PPV2	In AnalogLineA M12
B82	Out Analog8 PPV2	In AnalogLineA M13
B83	Out SDI1 D8	In SDI12 PPV2
B84	Out SDI1 D8	In SDI13 PPV2
B85	Out SDI1 D8	In SDI14 PPV2
B86	Out SDI1 D8	In SDI15 PPV2
B87	Out SDI1 D8	In SDI16 PPV2
B88	Out Analog D8	In SDI17 PPV2
B89	Out Analog D8	In SDI18 PPV2
B90	Out Analog D8	In SDI19 PPV2
B91	Out Analog D8	In SDI20 PPV2
B92	Out SDI1 PPV1	In SDI1 SW
B93	Out SDI2 PPV1	In SDI2 SW
B94	Out SDI3 PPV1	In SDI3 SW
B95	Out SDI4 PPV1	In SDI4 SW
B96	Out SDI21 PPV2	In SDI D1
B97	Out SDI22 PPV2	In SDI D2
B98	Out SDI23 PPV2	In SDI D3
B99	Out SDI24 PPV2	In SDI D4
B100	Out Analog5 PPV1	In AnalogLineA M5
B101	Out SDI6 PPV1	In SDI5 SW
B102	Out SDI7 PPV1	In SDI5 RS CT
B103	Out Analog8 PPV1	In AnalogLineA M6
B104	Out SDI9 PPV1	In SDI6 SW
B105	Out SDI10 PPV1	In SDI6 RS CT
B106	Out Analog11 PPV1	In AnalogLineA M7
B107	Out SDI12 PPV1	In SDI7 SW

B108	Out SDI13 PPV1	In SDI7 RS CT
B109	Out Analog14 PPV1	In AnalogLineA M8
B110	Out SDI15 PPV1	In SDI8 SW
B111	Out SDI16 PPV1	In SDI8 RS CT

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Angel Luis Miranda, "Enciclopedia de la Climatización Aire Acondicionado", CEAC, 1994, Barcelona, España.
2. Audio Engineering Society, Inc., "AES Recommended practice for digital audio engineering —Serial transmission format for two-channel linearly represented digital audio data", 2000
3. Carlos Rosado, "Comunicaciones Por Satélite: Principios, Tecnologías Y Sistemas"
4. Charles Belove, Enciclopedia de la Electrónica Ingeniería y Técnica, Editorial Océano Centrum, MCMXC Edición Española 1990, España
5. Dennis Bohn, "Interfacing AES3 & S/PDIF", Rane Corporation, 2001

6. Ferrel G. Stremier. "Sistemas de Comunicación", Editorial Alfaomega, 2da. Edición, 1997, México.
7. Frank Inciropera, "Fundamentos de transferencia de Calor", Pearson, 4ta. Edición, España.
8. Ing. Angel Vargas, "Curso de Refrigeración", Dto. Ing. Mecánica ESPOL, 1974, Guayaquil, Ecuador.
9. Ing. Diego Gilles, "EL LIBRO II: Una guía para la transición digital", ADC NVisión, 1999, Buenos Aires, Argentina
10. John Watkinson, "The Video Engineers Guide to Digital Audio", Nvision, 1995
11. Juan de Cusa Ramos, "Calefacción, Refrigeración y Acondicionamiento de Aire", CEAC, 10ma. Edición, Abril 1985, Barcelona, España.
12. León Couch II, "Sistemas de Comunicación Digitales y Analógicos", Prentice Hall, 5ta. Edición, , México 1998.

13. "THE BOOK: The Video Engineers Guide to Digital transition", ADC  
Nvisión

14. Wayne Tomasi, "Sistemas de Comunicaciones Electrónicas", Prentice  
Hall 2da. Edición, 1997, México.