



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

**DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DEL
SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE LA SEÑAL RADAR
PARA EL CENTRO DE CONTROL DE TRÁNSITO AÉREO**

Gustavo Adolfo Balcárcel Nisthal

Asesorado por el Ing. Jorge Mario Hernández Rivas

Guatemala, septiembre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DEL
SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE LA SEÑAL RADAR
PARA EL CENTRO DE CONTROL DE TRÁNSITO AÉREO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

GUSTAVO ADOLFO BALCÁRCEL NISTHAL
ASESORADO POR EL ING. JORGE MARIO HERNÁNDEZ RIVAS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO EN CIENCIAS Y SISTEMAS

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

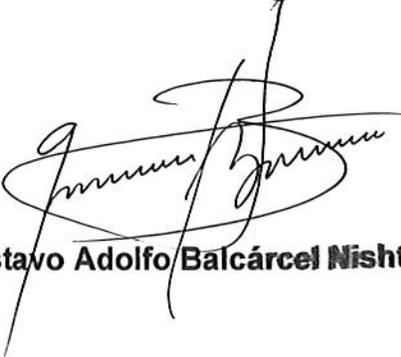
DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Federico Guillermo Velarde Morales
EXAMINADOR	Ing. Hugo Rolando Juárez Paiz
EXAMINADOR	Ing. Julio Roberto Marroquín Duarte
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE LA SEÑAL RADAR PARA EL CENTRO DE CONTROL DE TRÁNSITO AÉREO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, con fecha marzo de 2015.


Gustavo Adolfo Balcárcel Nishtal

Guatemala, 30 de Junio de 2,015

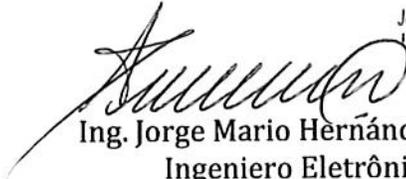
Ingeniero
Carlos Alfredo Azurdia Morales
Coordinador de Seminario de Tesis
Escuela de Ciencias y Sistemas
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente.

Estimado Ingeniero Azurdia:

Por medio de la presente me permito informarle que habiendo asesorado al estudiante **GUSTAVO ADOLFO BALCARCEL NISTHAL** con carné **90-13214**, en el trabajo de graduación "**DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE LA SEÑAL RADAR PARA EL CENTRO DE CONTROL DE TRÁNSITO AÉREO**" y llenando ésta los objetivos trazados, extendiendo la aprobación de la misma.

Por lo tanto, el autor de éste trabajo y yo como asesor nos hacemos responsables del contenido y conclusiones de La misma.

Sin otro particular, me suscribo atentamente.


Jorge Mario Hernández Rivas
INGENIERO ELECTRONICO
COLEGIADO No. 7001
Ing. Jorge Mario Hernández Rivas
Ingeniero Eletrônico
Colegiado 7,001



Universidad San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

Guatemala, 22 de Julio de 2015

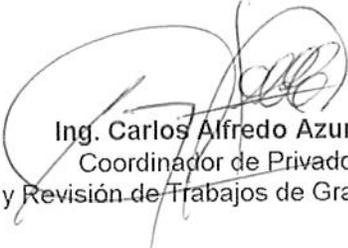
Ingeniero
Marlon Antonio Pérez Türk
Director de la Escuela de Ingeniería
En Ciencias y Sistemas

Respetable Ingeniero Pérez:

Por este medio hago de su conocimiento que he revisado el trabajo de graduación del estudiante **GUSTAVO ADOLFO BALCÁRCEL NISTHAL** con carné **1990-13214**, titulado: **“DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE LA SEÑAL RADAR PARA EL CENTRO DE CONTROL DE TRÁNSITO AÉREO”**, y a mi criterio el mismo cumple con los objetivos propuestos para su desarrollo, según el protocolo.

Al agradecer su atención a la presente, aprovecho la oportunidad para suscribirme,

Atentamente,


Ing. Carlos Alfredo Azurdia
Coordinador de Privados
y Revisión de Trabajos de Graduación



E
S
C
U
E
L
A

D
E

C
I
E
N
C
I
A
S

Y

S
I
S
T
E
M
A
S

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIENCIAS Y SISTEMAS
TEL: 24767644

*El Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor con el visto bueno del revisor y del Licenciado en Letras, del trabajo de graduación **“DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE LA SEÑAL RADAR PARA EL CENTRO DE CONTROL DE TRÁNSITO AÉREO”**, realizado por el estudiante GUSTAVO ADOLFO BALCÁRCEL NISTHAL, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.*

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Marlon Antonio Pérez Türk
Director, Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

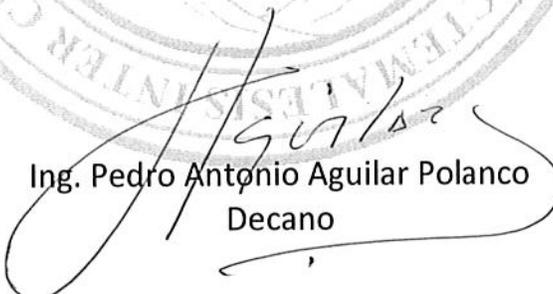
Guatemala, 03 de Septiembre de 2015



DTG.471.2015

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, al Trabajo de Graduación titulado: **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DE LA SEÑAL RADAR PARA EL CENTRO DE CONTROL DE TRÁNSITO AÉREO**, presentado por el estudiante universitario: **Gustavo Adolfo Balcárcel Nisthal**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, septiembre de 2015

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por haberme permitido llegar hasta este punto importante en mi vida, gracias por su infinito amor y bondad.

Mi familia

Por su apoyo incondicional a lo largo de estos años, sin ellos esta meta no hubiera sido alcanzada.

Mis amigos

Por la amistad, por la hermandad, por el apoyo y principalmente por eso que son cada uno de ustedes.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi alma máter de estudios, la cual me enseñó lo académico y experiencias de vida.
Mi madre	María del Carmen Nisthal Castañeda (q. e. p. d.). Te quiero madre y te extraño tanto.
Mi padre	Felipe Balcárcel, por todo su cariño y paciencia, siempre.
Mis hermanos	A Maritza, por su gran apoyo y cariño, a Estuardo, por siempre estar pendiente y sus sabios consejos.
Mi esposa	Sandra Melgar, por su amor y apoyo incondicional en todo momento.
Mis hijos	José Carlos y Oscar Josué, por ser mi razón de existir y por ser quienes finalmente me empujaron a dar este paso.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XXIII
OBJETIVOS.....	XXV
INTRODUCCIÓN	XXVII
1. RADAR.....	1
1.1. Definición de radar	1
1.2. Historia	2
1.3. Funcionamiento	5
1.4. Transmisores.....	6
1.5. Antenas	8
1.6. Receptores	9
1.7. Tratamiento informático	10
1.8. Modulador de impulsos.....	12
1.9. Características importantes para un radar.....	12
1.10. Especificaciones de un sistema radar	17
1.11. Funcionamiento de un sistema de radar.....	18
1.12. Radar según su uso	18
1.13. Extractor-combinador y procesador de datos radar.....	19
1.14. Elección de la banda de trabajo	21
1.14.1. Bandas de frecuencia	22
1.15. Radiofaro de respuesta	22
1.16. Radar de identificación (IFF)	23
1.17. Perturbación radar.....	23

1.18.	Radar en órbita espacial	24
1.19.	Aplicaciones pacíficas	24
1.20.	El radar como arma de guerra	25
2.	SISTEMAS DE COMUNICACIÓN INTERNOS Y EXTERNOS PARA LA COMUNICACIÓN RADAR DEL CENTRO DE CONTROL	27
2.1.	Sistema de comunicación interno	27
2.1.1.	Definición de redes LAN.....	27
2.1.1.1.	Evolución.....	28
2.1.1.2.	Ventajas	28
2.1.1.3.	Características importantes.....	30
2.1.2.	Topología de la red	31
2.1.2.1.	Topologías físicas	31
2.1.2.2.	Topologías lógicas	32
2.1.3.	Tipos	33
2.1.3.1.	Comparativa de los tipos de redes	33
2.1.4.	Componentes.....	34
2.1.4.1.	Servidor	34
2.1.4.2.	Estación de trabajo.....	34
2.1.4.3.	Tarjeta de red	35
2.1.4.4.	El medio	35
2.1.4.5.	Concentradores de cableado	36
2.1.4.5.1.	Concentradores pasivos.....	36
2.1.4.5.2.	Concentradores activos.....	36
2.2.	Sistema de comunicación externo (protocolo Asterix categorías 001 y 002).....	37
2.2.1.	Protocolo Asterix	37

2.2.2.	Objetivos.....	38
2.2.3.	Organización de los datos	38
2.2.3.1.	<i>Data categories</i>	40
2.2.3.2.	<i>Data item</i>	43
2.2.3.3.	<i>Data field</i>	44
2.2.3.4.	UAP (<i>user application profile</i>)	44
2.2.3.5.	<i>Data block</i>	46
2.2.3.6.	Registros.....	48
2.2.3.6.1.	Formato estándar de los <i>data fields</i>	48
2.2.3.6.2.	Organización aleatoria..	53
2.2.3.6.3.	Identificación de la fuente de datos (SAC/SIC).....	54
3.	SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DEL CENTRO DE CONTROL DE TRÁNSITO AÉREO (ATC), AIRCON	57
3.1.	Estructura	59
3.1.1.	Componente de simulación de entorno y control de torre	59
3.1.2.	Componente de generación de imagen visual.....	61
3.1.3.	Componente de control de ruta y aproximación	61
3.1.4.	Componente de gestión de datos de adaptación....	61
3.1.5.	Componente de comunicación de voz.....	62
3.2.	Descripción funcional	62
3.3.	Componentes físicos del sistema	65
3.3.1.	Red de área local (LAN)	65
3.3.2.	Compresor de comunicaciones radar (PCR)	65

3.3.3.	Sistema de tratamiento de datos de vigilancia (SDP).....	65
3.3.4.	Sistema de tratamiento de planes de vuelo (FDP).....	66
3.3.5.	Sistema de grabación/reproducción de datos (DRF).....	66
3.3.6.	Sistemas de presentación de datos de situación aérea (SDD)	66
3.3.7.	Sistemas de presentación de datos de vuelo (FDD).....	66
3.3.8.	Supervisión (CMD)	67
3.3.9.	Sistema de gestión de datos de adaptación (DBM)	67
3.3.10.	Servidores de enlace de datos ADS/CPDLC (<i>data link servers</i> -DLS).....	67
3.3.11.	Sistema simulador (SIM)	67
3.3.12.	Posición de simulador (ATG/EPP)	68
3.3.13.	Posición de piloto-instructor	68
3.3.14.	Posición de PILOTO1	68
	3.3.14.1. Subsistemas.....	68
3.3.15.	Descripción de los elementos de software	69
	3.3.15.1. FDP	69
	3.3.15.1.1. Directorio	
	/local/cena/fdp/exec/a	
	dap	70
	3.3.15.1.2. Directorio	
	/local/cena/fdp/exec/af	
	tns	70

3.3.15.1.3.	Directorio /local/cena/fdp/exec/fil es.....	70
3.3.15.1.4.	Directorio /local/cena/fdp/exec/fo nts.....	70
3.3.15.1.5.	Directorio /local/cena/fdp/exec/hi storical	71
3.3.15.1.6.	Directorio /local/cena/fdp/exec/m acros.....	71
3.3.15.1.7.	Directorio /local/cena/fdp/exec/pr inter	71
3.3.15.1.8.	Directorio /local/cena/fdp/exec/re cord	71
3.3.15.2.	SDP	74
3.3.15.3.	CMD	75
3.3.15.4.	Directorio /local/cena/spv/exec/LOGIN	76
3.3.15.4.1.	Archivos históricos.....	76
3.3.15.4.2.	Archivos periódicos	76
3.3.15.5.	FDD	78
3.3.15.5.1.	Directorio /local/cena/pos/exec/a dap	79
3.3.15.6.	SDD	79

	3.3.15.6.1.	Descripción de procesos.....	82
	3.3.15.6.2.	Descripción de utilidades	83
	3.3.15.7.	DRF	85
	3.3.15.8.	DBM_MTO	87
	3.3.15.9.	PCR.....	89
	3.3.15.10.	CMD/SDP	90
	3.3.15.11.	FDD/FDP.....	91
	3.3.15.12.	ATG/EPP.....	93
	3.3.15.13.	PILOTO/TSS	94
	3.3.15.14.	PILOTO1	96
3.4.		Diagnósticos y errores.....	97
	3.4.1.	Control de procesos	97
	3.4.2.	Servicios del sistema operativo	99
	3.4.3.	Consideraciones sobre el hardware.	100
	3.4.4.	Mostrando procesos	101
	3.4.5.	El comando <code>pgrep</code>	102
	3.4.6.	Mandando señales a los procesos	104
	3.4.7.	El comando <code>kill</code>	105
	3.4.8.	El comando <code>pkill</code>	105
	3.4.9.	Manejando trabajos (<i>jobs</i>)	106
	3.4.9.1.	Corriendo un trabajo (<i>job</i>) en el modo <i>background</i>	107
	3.4.9.2.	Listar trabajos en curso	108
	3.4.9.3.	Llevando un <i>backgroun job</i> hacia el modo <i>foreground</i>	109
	3.4.9.4.	Mandando un <i>foreground job</i> hacia el modo <i>background</i>	109

3.4.9.5.	Parando un <i>background job</i>	110
3.4.10.	Comprobación de procesos en ejecución.....	111
3.4.11.	Mensajes de error.....	119
3.4.11.1.	SDD.....	119
3.4.11.2.	FDD.....	120
CONCLUSIONES.....		123
RECOMENDACIONES.....		125
BIBLIOGRAFÍA.....		127

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Funcionamiento del radar.....	6
2.	Radar primario y secundario	8
3.	Pantalla de radar	11
4.	Fotografía de radar secundario modo S, Cerro Santiago Jalapa (COCESNA).....	14
5.	Fotografía del sistema actual de radar primario/secundario DGAC, Guatemala.....	17
6.	Radar en sus principios.....	26
7.	Organización de los datos Asterix.....	39
8.	Estándar UAP para seguimiento de información.....	45
9.	Estándar UAP para asignación de información.....	46
10.	Estructura del bloque de datos (<i>data block</i>).....	47
11.	Organización de los datos.....	49
12.	Composición del tipo <i>data field</i>	50
13.	Ejemplo de <i>data block</i>	51
14.	Estructura de FSPEC	52
15.	Ejemplo de un <i>one-octet</i> FSPEC	53
16.	Ejemplo de un FSPEC <i>multi-octet</i>	53
17.	Estándar UAP para seguimiento de información.....	55
18.	Sistema de control de aproximación y ruta (AIRCON)	58
19.	Arquitectura del sistema AIRCON.....	64
20.	Esquema de árbol de directorios donde se encuentran los archivos necesarios para el sistema FDP	72

21.	Directorio /local/cena/fdp/exec	73
22.	Directorio /local/cena/rdp/exec.....	74
23.	Directorio /local/cena/spv/exec	75
24.	Directorio /local/cena/ctr_lan.....	77
25.	Directorio /local/cena/ctr_prn	77
26.	Directorio /local/cena/pos/exec	78
27.	Directorio /local/cena/pos/exc/printers	79
28.	Árbol de directorio /local/cena/sdd/exec	79
29.	Directorio /local/cena/sdd/exec	80
30.	Directorio /local/cena/sdd/exec/bpt	84
31.	Directorio /local/cena/sdd/exec/reprod	85
32.	Directorio /local/cena/sdd/exec	86
33.	Directorio /local/cena/adap/exec/tcl_tk.....	87
34.	Directorio /local/cena/adap/exec/tcl_tk/databases/*/.....	88
35.	Directorio /local/cena/adap/exec/program.....	88
36.	Directorio /local/cena/uast/exec	90
37.	Árbol /local/cena/	91
38.	Subárboles /local/cena/.....	92
39.	Directorio /local/cena/sim.....	93
40.	Directorio /local/cena/sim/int_sw/exec	94
41.	Directorio /local/cena/piloto/exec	95
42.	Pantalla que muestra los procesos FDP	111
43.	Pantalla que muestra los procesos SDP	112
44.	Pantalla que muestra los procesos CMD	112
45.	Pantalla que muestra los procesos DRF	113
46.	Pantalla que muestra los procesos FDD.....	113
47.	Pantalla que muestra los procesos SDD	114
48.	Pantalla que muestra los procesos DLS	115
49.	Pantalla que muestra los procesos DBM-MTO.....	116

50.	Pantalla que muestra los procesos UAST	116
51.	Pantalla que muestra los procesos en ATG/EEP	117
52.	Pantalla que muestra los procesos PILOTO/TSS	118
53.	Pantalla que muestra los procesos de PILTO1	118
54.	Mensajes de la ventana “sys msg”	119
55.	Mensajes de diagnóstico y de error.....	120
56.	Mensajes de diagnóstico y error FDD	121

TABLAS

I.	Organización de los datos Asterix.....	39
II.	Categorías de Asterix.....	41
III.	Directorios de ubicación de los subsistemas.....	69
IV.	Parámetros de entrada ps.....	101
V.	Parámetros de entrada pgrep	102
VI.	Señales habilitadas para procesos	104
VII.	Comandos de control de <i>job</i>	107

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Gb/s	Giga bits por segundo.
Mb/s	Mega bits por segundo.

GLOSARIO

ADS/CPDLC	Sistema de datos aeronáutico satelital/protocolo.
AENA	Asociación Española de Navegación Aérea.
AFTN	Red aeronáutica.
AIRCON	Red de comunicación aérea para centro de control.
<i>Arcnet</i>	Arquitectura de área local (Attached Resource Computer Network). Fue desarrollado por Datapoint Corporation, en 1977.
ARINC	Interface de <i>bus</i> de datos digitales en LAN a sistemas elementales de aviones.
Asterix	Protocolo estándar para intercambio de información de tráfico aéreo (All Purpose Structured Eurocontrol Surveillance Information Exchange).
ATC	Control de tránsito aéreo.
ATG	Generador de tránsito aéreo.

Backbone	Cableado troncal o subsistema vertical en una instalación de red de área local que sigue la normativa de cableado estructurado.
Bridges	Equipo que une 2 redes de la misma topología.
Broadcast	Es un modo de transmisión de información donde un nodo emisor envía información a una multitud de nodos receptores de manera simultánea, sin necesidad de reproducir la misma transmisión nodo por nodo.
CAT	Octeto de datos llamado Categoría.
Cenamer	Centro de Control Aéreo Centroamericano, establecido en Honduras.
Clutter	Ecos de energía o reflexiones.
CMD	Supervisión Técnica.
COCESNA	Corporación Centroamericana de Servicios de Navegación Aérea.
DBM	Sistema de gestión de datos de adaptación.
DDE	Estándar o formatos de mensajes.
DF	Campo de datos (<i>data field</i>).

DGAC	Dirección General de Aeronáutica Civil.
DI	Artículo de dato (<i>data item</i>).
DLS	Servidores de enlace de datos.
DRF	Sistema de grabación/reproducción de datos.
ECAA	Escuela Centroamericana de Aviación.
EEP	Posición de preparación de ejercicios.
EPP	Piloto preparador de ejercicios del simulador.
Eurocontrol	Centro de Control de la Navegación Aérea Europea.
FDD	Sistemas de presentación de datos de vuelo.
FDDI	Interfaz de fibra óptica (Fiber Distributed Data Interface).
FDP	Sistema de tratamiento de planes de vuelo.
FPL	Plan de vuelo a nivel.
FSPEC	Especificación de campos (<i>field specification</i>).
Gateway	Equipo que conecta 2 tipos de redes de topologías distintas

GTA	Generador de tráfico aéreo.
Hub	Dispositivo para compartir una red de datos.
ICCAE	Instituto Centroamericano de Capacitación Aeronáutica.
IFF	Identificación de amigo o enemigo (<i>identification friend o foe</i>).
Indra	Empresa multinacional española que ofrece servicios de consultoría sobre transporte, defensa, energía, telecomunicaciones, servicios financieros; así como servicios al sector público.
LAN	Red de área local (<i>local area network</i>).
LEN	Campo de dos octetos que indican el tamaño del bloque.
LIDAR	Radar de microondas usado para medir la contaminación atmosférica (<i>light detection and ranging</i>).
MSSR	Radar de vigilancia secundario monopulso (<i>monopulse secondary surveillance radar</i>).
MTCA	Alerta de conflicto a medio plazo (<i>medium term conflict alert</i>).

OACI	Organización de Aviación Civil Internacional.
OFS	Organización secuencial (<i>ordered field sequencing</i>).
PC	Computadora personal.
PCR	Compresor de comunicaciones radar.
PID	Identificador de proceso.
PILOTO/TSS	Preparador de ejercicios interactivos.
PILOTO1	Preparador de ejercicios en el simulador.
PILOTO2	Piloto instructor en el escenario.
Plots	Conjunto de información relativa a los blancos.
PRF	Pulso de frecuencia repetida (<i>pulse repetition frequency</i>).
PSR	Radar de vigilancia primario (<i>primary surveillance radar</i>).
Radar	Radio detección y alcance (<i>radio detection and ranging</i>).

RAW	Alarma en peligro de áreas restringidas (<i>restringed area warning</i>).
RISC	Tipo de servidores IBM (<i>reduced instruction set</i>).
RPL	Planes de vuelo repetitivos.
SDC	Componente de comunicación de voz.
SDD	Sistemas de presentación de datos de situación aérea.
SDP	Sistema de tratamiento de datos de vigilancia.
SITA	Red de comunicación global aérea para AIRCON.
SIM	Sistema simulador.
SNA	Arquitectura de sistemas de redes.
SSR	Radar de vigilancia secundario (<i>secondary surveillance radar</i>).
STCA	Alerta de conflicto a corto plazo (<i>short term conflict alert</i>).

Switch	Dispositivo digital lógico de interconexión de equipos que opera en la capa de enlace de datos del modelo OSI. Su función es interconectar dos o más segmentos de red, de manera similar a los puentes de red, pasando datos de un segmento a otro de acuerdo con la dirección MAC de destino de las tramas en la red y eliminando la conexión una vez finalizada esta.
TCP/IP	Protocolo de comunicación (<i>transmission control protocol/internet protocol</i>).
TFT	Pantalla de cristal líquido de transistores de película fina (<i>thin film transistor</i>).
Token	Cadena de caracteres que tiene un significado coherente.
Token ring	Topología de red que usa el esquema de paso de testigo o <i>Token</i> .
UAP	Perfil de aplicación de usuario (<i>User application profile</i>).
UAST	Igual que CCR, compresor de comunicaciones radar.
UID	Identificador de usuario.

UTP

Cable de par trenzado no blindado (*unshielded twisted pair*).

RESUMEN

Este trabajo de graduación describe el funcionamiento actual de los sistemas de redes implementados en los centros de control de aeronáutica en todo el mundo. Su función primordial es describir cómo se puede implementar lo ya conocido con los nuevos avances tecnológicos en la rama aeronáutica.

La nueva tecnología, en el ámbito aeronáutico lleva a la actualización de los centros de control, y también ayuda a mejorar la seguridad operacional de los sistemas. Un ejemplo claro son las nuevas tecnologías satelitales y de compresión de información, tanto de planes de vuelo como datos radar.

Para el mejor entendimiento de este trabajo, se incluyó una primera parte de historia, comportamiento, funcionamiento y evolución de los sistemas radar. Así como la implementación de una red de comunicación LAN para la transportación de datos radar en el protocolo estándar Asterix.

La implementación de un centro de control aéreo ayudará a la modernización de la aviación nacional; por lo tanto, este trabajo apunta al proceso de manejo de datos recibidos en el centro de control aéreo por los sistemas radar y equipo a bordo de las aeronaves. La red AIRCON se ha conformado con una serie de equipos con finalidades afines entre sí para unificar toda la información recibida.

OBJETIVOS

General

Dar a conocer la evolución y las mejoras que posee el sistema de radar con la red AIRCON, mejorando la eficiencia del nuevo sistema en comparación con el sistema de radar anterior, debido a su incerteza.

Específicos

1. Dar a conocer el sistema a implementarse con sus diferentes tecnologías en el ámbito computacional, según sea la necesidad del sistema a implementar en el centro de control
2. Describir de forma detallada los componentes del sistema de controlador aéreo y los programas involucrados para su correcta implementación.
3. Mostrar el mejor rendimiento y la capacidad de control que posee el sistema, ayudando también en la información de datos no radar que puedan viajar en la red.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, todos los organismos e instituciones como aeropuertos deben actualizar sus sistemas de cómputo, sobre todo en el ámbito del procesamiento de datos en redes automáticas que faciliten el trabajo y el manejo de la información a varias unidades que lo soliciten. Es conveniente actualizar los conocimientos de los sistemas aeroportuarios, ya que existen temas de tesis sobre aeronavegación como: *Proyecto para la automatización informática del aeropuerto Internacional "La Aurora"* de Rudy Napoleón López Taracena, entre otros, por lo que se hace necesario el continuo estudio de los nuevos procesos y técnicas de control aéreo.

La no actualización de los sistemas tanto software como hardware, conlleva a un atraso sobre los demás países y un deterioro en rendimiento, velocidad de procesamiento, capacidad y fiabilidad de la red.

El saber si X es o no un blanco (avión), será un proceso de rutina, ya que se ve en los monitores de control. Pero, por dónde llega y cómo es distribuido en el sistema o por dónde viaja, será el tema de este trabajo. De igual forma, posee duplicidad de red y un control de falla que se verá en monitores para su pronta reparación.

1. RADAR

1.1. Definición de radar

La palabra radar nace de las iniciales de *radio detection and ranging*. Es un sistema electrónico que permite detectar objetos fuera del alcance de la vista y determinar la distancia a la que se encuentran, proyectando sobre ellos ondas de radio y recibiendo el rebote de las mismas. De esta forma pueden indicar la existencia, distancia-posición, tamaño, forma, dirección, sentido y velocidad de desplazamiento de cualquier cuerpo (llamado objeto); como la forma de las costas en navegación.

Si bien en sus orígenes se utilizó con fines bélicos, en la actualidad se aprovecha para otros fines como la navegación aérea o marítima, meteorología, control e investigaciones espaciales, entre otros. Todos los sistemas de radar utilizan un transmisor de radio de alta frecuencia que emite un haz de radiación electromagnética, con una radiación de longitud de onda comprendida entre algunos centímetros y cerca de 1 m. Los objetos que se hallan en la trayectoria del haz reflejan las ondas de nuevo hacia el transmisor.

Para la localización se utilizan las propiedades directivas y telemétricas de la energía electromagnética. La propiedad directiva se basa en la facultad de concentrar la propagación de la energía en un ángulo sólido muy pequeño, de forma que la respuesta que se reciba proceda de la dirección en que se oriente el ángulo sólido de propagación.

Por el contrario, la cualidad telemétrica se entiende como la propiedad dinámica de propagación de la energía, la cual obedece a una ley espacio-tiempo conocida y por la que se calcula la distancia en función del tiempo que transcurre entre el transmisor (TX) del radar y la recepción (RX) de la respuesta, activa o pasiva, del avión.

La energía de interrogación que se transmite en los radares empleados en la navegación aérea es de impulsos. En estos se mide cronométricamente, por medios electrónicos, el intervalo que pasa entre el envío del impulso de interrogación y la recepción del impulso de respuesta.

La detección se realiza mediante la reflexión, pasiva para un radar primario o activa para un radar secundario, de la energía electromagnética utilizada por el radar. La determinación de la dirección y la distancia a la que está situada la aeronave, con respecto al emplazamiento de la estación de radar (ubicación de emisiones de energía electromagnética), precisaría la medida de las coordenadas en un sistema tridimensional, esto es: distancia, ángulo acimutal y ángulo cenital.

1.2. Historia

El radar se fundamenta en las leyes de la reflexión de las ondas de radio, implícitas en las ecuaciones que controlan el comportamiento de las ondas electromagnéticas, planteadas por el físico británico James Clerk Maxwell en 1864. Estas leyes quedaron demostradas por primera vez en 1886 a la vista de los experimentos del físico alemán Heinrich Hertz.

El ingeniero alemán Christian Hülsmeyer fue el primero en sugerir el aprovechamiento de este tipo de eco, mediante su aplicación a un dispositivo de detección diseñado para evitar colisiones en la navegación marítima. En 1922 el inventor italiano Guglielmo Marconi desarrolló un aparato similar.

El primer experimento satisfactorio de detección a distancia tuvo lugar en 1924, cuando el físico británico Edward Victor Appleton utilizó el eco de las ondas de radio para averiguar la altura de la ionosfera —una capa ionizada de la atmósfera más alta capaz de reflejar las ondas de radio más largas. Al año siguiente, los físicos norteamericanos Gregory Breit y Merle Antony Tuve llegaron de forma independiente a los mismos valores para la ionosfera, al usar la técnica de radio-impulsos que más tarde se incorporó a todos los sistemas de radar. Su desarrollo no fue posible hasta que no se perfeccionaron las técnicas y equipos electrónicos en los años treinta.

El primer sistema útil de radar lo construyó en 1935 el físico británico Robert Watson-Watt. Sus investigaciones proporcionaron a Inglaterra una ventaja de partida en la aplicación de esta tecnología estratégica. En 1939 ya disponía de una cadena de estaciones de radar en las costas meridionales y orientales capaces de detectar agresiones tanto por aire como por mar.

Ese mismo año dos científicos británicos lograron el avance más importante para la tecnología del radar durante la II Guerra Mundial. El físico Henry Boot y el biofísico John T. Randall inventaron un tubo de electrones denominado magnetrón de cavidad resonante. Este tipo de tubo es capaz de generar impulsos de radio de alta frecuencia con mucha energía, lo que permitió el desarrollo del radar de microondas, que trabaja en la banda de longitudes de onda muy pequeñas, inferiores a 1 cm, usando el láser.

El radar de microondas, conocido también como LIDAR (*light detection and ranging*), se utiliza hoy en el sector de las comunicaciones y para medir la contaminación atmosférica.

Los sistemas de radar más evolucionados que se construyeron en los años treinta jugaron un papel decisivo en la batalla de Inglaterra, que se libró de agosto a octubre del año 1940, y en la que la Luftwaffe de Adolf Hitler fracasó en su intento de adueñarse del espacio aéreo inglés. Aunque los alemanes disponían de sistemas propios de radar, los ejércitos británico y estadounidense supieron preservar su superioridad técnica hasta el final de la guerra.

Todo esto ha llevado a mejorar este método de observación y vigilancia, fue hasta el inicio de los años cuarenta con la Segunda Guerra Mundial por la utilidad de las ondas sonoras que toma el nombre de radar.

El saber de la proximidad de algo brinda un mejor manejo de la situación a futuro, factor importante que llevó a mejorar tal sistema que con el pasar de los años fue tomando funciones más elementales y precisas para las necesidades que fueron apareciendo.

En la Segunda Guerra Mundial, los alemanes bombardeaban constantemente Inglaterra, de ese modo empezaron los ingleses a idear algo para su detección en el espacio y protegerse de los aviones enemigos aún fuera de noche.

La constante comunicación de los sitios de vigilancia vía radio indicaban la presencia vía visual o audible de las naves enemigas hasta que comenzaron a darse cuenta que sufrían interferencias en las comunicaciones poco antes de aparecer las naves enemigas. Esto llevó al estudio de las ondas hertzianas y su eco al chocar con los objetos (efecto Doppler); de allí se iniciaron los primeros radares, lanzando ondas hertzianas o electromagnéticas que luego eran detectadas como ecos reflejados en osciloscopios rudimentarios de la época, calculando el tiempo de regreso del eco podían calcular la distancia de los aviones.

Esto era ventajoso pero también carecía de precisión y exactitud, ya que podían ser aviones amigos o enemigos o simplemente ecos de superficies en el camino de las ondas hertzianas. Posteriormente, se implantaron equipos de identificación en los aviones amigos para un mejor control.

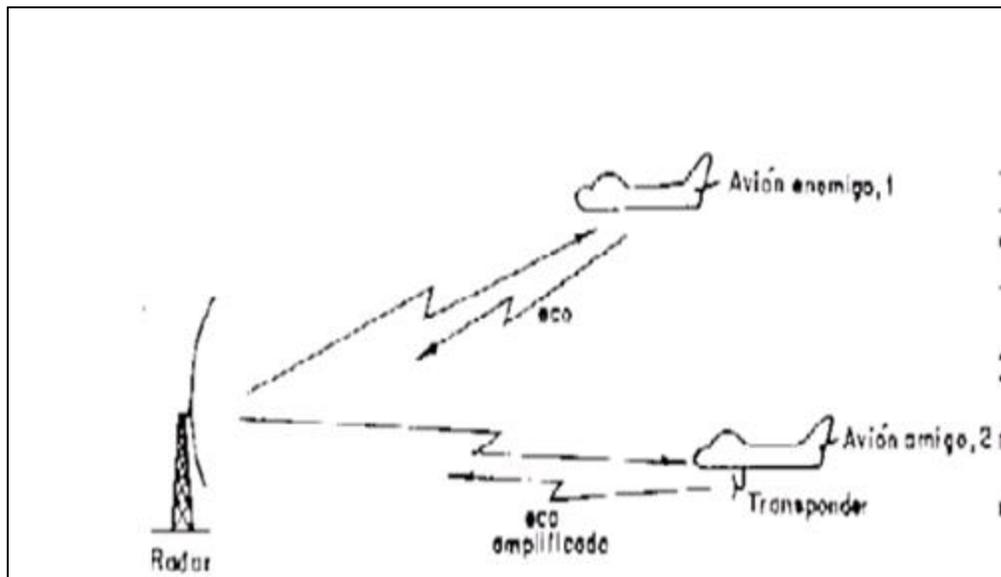
1.3. Funcionamiento

Las ondas de radio se desplazan a 300 000 km, la velocidad de la luz. Los equipos de radar están compuestos por un transmisor, una antena, un receptor y un indicador. A diferencia de la radiodifusión, en la que el transmisor emite ondas de radio que son captadas por el receptor, los transmisores y receptores de radar suelen hallarse juntos.

El transmisor emite un haz de ondas electromagnéticas a través de una antena que concentra las ondas en un haz coherente apuntando en la dirección deseada. Cuando las ondas chocan con un objeto que se halla en la trayectoria del haz, algunas se reflejan y forman una señal de eco. La antena capta la energía contenida en dicha señal y la envía al receptor.

Mediante un proceso de amplificación y tratamiento informático el receptor del radar genera una señal en el dispositivo de visualización, por lo general una pantalla de computadora.

Figura 1. **Funcionamiento del radar**



Fuente: Instituto Centroamericano de Aviación. *Fundamentos de radar*. (Sin número de página).

1.4. Transmisores

El funcionamiento del radar implica que el transmisor emita una gran cantidad de energía para recibir, detectar y cuantificar una mínima fracción (una billonésima de una billonésima) de toda la energía de radio devuelta en forma de eco. Una forma de solucionar el problema de detectar este eco ínfimo en presencia de la enorme señal emitida es el sistema de impulsos.

Durante un lapso de 0,1 a 5 microsegundos se emite un impulso de energía; a continuación, el transmisor permanece en silencio durante un espacio de centésimas o milésimas de microsegundo. Durante la fase de impulso, o emisión, el receptor queda aislado de la antena por medio de un conmutador TR (transmisor-receptor); durante el periodo entre impulsos, esta desconexión se efectúa con un conmutador ATR (anti-TR).

El radar de onda continua emite una señal continua, en vez de impulsos. El radar Doppler, que se utiliza a menudo para medir la velocidad de objetos como un coche o una pelota, transmite con una frecuencia constante. Las señales reflejadas por objetos en movimiento respecto a la antena presentarán diferentes frecuencias a causa del efecto Doppler.

La diferencia de frecuencias guarda la misma relación con la emitida que la existente entre las velocidades del objetivo y la de la luz. Un objetivo que se desplaza en dirección al radar con una velocidad de 179 km/h altera la frecuencia de un radar de 10-cm (3 000 MHz) exactamente en 1 kHz.

Si el receptor del radar está diseñado de forma que rechace aquellos ecos que poseen la misma frecuencia que el transmisor y solo amplifique los de frecuencia distinta, únicamente visualizará los objetivos móviles. Tales receptores pueden seleccionar vehículos en movimiento en total oscuridad, como hace la policía para medir la velocidad de los automóviles.

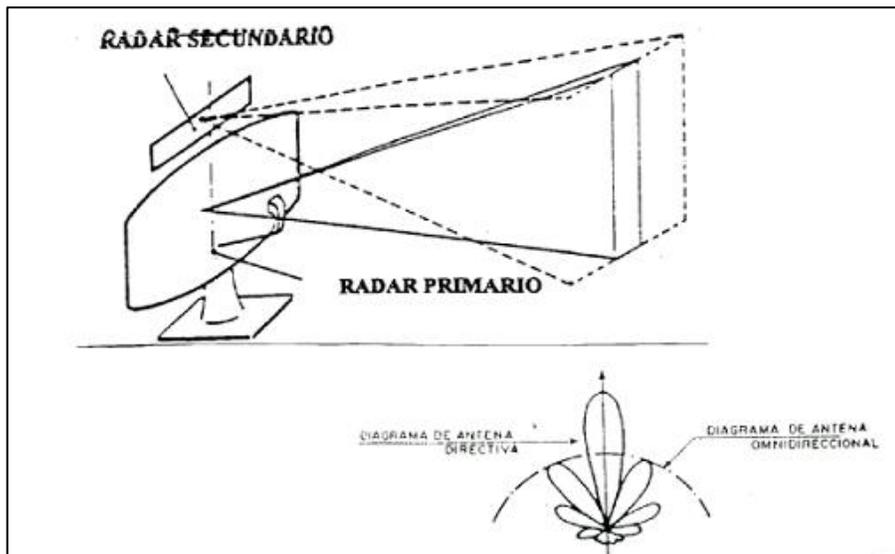
El radar de frecuencia modulada (FM) emite una señal continua cuya frecuencia va cambiando de manera uniforme. La diferencia entre las frecuencias del eco y la del transmisor en el momento de la recepción de aquel, permite calcular la distancia existente entre transmisor y objetivo.

Estos sistemas son más exactos que los de impulsos, aunque tienen un alcance menor.

1.5. Antenas

Las antenas de radar tienen que ser muy directivas; es decir, tienen que generar un haz bastante estrecho. Como la anchura del haz es directamente proporcional a la longitud de onda de la radiación e inversa a la anchura de la antena, y dado que no resulta viable utilizar antenas grandes en las unidades móviles de radar, surgió la necesidad de construir el radar de microondas.

Figura 2. Radar primario y secundario



Fuente: Instituto Centroamericano de Aviación. *Fundamentos de radar*. (Sin número de página).

Otras ventajas de los radares de microondas son su menor vulnerabilidad a las medidas preventivas del enemigo, como las perturbaciones, y la mayor resolución de los objetivos. El movimiento necesario del haz del radar se consigue imprimiendo un movimiento denominado barrido. La forma más sencilla de barrido consiste en hacer girar lenta y continuamente la antena.

Los radares de tierra que se emplean para la detección de aviones, a menudo llevan dos equipos de radar: uno efectúa el barrido en sentido horizontal para visualizar el avión y calcular el acimut, la distancia angular horizontal, y el otro lo realiza en sentido vertical para fijar su elevación. Muchas de las actuales antenas de radar llevan una batería con direccionamiento electrónico.

1.6. Receptores

El receptor ideal debe ser capaz de amplificar y medir una señal muy débil con una frecuencia muy elevada. Como hasta ahora no se ha conseguido construir un amplificador móvil que cumpla esta función de forma satisfactoria, la señal se convierte a una frecuencia intermedia de 30 MHz mediante un circuito superheterodino y se amplifica a dicha frecuencia.

La altísima frecuencia de la señal del radar exige un oscilador y un mezclador con una precisión muy superior a la que se utiliza en los receptores normales de radio; no obstante, ya se han construido circuitos apropiados que utilizan como osciladores tubos de microondas de alta potencia denominados klystrons. La conversión de la frecuencia intermedia se efectúa de forma habitual y la señal se envía a continuación a una computadora.

1.7. Tratamiento informático

La mayoría de los radares modernos convierten la señal analógica recibida a una secuencia de números por medio de un convertidor analógico digital. Un ordenador de alta velocidad se encarga de procesar esta secuencia y extraer la información relativa al objetivo. En primer lugar, la señal retorna de tierra, donde se eliminan los objetos irrelevantes mediante un filtro indicador de objetivo móvil (MTI).

A continuación, se fracciona la señal en componentes discretos de frecuencia por medio de un transformador rápido de frecuencias (FFT). Por último, una vez combinadas las señales de muchos pulsos, se determina el objetivo mediante el procesador de frecuencia constante de falsa alarma (CFAR).

Los sistemas de radar cuya función principal consiste en detectar objetivos tienen que indicar la presencia o ausencia de estos. Si el objetivo se halla realmente presente, el radar tendrá que detectarlo correctamente o ignorarlo por error. Si el objetivo no está presente de verdad, el radar puede indicar que no hay presencia del objetivo o puede producir una falsa alarma. La computadora CFAR tiene que ponderar de forma óptima las detecciones frente a las falsas alarmas.

1.8. Modulador de impulsos

Un equipo de radar posee un dispositivo importante llamado modulador de impulsos. Este dispositivo se encarga de extraer continuamente corriente de una fuente de poder, para proveer energía al magnetrón del transmisor con impulsos del voltaje, potencia, duración e intervalo precisos. El impulso comienza y termina de forma abrupta, pero el voltaje y la potencia no deben variar notablemente durante el impulso.

1.9. Características importantes para un radar

La calidad de la información recibida por un radar primario de aproximación se expresa por dos factores:

- Precisión
- Resolución

La precisión en la posición es el nivel máximo de error entre la posición del blanco detectada por el sensor y su posición real en el instante de la detección. Puede dividirse en precisión en distancia y en acimut.

La precisión en distancia, el radar la muestra cuando se mide correctamente el tiempo de intercepción y el tiempo de retorno. La precisión en acimut, se obtiene cuando más fino sea el haz y cuando más pulsos se generen.

La resolución es la capacidad del sensor para diferenciar entre dos aeronaves muy próximas (*close proximity*), distinguiéndolas como blancos separados. Dos aeronaves se encuentran en aproximación cerrada cuando la

distancia de separación y acimut se encuentren dentro de los límites estipulados internacionalmente.

La resolución en distancia es la distancia mínima que debe existir entre dos blancos próximos de sección recta similar sobre el mismo radial para poder ser separados por el radar. El poder discriminador del radar aumenta si el ancho de pulso es pequeño.

La resolución en acimut se representa como la separación angular por la cual se distinguen dos blancos cercanos equidistantes y se corresponden directamente con los anchos de haz de la antena. El poder del radar de discriminar con igual altitud y distancia, y diferente acimut, varía según el tamaño del ancho del haz de la antena.

Estos sistemas radar se denominan sistemas primarios y funcionan basados en el principio de un eco pasivo que viene del objetivo. Hay otros radares conocidos como sistemas secundarios y se basan en una respuesta del objetivo; estos equipos se utilizan mayormente en la comunicación y navegación.

Figura 4. **Fotografía de radar secundario modo S, Cerro Santiago Jalapa (COCESNA)**



Fuente: Dirección de Aeronáutica Civil. *Sistema de radar Modo S / radar secundario, Cerro Santiago, Jalapa.* (Sin número de página).

La evolución en los sistemas de radar ha sido significativa en el tiempo y su uso. El radar primario y secundario han tenido una evolución tecnológica, pero el radar secundario es quien mayor evolución funcional ha tenido.

El radar secundario ha tenido mayor evolución e importancia por su uso, este pregunta de igual forma que el radar primario, pero no recibe ecos, sino una respuesta específica del respondedor instalado en los aviones.

Los sistemas de radar están compuestos de dos sistemas conjuntos y sincronizados llamados radar primario y secundario, son usados para la detección e identificación de los blancos.

El radar secundario es identificado con las siglas SSR correspondiente a su nombre en inglés *secondary surveillance radar*. Este surgió primero como el sistema amigo enemigo identificado por la siglas IFF (*identification friend or foe*), desarrollado en 1940 durante la Segunda Guerra Mundial para identificación militar. Consiste en la adición de un equipo en la nave el cual respondía a las interrogantes de un radar secundario, este se denominaba Mark I. Posteriormente, este sufrió mejoras para la identificación selectiva (IFF/SIF).

El radar secundario recibe señales de ecos normales de un avión no colaborador y una señal de eco amplificado cuando la nave está provista del respondedor, ya que este genera una señal en la misma frecuencia, lo que indica que es un avión colaborador.

Mediante la comparación visual de la intensidad de las señales retornadas, se lograba la identificación. En 1942 se crean los equipos IFF Mark II en Inglaterra y en Estados Unidos en 1943 se une con la generación de IFF Mark III, operando en la banda 157 Khz –187 Khz.

De 1944 a finales de 1953, nace el IFF Mark V por medio del consorcio (UNB) que comprende a Canadá, Inglaterra y Estados Unidos, normalizando la frecuencia 950 Mhz para preguntar y de 1 150 Mhz para responder. Desaparece la señal de pregunta por impulso único permitiendo tres modos (1, 2 y 3) dependiendo de la separación de los pulsos transmitidos (3, 5 y 8 microsegundos respectivamente). La respuesta se daba por una secuencia de impulso tipo morse. Este desaparece con el fin de la II Guerra Mundial en 1945.

Del año 1950 al año 1957, reordenando los proyectos anteriores, se establece como frecuencia de interrogación 1 030 Mhz y como frecuencia de

respuesta 1 090 Mhz, siempre en los 3 modos de trabajo, y se especifican como el sistema SIFG (*selective identification feature*) generando el sistema Mark X (SIF).

El sistema IFF Mark X (SIF) sigue vigente a la fecha en equipos en servicio activo con usos similares. Las respuestas enviadas desde el respondedor se forman de una combinación de pulsos que permiten 32 códigos para el modo 1, 64 códigos para el modo 2 y 4 096 códigos para el modo 3.

El sistema IFF Mark X (SIF) es otorgado por el Departamento de Defensa de Estados Unidos en el año 1953 para uso civil, como un sistema común para control de tráfico aéreo. Una combinación de esfuerzos entre organizaciones civiles y militares genera el ATCRBS (*air traffic control radar beacon system*). Este integra un modo que codifica la altitud del avión y, por primera vez, se produce un sistema cuyas entradas permiten dar al control aéreo la posición tridimensional de un avión.

El sistema se implanta en los Estados Unidos en el comienzo de los 60. En Estados Unidos, en el año 1967, se implanta como obligatorio el uso de los respondedores para los aviones operando en el sistema de control de tráfico aéreo por encima de 18 000 pies. El sistema ATCRBS es recomendado por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) en su anexo 10 de Normas y Métodos de 1962, con la denominación SSR (*secondary surveillance radar*).

Los posteriores sistemas militares tienen compatibilidad con el SSR dando lugar al IFF Mark X y el IFF Mark XII que incluye un modo con funcionamiento criptográfico, según se especifica en la norma STANAG 5017, edición 3 de la OTAN. Los sistemas de radar secundario, en la actualidad,

establecen la compatibilidad de uso civil-militar a través de preguntas en seis modos 1, 2, 3/A, B, C y D.

Los modos están asociados a la separación de los pulsos P1 y P3 que al igual que el modo P2, permite a los respondedores que no contesten a preguntas sobre división secundaria ya que se distingue la menor amplitud de P1 respecto a P2.

1.10. Especificaciones de un sistema radar

El sistema de radar está se divide en un radar primario y un radar secundario, un sistema mecánico de rotación y 2 antenas, un equipo de control de tránsito aéreo, grupos electrógenos, sistemas auxiliares y equipos de comunicación. Todo esto repartido en un centro de control y una cabecera radar.

Figura 5. **Fotografía del sistema actual de radar primario/secundario DGAC, Guatemala**



Fuente: Dirección General de Aeronáutica Civil. *Radar primario y secundario, aldea Las Nubes Concepción, Palencia.* (Sin número de página).

1.11. Funcionamiento de un sistema de radar

Según los factores o necesidades a satisfacer puede variar el funcionamiento de un radar. Luego de conocer el funcionamiento del radar primario y secundario, se tendrá una idea clara del tipo de radar a utilizar.

1.12. Radar según su uso

- Existen tipos de radar usados en áreas para terminales, estos abarcan un rango de 5 millas náuticas. Son instalados en torres de control y una antena con un sistema de rotación constante entre 40 y 60 revoluciones por minuto. Es usado en aeropuertos donde constantemente hay mal tiempo o varias pistas, y son del tipo primario (ASR o PSR).
- Hay otros sistemas radares de aproximación, estos abarcan entre 30 y 80 millas náuticas para el radar primario y un secundario con una cobertura de 250 millas náuticas (SSR). Se instalan el aeropuerto en cualquier punto entre 0 y 10 millas náuticas. El sistema de rotación de la antena es constante entre 12 y 15 revoluciones por minuto.
- Otros sistemas radares se usan para el control de ruta, con un radar secundario que tiene una cobertura de 250 millas náuticas y un primario con una cobertura de más de 80 millas náuticas. Es recomendable trabajar solo con el radar secundario. Estos deben colocarse a más de 30 millas náuticas, y deben tener una antena con rotación constante de 6 y 7,5 revoluciones por minuto.

1.13. Extractor-combinador y procesador de datos radar

Cuando el radar ya ha hecho la detección de un blanco, las características de la señal del radar cambian radicalmente. Esto hace que la señal de un cierto número de bits cambie a una señal de presencia o no presencia. Por esta razón, la salida del detector, que es básicamente una cadena de unos y ceros, según el detector haya considerado que en esas celdas existe o no un blanco de interés.

En este momento, esta señal radar se convierte en datos radar, disminuye la carga de procesamiento y puede aumentar la cantidad de operaciones realizables sobre los datos radar, para velocidades constantes de cálculo de los procesadores. Existen varias técnicas de extracción, procesamiento de datos radar, combinación y fabricantes de equipo.

El extractor parte de la señal detectada para generar los *plots*, que son un conjunto de datos relativos a los blancos identificados por el detector. En este punto, el estándar Asterix se encarga de definir cuáles deben ser estos datos y el formato que se les debe dar.

Un ejemplo a mencionar son los radares primarios de la Asociación Española de Navegación Aérea (AENA), donde la salida de datos debe seguir tanto el estándar Asterix como el DDE (estándar o formatos de mensajes). Pero antes que nada, la generación de *plots* debe incluir todos los requeridos por Asterix y posteriormente ser transformados al formato DDE, cuya diferencia con el anterior es que carece de su hora de detección.

Eurocontrol (Centro de Control de la Navegación Aérea Europea) requiere que se aumente la resolución en distancia y acimut. Para cumplir con tales efectos se mencionan las dos técnicas más empleadas en radares primarios.

- Técnica de radar deslizante
- Técnica monopulso

La técnica de radar deslizante se basa en la identificación de todos los ecos que el detector proporciona del mismo blanco, obteniendo el centroide de masas y, a partir de aquí, la posición del blanco con mejor precisión.

Existen varias técnicas con el propósito de corregir la ausencia de detección o la presencia de falsas alarmas, provocadas por el ruido o por un blanco indeseado (*clutter*).

La técnica monopulso es usada por los radares secundarios que trabajan con frecuencias cercanas 1 Ghz, lo que obliga a que la antena tenga un diagrama de radiación con un ancho de haz mayor a 3 db en acimut.

En los ATC el proceso de extracción de los radares primarios está vinculado a la combinación de los datos del radar secundario. El combinador de estos datos colocados y correlacionados trabaja partiendo de los *plots* generados por ambos. Las antenas de ambos radares giran conjuntamente sobre el mismo eje físico. Se podría decir que el procesamiento de estos datos radar es un proceso monoradar.

Los sistemas que usan un PSR y un SSR generalmente se sincronizan en un PRF con el objetivo de evitar saturaciones provocadas por recepciones cruzadas no deseadas.

El combinador tiene las siguientes operaciones básicas:

- Correlación de *plots*
- Fusión de datos

1.14. Elección de la banda de trabajo

La banda L y la banda S son propuestas para los radares de vigilancia en aeropuertos. Anteriormente la banda L era mayormente elegida. En la actualidad, la elección es la banda S por las características siguientes:

- Una antena pequeña (aproximadamente 5,6 x 2,3 metros)
- Disponibilidad de componentes en estado sólido para transmisor y receptor.
- Ancho de banda entre 2 700 a 2 800 Mhz para banda S, y de 1 300 hasta 1 350 Mhz para banda L.

Sin embargo, la banda S tiene mayores pérdidas de propagación en el espacio libre, mayor atenuación atmosférica. Aunado a esto no han estado disponibles dispositivos de estado sólido capaces de generar la suficiente potencia para actuar como transmisores, limitándose a tecnología de magnetrón y tubos.

No obstante el uso de transmisores modulares y técnicas de compresión de pulsos disminuyen estas aparentes desventajas, si se desea emplear estado sólido.

1.14.1. Bandas de frecuencia

- Banda L = de 1 a 2 Ghz.
- Banda S = de 2 a 4 Ghz (para radares primarios de 3,1 a 3,3 o de 2,7 a 2,9 Ghz).
- Banda C = de 4 a 8 Ghz.
- Banda X = de 8 a 12 Ghz.
- Banda K = de 12 a 24 Ghz.

1.15. Radiofaro de respuesta

El radiofaro, también conocido como racon, es un radar secundario de radar que emite un impulso cada vez que recibe otro. Estos equipos poseen gran alcance de radar. Cuentan con un transmisor de baja potencia (llamado interrogador), pero con la diferencia que los impulsos (llamados disparos) son de la misma frecuencia recibida que actúa como un potente eco.

Estos presentan muchas variantes en su funcionamiento. Una de ellas puede ser que el faro responda con una frecuencia distinta o con un retardo, de tal forma que dé la impresión de encontrarse a mayor distancia que el interrogador. Estos retardos son utilizados en los sistemas de aterrizaje asistido con el objeto de medir la distancia desde la pista de aterrizaje en lugar que desde el radiofaro.

1.16. Radar de identificación (IFF)

IFF es la abreviatura de *identification, friend or foe*, o identificación de amigo/enemigo, no es más que un radiofaro codificado, instalado en aviones con fines de identificación en tiempo de guerra. Este sistema nunca pudo ser utilizado de forma eficaz.

Su mayor problema era provocado por la confusión de señales en situaciones de gran densidad de tráfico aéreo. Los IFF tenían un interruptor de emergencia que al ser activado por un tripulante del avión en apuros alertaba al instante al radar interrogante fijando la posición de aquel.

1.17. Perturbación radar

Esta práctica se inició durante la I Guerra Mundial, aunque no como se practicó durante la II Guerra Mundial. Esta interferencia fue estratégica sobre las comunicaciones de radar.

Existen dos formas de perturbar el radar del enemigo. La primera es la perturbación electrónica, que se logra transmitiendo con frecuencias capaces de interferir los receptores del enemigo. La segunda forma es la mecánica, que consistía en lanzar láminas de aluminio, ya que estas producen ecos e interfieren la detección de los verdaderos objetivos.

Actualmente existen muchas interferencias involuntarias provocadas por el uso de tecnología inalámbrica como la telefonía celular, televisión, entre otras, incluso otros radares.

1.18. Radar en órbita espacial

Una actividad de creciente importancia en una época de calentamiento global y escasez de recursos naturales cada vez mayor es la de instalar radares en satélites puestos en órbita espacial, con el objetivo de vigilar recursos terrestres y marítimos. También desde estos se puede vigilar el estado y predicción del tiempo.

1.19. Aplicaciones pacíficas

El radar se aplica globalmente en la meteorología y la predicción del tiempo, aparte de usarse en la navegación marítima y aérea. Es usado para localizar huracanes, tornados y también para el seguimiento de las condiciones climatológicas locales. Además son usados para proporcionar información sobre el volumen de las precipitaciones y alertar con tiempo las posibles inundaciones.

En la actualidad, el radar tiene un uso reciente que es el de controlar la contaminación atmosférica y otras partículas en suspensión, ya que con frecuencia se pueden identificar otros tipos de sustancias químicas y medir su concentración.

Se usa un tipo de radares para el control del tráfico terrestre, con el objetivo de determinar la velocidad de los vehículos y cuantificar la densidad del tráfico en las principales calles. También es usado para controlar automáticamente los semáforos.

Una de las aplicaciones principales del radar es el control de tráfico aéreo, monitoreando a los aviones que se encuentran en vuelo y guiándolos a las

pistas de aterrizaje. El sistema de aproximación controlado desde tierra se compone de dos rayos de radar diferentes, uno que efectúa el barrido en vertical y el otro en horizontal. Los pilotos cuentan con dispositivo receptor de radio para ser conducidos por los técnicos de tierra.

Para cumplir con este propósito se utilizan los radiofaros. Estos se distinguen de los primeros porque precisan de un radar a bordo del avión. La mayoría de estos radares están equipados con un conmutador para cambiar de la función de búsqueda a la de faro. El faro capta los pulsos emitidos por el avión y lo muestra en la pantalla comunicando al avión su posición.

Se ha ampliado de manera notable el alcance operativo del radar debido a los últimos avances, entre los que se incluyen la mejora de las técnicas para aumentar el contraste entre las señales buenas en el radar y las de ruido aleatorio. Esto también ha ampliado su aplicación en la observación de la exploración espacial de los misiles de gran altitud y los satélites artificiales.

1.20. El radar como arma de guerra

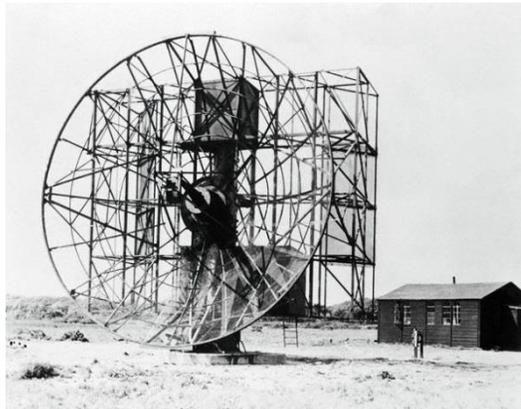
Los primeros radares eran de tamaños enormes con una base en el suelo, en 1942 aparecieron radares más pequeños que funcionaban con microondas, estos se conocieron como H2 S. Estos se podían colocar en los aviones con el fin de marcar objetivos con mayor precisión.

En enero de 1943 los alemanes se apoderaron de esta técnica, cuando un avión inglés provisto de radar se estrelló en su territorio, permitiéndoles a los ingenieros conocer su secreto. Pero los aliados, previniendo esto, idearon una trampa que confundía los monitores alemanes, la cual consistía en lanzar al

aire pequeñas láminas de papel de aluminio simulando la presencia de aviones enemigos.

La aplicación submarina es el sónar (*sound navigation and ranging*, detección y localización de sonido), en el cual se usan las ondas ultrasónicas que penetran en el agua a profundidades y distancias calculables.

Figura 6. **Radar en sus principios**



Fuente: *El radar como arma de guerra*. <http://www.ajzanier.com.ar/radar.htm>.

Consulta: abril 2015.

El radar tenía muchas aplicaciones aéreas como guiar a los aviones que volaban siguiendo señales de radio emitidas desde bases terrestres, guiar la artillería de defensa aérea, dirigir interceptores hacia aviones atacantes, localizar objetivos de tierra como depósitos de combustible o astilleros, e incluso proporcionar una guía a las bombas destinadas a objetivos en tierra.

El radar y el sónar mejoraron significativamente la potencia y precisión del ataque de las armas utilizadas durante la Segunda Guerra Mundial. Inglaterra fue el único país que aplicó su uso con fines militares a través de un visionario como el mariscal del aire Hugh Dowding.

2. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN INTERNOS Y EXTERNOS PARA LA COMUNICACIÓN RADAR DEL CENTRO DE CONTROL

2.1. Sistema de comunicación interno

Para la interconexión de los distintos servidores utilizados para el procesamiento de datos radar en el sistema de controlador aéreo, se utiliza una red LAN con cableado UTP a la que se llama AIRCON.

2.1.1. Definición de redes LAN

Una red de área local o LAN (*local area network*) es la conexión entre varias computadoras y periféricos. Su capacidad de conexión está limitada físicamente en un radio de 200 metros o, con dispositivos de repetición, podría llegar a un área de 1 kilómetro. Su uso más frecuente es la interconexión de computadoras personales o de trabajo en oficinas u otros, para compartir recursos e intercambiar datos y aplicaciones de software.

La red de área local toma en cuenta tanto el hardware como el software necesarios para interconectar los distintos dispositivos y el uso de la información.

2.1.1.1. Evolución

En sus inicios, las redes fueron de tiempo compartido y eran utilizadas por *mainframes* y terminales tontas. Estos entornos basaban su implementación sobre la SNA (arquitectura de sistemas de redes) de IBM (International Business Machines) y la arquitectura de red digital.

Las LAN (redes de área local) iniciaron luego de la revolución de la PC. Estas dieron lugar a que usuarios localizados en un área geográfica relativamente pequeña intercambiaran mensajes, archivos y accedieran a servidores o archivos compartidos en las PC de la red.

Con el surgimiento de Netware apareció una nueva solución, la cual ofrecía soporte para los más de cuarenta tipos existentes de tarjetas, cables y sistemas operativos mucho más sofisticados que los que ofrecían la mayoría de los competidores. Netware dominaba las LAN de las PC desde antes de su aparición en el año 1983 hasta la mitad de la década de los noventa, cuando Microsoft trajo Windows NT Advance Server y Windows for Workgroups.

De todos los competidores de Netware, solo Banyan VINES tenía poder técnico comparable, pero Banyan ganó una base segura. Microsoft y 3Com trabajaron juntos para crear un sistema operativo de red simple el cual estaba formado por la base de 3Com's 3+Share, el gestor de redes LAN de Microsoft y el Servidor del IBM. Ninguno de estos proyectos fue muy satisfactorio.

2.1.1.2. Ventajas

- Redundancia de hardware: en una empresa existen muchos ordenadores que necesitan acceso a una impresora para imprimir informes.

- Redundancia de datos: los archivos almacenados en uno de los equipos muy probablemente sean necesarios en otro equipo de la empresa, por lo que será necesario copiarlos en este, pudiéndose producir desfases entre los datos de dos usuarios, el uso de los recursos de almacenamiento se multiplica.
- Redundancia de software: equipos necesitan contar con el mismo software para manejar los mismos archivos que fueron trabajados en otros equipos.

La red de área local da una solución a estos problemas, al compartir bases de datos se elimina la redundancia de datos, al compartir programas se elimina la redundancia de software y al compartir periféricos (módem, tarjetas de servicios digitales integrados, impresora, entre otros) se elimina la redundancia de hardware; poniendo a disposición otros medios de comunicación como correo electrónico o sistemas de mensajería.

Permite realizar un proceso distribuido, es decir, las tareas se pueden repartir en distintos nodos y permite la integración de los procesos y datos de cada uno de los usuarios en un sistema de trabajo corporativo. Centralizar información o procesos facilita la administración y la gestión de los equipos.

Una red de área local implica un ahorro de tiempo, ya que se logra la gestión de la información y del trabajo, también implica ahorro de dinero, debido a que se necesitan menos periféricos, se consume menos papel y, en una conexión a internet, se puede utilizar una única conexión de banda ancha compartida por varios equipos conectados a la red.

2.1.1.3. Características importantes

- Tecnología *broadcast* (difusión) con el medio de transmisión compartido.
- Capacidad de transmisión comprendida entre 1 Mbps (mega bit por segundo) y 1 Gbps (giga bit por segundo).
- Extensión máxima no superior a 3 km (una red de fibra óptica puede llegar a 200 km).
- Uso de un medio de comunicación privado.
- La simplicidad del medio de transmisión que utiliza (cable par trenzado, cables telefónicos y fibra óptica).
- La facilidad con que se pueden efectuar cambios en el hardware y el software.
- Gran variedad y número de dispositivos conectados.
- Posibilidad de conexión con otras redes.
- Limitante de 100 m, puede extenderse si se usan repetidores.

2.1.2. Topología de la red

La topología de red define la estructura de una red. Esta se divide en dos partes: la topología física, que es el uso de los cables o medios, y la topología lógica, que define cómo se accede a los medios para enviar datos. Las más usadas son:

2.1.2.1. Topologías físicas

- Topología de *bus* circular: usa un solo cable *backbone* que debe terminarse en ambos extremos. Todos los *hosts* se conectan directamente a este *backbone*.
- Topología de anillo: conecta todos los equipos en una red uno tras el otro y el último con el primero. Esto crea un anillo físico de cable.
- Topología en estrella: conecta todos los cables con un punto central de concentración, en forma de estrella.
- Topología en estrella extendida: conecta redes de topología estrella individual entre sí mediante la conexión de concentradores (*hub*) o conmutadora (*switch*). Esta topología puede extender el alcance y la cobertura de la red.
- Topología jerárquica: es similar a una estrella extendida. Pero, en lugar de conectar los concentradores o conmutadores entre sí, el sistema se conecta con un computador que controla el tráfico de la topología.

- Topología de malla: proporciona la mayor protección posible para evitar una interrupción del servicio. En esta topología, cada *host* tiene sus propias conexiones con los demás *hosts*. La Internet a no adopta la topología de malla completa.
- Topología de árbol: posee varias terminales conectadas de tal forma que la red se ramifica desde un servidor base.

2.1.2.2. Topologías lógicas

La topología lógica de una red identifica la forma o protocolo con que los equipos se comunican a través del medio (cable, señal de radio, fibra óptica, entre otros). Los dos tipos más comunes de topologías lógicas son por difusión (*broadcast*) y transmisión de *tokens* (*token ring*).

La topología *broadcast* simplemente significa que cada equipo envía sus datos hacia todos los demás equipos del medio de red. No existe una orden que las estaciones deban seguir para utilizar la red.

La topología *token* controla el acceso a la red mediante el paso de un *token* electrónico a cada *host* de forma secuencial. Cuando un equipo recibe el *token*, es su turno para enviar datos a la red. Si el equipo no tiene datos para enviar, transmite el *token* al siguiente equipo y el proceso se vuelve a repetir. Dos ejemplos de redes que utilizan la transmisión de *token* son: *token ring* y la interfaz de datos distribuida por fibra óptica (FDDI). *Arcnet* (variación de *token ring* y FDDI) es la transmisión de *tokens* en una topología de *bus*.

2.1.3. Tipos

La cantidad de redes de área local es extensa, habiendo soluciones casi para cualquier necesidad. Se puede seleccionar el tipo de cable, la topología e incluso el tipo de transmisión que más se adapte a las necesidades. Sin embargo, de todos estos tipos de soluciones las más comunes son tres: *ethernet*, *token ring* y *arcnet*.

2.1.3.1. Comparativa de los tipos de redes

Para seleccionar el tipo de red que más conveniente a las necesidades, se deben considerar distintos factores, como cantidad de estaciones de trabajo, distancia máxima entre ellas, dificultad para instalar el cableado, velocidad de respuesta necesaria, tipo de información a enviar (datos, voz, video o combinación de estas) y costo.

Como referencia para los parámetros anteriores, se puede realizar una comparación de los tres tipos de redes mencionados. Para ello, se supone que el tipo *token ring* usa cable con par trenzado, *arcnet* y *ethernet* se instalan con cable coaxial. En cuanto a las facilidades de instalación, *arcnet* resulta ser la más fácil de instalar debido a su topología. *ethernet* y *token ring* necesitan de mayor análisis antes de iniciar con su implementación.

En cuanto a la velocidad, *ethernet* es la más rápida, hasta 1 000 Mb/s, *arcnet* funciona a 2,5 Mb/s y *token ring* a 4 Mb/s. Actualmente existe una versión de *token ring* a 16 Mb/s, pero necesita un tipo de cableado más caro.

En cuanto al precio, *arcnet* es la más económica; por un lado porque las tarjetas que se instalan en las PC para este tipo de redes son más baratas, y

por otro, porque el cableado es más accesible. *Token ring* resulta ser la que tiene un precio más elevado, porque, aunque las tarjetas de red que usan las PC son más baratas que las de la red *ethernet*, su cableado resulta ser caro, entre otras cosas porque se precisa de una tarjeta concentradora por cada grupo de ocho usuarios.

2.1.4. Componentes

El sistema de comunicación interno necesita de varios componentes para el traslado de los datos radar que se procesaran en el sistema de controlador aéreo.

2.1.4.1. Servidor

Son equipos computacionales que van a compartir sus recursos (hardware y software) con los demás equipos de la red. Sus características son capacidad de procesamiento, tipo de la información que almacena y conexión con recursos que se desean compartir.

2.1.4.2. Estación de trabajo

Los equipos que toman el papel de estaciones de trabajo aprovechan o tienen a su disposición los recursos que ofrece la red, así como los servicios que proporcionan los servidores a los cuales pueden acceder.

- *Gateway* o pasarelas: es un hardware y software que permite las comunicaciones entre la red local y grandes ordenadores (*mainframes*). El *gateway* adapta los protocolos de comunicación del *mainframe* (X25, SNA, entre otras) a los de la red y viceversa.

- *Bridges* o puentes: es un hardware y software que permite que se conecten dos redes locales entre sí. Un puente interno es el que se instala en un servidor de la red y un puente externo es el que se hace sobre una estación de trabajo de la misma red. Los puentes también pueden ser locales o remotos. Los puentes locales son los que conectan a redes de un mismo edificio, usando tanto conexiones internas como externas. Los puentes remotos conectan redes distintas entre sí, llevando a cabo la conexión a través de redes públicas, como la red telefónica, RDSI o red de conmutación de paquetes.

2.1.4.3. Tarjeta de red

También llamada NIC (*network interface card*). Básicamente realiza la función de intermediario entre el ordenador y la red de comunicación. Las tarjetas de red manejan los protocolos de comunicación de la red. La comunicación con el ordenador se realiza normalmente a través de las ranuras de expansión que este dispone. En la actualidad, los equipos disponen de este adaptador integrado.

2.1.4.4. El medio

Constituido por el cableado y los conectores que enlazan los componentes de la red. Los medios físicos más utilizados son el cable de par trenzado (UTP, *unshielded twisted pair*), par de cable, cable coaxial y la fibra óptica, cada vez en más uso.

2.1.4.5. Concentradores de cableado

Una LAN en *bus* solo usa tarjetas de red en las estaciones y cableado coaxial para interconectarlas, además de los conectores, sin embargo, este método complica el mantenimiento de la red ya que si falla alguna conexión toda la red deja de funcionar. Para impedir estos problemas, las redes de área local usan concentradores de cableado para realizar las conexiones de las estaciones. En lugar de distribuir las conexiones, el concentrador las centraliza en un único dispositivo manteniendo indicadores luminosos de su estado e impidiendo que una de ellas pueda hacer fallar toda la red.

Existen dos tipos de concentradores de cableado:

2.1.4.5.1. Concentradores pasivos

Actúan como un simple concentrador cuya función principal consiste en interconectar toda la red.

2.1.4.5.2. Concentradores activos

Además de su función básica de concentrador también amplifican y regeneran las señales recibidas antes de ser enviadas.

Los concentradores de cableado tienen dos tipos de conexiones: para las estaciones y para unirse a otros concentradores aumentando así el tamaño de la red. Los concentradores de cableado se clasifican dependiendo de la manera en que internamente realizan las conexiones y distribuyen los mensajes. A esta característica se le llama topología lógica.

Existen dos tipos principales:

- Concentradores con topología lógica en *bus* (*Hub*): estos dispositivos hacen que la red se comporte como un *bus* enviando las señales que les llegan por todas las salidas conectadas.
- Concentradores con topología lógica en anillo (MAU): se comportan como si la red fuera un anillo enviando la señal que les llega por un puerto al siguiente.

2.2. Sistema de comunicación externo (protocolo Asterix categorías 001 y 002)

Como parte del sistema externo de comunicación, se estudiarán las categorías 001 y 002 del protocolo Asterix que describen la estructura de los mensajes para la transmisión de datos monoradar de una estación de radar independiente hacia uno o más sistemas de procesamiento radar, así como estructura de los mensajes para la transmisión de información relacionada con el estado y los servicios de la estación de radar.

2.2.1. Protocolo Asterix

Es un protocolo estándar diseñado por Eurocontrol para el intercambio de información entre sensores radar y centros de control (*ATC Systems*) mediante una estructura de mensajes.

Su acrónimo corresponde con *All purpose structure* Eurocontrol *surveillance information exchange*, siendo su desarrollo responsabilidad del *Surveillance task force for radar data exchange* de Eurocontrol (STFRDE).

2.2.2. Objetivos

Asterix es un protocolo de aplicación/presentación responsable de definir la estructura y ensamblaje de los datos de vigilancia para ser transmitidos e intercambiados sobre un medio de comunicación.

Su propósito es permitir una significativa transferencia de información entre dos entidades de aplicación, usando una representación estándar de los datos que se intercambian.

La transmisión de mensajes Asterix puede hacer uso de cualquier medio de comunicación disponible, por ejemplo; líneas seriales síncronas/asíncronas, LAN (TCP/IP, UDP/IP), entre otros.

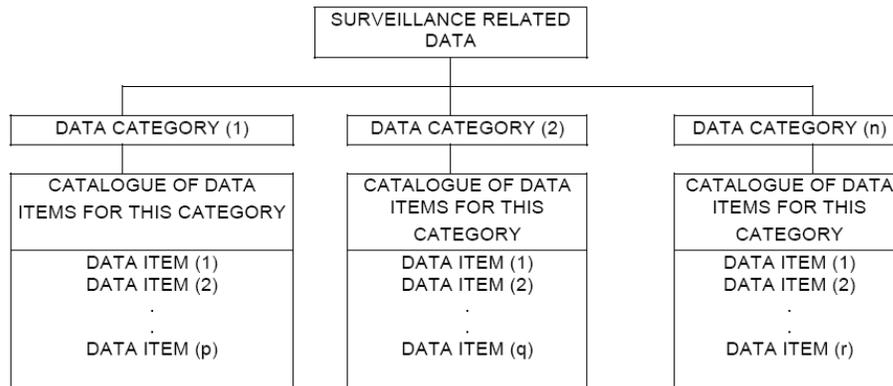
La definición de las capas inferiores de comunicaciones está fuera del alcance del estándar, las cuales serán acordadas entre las entidades de intercambio de datos.

2.2.3. Organización de los datos

La estructura Asterix parte de los siguientes conceptos básicos:

- *Data categories*
- *Data item*
- *Data field*
- *User applications profile*
- *Registers*
- *Data block*

Figura 7. Organización de los datos Asterix



Fuente: ICCAE. *Evaluación del desempeño de los sistemas de radar.* (Sin número de página).

Tabla I. Organización de los datos Asterix

	USER APPLICATION PROFILE							
	DATA FIELD (1)	DATA FIELD (2)	DATA FIELD (3)	DATA FIELD (4)	DATA FIELD (5)	DATA FIELD (6)	DATA FIELD (7)	DATA FIELD (8)
DATA ITEM (1)		x						
DATA ITEM (2)						x		
DATA ITEM (3)	x							
DATA ITEM (4)				x				
DATA ITEM (5)								
...								
DATA ITEM (x)			x					
DATA ITEM (x + 1)								x
...								
DATA ITEM (q)					x			

Fuente: ICCAE. *Evaluación del desempeño de los sistemas de radar.* (Sin número de página).

2.2.3.1. Data categories

Los datos a intercambiar sobre un medio de comunicación entre diferentes usuarios deben ser estandarizados y clasificados en categorías.

Es la información que puede ser transmitida y codificada, cuyos datos serán estándar para todos los usuarios de Asterix.

El propósito de esta clasificación facilita:

- Identificación de los datos
- Envío de los datos
- Establecimiento de una cierta jerarquía basada en su prioridad

Pueden ser definidas hasta 256 categorías de datos, de acuerdo con la siguiente clasificación y a su utilización:

- Categorías de 000 a 127 para aplicaciones civiles y militares estándar.
- Categorías de 128 a 240 reservadas para aplicaciones militares especiales
- Categorías de 241 a 255 para aplicaciones civiles y militares no estándar.

La lista actualizada de categorías es publicada en la página de Eurocontrol (excepto especiales aplicaciones militares).

Tabla II. **Categorías de Asterix**

CAT	Descripción	Data Source	Part
<u>CAT000</u>	Time Synchronisation Messages (providing efficient time stamping when composite traffic pictures are exchanged between processing systems)	Reserved for MADAP	-
<u>CAT001</u>	Monoradar Data Target Reports, from a Radar Surveillance System to an SDPS <i>(Plots and tracks from PSRs, SSRs, MSSRs, excluding Mode S and ground surveillance)</i>	Replaced by CAT048	2a
<u>CAT002</u>	Monoradar Service Messages (status, North marker, sector crossing messages)	Replaced by CAT034	2b
<u>CAT008</u>	Monoradar Derived Weather Information	Monoradar	3
<u>CAT034</u>	Monoradar Service Messages	next version of Cat 002	2b
<u>CAT048</u>	Monoradar Target Reports	next version of Cat 001	4

Fuente: OACI. *Categorías de Eurocontrol*. (Sin número de página).

A continuación se presentan ejemplos de *data categories*:

- Categoría 01
 - Información de blancos radar desde una cabecera a un sistema de proceso de datos radar.
 - Se pueden transmitir mensajes de *plots* o *pistas*, o una combinación de ambos.
 - El flujo de información es unidireccional, de la cabecera a los sistemas de proceso radar.

- Categoría 002
 - Mensajes de servicio radar (identificación del norte).
 - Contienen información necesaria para la correcta interpretación de la información radar recibida.
 - El flujo de información es unidireccional, de la cabecera a los sistemas de proceso radar.

- Categoría 008
 - Información monoradar de blancos meteorológicos.
 - Proporciona una imagen de las zonas de precipitación detectadas por los radares.

- El flujo de información es unidireccional de la cabecera a los sistemas de proceso radar.
- Categoría 034 - mensajes de servicios modo S (norte y sectores)
 - Nueva versión de Cat 002, solo para SSR, MSR y PSR Modo S.
- Categoría 048 - mensajes de datos radar modo S (*plots* y *pistas*)
 - Nueva versión de Cat 001, solo para SSR, MSR y PSR.

2.2.3.2. Data item

Es la unidad más pequeña de información de cada categoría. Para cada categoría se define un conjunto de *data item* (DI) que constituye el catálogo de *data item*. Las aplicaciones que impliquen el intercambio de información de una determinada categoría de datos, harán uso únicamente de los *data item* normalizados en el catálogo.

Cada *data item* tiene una referencia única que lo identifica de forma inequívoca cuya referencia simbólica consta de ocho caracteres de la forma siguiente:

- Innn / AAA
 - I, indica que es un *data item*.

- nnn, es un número de tres dígitos decimales que indica la categoría de datos a la que pertenece.
- AAA, es un número de tres dígitos decimales que indica el número de *data item*.

2.2.3.3. Data field

Es la implementación física de un *data item* para propósitos de comunicaciones, es decir que cada *data item* es asignado a un espacio llamado *data field*.

Tienen una longitud igual a un número entero de octetos y tiene asignado un único identificador denominado FRN (*field reference number*). La correspondencia entre los *data item* y *data field* se estandariza para cada aplicación por medio de un UAP (*user application profile*).

2.2.3.4. UAP (user application profile)

Es el mecanismo por el cual se estandariza para cada aplicación la correspondencia entre los *data item* y los *data field* haciendo uso de la estructura de los mensajes Asterix.

La UAP es una tabla de control vinculada al programa de empaquetado/desempaquetado de los sistemas de procesamiento de mensajes. En esencia define cuáles de los *data item* catalogados serán utilizados, su longitud, su asignación a los *data field* y los requisitos específicos que deben ser normalizados para la transmisión exitosa e interpretación de los mensajes.

Con este mecanismo es fácil optimizar la transmisión, sin necesidad de modificar el programa, teniendo en cuenta la frecuencia de aparición de determinados *data item*. Además, permite flexibilidad de elección entre las distintas representaciones lógicas de la información. Los *spare bits* del UAP debieran ser puestos a cero y la UAP será única por cada categoría.

Eurocontrol ha estipulado para las distintas categorías un estándar parametrizable, es decir, cada usuario define los campos que son obligatorios, los que son optativos o los no utilizables.

Figura 8. **Estándar UAP para seguimiento de información**

FRN	Data Item	Information	Length in Octets
1	I001/010	Data Source Identifier	2
2	I001/020	Target Report Descriptor	1+
3	I001/161	Track/Plot Number	2
4	I001/040	Measured Position in Polar Coordinates	4
5	I001/042	Calculated Position in Cartesian Coordinates	4
6	I001/200	Calculated Track Velocity in polar Coordinates	4
7	I001/070	Mode-3/A Code in Octal Representation	2
FX	-	Field Extension Indicator	-
8	I001/090	Mode-C Code in Binary Representation	2
9	I001/141	Truncated Time of Day	2
10	I001/130	Radar Plot Characteristics	1+
11	I001/131	Received Power	1
12	I001/120	Measured Radial Doppler Speed	1
13	I001/170	Track Status	1+
14	I001/210	Track Quality	1+
FX	-	Field Extension Indicator	-
15	I001/050	Mode-2 Code in Octal Representation	2
16	I001/080	Mode-3/A Code Confidence Indicator	2
17	I001/100	Mode-C Code and Code Confidence Indicator	4
18	I001/060	Mode-2 Code Confidence Indicator	2
19	I001/030	Warning/Error Conditions	1+
20	-	Reserved for Special Purpose Indicator (SP)	-
21	-	Reserved for RFS Indicator (RS-bit)	-
FX	-	Field Extension Indicator	-
22	I001/150	Presence of X-Pulse	1

Fuente: ICCAE. *Evaluación del desempeño de los sistemas de radar.* (Sin número de página).

Figura 9. **Estándar UAP para asignación de información**

FRN	Data Item	Information	Length in Octets
1	I001/010	Data Source Identifier	2
2	I001/020	Target Report Descriptor	1+
3	I001/040	Measured Position in Polar Coordinates	4
4	I001/070	Mode-3/A Code in Octal Representation	2
5	I001/090	Mode-C Code in Binary Representation	2
6	I001/130	Radar Plot Characteristics	1+
7	I001/141	Truncated Time of Day	2
FX	-	Field Extension Indicator	-
8	I001/050	Mode-2 Code in Octal Representation	2
9	I001/120	Measured Radial Doppler Speed	1
10	I001/131	Received Power	1
11	I001/080	Mode-3/A Code Confidence Indicator	2
12	I001/100	Mode-C Code and Code Confidence Indicator	4
13	I001/060	Mode-2 Code Confidence Indicator	2
14	I001/030	Warning/Error Conditions	1+
FX	-	Field Extension Indicator	-
15	I001/150	Presence of X-Pulse	1
16	-	Spare	-
17	-	Spare	-
18	-	Spare	-
19	-	Spare	-
20	-	Reserved for SP Indicator	-
21	-	Reserved for Random Field Sequencing (RFS) Indicator (RS-bit)	-
FX	-	Field Extension Indicator	-

Fuente: ICCAE. *Evaluación del desempeño de los sistemas de radar.* (Sin número de página).

2.2.3.5. **Data block**

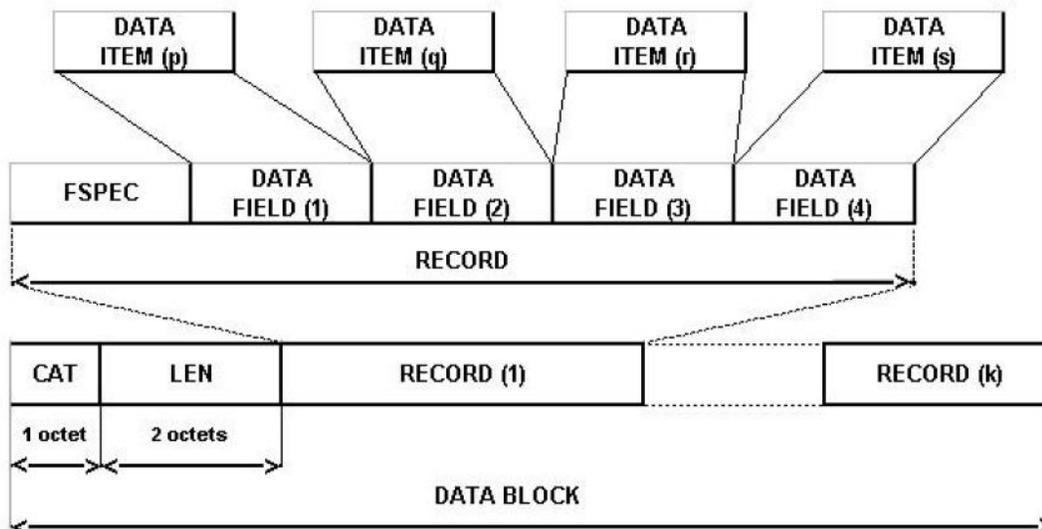
Los datos Asterix transmitidos en un medio de comunicación consisten de una concatenación consecutiva de campos. Un *data block* es una unidad de información que contiene uno o más registros, todos ellos con información de la misma categoría.

Este se compone por:

1. Un octeto de datos llamado categoría (CAT), indicando a qué categoría pertenecen los datos transmitidos,
2. Un campo de dos octetos que indican el tamaño del bloque (LEN), incluyendo los campos de CAT y LEN.
3. Uno o más registros que contienen los datos de la misma categoría.

Cada registro es de longitud variable pero con límite de octetos definido. La longitud siempre será un múltiplo de un octeto y el tamaño máximo de un bloque de datos será de mutuo acuerdo entre las fuentes de datos y usuarios.

Figura 10. Estructura del bloque de datos (*data block*)



Fuente: ICCAE. *Evaluación del desempeño de los sistemas de radar*. (Sin número de página).

2.2.3.6. Registros

Es un conjunto ordenado de *data field* de la misma categoría transmitidos dentro de un *data block*, el cual esta precedido por el campo *field specification* (FSPEC), donde se indica los *data item* presentes de acuerdo con el UAP. Un registro está constituido por:

- Un campo llamado FSPEC (*field specification*) de longitud variable, que indica los *data fields* que están presentes en el registro y su orden.
- Un número variable de *data field*, asociado con un *data item*, identificado por el FRN (*field referencial number*).

Existe, por otra parte, una publicación del UAP que es el procedimiento que asigna *data item* a un *data block*.

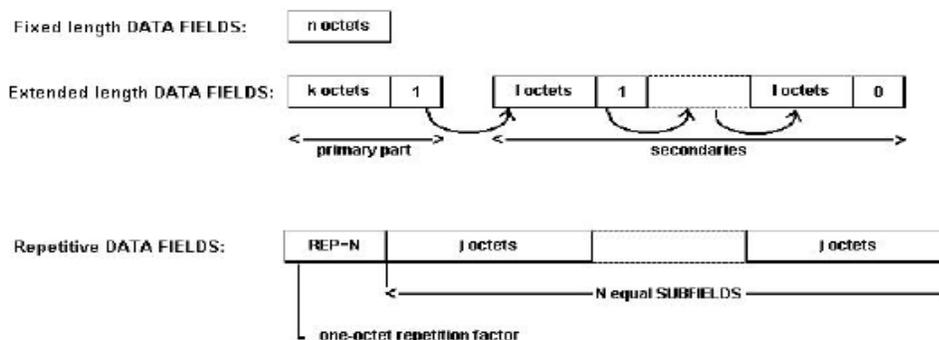
2.2.3.6.1. Formato estándar de los *data fields*

El tamaño de los *data fields* puede ser fijo o variable dependiendo de lo siguiente:

- Longitud extendida: por ser de longitud variable deberá contener una parte fundamental indicando su longitud seguida inmediatamente por un número de partes secundarias, cada una de longitud predeterminada. La presencia de los campos se indicará mediante el establecimiento de un bit (menos significativo) del último octeto, llamado indicador de extensión de campo.

- Longitud fija: campos de datos, incluyen un número fijo de octetos.
- Longitud de los campos de datos explícitos: se iniciará con un solo indicador de longitud del octeto dando la longitud total del campo incluyendo el mismo.
- Campos de datos repetitivos: comprenderá un campo de un octeto de repetición, indicador para señalar la presencia de N subcampos consecutivos, cada uno de la misma longitud predeterminada.
- Campos de datos compuesta: estará integrado por un subcampo primario, seguida de datos subcampos. El subcampo primario determina la presencia o ausencia del subcampo de datos posterior. Consta de una primera parte de un octeto extensible utilizando el mecanismo de extensión de campo. La definición, estructura y formato de los subcampos de datos son parte de la descripción de los correspondientes datos compuestos de elementos.

Figura 11. Organización de los datos



Fuente: ICCAE. *Evaluación del desempeño de los sistemas de radar.* (Sin número de página).

Figura 12. **Composición del tipo *data field***

Primary Subfield

Octet No.1							
8	7	6	5	4	3	2	1
SF1	SF2	SF3	SF4	SF5	SF6	SF7	FX

bits-8/2 (SF n) = 0 Absence of Subfield n
 = 1 Presence of Subfield n
 bit-1 (FX) = 0 End of Primary Subfield
 = 1 Extension of Primary Subfield into next octet

Data Subfield No 1

Octet No.1								Octet No.2							
16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Item of Information 1															

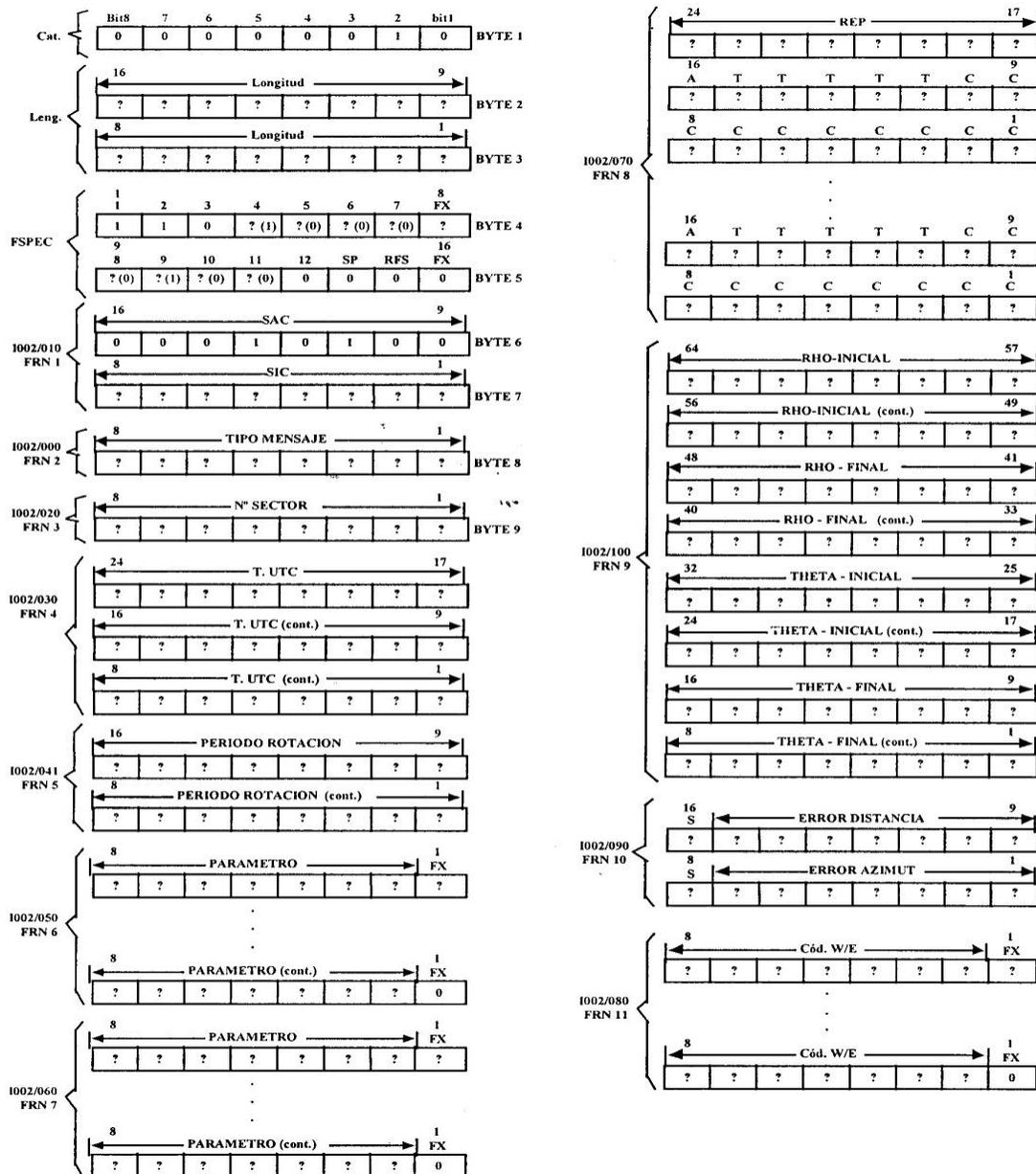
•
•
•
•
•

Data Subfield No 7

Octet No.1							
8	7	6	5	4	3	2	1
Item of Information 7							

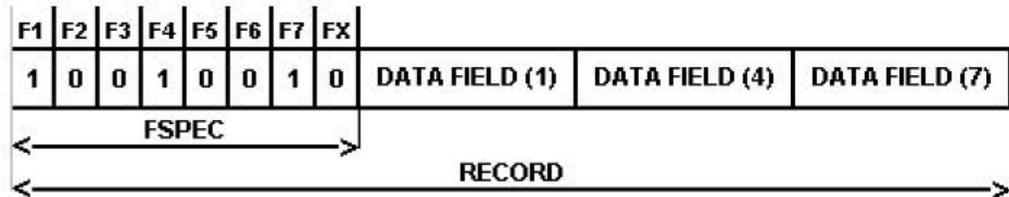
Fuente: ICCAE. *Evaluación del desempeño de los sistemas de radar.* (Sin número de página).

Figura 13. Ejemplo de *data block*



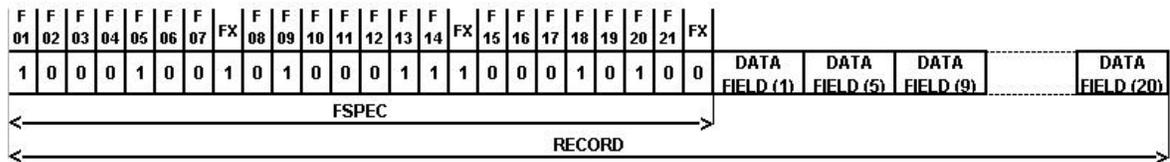
Fuente: ICCAE. *Evaluación del desempeño de los sistemas de radar.* (Sin número de página).

Figura 15. Ejemplo de un *one-octet* FSPEC



Fuente: ICCAE. Evaluación del desempeño de los sistemas de radar. (Sin número de página).

Figura 16. Ejemplo de un FSPEC *multi-octet*



Fuente: ICCAE. Evaluación del desempeño de los sistemas de radar. (Sin número de página).

2.2.3.6.2. Organización aleatoria

La RFS es un recurso utilizado para organizar aquellos bloques en los que exista la presencia ocasional de uno o más DF con FRN elevado. Esto evita un indeseado aumento del FSPEC.

2.2.3.6.3. Identificación de la fuente de datos (SAC/SIC)

Para la identificación de la fuente de datos, Eurocontrol establece unos procedimientos y criterios de codificación por medio SAC y SIC que, una vez aplicados, se publican por dicho organismo. Las siguientes tablas representan la publicación de la fuente de datos del formato Asterix para América.

Organización de los SAC (códigos exadecimales):

- 00 a 99 Europa
- A0 a DF USA y Canadá
- 02 a 96 Asia y la región del Pacífico
- D0 a FF México, Caribe, Centro América y Sur América
- 64 a CE África
- DA a EA región del Medio Oeste

Cuando se implementó el sistema de radar en Guatemala, se le asignó el código de Eurocontrol para España. Es por esta razón que en la región guatemalteca tiene el código 99 en los radares y ahora que está en el espacio aéreo de Cenamer se le identifica con ese código, mientras que el asignado mundialmente es F6.

Este código no se puede cambiar, ya que tendrían que cambiar el software de todos los sistemas para que el Asterix de los sistemas de procesamiento de datos lo reconozcan.

Figura 17. Estándar UAP para seguimiento de información

State/Territory Estado/Territorio	SAC Code Format Formato Código SAC								Hexadecimal SAC Code Código SAC Hexadecimal
	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	
Anguilla (United Kingdom)	1	1	1	0	0	0	0	0	E0
Antigua & Barbuda	1	1	1	0	0	0	0	1	E1
Argentina	1	1	1	0	0	0	1	0	E2
Aruba (Netherlands)	1	1	1	0	0	0	1	1	E3
Bahamas	1	1	1	0	0	1	0	0	E4
Barbados	1	1	1	0	0	1	0	1	E5
Belize	1	1	1	0	0	1	1	0	E6
Bolivia	1	1	1	0	0	1	1	1	E7
Brasil	1	1	1	0	1	0	0	0	E8
Cayman Islands (United Kingdom)	1	1	1	0	1	0	0	1	E9
Chile	1	1	1	0	1	0	1	0	EA
Colombia	1	1	1	0	1	0	1	1	EB
Costa rica	1	1	1	0	1	1	0	0	EC
Cuba	1	1	1	0	1	1	0	1	ED
Dominica	1	1	1	0	1	1	0	1	EE
Dominican Republic	1	1	1	0	1	1	1	1	EF
Ecuador	1	1	1	1	0	0	0	0	F0
El Salvador	1	1	1	1	0	0	0	1	F1
Guadeloupe, French Antilles (France)	0	0	0	0	1	0	0	0	08
Martinique, French Antilles (France)	0	0	0	0	1	0	0	0	08
French Guiana (France)	0	0	0	0	1	0	0	0	08
Grenada	1	1	1	1	0	1	0	1	F5
Guatemala	1	1	1	1	0	1	1	0	F6
Guyana	1	1	1	1	0	1	1	1	F7
Haiti	1	1	1	1	1	0	0	0	F8
Honduras	1	1	1	1	1	0	0	1	F9
Jamaica	1	1	1	1	1	0	1	0	FA
Mexico	1	1	1	1	1	0	1	1	FB
Montserrat (United Kingdom)	1	1	1	1	1	1	0	0	FC
Netherland Antilles (Netherlands)	1	1	1	1	1	1	0	1	FD
Nicaragua	1	1	1	1	1	1	1	0	FE
Panama	1	1	1	1	1	1	1	1	FF
Paraguay	1	1	0	1	0	0	0	0	D0
Peru	1	1	0	1	0	0	0	1	D1

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra*. (Sin número de página).

3. SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DEL CENTRO DE CONTROL DE TRÁNSITO AÉREO (ATC), AIRCON

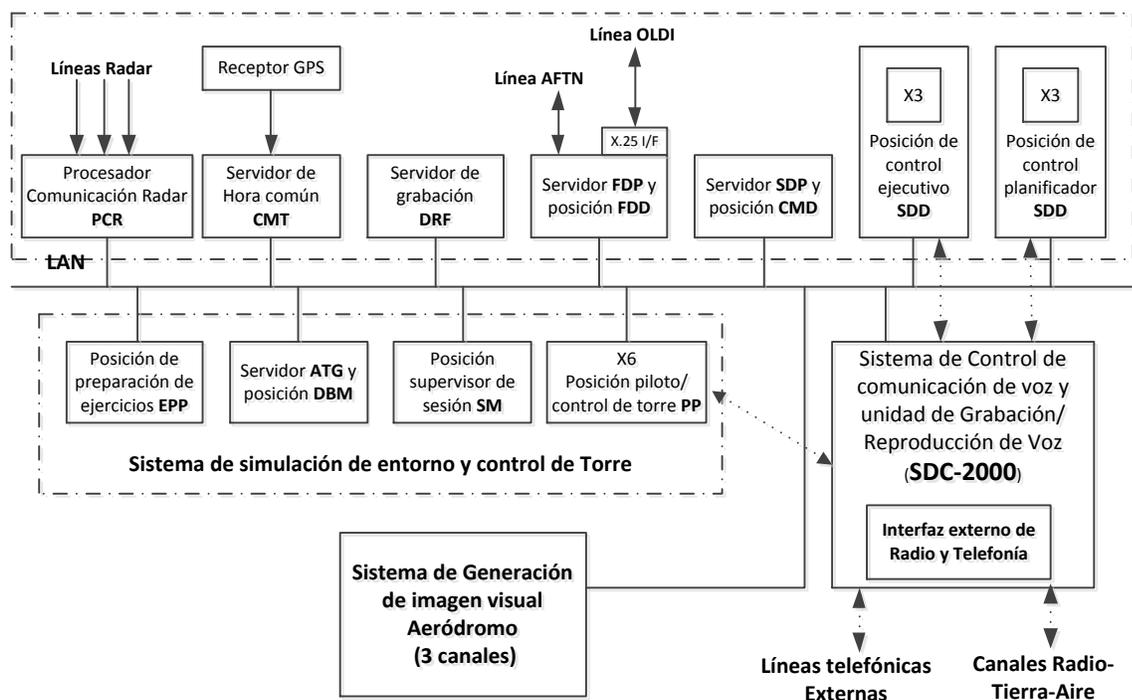
El servicio de control de tráfico aéreo, también conocido como ATC (*air traffic control*), es prestado por un conjunto de países firmantes en la convención denominada Convención de Chicago. Estos países dieron origen a la creación de la OACI, en los términos especificados por las normas de esta organización internacional.

Existen dos factores muy importantes por los que en los aeropuertos se requiere el control de tráfico aéreo (ATC), estos son la seguridad, que disminuye el riesgo de un accidente aéreo, y la eficiencia, para manejar el tráfico aéreo con eficacia.

El aumento en la navegación aérea, tanto comercial como turística y militar en el país, llevó a la Dirección General de Aeronáutica Civil a plantear un plan piloto para mejorar la automatización y modernización de los servicios de tránsito aéreo prestados a cada aeronave que surca el espacio aéreo guatemalteco.

Esta solución de automatización se llevó a cabo conjuntamente con la tecnología que aportaron otros países que tienen la experticia de manejar mucho tráfico aéreo.

Figura 18. Sistema de control de aproximación y ruta (AIRCON)



Leyenda

- PCR** - Procesador de Comunicación Radar
 - CMT** - Servidor de Hora Común (*Common Master Time*)
 - DRF** - Grabador de Datos (*Data Recording Facility*)
 - FDP** - Procesador de Datos de Planes de Vuelo (*Flight Data Processing*)
 - FDD** - Posición de Datos de Vuelo (*Flight Data Display*)
 - SDP** - Procesador de Datos de Vigilancia Radar (*Surveillance Data Processing*)
 - CMD** - Posición de Supervisión Técnica (*Control and Monitoring Display*)
 - SDD** - Posición de Control de Sector (*Situation Data Display*)
 - EPP** - Posición de Preparación de Ejercicios (*Session Preparation*)
 - ATG** - Generador de Tráfico Aéreo (*Air Traffic Generator*)
 - DBM** - Posición de Gestión de Base de Datos (*Data Base Management*)
 - SM** - Posición de Supervisor de la Sesión (*Session Manager*)
 - PP** - Posición de Pseudo-Piloto/Controlador de Torre (*Pilot or Tower Control Position*)
- Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra*. (Sin número de página).

3.1. Estructura

Descripción general del sistema de simulación ATC y control de respaldo.
El simulador consta de los componentes siguientes:

- Simulación de entorno y control de torre
- Generación y proyección de imagen visual del aeródromo
- Control de ruta y aproximación – sistema AIRCON
- Gestión de datos de adaptación
- Comunicación de voz – sistema SDC

Cada componente es un subsistema hardware-software, está confinado en procesadores y estaciones de trabajo comerciales conectados entre sí y con los demás componentes a través de una red local de datos (LAN).

3.1.1. Componente de simulación de entorno y control de torre

Este componente consta de un ordenador (generador de tráfico aéreo y terrestre) y una serie de posiciones dedicadas (preparador de ejercicios, supervisor/instructor y pseudopilotos/controladores de torre). La comunicación entre el ordenador y las posiciones se hace a través del LAN.

Consta de los elementos siguientes:

- Generador de tráfico aéreo (GTA), que proporciona datos dinámicos de móviles y condiciones de visualización al generador de imagen visual y soporta la interfaz hombre-máquina con las posiciones dedicadas del componente. Además, genera mensajes de planes de vuelo y datos

radar al sistema de control de ruta y aproximación. También, gestiona y controla la grabación y reproducción del ejercicio en los elementos del componente.

- Posición del supervisor/instructor, que se comunica con el GTA para la configuración, control y modificación de los ejercicios de entrenamiento. También, esta posición incorpora la capacidad de pseudopiloto de cada uno de los ejercicios activos de la sesión y de instructor de torre del ejercicio asignado.
- Posiciones de pseudopiloto, para el control de aeronaves durante un ejercicio de entrenamiento. También, cada posición de pseudopiloto incorpora la capacidad de modificación de los datos y el control del ejercicio asignado.
- Posición de preparación de ejercicios (EEP), para el diseño y producción de los ejercicios y datos auxiliares de la librería de ejercicios, que son utilizados por el GTA para iniciar un ejercicio dentro de la sesión de entrenamiento. Esta posición se complementa con una impresora comercial para listados de ejercicios y una unidad de cinta magnética para el almacenamiento y recuperación de datos de ejercicios.
- Posiciones de control de torre (posición de piloto configurada en modo control de aeródromo), para las funciones de control de aeródromo, control de superficie y datos de vuelo (entrega de autorizaciones), presentando la situación aérea y de superficie, la información meteorológica y los paneles de control de luces y equipos del aeródromo.

Las actividades de preparación de ejercicios y de sesión de entrenamiento son independientes entre sí y pueden ser realizadas simultáneamente.

3.1.2. Componente de generación de imagen visual

Este componente consta de varios ordenadores-generadores de imagen en tiempo real, varios proyectores y sus pantallas correspondientes que visualizan la imagen del aeropuerto y su entorno desde diferentes puntos de vista, entre ellos, la vista principal desde la sala de control de torre, así como aeronaves y vehículos terrestres en circulación, efectos de animación y atmosféricos durante el ejercicio asignado de entrenamiento.

3.1.3. Componente de control de ruta y aproximación

El AIRCON es un avanzado sistema automático de control de ruta y aproximación conectado al simulador para completar así un sistema integrado de control aéreo. Consta de procesadores de datos radar y planes de vuelo que alimenta las posiciones de control de ruta/aproximación y de Servicio AFTN, gestionado desde una posición propia de supervisión.

Este componente puede aislarse del simulador y utilizarse, con los equipos adicionales, como sistema real de control de tráfico aéreo.

3.1.4. Componente de gestión de datos de adaptación

Este componente consta una estación de trabajo para definir la base de datos alfanumérica utilizada por el generador de tráfico y sus posiciones asociadas, y por el sistema de control de ruta y aproximación. Gestiona la librería alfanumérica de datos de adaptación.

Esta actividad es independiente de la preparación de ejercicios y de la sesión de entrenamiento, y puede ser realizada simultáneamente.

3.1.5. Componente de comunicación de voz

El SDC es un sistema digital de comunicaciones de voz, de diseño y fabricación propia, especialmente concebido para centros de pequeña y media capacidad, basado en la digitalización total de la voz y en el control distribuido. El sistema tiene capacidad para gestionar comunicaciones de radio y telefónicas entre posiciones del sistema, mediante una pantalla TFT sensible al tacto. Se complementa con un sistema de grabación multicanal de audio.

Este componente puede aislarse del simulador y utilizarse, con los equipos adicionales, como sistema real de control de voz junto al componente de control de ruta y aproximación.

3.2. Descripción funcional

El sistema de automatización de control de tránsito aéreo (ATC) propuesto como suministro para el sistema integrado de control de tránsito aéreo de ruta, aproximación y torre de Cenamer en el producto estándar de Indra, el sistema AIRCON. Asimismo, y funcionando de forma autónoma, el sistema operacional se complementa con un simulador para entrenamiento de controladores y análisis de nuevos procedimientos operacionales.

El sistema AIRCON representa la última generación en arquitectura basada en sistemas abiertos para el proceso y presentación de datos radar y planes de vuelo. El software de aplicación está basado en sistemas instalados en España, Canadá, Alemania, Noruega, Holanda e India.

Este sistema se caracteriza por proporcionar una alta disponibilidad, gracias a la utilización de elementos redundantes en un entorno distribuido y a la utilización de equipos comerciales altamente fiables y de gran penetración en el mercado.

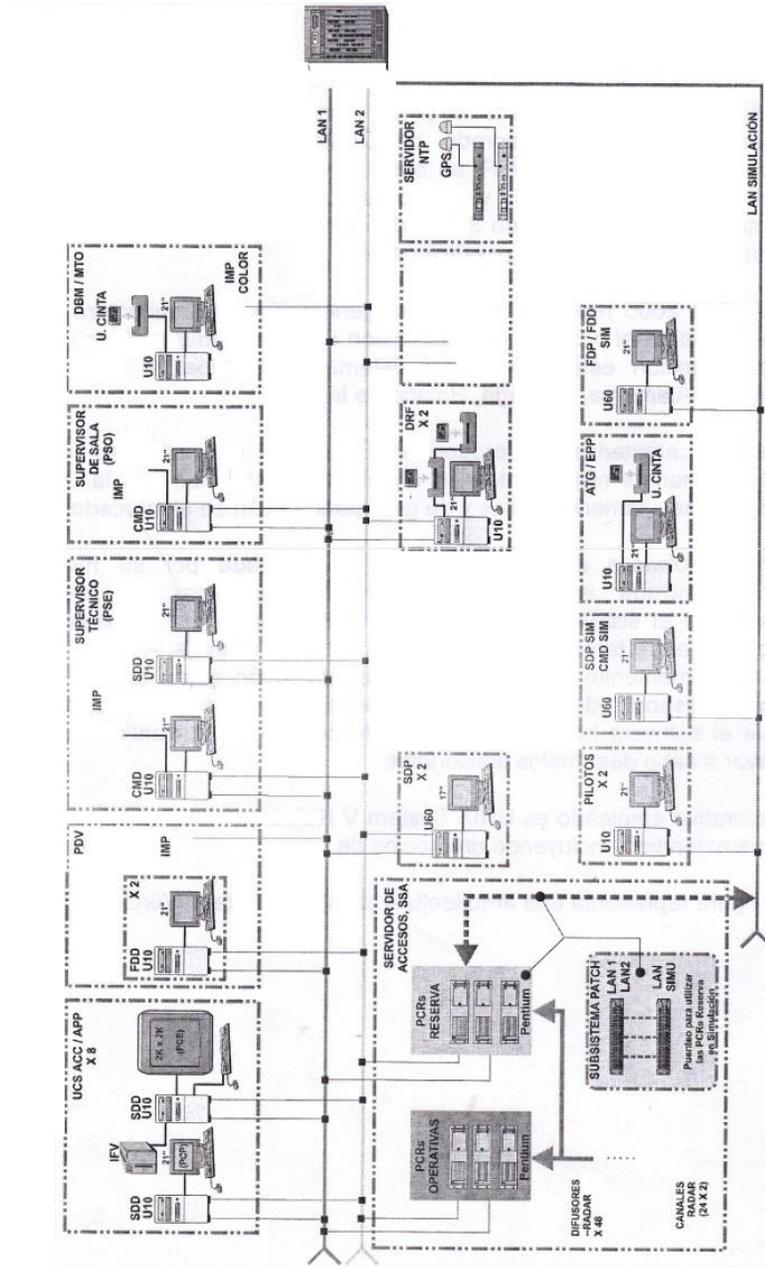
La arquitectura del software del sistema está caracterizada por su modularidad y distribución, organizada en procesos discretos distribuidos en los diferentes subsistemas. Todo el sistema se basa en la comunicación por mensajes, desde la intercomunicación entre tareas a la sincronización de las mismas.

A fin de asegurar un máximo nivel de mantenimiento, las tareas de aplicación están aisladas de las de comunicaciones, disponiéndose aquellas en niveles superiores a los protocolos de red. Debido a que el software ha sido extensamente probado, Indra anticipa que no será necesario llevar a cabo desarrollos adicionales.

El sistema operativo empleado es UNIX System V Release 4, disponible en el mercado y ampliamente extendido, incluyendo protocolos de comunicaciones estándares TCP/IP.

La figura 19 representa una arquitectura global del sistema AIRCON:

Figura 19. Arquitectura del sistema AIRCON



Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra.* (Sin número de página).

3.3. Componentes físicos del sistema

El sistema AIRCON proporciona todas las funciones requeridas por un moderno sistema de control de tránsito aéreo. Sus principales componentes son:

3.3.1. Red de área local (LAN)

Utilización de una red LAN redundante que posibilita las futuras ampliaciones del sistema, en la que se utiliza un protocolo de comunicaciones estándar.

3.3.2. Compresor de comunicaciones radar (PCR)

Centraliza las comunicaciones radar del sistema con el exterior, tanto en modo “principal” como en modo “alternativo”, en caso de fallo de este. El sistema proporciona tres compresores de comunicaciones radar para asegurar un óptimo funcionamiento.

3.3.3. Sistema de tratamiento de datos de vigilancia (SDP)

Basado en la utilización de ordenadores redundantes RISC, realiza la recepción y proceso de los datos primarios, secundarios y meteorológicos provenientes de los asentamientos radar, fusionando la información para producir una imagen coherente del espacio aéreo para ser presentada a los controladores. Realiza también funciones de vigilancia de la separación mínima entre las aeronaves e integra la información radar con la del plan de vuelo a fin de efectuar un seguimiento preciso de los mismos.

3.3.4. Sistema de tratamiento de planes de vuelo (FDP)

Basado en la utilización de ordenadores redundantes RISC, realiza la gestión de los planes de vuelos generados en el sistema o proveniente de fuentes externas, incluyendo los planes de vuelo repetitivos (RPL). Valida las entradas de información de vuelo, calcula la progresión de los vuelos y mantiene informados a los controladores mediante presentaciones en pantalla e impresión de fichas.

3.3.5. Sistema de grabación/reproducción de datos (DRF)

Basado opcionalmente en la utilización de ordenadores redundantes RISC, lleva a cabo la grabación continua de datos de pistas, planes de vuelo y acciones del controlador para permitir una posterior reproducción y análisis.

3.3.6. Sistemas de presentación de datos de situación aérea (SDD)

Está basado en potentes estaciones de trabajo, en las que se realiza la presentación de datos, radar y de planes de vuelo, en las pantallas del controlador, así como información relevante para el control como mapas geográficos, aerovías, datos meteorológicos, entre otros.

3.3.7. Sistemas de presentación de datos de vuelo (FDD)

Presentan información sobre planes de vuelo, no soportando la presentación de datos sobre situación aérea, y permiten a los operadores realizar operaciones sobre los planes de vuelo y otros datos significativos.

3.3.8. Supervisión (CMD)

Realiza una supervisión continua del funcionamiento en tiempo real y permite la gestión de la configuración de los elementos del sistema averiados o que no funcionen correctamente.

3.3.9. Sistema de gestión de datos de adaptación (DBM)

Proporciona los medios necesarios para la creación y modificación de bases de datos de adaptación, situando al sistema en su entorno geográfico y así optimizar la eficiencia del mismo.

3.3.10. Servidores de enlace de datos ADS/CPDLC (*data link servers-DLS*)

Se encarga de la gestión de comunicaciones ADS/CPDLC a través de las redes existentes SITA o ARINC. Realiza los intercambios de mensajes entre las aeronaves y el terminal de enlace de datos, así como la distribución de los datos ADS al subsistema SDP para la realización del seguimiento de pistas ADS y ADS/SSR. Realiza también la grabación de todos los mensajes intercambiados.

3.3.11. Sistema simulador (SIM)

Proporciona un entorno réplica al operacional para entrenamiento de controladores o el análisis de nuevos procedimientos operacionales, soportando la gestión y el mantenimiento de ejercicios y sesiones de la “librería de simulación”.

Este sistema simulador está formado, al igual que el sistema operacional, por los elementos SDP, FDP, CMD, DRF, SDD (los cuales realizan las mismas funciones anteriormente descritas) y, además, está compuesto por una serie de aplicaciones específicas para el control y la creación precisa de un entorno simulado, como son: ATG/EPP, PILOTO/TSS y PILOTO1.

3.3.12. Posición de simulador (ATG/EPP)

Esta posición es la encargada de generar, y por lo tanto simular, todo el entorno necesario para la utilización del sistema de simulador. Además, consta de una parte gráfica (EPP) en donde se podrán preparar ejercicios de tal manera que los pilotos puedan trabajar en ellos.

3.3.13. Posición de piloto-instructor

Permite la selección de escenarios de entrenamiento, el control de la sesión y el control de las aeronaves simuladas de forma interactiva, incorporando asimismo la capacidad de preparación de ejercicios. Es la máquina anteriormente citada como PILOTO/TSS.

3.3.14. Posición de PILOTO1

Realiza las mismas funciones que la aplicación anterior sirviendo, por lo tanto, de apoyo en caso de realizar sesiones múltiples simuladas.

3.3.14.1. Subsistemas

Las aplicaciones SW para cada subsistema se localizan en los directorios que se presentan en la tabla III.

Tabla III. Directorios de ubicación de los subsistemas

SUBSISTEMA	DIRECTORIO DE LA APLICACIÓN
FDP	/local/cena/fdp/exec
SDP	/local/cena/rdp/exec
CMD	/local/cena/spv/exec /local/cena/ctr_lan /local/cena/ctr_prn
FDD	/local/cena/pos/exec
SDD	/local/cena/sdd/exec
DRF	/local/cena/sdd/exec
DLS	/local/cena/dls/exec
DBM_MTO	/local/cena/
ATG/EPP	/local/cena/sim
PILOTO/TSS	/local/cena/piloto/exec
PILOTO1	/local/cena/piloto/exec
UAST	/local/cena/uast/exec

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra*. (Sin número de página).

3.3.15. Descripción de los elementos de software

En los párrafos siguientes se describe la estructura y el contenido del directorio “exec” de cada tipo de subsistema.

3.3.15.1. FDP

La aplicación FDP está conformada por varios procesos que corren en paralelo. Estos se intercomunican a través de tuberías UNIX y de recursos de memoria compartida.

3.3.15.1.1. Directorio

`/local/cena/fdp/exec/adap`

En este directorio se van a almacenar todos los archivos de adaptación del subsistema que se diferencian del resto por su extensión acabada en .adap, generados por la base de datos DBM.

3.3.15.1.2. Directorio

`/local/cena/fdp/exec/aftns`

Este directorio contiene los archivos de mensajes AFTN, enviados y recibidos, en formato ASCII. Estos archivos se almacenan durante 1 mes y se eliminan automáticamente transcurrido ese tiempo.

3.3.15.1.3. Directorio

`/local/cena/fdp/exec/files`

Este directorio contiene archivos de datos procesados por el FDP (procesador de planes de vuelo). Se distinguen estos archivos por su extensión acabada en df. Son útiles para el mantenimiento de los datos en arranque en caliente.

3.3.15.1.4. Directorio

`/local/cena/fdp/exec/fonts`

En este directorio se conservan todos los tipos de fuentes necesarios para visualizar de un modo correcto la aplicación.

3.3.15.1.5. Directorio
/local/cena/fdp/exec/historical

Este directorio contiene archivos diarios con la información histórica del FPL operada durante un día. El sistema borra automáticamente los archivos de una antigüedad superior a 1 mes.

3.3.15.1.6. Directorio
/local/cena/fdp/exec/macros

En este directorio, la única macro aplicable es *kill application*, que sirve para echar abajo el FDP, a la vez que limpia memoria, semáforos, entre otros.

Uso: # killapplication -rmipcs

3.3.15.1.7. Directorio
/local/cena/fdp/exec/printer

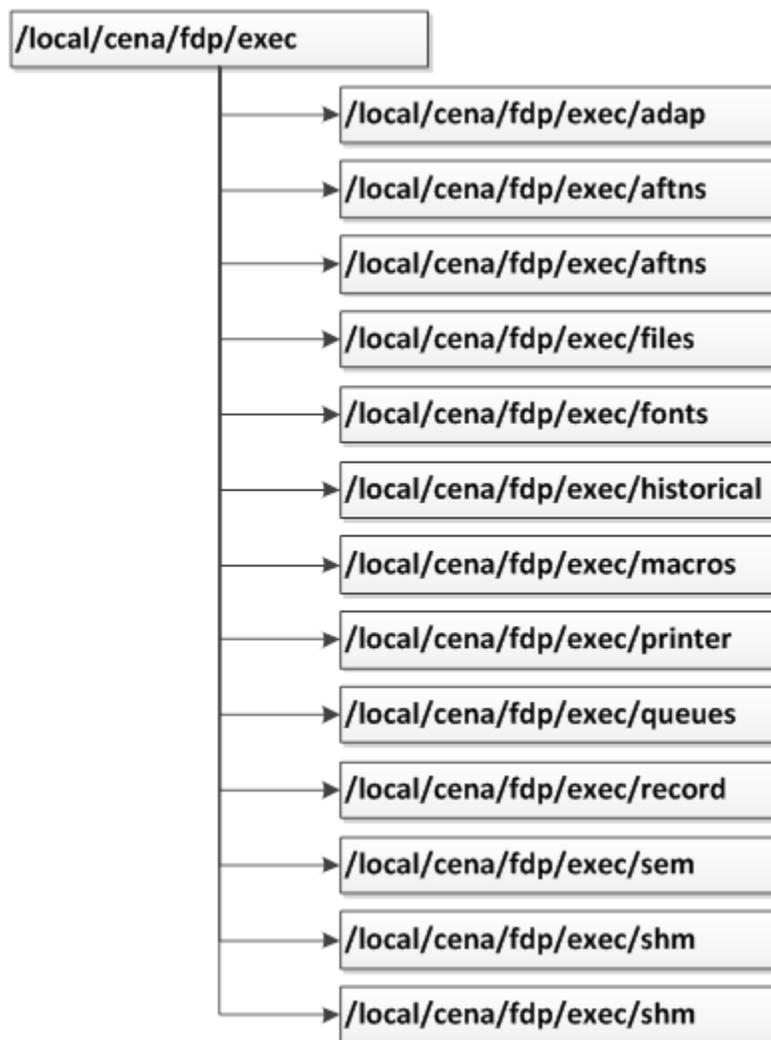
Directorio que contiene ficheros temporales para ser impresos por el usuario, por ejemplo: listado de RPL, PFT, entre otros. Estos ficheros se borran con cada llamada a imprimir. Por lo tanto, son de uso temporal; estas impresoras láser están colgadas a los LAN, aparte están las impresoras de tiras térmicas colgadas a las SDD y controladas por la CMD.

3.3.15.1.8. Directorio
/local/cena/fdp/exec/record

Este directorio contiene ficheros diarios con información de cada plan de vuelo que ha pasado a vivo o terminado. Esta información será útil para

facturación. Cada FPL tiene su propia línea con los datos correspondientes separados por comas.

Figura 20. **Esquema de árbol de directorios donde se encuentran los archivos necesarios para el sistema FDP**



Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra*. (Sin número de página).

Figura 21. Directorio /local/cena/fdp/exec

FILE	USAGE
.ab_library	Identifica el manual de ayuda.
.emacs	Se trata de un editor avanzado.
.openwin-init	Archivo que almacena la configuración del entorno X una vez arranque la aplicación.
.OUT307	Trazas.
.profile	Archivo que contiene las características de arranque propias de la posición.
.rhosts	Archivo que abre puertas de enlace con el resto de máquinas para que esta pueda ser vista.
.xinitrc	Archivo que establece el entorno apropiado para el arranque de la posición.
Adap	Directorio donde se encuentran los datos de adaptación del FDP
Aftns	Directorio donde se encuentran los ficheros diarios de transmisión/recepción de mensajes AFTN
CONFIG_COM	Archivo que define como se comunican en red los distintos procesos que configuran los subsistemas.
Files	Directorio que contiene archivos de datos procesados por el FDP, útiles para shared memory y arranque en caliente.
Fonts	Directorio que contiene las fuentes utilizados por el FDP.
Historical	Este directorio contiene archivos diarios con información histórica por cada FP.
killapplication	Macro que sirve para matar la aplicación FDP. Debe usarse escribiendo: # killapplication -rmipcs
lanza_remoto	Macro que enciende la aplicación desde CMD.
LINE_1	Archivo necesario para el arranque del servidor X25.
LINE_2	Archivo necesario para el arranque del servidor X25.
LINE_3	Archivo necesario para el arranque del servidor X25.
LINE_4	Archivo necesario para el arranque del servidor X25.
m_301_init_explorer	Proceso de la aplicación FDP. Explorador para cargar FPs en el arranque inicial en caliente.
m_301_multiple_retrieve_explorer	Proceso de la aplicación FDP. Explorador para búsqueda múltiple de planes de vuelo.
M_301_refresh	Proceso de la aplicación FDP. Explorador para cargar FPs al FDPs reserva cuando este arranque.
m_302_processor	Proceso de la aplicación FDP. Proceso principal del FDPs relativo a FPs.
M_303_events	Proceso de la aplicación FDP. Proceso eventuales que gestiona acciones del FDPs.
m_304_distribute_strips	Proceso de la aplicación FDP. Proceso que distribuye las impresiones de ficha.
m_304_format_strips	Proceso de la aplicación FDP. Proceso que establece el formato de las fichas de impresión.
m_305_rpl_explorer	Proceso de la aplicación FDP. Explorador encargado de la carga inicial de RPLs cuando arranca el sistema.
M_305_rpl_load	Proceso de la aplicación FDP. Explorador encargado de cargar PPLs a RPLs.
m_305_rpl_management	Proceso de la aplicación FDP. Proceso encargado de manejar gestiones sobre RPLs del sistema.
m_305_rpl_refresh	Proceso de la aplicación FDP. Explorador para cargar RPLs al FDPs reserva cuando este arranque.
m_306_conflict_probe	Proceso de la aplicación FDP. Proceso que gestiona la función MTCA.
m_307_supervisor	Este proceso es el proceso padre. Proceso que lanza al resto de los procesos y se encarga asimismo de discernir quien es operativo y quien es reserva. Recibe mensajes de CMD
m_308_flow_control	Proceso que gestiona el Traffic Flow.
m_308_flow_events	Proceso encargado de solventar los eventos relacionados con el Traffic Flow.
m_309_line_reader	Proceso que lee de la línea AFTN.
m_309_line_writer	Proceso que transmite por la línea AFTN.
M_310_x25	Proceso que controla la gestión de las tarjetas AURORA y se encarga de la COORDINACIÓN OLDI.
M_311_notams	Proceso que gestiona mensajes NOTAM.
m_312_line_writer	Proceso que se encarga de enviar información de FPs para facturación.
M_315_sevents	Proceso que se encarga de los eventos relacionados con áreas restringidas.
m_316_airspace_probe	Proceso que se encarga de evaluar los conflictos con las áreas.
M_316_explorer	Proceso explorador para facilitar FPs con conflictos de área.
M_317_explorer	Proceso explorador que se encarga de cargar PPLs al FDPs reserva cuando arranque.
M_317_ppl_processor	Proceso que gestiona planes de vuelo preliminares (PPLs).
M_317_ppl_refresh	Proceso explorador que carga PPLs al FDPs reserva cuando arranque.
M_399_presence	Proceso de la aplicación FDP. Da presencia a la CMD.
Macros	Directorio que contiene utilidades y macros del sistema.
Printer	Directorio donde se va a almacenar información que se puede extraer por impresora tal como listas de rpls, pfts....
Queues	Directorio que contiene las colas de UNIX para la comunicaciones entre procesos.
Record	Directorio que contiene archivos diarios con la información de FPLs terminados.
Sem	Directorio que contiene los semáforos de UNIX para la comunicaciones entre procesos.
Shm	Directorio que contiene los recursos de memoria compartida para el FDPs.

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra.* (Sin número de página).

3.3.15.2. SDP

Esquema de árbol donde se indican los respectivos directorios en donde se encuentran los diferentes tipos de archivos necesarios para el sistema:

Los archivos más importantes son:

- Directorio `/local/cena/rdp/exec`
- Directorio `/local/cena/rdp/exec/tablas_ads`

Este directorio va a contener toda la información ADS que se precise necesaria. Son tablas ASCII con información de adaptación para reportes ADS.

Figura 22. Directorio `/local/cena/rdp/exec`



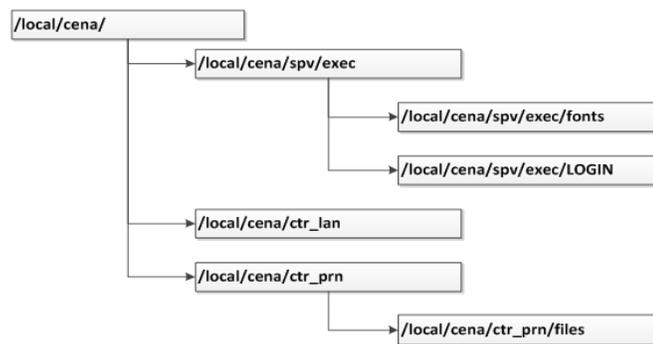
FILE	USAGE
<code>.openwin-init</code>	Archivo de UNIX con los parámetros de Windows.
<code>.profile</code>	Archivo de UNIX que contiene las características de arranque propias de la posición.
<code>.xinitrc</code>	Archivo de UNIX que contiene las características de arranque propias de la posición.
<code>CONFIG_COM</code>	Archivo que define como se comunican en red los distintos procesos que configuran los subsistemas.
<code>FICH *</code>	Ficheros de adaptación para ADS.
<code>lanza.rdp.ope</code>	Archivo que arranca la aplicación SDP para el string de OPERACIONAL.
<code>lanza.rdp.sim</code>	Archivo que arranca la aplicación SDP para el string de SIMULACIÓN.
<code>m_sdp</code>	Link que apunta al archivo <code>m_sdp_05.09</code>
<code>m_sdp_05.09</code>	Archivo que ejecuta el tratamiento multiradar de la SDP.
<code>Mata.rdp</code>	Macro que tira la aplicación SDP.
<code>Tabla *</code>	Archivo tabla de adaptación. Ficheros no accesibles.

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra*. (Sin número de página).

3.3.15.3. CMD

Esquema de árbol donde se indican los respectivos directorios en donde se encuentran los diferentes tipos de archivos necesarios para el sistema.

Figura 23. Directorio /local/cena/spv/exec



FILE	USAGE
.mwmrc	Archivo en UNIX que define los parámetros de Windows. También define el tipo de teclado y las teclas de funciones
.openwin-init	Archivo en UNIX que define los parámetros de Windows.
.profile	Archivo de UNIX que contiene las características de arranque propias de la posición.
.xinitrc	Archivo de UNIX que contiene las características de arranque propias de la posición.
Aux_alarmas	Archivo de salida con las alarmas que se vayan produciendo captadas por la CMD.
Aux_comandos	Archivo que se encarga de mandar imprimir el contenido del archivo "aux_alarmas".
CONFIG_COM	Archivo que define como se comunican en red los distintos procesos que configuran los subsistemas.
ding.au	Archivo de sonido que contiene la alarma sonora del CMD.
f_event_aux.txt	Archivo temporal de salida para impresión que contiene todos los eventos que el sistema ha ido produciendo.
f_users_aux.txt	Archivo temporal de salida para impresión que contiene todos los usuarios que están controlando el sistema.
FICH_*	Archivos ASCII de adaptación para la información ADS.
Fonts	Directorio que contiene los fonts usados por el CMD
Lanza_tsp.cena.ope	Macro que se encarga de arrancar la CMD para el string OPERACIONAL.
Lanza_tsp.cena.sim	Macro que se encarga de arrancar la CMD para el string SIMULACIÓN.
Lanza_remoto	Macro que arranca la aplicación desde una posición remota.
LOGIN	Directorio. (Ver descripción en pagina siguiente).
Placer_*.pix	Imágenes de la impresora láser para el diseño de la pantalla en la CMD.
*.pix	Ficheros pixmap para iconos gráficos.
Printer*.pix	Imágenes de la impresora de chorro business Inkjet 2250.
PS	Archivo de recursos (MOTIF) para la presentación en pantalla de la aplicación CMD.
PS	Proceso del CMD (HMI). Es la parte gráfica de la aplicación.
SECTORIZATION*_1...10	Archivos ASCII con sectorizaciones predefinidas.
Start_system	Macro que levanta todas las aplicaciones del sistema.
supervision_central	Link a un proceso del CMD (no HMI).
supervision_central.03	Proceso del CMD (no HMI). Parte no gráfica de la aplicación CMD.
Tabla_*	Archivos de datos de adaptación usados por el CMD.
user_passwords.fdp.adap	Fichero encriptado de adaptación que contiene información relativa a usuarios/alias/rol/password.
USER_*	Archivos ASCII que contiene todos los usuarios que han utilizado el sistema. La información de los mismos. Desaparece en el cambio de día (excepto el último usuario contenido en los ficheros).
PRINTER	Link al puerto serie al que está conectada la impresora (/dev/term/a)

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra.* (Sin número de página).

3.3.15.4. Directorio /local/cena/spv/exec/LOGIN

En este directorio se localizan dos tipos de archivos utilizados para almacenar información de avisos históricos y estados de los elementos del sistema.

3.3.15.4.1. Archivos históricos

Contiene los avisos (*warnings*), cambios en configuración del sistema, las alarmas STCA y RAW que se han producido en el sistema. El nombre de los archivos es de la forma: dd_mm_yy_h, donde dd representa el día, mm el mes, yy el año y h las posiciones para históricos.

3.3.15.4.2. Archivos periódicos

Contienen el estado de todos los elementos del sistema, VSP, funciones activas, entre otros, grabados cada periodo de determinada cantidad de minutos. El nombre de los archivos es de la forma:

- dd_mm_yy_p, donde dd representa el día, mm el mes, yy el año y p las posiciones para el período.
- FILES_HISTORY_H: este archivo contiene la lista de todos los archivos históricos.
- FILES_HISTORY_P: este archivo contiene la lista de todos los archivos periódicos.

Figura 24. Directorio /local/cena/ctr_lan

FILE	USAGE
CONFIG_COM	Archivo que define como se comunican en red los distintos procesos que configuran los subsistemas.
CONFIG_NET	Archivo que contiene los hostnames de las máquinas y subsistema relacionado para el control de doble LAN.
Control_ping.exe	Archivo ejecutable que controla presencias con el comando ping.
kill_ctr_lan	Archivo que mata el controlador del doble LAN.
lanza_control_lan_tsp1	Archivo que lanza el proceso de control de la red para la CMD1
ping_to_all.exe	Archivo que se ejecuta al levantar la aplicación y que consiste en examinar que aplicaciones se encuentran levantadas. Llama eventualmente a control_ping.exe

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra.* (Sin número de página).

El archivo CONFIG_COM estará vinculado al archivo CONFIG_COM del directorio /local/cena/spv/exec.

El archivo CONFIG_NET se compone de los siguientes campos:

- *Hostname* de la máquina para primer LAN
- *Hostname* de la máquina para el segundo LAN
- Nemotécnico del subsistema correspondiente

Figura 25. Directorio /local/cena/ctr_prn

FILE	USAGE
CONFIG_COM	Archivo que define como se comunican en red los distintos procesos que configuran los subsistemas.
Files	Directorio que contiene archivos de datos para la CMD.
Hpnadmin	Link al archivo /opt/hpnpl/hpnadmin para la administración de impresoras.
p_printer_status	Archivo que comprueba el estado de las impresoras.
p_send_status_printer	Archivo que envía el estado de impresoras a la CMD para su representación gráfica.
PRINTERS	Archivo que contiene el alias de las impresoras junto con su syslog server.
STATUS_PRINTER_FILE	Archivo temporal que recoge el estado de la impresora láser.

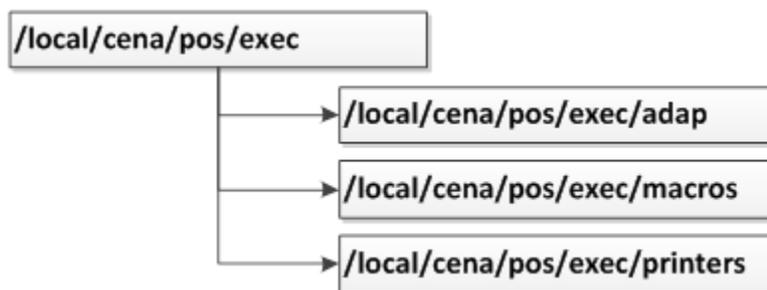
Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra.* (Sin número de página).

El archivo CONFIG_COM estará vinculado al archivo CONFIG_COM del directorio /local/cena/spv/exec.

3.3.15.5. FDD

Esquema de árbol, donde se indican los respectivos directorios en donde se encuentran los diferentes tipos de archivos necesarios para el sistema.

Figura 26. Directorio /local/cena/pos/exec



FILE	USAGE
.openwin-init	Archivo en UNIX que define los parámetros de Windows.
.OUT507	Archivo de salida donde se almacenan los mensajes producidos durante la "vida" de la aplicación.
.profile	Archivo de UNIX que contiene las características de arranque propias de la posición.
.xinitrc	Archivo de UNIX que contiene las características de arranque propias de la posición.
Adap	Directorio que contiene los datos de adaptación para la FDD
CONFIG_COM	Archivo que define como se comunican en red los distintos procesos que configuran los subsistemas.
killapplication	Macro para parar la aplicación FDD.
lanza_remoto	Macro que levanta la aplicación de forma remota.
m_599_presence	Proceso de la aplicación FDD. Lanza mensajes de presencia al CMD.
m_502_pos	Proceso de la aplicación FDD. Gestiona la interacción con el generador.
m_599_ipsched	Proceso de la aplicación FDD. Scheduler de la impresora.
Macros	Directorio que contiene utilidades y macros.
PCV	Archivos de recursos de la FDD
Printer	Directorio que contiene los archivos útiles para impresora. (Ver más adelante).
Startup_fdd.sh	Macro de arranque para la FDD.
LC_TIME	Fichero con formatos de hora (útil en simulación)

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra.* (Sin número de página).

3.3.15.5.1. Directorio

/local/cena/pos/exec/adap

El archivo `user_passwords.fdp.adap` es un fichero de adaptación encriptado que contiene información relativa a usuarios/alias/roll/password.

Figura 27. **Directorio /local/cena/pos/exc/printers**

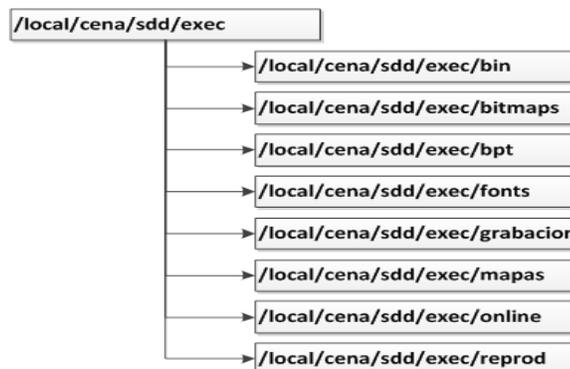
FILE	USAGE
<code>Line_lp</code>	Fichero postscript para impresión en impresora de línea.
<code>ps_lp</code>	Fichero postscript para impresión en impresoras láser.
<code>m_599_lpsched</code>	Archivo que organiza la cola de impresión con un software específico.

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra.* (Sin número de página).

3.3.15.6. SDD

Esquema de árbol, donde se indican los respectivos directorios en donde se encuentran los diferentes tipos de archivos necesarios para el sistema:

Figura 28. **Árbol de directorio /local/cena/sdd/exec**



Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra.* (Sin número de página).

Figura 29. Directorio /local/cena/sdd/exec

FILE	USAGE
.mwsrc	Archivo en UNIX que define los parámetros de Windows.
.openwin-init	Archivo en UNIX que define los parámetros de Windows.
.profile	Archivo de UNIX que contiene las características de arranque propias de la posición.
.xinitrc	Archivo de UNIX que contiene las características de arranque propias de la posición.
Adaptacion	Archivo de adaptación para la SDD.
Aplicacion.pos	Parámetros y recursos usados por la SDD en funcionamiento normal (CONTROL).
Bin	Directorio que contiene los ejecutables de la aplicación de la SDD.
bitmaps	Directorio que contiene los archivos bitmap para las diferentes figuras presentadas por la SDD.
Bpt	Directorio que contiene los ejecutables para el proceso tratamiento monoradar (BYPASS) y además tablas de adaptación para ello.
CONFIG_COM	Archivo que define como se comunican en red los distintos procesos que configuran los subsistemas.
ContratoADS	Archivo que contiene los recursos de la gestión ADS dentro de la SDD.
Datos	Archivo que contiene los parámetros de color de la presentación de la SDD.
Fonts	Directorio que contiene los fonts usados por la SDD.
grabacion	Directorio en el cual se realizan las grabaciones de 24 horas de la SDD.
Lanza_remoto	Macro que lanza la aplicación en modo remoto.
m_510_strips	Archivo ejecutable que se encarga de las impresiones de ficha.
mapas	Directorio que contiene los mapas que se visualizan en la SDD.
Nodo_com	Archivo que contiene el número de SDD (sddn). Donde 'n' es el número de SDD que corresponda con la máquina. Útil para comunicaciones.
online	Directorio que contiene los parámetros de las distintas configuraciones de las SDD's.
reprod	Directorio usado cuando la SDD trabaja en modo PLAYBACK. Los archivos Aplicación.gen y Aplicación.24h son equivalentes al archivo Aplicación.pos para el modo normal.
Tabla_*	Tablas de adaptación útiles para la SDD.
user_passwords.fdp.adap	Fichero encriptado de adaptación que contiene información relativa a usuarios/alias/roll/password.

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra.* (Sin número de página).

Los archivos más importantes son:

- Directorio /local/cena/sdd/exec.
- Directorio /local/cena/sdd/exec/bin con los procesos que actualmente existen, son los siguientes:
 - tnlc
 - tdrlocal
 - graf
 - interac
 - grabac
 - atc

- Directorio `/local/cena/sdd/exec/bin` con las utilidades y *scripts* que se usan para la ejecución, son:
 - `rmipcs`
 - `termproc`
 - `killproc`
 - `confadat`

El archivo `inictab` es un *scrip* que contiene las siguientes instrucciones:

```
off:graf
off:interac
off:grabac
off: atc
off:m_sdp
wait:rmipcs root
wait:confadap
wait:inic
init:tdrlocal > /dev/null 2> /dev/null
init:graf > /dev/null
init:interac
init:grabac
init:atc
exit:termproc m_sdp
exit:rmipcs root
```

3.3.15.6.1. Descripción de procesos

- **inic:** este proceso crea e inicializa las memorias compartidas (base de datos local). Este proceso no continúa corriendo tras realizar la iniciación. Crea las memorias compartidas basándose en las dimensiones fijadas por la configuración *off-line*.
- **tdrlocal:** proceso *by-pass*. En la versión actual funciona como intermediario de los mensajes de SDP Y CMD.
- **graf:** realiza el pintado de la información presentada en los SIT (ventana de presentación).
- **Interac:** es el encargado de crear y actualizar todas las ventanas creadas por la aplicación (excepto la presentación en los SIT). También recibe y procesa toda interacción del operador sobre las ventas de la aplicación (incluidas las ventanas SIT). Todas las operaciones realizadas por **interac** son debidas a *eventos* externos (mensajes de atc e interacción del operador), excepto una activación periódica (*timeout*) para realizar el cambio de paleta para el parpadeo. Este proceso realiza el pintado de las listas tabulares de PV a partir de los mensajes recibidos del proceso atc.
- **grabac:** este proceso es el encargado de realizar las operaciones lentas de la grabación (escritura en cinta, compresión de ficheros, troceado de ficheros en partes comunes y no comunes, gestión del número de fichero en disco).

- atc: este proceso es el encargado de recibir la información procedente del exterior (pistas, PV, alertas) e introducirla en la base de datos local. Las operaciones de PCV que no tienen reflejo en la base de datos se comunican directamente con el exterior desde el proceso interac. El proceso atc también realiza la gestión de los tabulares de PV (ordenaciones, inserción y extracción de un PV en las listas).
- descomponer: este proceso es el encargado de descomponer los archivos guardados en grabación en comunes y no comunes, para realizar las grabaciones sobre cintas.
- recomponer: este proceso es el encargado de componer archivos comunes y no comunes en uno solo, para su posterior reproducción.

3.3.15.6.2. Descripción de utilidades

- rmipcs: realiza el borrado de las memorias compartidas. Sin argumentos borra todas las memorias que pertenezcan al usuario \$USER. Si se pasa un argumento, este será el usuario para el que se van a borrar las memorias. En este caso, el usuario que ejecuta el comando debe tener permisos para poder borrar estas memorias o el comando no tendrá efecto.
- termproc: este comando se utiliza por parte del monitor para parar los procesos enviando un "kill -15".
- killproc: es igual a termproc pero envía un "kill -9" al proceso.

- confadapt: este comando realiza la fusión de los datos de adaptación con el fichero de configuración *off-line* de la aplicación. Se ejecuta antes de arrancar o rearrancar la aplicación de forma que, en caso de cambio de los datos de adaptación, solo sea preciso rearrancar la aplicación para que los cambios tengan efecto.

Figura 30. **Directorio /local/cena/sdd/exec/bpt**

FILE	USAGE
Adaptacion	Archivo ASCII de adaptación
CONFIG_COM	Archivo que define como se comunican en red los distintos procesos que configuran los subsistemas. Es un link al archivo /local/cena/sdd/exec/CONFIG_COM
FICH_*	Ficheros de adaptación para ADS.
lanza.bpt	Macro para lanzar el tratamiento monoradar.
m_sdp_bypass	Link al archivo m_sdp_bypass_05.09
m_sdp_bypass_05.09	Versión del tratamiento monoradar.
tabla_*	Tabla de adaptación necesarios para el tratamiento monoradar.

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra*. (Sin número de página).

- Directorio /local/cena/sdd/exec/grabación, es el directorio donde se guardan todos los archivos útiles para grabación.
- Directorio /local/cena/sdd/exec/grabacion/pendientes
- Directorio /local/cena/sdd/exec/grabacion/pregrabados
- Directorio /local/cena/sdd/exec/mapas, en este directorio se van a guardar tanto los mapas generales para el sistema de COCESNA, como mapas locales configurados por los usuarios.
- Directorio /local/cena/sdd/exec/online, en este directorio se van a guardar las configuraciones que los usuarios salvan para personalizar su escritorio de trabajo.

Figura 31. Directorio /localcenalsdd/exec/reprod

FILE	USAGE
.mwmrc	Archivo en UNIX que define los parámetros de Windows.
.openwin-init	Archivo en UNIX que define los parámetros de Windows.
.profile	Archivo de UNIX que contiene las características de arranque propias de la posición.
.xinitrc	Archivo de UNIX que contiene las características de arranque propias de la posición.
Aplicacion.24h	Parámetros y recursos de la SDD para cuando se realiza una reproducción 24 horas (reproducción de lo guardado durante 24 horas dentro de la propia SDD).
Aplicacion.gen	Parámetros y recursos de la SDD para cuando se realiza una reproducción remota (reproducción de lo guardado por el DRF).
CONFIG_COM	Archivo que define como se comunican en red los distintos procesos que configuran los subsistemas. Es un link al archivo /local/cena/sdd/exec
ContratoADS	Archivo que contiene los recursos de la gestión ADS dentro de la SDD.
Lanza_remoto_pbk	Macro que lanza el playback con información que recibe del DRF.
Lanza_remoto_pbk24	Macro que lanza el playback 24 horas que recoge la información de la propia SDD.
m_presence_pbk	Archivo ejecutable que se encarga de dar presencia de la SDD en modo PBK (Playback).
Nodo_com	Archivo que contiene el identificador del subsistema.
User_passwords.fdp.adap	Fichero encriptado de adaptación que contiene información relativa a usuarios/alias/rol/password.

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra*. (Sin número de página).

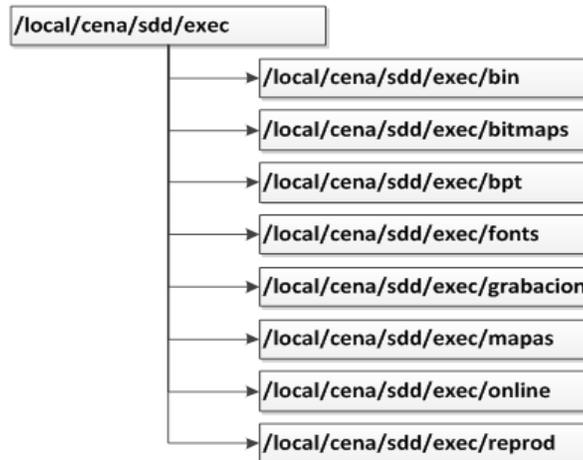
Este directorio es el que va a contener toda la información y procesos necesarios para la función de reproducción de la SDD.

3.3.15.7. DRF

Básicamente es una máquina SDD que incluye las aplicaciones de grabación y reproducción en cinta. Es por ello que el árbol se identifica como SDD.

A continuación se muestra el esquema de árbol, donde se indican los respectivos directorios en donde se encuentran los diferentes tipos de archivos necesarios para el sistema:

Figura 32. Directorio /local/cena/sdd/exec



FILE	USAGE
.mwmrc	Archivo en UNIX que define los parámetros de Windows.
.openwin-init	Archivo en UNIX que define los parámetros de Windows.
.profile	Archivo de UNIX que contiene las características de arranque propias de la posición.
.xinitrc	Archivo de UNIX que contiene las características de arranque propias de la posición.
Adaptación	Archivo de adaptación para la DRF
Aplicacion.pos	Parámetros y recursos usados por la DRF en funcionamiento normal.
Bin	Directorio que contiene los ejecutables de la aplicación de la DRF.
Bitmaps	Directorio que contiene los archivos bitmap para las diferentes figuras presentadas por la DRF
Bpt	Directorio que contiene los ejecutables para la función tratamiento monoradar (BYPASS) y además tablas de adaptación para ello.
Cinta_principal	Va a contener el número de la cinta que es ahora mismo principal.
Cinta_reprod	Va a contener el número de la cinta que es ahora mismo para reproducción.
CONFIG_COM	Archivo que define como se comunican en red los distintos procesos que configuran los subsistemas.
Datos	Archivo que contiene los parámetros de color de la presentación de la DRF.
Fonts	Directorio que contiene los fonts usados por la DRF.
Grabación	Directorio en el cual se realizan las grabaciones de todas las SDD dentro de la DRF.
Lanza_remoto	Macro que lanza la aplicación de modo remoto.
m_510_strips	Archivo que se encarga de las impresiones de ficha
mapas	Directorio que contiene los mapas que se visualizan en el DRF.
nodo_com	Archivo que contiene el número de DRF (rppn). Donde 'n' es el número de DRF que corresponda con la máquina.
online	Directorio que contiene los parámetros de las distintas configuraciones de las DRF's.
reprod	Directorio de reproducción. No aplicable para el DRF.
tabla_*	Tablas de adaptación útiles para la SDD.
user_passwords.fdp.adap	Fichero encriptado de adaptación que contiene información relativa a usuarios/alias/roll/password.

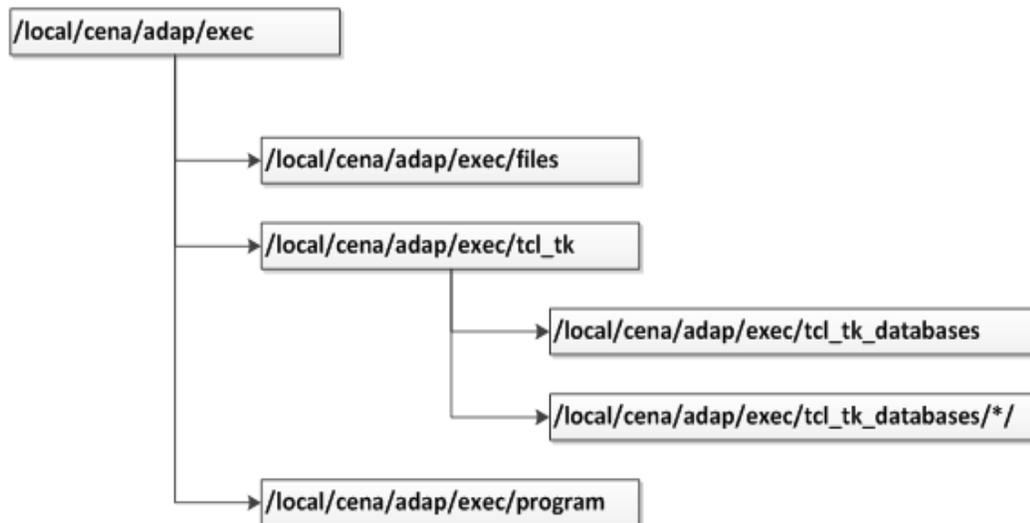
Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra.* (Sin número de página).

Todos los subdirectorios de la aplicación DRF tienen la misma funcionalidad y contenido que el que pueda tener cualquier aplicación SDD exceptuando el directorio `/local/cena/sdd/exec/grabación`.

3.3.15.8. DBM_MTO

Esquema de árbol, donde se indican los respectivos directorios en donde se encuentran los diferentes tipos de archivos necesarios para el sistema:

Figura 33. Directorio `/local/cena/adap/exec/tclTk`



FILE	USAGE
<code>dbsman.tcl</code>	Archivo ejecutable encargado del arranque de la base de datos de cenamer.
<code>*_db.tcl</code>	Estos archivos son los que dan acceso a las determinadas secciones de la base de datos.
<code>*_ed.tcl</code>	Estos archivos son los que se encargan de editar la información de la base de datos.
<code>*.tcl</code>	Archivos que contienen la pantalla principal en la base de datos correspondiente a una sección determinada.
<code>load_adaptation_data.sh</code>	Operacional. Carga datos. Simulación
<code>load_fdp_adaptation_data.sh</code>	Carga datos solo Operacional
<code>load_sim_adaptation_data.sh</code>	Carga datos solo Simulación

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra*. (Sin número de página).

Los archivos más relevantes a tener en cuenta por el DBM_MTO son:

- Directorio /local/cena/adap/exec/files en el cual se almacenan todos los archivos de adaptación del subsistema. Estos archivos se diferencian del resto por su extensión en .adap.
- Directorio /local/cena/adap/exec/ctl_tk/databases el cual contiene tantos directorios como bases de datos contenga el DBM_MTO.

Figura 34. **Directorio /local/cena/adap/exec/ctl_tk/databases/*/**

FILE	USAGE
adap_files	Directorio donde se guardan los ficheros necesarios para el FDP (*.adap).
Dls_files	Directorio donde se guardan los ficheros necesarios para el DLS.
Map_files	Directorio donde se guardan los ficheros necesarios para la presentación de mapas y se cargan en las SDD's.
Rdp_files	Directorio donde se guardan los ficheros necesarios para el SDP, Monoradar de las SDD's y CMD.
Reports	Directorio donde se cargan los ficheros resultado de ejecutar una acción de report.file en la aplicación DBM.

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra.* (Sin número de página).

Figura 35. **Directorio /local/cena/adap/exec/program**

FILE	USAGE
m_008_generar_datos_dls.exe	Archivo ejecutable que se encarga de generar datos para el DLS.
m_008_generar_datos_tdr_spv.exe	Archivo ejecutable que se encarga de generar datos para la comunicación entre la SDP y la CMD.
m_008_generar_adaptation_data_files.exe	Archivo ejecutable que se encarga de generar datos de adaptación FDP.
m_008_generar_ceselsa_map.exe	Archivo ejecutable que se encarga de generar los mapas para el sistema.

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra.* (Sin número de página).

3.3.15.9. PCR

Esquema de árbol, donde se indican los respectivos directorios en donde se encuentran los diferentes tipos de archivos necesarios para el sistema:

Los archivos más importantes de los PCR son:

- Archivo `.bashrc`, en este archivo lo se consigue es que la máquina arranque directamente la aplicación cuando entra como usuario *cena*, a no ser que esta ya estuviera lanzada.

Figura 36. Directorio /local/cena/uast/exec

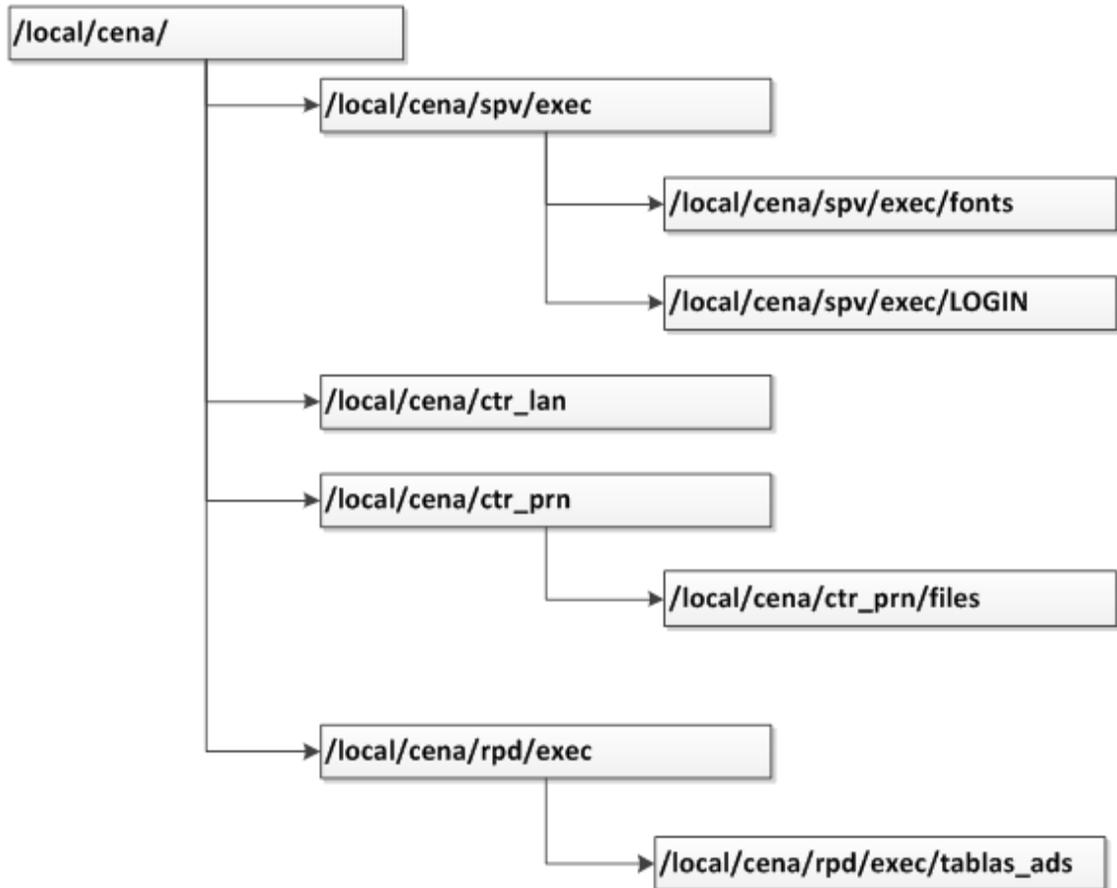
FILE	USAGE
.bash_profile	Archivo que realiza una llamada al archivo .bashrc.
.bashrc	Archivo de arranque de la aplicación PCR (UAST).
COM_CANALES.CFG	Archivo donde se encuentran almacenados todos los canales de comunicación, tanto de recepción como transmisión.
CONFIG_COM	Archivo que define como se comunican en red los distintos procesos que configuran los subsistemas.
configuracion_interna.cfg	Archivo que se encarga de establecer los parámetros de configuración interna de la aplicación.
configuracion_procesos.cfg	Archivo que establece cuáles y en qué orden se deben arrancar los distintos procesos de la aplicación
configuracion_vigilancia.cfg	Archivo que permite relacionar cada radar con el grupo MULTICAST por el que vienen los datos.
m_uadr_empaquetador_04.00	Archivo linkado para el funcionamiento de la aplicación.
m_uadr_envio_mens_periodico_04.00	Archivo linkado para el funcionamiento de la aplicación.
m_uadr_envio_mens_peticion_04.00	Archivo linkado para el funcionamiento de la aplicación.
m_uadr_rx_lan_04.00	Archivo linkado para el funcionamiento de la aplicación.
m_uadr_tx_lan_04.00	Archivo linkado para el funcionamiento de la aplicación.
m_uast_empaquetador	Link al archivo m_uast_empaquetador_05.00
m_uast_empaquetador_05.00	Archivo linkado para el funcionamiento de la aplicación.
m_uast_envio_mens_periodico	Link al archivo m_uast_envio_mens_periodico_05.00
m_uast_envio_mens_periodico_05.00	Archivo linkado para el funcionamiento de la aplicación.
m_uast_envio_mens_peticion	Link al archivo m_uast_envio_mens_peticion_05.00
m_uast_envio_mens_peticion_05.00	Archivo linkado para el funcionamiento de la aplicación.
m_uast_gonios	Link al archivo m_uast_gonios_04.00
m_uast_gonios_04.00	Archivo linkado para el funcionamiento de la aplicación.
m_uast_hora_gps	Link al archivo m_uast_hora_gps_04.00
m_uast_hora_gps_04.00	Archivo linkado para el funcionamiento de la aplicación.
m_uast_internacional	Link al archivo m_uast_internacional_04.00
m_uast_internacional_04.00	Archivo linkado para el funcionamiento de la aplicación.
m_uast_supervisor	Link al archivo m_uast_supervisor_05.00
m_uast_supervisor_05.00	Archivo linkado para el funcionamiento de la aplicación.
m_uast_tserie_rx	Link al archivo m_uast_tserie_rx_col_05.00
m_uast_tserie_rx_col_05.00	Archivo linkado para el funcionamiento de la aplicación.
m_uast_tserie_tx	Link al archivo m_uast_tserie_tx_02.18
m_uast_tserie_tx_02.18	Archivo linkado para el funcionamiento de la aplicación.
m_uast_tx_asterix_x (donde 'x' es un número comprendido del 1 al 22)	Cualquiera de ellos es un link al archivo m_uast_tx_asterix_05.00
m_uast_tx_asterix_05.00	Archivo linkado para el funcionamiento de la aplicación.
*out	Archivos temporales de salida.

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra.* (Sin número de página).

3.3.15.10. CMD/SDP

Esquema de árbol, donde se indican los respectivos directorios en donde se encuentran los diferentes tipos de archivos necesarios para el sistema:

Figura 37. **Árbol /local/cena/**



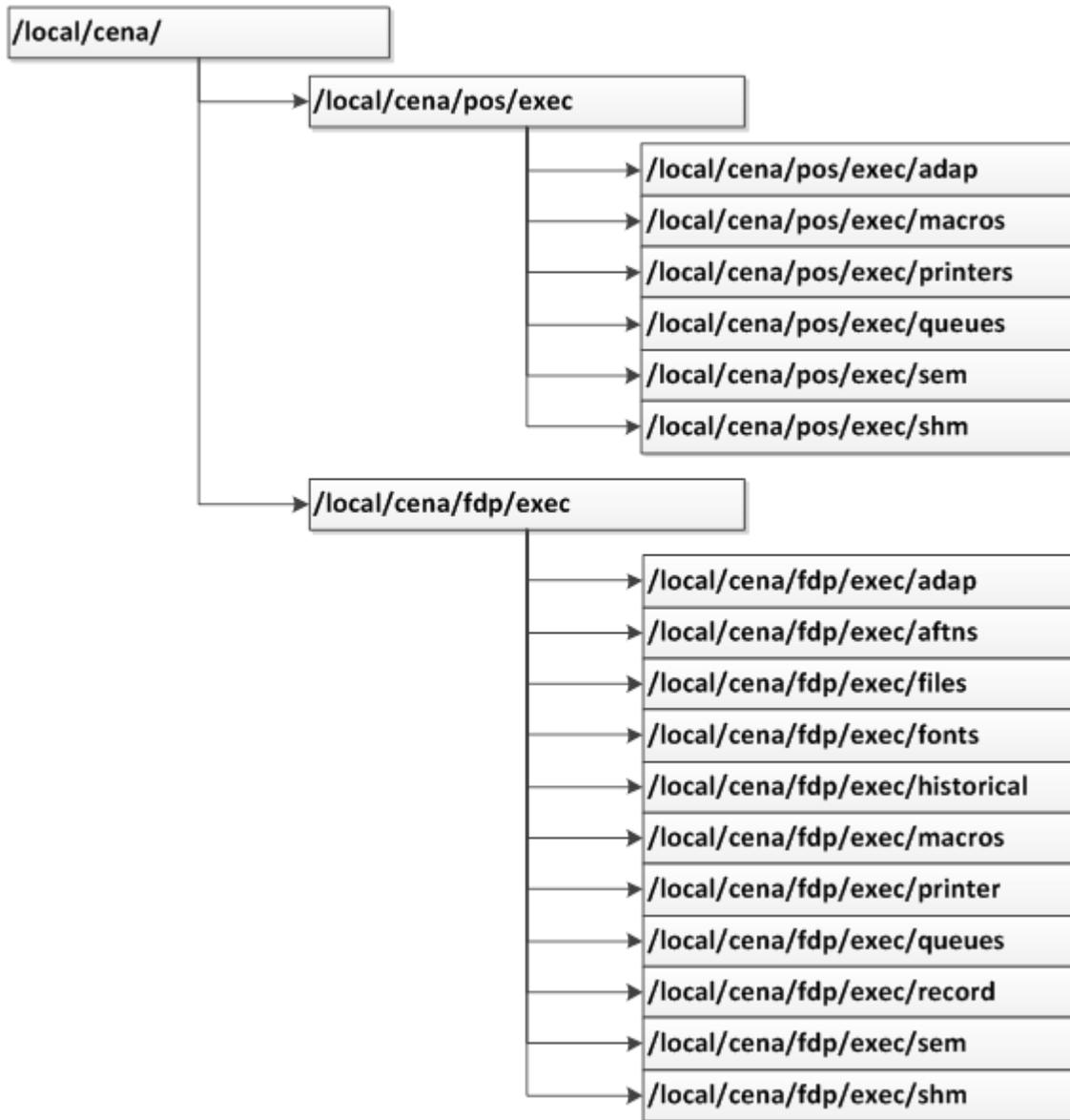
Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra*. (Sin número de página).

El archivo /local/cena/spv/exec/.xinitrc se encarga de levantar las dos aplicaciones: CMD y SDP.

3.3.15.11. FDD/FDP

Esquema de árbol, donde se indican los respectivos directorios en donde se encuentran los diferentes tipos de archivos necesarios para el sistema:

Figura 38. Subárboles `/local/cena/`



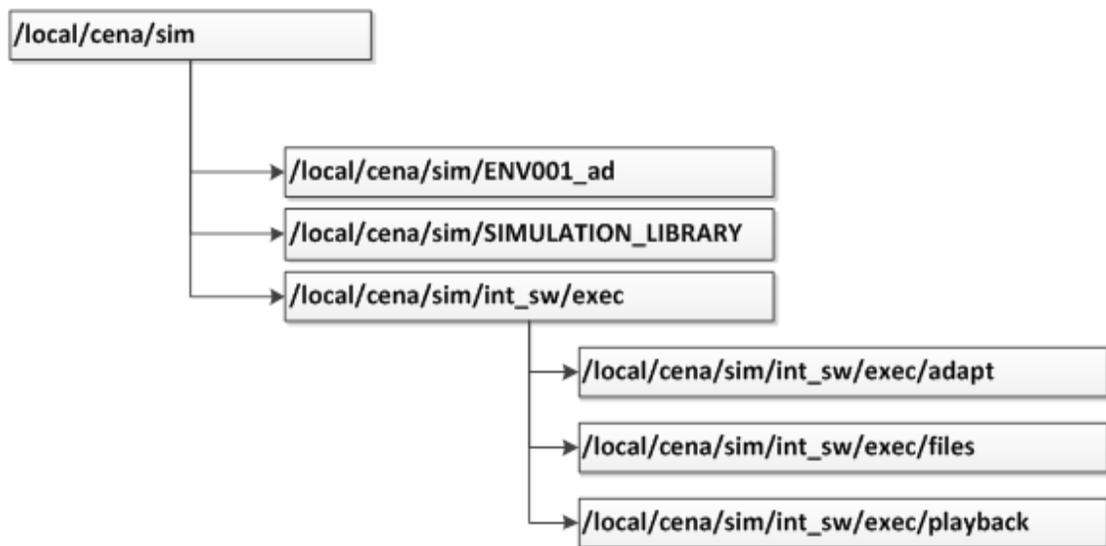
Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra*. (Sin número de página).

El archivo `/local/cena/pos/exec/.xinitrc` se encarga de levantar las dos aplicaciones: FDP y FDD.

3.3.15.12. ATG/EPP

Esquema de árbol, donde se indican los respectivos directorios en donde se encuentran los diferentes tipos de archivos necesarios para el sistema:

Figura 39. Directorio `/local/cena/sim`



FILE	USAGE
<code>.profile</code>	Archivo de UNIX que contiene las características de arranque propias de la posición.
<code>.xinitrc</code>	Archivo de UNIX que contiene las características de arranque propias de la posición.
<code>arrancar.sh</code>	Macro que arrancará la aplicación.
<code>ENV001_ad</code>	Directorio que contiene todo el entorno y adaptación del subsistema.
<code>lanza_remoto</code>	Macro que arrancará la aplicación desde una posición remota.
<code>matar.sh</code>	Macro que parará la aplicación si estuviera levantada.
<code>SIMULATION_LIBRARY</code>	Directorio donde se encuentra todo el árbol de ejercicios creados desde la posición EPP por un usuario.

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra*. (Sin número de página).

Figura 40. Directorio /local/cena/sim/int_sw/exec

FILE	USAGE
Adapt	Directorio donde se guardan archivos de adaptación útiles para la aplicación.
arrancar_sim.sh	Macro de arranque de la aplicación.
CONFIG_COM	Archivo que define como se comunican en red los distintos procesos que configuran los subsistemas.
EPP	Archivo de parámetros y recursos necesarios para el correcto funcionamiento de la EPP.
*.stdout	Archivos temporales de salida de los procesos de la ATG/EPP.
m_1001_session_preparation_commands_support_task	Proceso de la ATG/EPP.
m_1002_session_manager_commands_support_task	Proceso de la ATG/EPP.
m_1003_pilot_commands_support_task	Proceso de la ATG/EPP.
m_1004_update_flight_information_display_task	Proceso de la ATG/EPP.
m_1005_flights_movement_task	Proceso de la ATG/EPP.
m_1006_radar_data_generator_task	Proceso de la ATG/EPP.
m_1007_radar_messages_sender_task	Proceso de la ATG/EPP.
m_1008_additional_subsystems_ai_control_task	Proceso de la ATG/EPP.
m_1008_flight_and_fp_ai_control_task	Proceso de la ATG/EPP.
m_1009_weather_radar_generator_task	Proceso de la ATG/EPP.
m_1010_csci_messages_receiver_task	Proceso de la ATG/EPP.
m_1010_supervisor_task	Proceso de la ATG/EPP. Proceso principal.
m_1012_passive_flights_control_task	Proceso de la ATG/EPP.
m_1013_strips_printer_task	Proceso de la ATG/EPP.
m_1015_rejected_ai_support_task	Proceso de la ATG/EPP.
m_1017_playback_recorder_task	Proceso de la ATG/EPP.
m_1018_tower_controller_support_task	Proceso de la ATG/EPP.
m_analyze_sw_errors	Proceso de la ATG/EPP.
m_create_flight	Proceso de la ATG/EPP.
m_test_detecciones	Proceso de la ATG/EPP.
m_test_grafico_blanco	Proceso de la ATG/EPP.
m_test_movimiento	Proceso de la ATG/EPP.
m_test_print_kinetics	Proceso de la ATG/EPP.

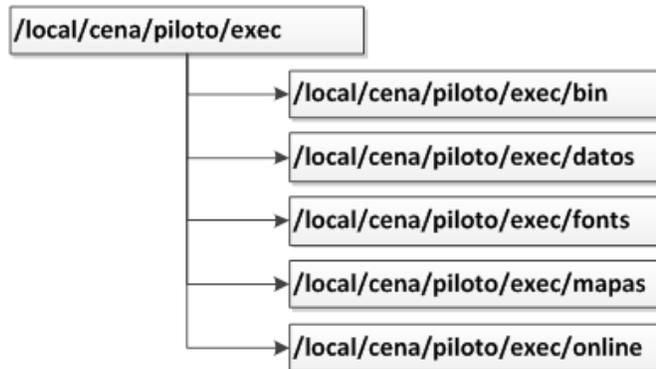
Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra.* (Sin número de página).

- Directorio /local/cena/sim/int_sw/exec/files, directorio donde se guardan archivos de datos útiles para la aplicación.
- Directorio /local/cena/sim/int_sw/playback, directorio donde se guardan las sesiones que vayan a ser reproducidas.

3.3.15.13. PILOTO/TSS

Esquema de árbol, donde se indican los respectivos directorios en donde se encuentran los diferentes tipos de archivos necesarios para el sistema:

Figura 41. Directorio /local/cena/piloto/exec



FILE	USAGE
.profile	Archivo de UNIX que contiene las características de arranque propias de la posición.
.xinitrc	Archivo de UNIX que contiene las características de arranque propias de la posición.
Adaptacion	Archivo de adaptación para la aplicación TSS.
Aplicacion.esenario	Archivo con parámetros y recursos propios del escenario.
Aplicacion.piloto	Archivo con parámetros y recursos propios del piloto.
Aplicacion.pos	Archivo con parámetros y recursos propios de la aplicación.
Bin	Directorio que contiene los archivos ejecutables y utilidades de la aplicación
CONFIG_COM	Archivo que define como se comunican en red los distintos procesos que configuran los subsistemas.
Datos	Directorio que contiene información necesaria para la aplicación.
EPP_PILOTO	Archivo de parámetros y recursos para la aplicación con relación al subsistema EPP.
Fonts	Directorio que contiene todas las fuentes para la correcta visualización de la aplicación.
Lanza_remoto	Macro de arranque para la aplicación de forma remota.
Mapas	Directorio que contiene los mapas del sistema.
Online	Directorio que contiene la configuración del diseño de pantalla tanto por defecto como los configurados por el usuario.

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra.* (Sin número de página).

Los archivos más importantes de esta aplicación son:

- Directorio /local/cena/piloto/exec/bin
- Directorio /local/cena/piloto/exec/online

En este directorio se van a guardar las configuraciones que los usuarios salvan para personalizar su escritorio de trabajo. Graba el de todas las SDD.

3.3.15.14. PILOTO1

Los archivos más importantes a tener en cuenta son exactamente iguales que los de aplicación PILOTO/TSS.

- Archivo para la comunicación de las comunicaciones CONFIG-COM.

El archivo CONFIG_COM se encarga de establecer ras comunicaciones del sistema. En él, se establecen una serie de nodos que nominan los procesos que corren en cada máquina. Además, se encarga de definir grupos y alias para la comunicación y especifica qué alias posee cada máquina para que pueda ser identificada correctamente.

Las direcciones de red que aparecen en la cabecera del fichero corresponden a las direcciones de red y máscara de MULTICAST para el primer LAN (NETWORK: 192.108.61 y MULTICAST: 224.1.10) y a las direcciones de red y máscara de MULTICAST para el segundo LAN (si tiene), (NETWORK: 192.168.62 y MULTICAST 224.1.11).

NOTA: CONFIG-COM es un *link* de fichero CONFIG_COM.cena.ope o CONFIG_COM.cena.sim, según si se está en la cadena operacional o simulación.

Las diferencias entre CONFIG_COM.cena.ope y CONFIG _COM.cena.sim son básicamente dos:

- La numeración de los puertos a las conexiones
- La configuración de máquinas/aplicación en el apartado *hosts*

3.4. Diagnósticos y errores

En esta sección se mostrará la forma de realizar diagnósticos y revisión de errores, utilizando las herramientas que el sistema operativo brinda.

3.4.1. Control de procesos

Un programa es un archivo ejecutable y un proceso es una instancia del programa en ejecución.

En UNIX pueden ejecutarse varios procesos simultáneamente (esta característica es denominada algunas veces como multiprogramación o multitarea), sin un límite lógico en el número de ellos, y varias instancias del mismo programa pueden existir simultáneamente en el sistema. Algunas llamadas al sistema permiten a los procesos crear nuevos procesos, acabar procesos, sincronizar niveles de ejecución de procesos y controlar la reacción de algunos sucesos. Sujeto a sus propias llamadas al sistema, los procesos son independientes de los demás.

Generalmente, las llamadas al sistema permiten al usuario escribir programas que realicen sofisticadas operaciones y, como resultado, el *kernel* del sistema UNIX no contiene muchas funciones que son parte del *kernel* en otros sistemas. Estos programas, incluyendo compiladores y editores, son programas a nivel de usuario en el sistema UNIX. El principal ejemplo de estos programas es el *shell*, el intérprete de comandos que los usuarios ejecutan normalmente al entrar en el sistema.

El núcleo del sistema operativo UNIX conoce la existencia de un proceso a través de su bloque de control del proceso, donde se describe el proceso y su entorno, constituyendo un contexto consistente en:

- Espacio de direccionamiento y entorno de ejecución: variables que utiliza el proceso.
- Contenido de los registros hardware: contador de programa, registro de estado del procesador, puntero de la pila y registros de propósito general.
- Contenido de las estructuras del núcleo relacionadas con el proceso: tabla de proceso, áreas, regiones, entre otros.

Si se congela el estado del procesador y del proceso que está en ejecución en un determinado momento, se obtendría lo que se conoce como imagen estática del programa. En caso de producirse una interrupción o cambio de proceso, se almacena la imagen del que está en ejecución en ese mismo instante.

Cada proceso se reconoce dentro del sistema por un número que lo identifica unívocamente y que se conoce como identificador del proceso o PID.

Todos los procesos, excepto el proceso 0, son creados por otro proceso; es decir, el sistema de creación y gestión de procesos en UNIX es jerárquico.

El proceso que se genera con el PID 0 es un proceso especial creado en el momento de arrancar el sistema. A continuación se genera un proceso init que será el antecesor de todos los procesos que se generen en el sistema. A partir de aquí se generan tantos procesos como terminales existan.

Los procesos que atienden a los terminales crearán otros con el fin de identificar y controlar el acceso de los usuarios al sistema, los cuales, una vez que inicien la sesión, ejecutarán un proceso intérprete de comandos *shell* que será el que genere el resto de programas solicitados por el usuario.

El número de identificación de usuario UID y el número de identificación de grupo son asociados con cada proceso. Estos números identifican al dueño y lo que el proceso puede hacer.

3.4.2. Servicios del sistema operativo

Entre los servicios que suministra el *kernel* están:

- Control de la ejecución de procesos permitiendo su creación, finalización o suspensión y comunicación.
- Planificación justa de los procesos para su ejecución en la CPU. Los procesos comparten la CPU por el método de tiempo compartido: la CPU ejecuta un proceso, el *kernel* lo suspende cuando su tiempo se acaba y el *kernel* planifica otro proceso para su ejecución. El *kernel* después replanifica el proceso suspendido.
- Asignación de memoria principal a los procesos en ejecución: el *kernel* indica a los procesos compartir partes de su espacio de direcciones bajo ciertas condiciones, pero protege el espacio de direcciones privado del proceso de accesos exteriores. Si el sistema se está ejecutando con poca memoria libre, el *kernel* libera memoria escribiendo un proceso temporalmente en la memoria secundaria, llamada área de swap.

- Asignación de memoria secundaria para almacenamiento y recuperación de datos eficiente: este servicio constituye el sistema de archivos. El *kernel* asigna almacenamiento secundario para los archivos de usuario, pidiendo zonas sin usar, estructurando el sistema de archivos de una manera comprensible y protegiendo los datos de accesos ilegales.
- Asignación a los procesos: accesos controlados de los dispositivos periféricos tales como terminales, controladores de cinta, controladores de disco y dispositivos de red.

El *kernel* suministra estos servicios de una forma transparente al usuario: por ejemplo, reconoce que un archivo dado es un archivo regular o un dispositivo, pero oculta la distinción a los procesos de usuario. De forma análoga, formatea los datos en un archivo para su almacenamiento interno, pero oculta el formato interno a los procesos de usuario, devolviendo un flujo de bytes.

3.4.3. Consideraciones sobre el hardware

La ejecución de procesos de usuario en sistemas UNIX se divide en dos niveles: usuario y *kernel*. Cuando un proceso ejecuta una llamada al sistema, el modo de ejecución cambia del modo usuario a modo *kernel*: el sistema operativo ejecuta y atiende el servicio requerido por el usuario, devolviendo un código de error si falla, incluso si el usuario no hace una petición explícita de los servicios del sistema operativo. El sistema operativo continúa realizando operaciones que relacionan a los procesos de usuario, manipulando interrupciones, planificando procesos, administrando la memoria, entre otros.

Muchas arquitecturas (y sus sistemas operativos) soportan más niveles que los dos descritos, pero estos dos modos, usuario y *kernel*, son suficientes para los sistemas UNIX. Las diferencias entre los dos modos son:

- Los procesos en el modo usuario pueden acceder a sus propias instrucciones y datos pero no a las instrucciones y datos del *kernel* (o los de otros procesos). Los procesos en el modo *kernel*, sin embargo, pueden acceder a las direcciones del *kernel* y del usuario.
- Algunas instrucciones máquina están privilegiadas y producen error si se ejecutan en modo usuario.

3.4.4. Mostrando procesos

Para mostrar procesos se utiliza el comando "ps". La sintaxis es:

```
ps [ - opciones ] [ enter ]
```

Tabla IV. **Parámetros de entrada ps**

Opciones	Descripción
-e	Muestra información acerca de cada proceso sobre el sistema, incluyendo PID, TTY, TIME Y nombre del comando (CMD).
-f	Genera una completa lista incluyendo UID, el número del proceso padre (PPID) y el tiempo de inicio de los proceso (STIME)

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra*. (Sin número de página).

Ejemplo:

```
#ps -ef | more [enter]
```

Para buscar un proceso en específico.

```
#ps -e | grep lp [enter]
217  ?    0:00 lpsched
#
```

lpsched: es el *daemon* encargado de controlar la impresora en el sistema.

3.4.5. El comando pgrep

Se utiliza para buscar procesos por su nombre. Por defecto, este comando muestra el PID de cada proceso que concuerda con el criterio que se especifica en la línea de comando.

Sintaxis:

```
pgrep [ opciones ][ concordancia ][ enter ]
```

Tabla V. **Parámetros de entrada pgrep**

Opciones	Descripción
-x	Muestra el PID que coincide exactamente con la concordancia
-n	Muestra solo los PID más recientemente creados que coincidan con la concordancia
-U uid	Muestra solo los PID que están relacionados con el especificado usuario. Esta opción usa ya sea nombre o UID.
-l	Muestra el nombre de los procesos
-t term	Muestra los procesos asociados con una terminal.

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra*. (Sin número de página).

Para mostrar el PID de algún proceso con un valor que contiene el texto lp se debe usar la siguiente sintaxis:

```
#pgrep lp [ enter ]  
217  
#
```

Para mostrar el PID y el nombre de alguno de los procesos con un valor que contenga el texto lp, se debe usar la siguiente sintaxis:

```
#pgrep -l lp [ enter ]  
217      lpsched  
#
```

Para mostrar el PID y el nombre de algun proceso con un valor que contenga el texto mail:

```
#pgrep -l mail [ enter ]  
217      sendmail  
13453    drmail  
#
```

Para mostrar el PID y nombre de algún proceso asociado con una ventana de terminal:

```
#pgrep -lt pts/2 [ enter ]  
697      ksh  
#
```

Para mostrar procesos que concuerden exactamente con el texto de mountd:

```
#pgrep -xl automountd [ enter ]
155      automountd
#
```

3.4.6. Mandando señales a los procesos

Una señal es un mensaje que se puede enviar hacia un proceso. Las señales son identificadas por un número y por un nombre, y cada señal tiene una acción asociada.

Por ejemplo, la señal 2 es conocida como SIGINT, si se presiona control+c, esta señal es mandada al proceso que está corriendo en la ventana del terminal y lo termina.

Tabla VI. Señales habilitadas para procesos

Número	Nombre	Evento	Definición	Respuesta
1	SIGHUP	Hang up	Baja una línea de teléfono o una conexión de terminal. Esta señal causa que algunos programas para reiniciarse asimismo sin terminar.	Exit
2	SIGINT	Interrupt	Una señal de interrupción que se genera desde el teclado usualmente con Control + c.	Exit
9	SIGKILL	Kill	Señal que mata procesos. Los procesos no pueden ignorar esta señal.	Exit
15	SIGTERM	Terminate	Una señal que termina procesos de manera ordenada.	Exit

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra*. (Sin número de página).

3.4.7. El comando *kill*

Sintaxis:

```
kill [- señal ][ PID ][ enter ]
```

Antes de terminar un proceso es necesario conocer su PID. Se pueden terminar varios procesos a la vez en una misma línea de comando.

Ejemplo:

```
#pgrep -l mail      [ enter ]
215      sendmail
12047 dtmail
#kill 12047        [ enter ]
#pgrep -l mail      [ enter ]
215      sendmail
#
```

Para forzar procesos que no responden a la señal 15 y para terminarlos se debe usar la señal 9 con el comando *kill*.

```
#kill -9 PID  [ enter ]
```

3.4.8. El comando *pkill*

A diferencia del comando *kill*, este comando permite usar los nombres de los procesos que se desean terminar.

Ejemplo:

```
#pgrep -l mail [ enter ]  
215          sendmail  
12047       dtmail
```

```
#pkill dtmail [ enter ]  
#pgrep -l mail [ enter ]  
215          sendmail  
#
```

Para terminar procesos usando la señal 9.

```
#kill -9 -x dtmail [ enter ]
```

3.4.9. Manejando trabajos (*jobs*)

Un *job* es un proceso que el *shell* puede administrar. Como los *jobs* son procesos, cada uno de ellos posee un PID asociado asignado por el *shell* de forma secuencial.

El *shell* permite correr múltiples *jobs* a la vez. Hay 3 tipos de ellos que *shell* administra: *foreground jobs*, *background jobs* y *stopped jobs*.

Cuando se ejecuta un comando en una terminal de ventana, el comando ocupa la terminal hasta ser completado. A este tipo de *job* se le denomina *foreground*.

Cuando a un *job* se le anexa al final de su sintaxis el símbolo "&", el comando corre sin ocupar la terminal de ventana. El *prompt* del *shell* es mostrado inmediatamente después de presionar enter. A este tipo de *job* se le conoce como *background*.

Si se presiona control +z para un *foreground job*, o se usa el comando *stop* para un *background job*, el *job* es detenido. A esto se le llama *stopped job*.

La tabla siguiente muestra los comandos de control de *job*.

Tabla VII. **Comandos de control de *job***

Comando	Valor
Jobs	Lista todos los <i>jobs</i> que están corriendo o son detenidos en <i>background</i>
bq %n	Corre el especificado <i>job</i> en el <i>background</i> (n es el <i>job</i> ID)
fo %n	Manda el especificado <i>job</i> dentro del <i>foreground</i> (n es el <i>job</i> ID)
Control + z	Detiene los <i>job</i> en el modo <i>foreground</i> y pone en el modo <i>background</i> como un <i>stopped job</i> .
stop %n	Detiene un <i>job</i> que está corriendo en el <i>background</i> (n es el <i>job</i> ID)

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra*. (Sin número de página).

3.4.9.1. **Corriendo un trabajo (*job*) en el modo *background***

Para ejecutar un comando en el modo *background*, hay que sumar el carácter "&" al final de la línea de comandos.

Ejemplo:

```
#sep 500 &  
[1]          3028  
#
```

El comando *sleep* suspende la ejecución de un programa por n segundos.

El *shell* retorna el número ID del *job* asignado al comando contenido en un *bracket*, además, del PID asociado.

Cuando un *background job* ha finalizado y se presiona *enter*, el *shell* muestra un mensaje indicando que el trabajo está hecho.

Ejemplo:

```
[1] + Done sep 500&  
#
```

3.4.9.2. Listar trabajos en curso

Se utiliza *job* comandos para mostrar la lista de trabajos que están corriendo o parados en el modo *background*.

Ejemplo:

```
#jobs  
[1] + Running          sleep &  
#
```

3.4.9.3. Llevando un *backgroun job* hacia el modo *foreground*

Para llevar un *background job* hacia el modo *foreground* se utiliza el comando "fg".

Ejemplo:

```
#fg %1  
sleep 500  
#
```

3.4.9.4. Mandando un *foreground job* hacia el modo *background*

Para retornar un *job* desde el modo *foreground*, se utiliza las teclas de control control+z y el comando "fg". Las teclas control+z suspenden los trabajos y los coloca en el modo *background* como detenidos.

Ejemplos:

```
#sleep 500 [ enter ]  
^z[1] + stopped (SIGTSTP) sleep 500&  
#jobs [ enter ]  
[1] + Stopped (SIGTSTP) sleep 500&  
#bg %1 [ enter ]  
[1] sleep 500&  
#jobs [ enter ]  
[1] + Running
```

3.4.9.5. Parando un *background job*

Para parar un trabajo se utiliza el comando *stop* y el número ID especificado.

Ejemplo:

```
#jobs [ enter ]
[1] + Running sleep 500&
#stop ZI
#jobs [ enter ]
[1] + Stopped (SIGSTOP) sleep 500&
#
```

Se puede también ocupar el comando *kill*

Ejemplo:

```
#jobs [ enter ]
[1] + Stopped (SIGSTOP) sleep 500&
#kill %1 [ enter ]
[1] + Terminated
#jobs
#
```

3.4.10. Comprobación de procesos en ejecución

Este procedimiento permite verificar si todos los procesos están ejecutándose en cada uno de los ordenadores del sistema, para ello desde la consola del sistema se debe ejecutar el comando:

```
#ps -ef | more
```

El resultado de este comando es el que se indica a continuación para cada tipo de ordenador:

Figura 42. Pantalla que muestra los procesos FDP

```
cenamer34# ps -ef|more
UID      PID      PPID    C    STIME   TTY      TIME CMD
Root    19049   19048    0    10:11:28 pts/5    00:00 rlogin cenamer37 -l cena
Root    21788   21759    0    13:55:38 ?        00:00 m_304_format_strips 0
Root    21760     1     0    13:54:53 ?        00:00 /usr/openwin/bin/xterm -title FDP cena -bg grey -display :0.0 -sl 5000 -geometr
Root    21802   21759    0    13:55:42 ?        00:00 m_316_airspace_probe 0
Root    21761   21760    0    13:54:53 pts/2    00:00 tail -f .OUT307
Root    21801   21759    0    13:55:42 ?        00:00 m_315_sevents 0
Root    21841   21758    0    13:56:31 ?        00:00 m_301_multiple_retrieve_explorer 0
Root    21881   21757    0    13:57:20 ?        00:00 m_302_processor 0
Root    21921   21756    0    13:58:09 ?        00:00 m_305_rpl_explorer 0
Root    20521    316    0    13:58:58 pts/1    00:00 telnet server
Root    21789   21759    0    13:59:47 ?        00:00 m_304_distribute_strips 0
Root    21759     1     0    14:00:36 ?        00:00 m_307_supervisor 0
Root    21795   21759    0    14:01:25 ?        00:00 m_306_flow_control 0
Root    21791   21759    0    14:02:14 ?        00:00 m_305_rpl_load 0
Root    21785   21759    0    14:03:03 ?        00:00 m_301_refresh 0
Root    21830    140    0    14:03:03 ?        00:00 in.rshd
Root    21807   21759    0    14:03:52 ?        00:00 m_310_x25 0 2 2 11
Root    21782   21759    0    14:04:41 ?        00:00 m_399_presence 0
Root    21806   21759    0    14:05:30 ?        00:00 m_317_appl_refresh 0
Root    21799   21759    0    14:06:19 ?        00:00 m_311_notams 0
Root    21793   21759    0    14:07:08 ?        00:00 m_305_rpl_refresh 0
Root    21831   21830    0    14:06:10 ?        00:00 sh -c ps -ef
Root    21798   21759    0    13:55:41 ?        00:00 m_309_line_reader 1 0
Root    21787   21759    0    13:55:38 ?        00:00 m_303_events 0
Root    21794   21759    0    13:55:40 ?        00:00 m_306_conflict_probe 0
Root     779     777    0 Jan 21 pts/3    00:00 ksh
Root    21796   21759    0    13:55:40 ?        00:00 m_308_flow_events 0
Root    21800   21759    0    13:55:42 ?        00:00 m_312_line_writer 0
Root    19045    306    0    10:11:05 ??       00:00 /usr/openwin/bin/shelltool
Root    21805   21759    0    13:55:43 ?        00:00 m_317_explorer 0
Root    21783   21759    0    13:55:37 ?        00:00 m_301_init_explorer 0
Root    21790   21759    0    13:55:38 ?        00:00 m_305_rpl_management 0
Root    21797   21759    0    13:55:41 ?        00:00 m_316_explorer 0
Root    21803   21759    0    10:11:05 pst/5 00:00 /usr/bin/ksh
Root    19047   19045    0    14:06:10 ?        00:00 ps -ef
Root    21804   21759    0    13:55:43 ?        00:00 m_317_ppi_processor 0
```

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra*. (Sin número de página).

Figura 43. Pantalla que muestra los procesos SDP

```
cenamer34# ps -ef|more
```

UID	PID	PPID	C	STIME	TTY	TIME	CMD
Root	4904	4903	0	14:06:21	?	0:00	sh -c ps -ef
Root	4898	1	0	13:54:56	?	0:12	./m sdp 1
Root	2061	130	0	Jan 23	?	0:00	in.telnetd

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra.* (Sin número de página).

Figura 44. Pantalla que muestra los procesos CMD

```
cenamer34# ps -ef|more
```

UID	PID	PPID	C	STIME	TTY	TIME	CMD
Root	300	138	0	10:11:28	?	00:00	/usr/dt/bin/rpc.ttdbserverd
Root	297	1	0	13:55:38	?	00:00	ttssession -s
Root	303	279	0	13:54:53	?	00:00	dsdm
:0.0 -:	314	279					./p_printer_status prn_controler1
Root	115	279	0	13:55:42	?	00:00	./pssh OPERATIVO 1
Root	322	279	0	13:54:53	pts/2	00:00	./supervision_central N 1 O
Root	23855	138	0	14:05:12	?	00:00	in.rshd
Root	324	138	0	13:55:42	?	00:00	/local/cena/ctr_lan/ping_to_all.exe cena
Root	325	1	0	13:56:31	?	00:00	/local/cena/ctr_lan/control_table_lan.exe 1
lan controler1							
Root	23857	23856	0	14:05:12	?	00:00	m_305_rpl_explorer 0
Root	23856	23855	0	13:58:58	pts/1	00:00	telnet server

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra.* (Sin número de página).

Figura 45. Pantalla que muestra los procesos DRF

```

cenamer34# ps -ef|more
UID    PID    PPID    C      STIME  TTY      TIME CMD
Root    6288   6268   0      9:48:02 ?        00:00 mwm
Root    6245   6244   0      14:05:03 ?        00:00 ps -ef
Root    292    130    0      Jan 23 ?        00:00 /usr/openwin/bin/xterm -title FDP cena -bg grey -display
Root    6373   1      9:48:14 ?        00:05 atc
Root    6256   1      0      9:47:45 ?        00:00 /bin/sh /usr/openwin/bin/openwin
Root    5995   6390   0      14:02:56 ?        00:00 sleep 300
Root    6344   1      0      9:48:03 ?        00:00 /bin/sh /local/cena/sdd/exec/bin/ldrlocal
Root    6299   6268   0      9:48:02 ?        00:00 monitor
Root    6243   130    0      14:05:03 ?        00:00 in.rshd
Root    6289   6268   0      9:48:02 ?        00:00 dsdm
Root    6251   1      0      9:48:13 ?        00:00 interac
Root    6282   1      0      9:48:02 ?        00:00 ttssession -s
Root    6363   1      0      9:48:14 ?        00:00 grabac
Root    6273   1      0      9:48:01 ?        00:00 fbconsole -f /dev/null
Root    6390   1      0      9:48:15 ?        00:00 /bin/dsh /local/cena/sdd/exec/bin/cp2tape
Root    6268   6266   0      9:48:01 ?        00:00 sh /local/cena/sdd/exec/.xinitrc
Root    6244   6243   0      9:48:03 ?        00:00 sh -c ps -ef
Root    6346   6344   0      9:48:03 ?        00:00 m_sdp_bypass
Root    6266   6256   0      9:47:45 ?        00:00 /usr/openwin/bin/xinit -- /usr/openwin/bin/X :0 -auth
/local/cena/sdd/exe/.xsu

```

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra.* (Sin número de página).

Figura 46. Pantalla que muestra los procesos FDD

```

cenamer29# ps -ef|more
UID    PID    PPID    C      STIME  TTY      TIME CMD
root    130    1      0      Jan-23 ?        00:00 /usr/sbin/inetd -s
Root    3006   1      0      8:22:04 ?        00:00 /usr/lib/saf/sac -t 300
Root    4263   3837   0      9:47:42 ?        00:00 m_507_supervisor
Root    103    1      0      Jan-23 ?        00:05 /usr/sbin/rpcbind
Root    105    1      0      Jan-23 ?        00:00 /usr/sbin/keyserv
Root    152    1      0      Jan-23 ?        00:00 /usr/sbin/syslogd
daemon  135    1      0      Jan-23 ?        00:00 /usr/lib/nfs/statd
Root    137    1      0      Jan-23 ?        00:00 /usr/lib/nfs/lockd
Root    3009   3006   0      8:22:04 ?        00:00 /usr/lib/saf/ttymon
Root    165    1      0      Jan-23 ?        00:00 /usr/sbin/cron
Root    4334   4333   0      14:04:51 ?        00:00 sh -c ps -ef
Root    182    1      0      Jan-23 ?        00:00 /usr/lib/lpsched
Root    171    1      0      Jan-23 ?        00:00 /usr/sbin/nscd
Root    213    1      0      Jan-23 ?        00:00 /usr/sbin/vold
Root    238    1      0      Jan-23 ?        00:00 /usr/lib/inet/xntpd
Root    198    1      0      Jan-23 ?        00:00 /usr/lib/utmpd
Root    3007   1      0      8:22:04 console 00:00 /usr/lib/saf/ttymon -g -h -p cenamer29 console login: -T
sun -d /dev/console -
root    3854   1      0      9:47:38 ?        00:00 ttssession -s
root    3837   3835   0      9:47:38 ?        00:00 sh /local/cena/pos/exec/.xinitrc
root    4265   4263   0      9:47:42 ?        00:00 m_501_gtab FDD_AFTN1 1
root    284    130    0      Jan-23 ?        00:00 /usr/dt/binrpc.ttdbserverd
root    4333   130    0      14:04:51 ?        00:00 in.rshd
root    4267   4263   0      9:47:42 ?        00:00 m_399_precsence 0
root    699    130    0      Jan-23 ?        00:00 bootpd

```

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra.* (Sin número de página).

Figura 47. Pantalla que muestra los procesos SDD

```

cenamer34# ps -ef|more
UID      PID     PPID    C          STIME   TTY          TIME CMD
daemon   135     1        0          Jan-23  ?           0:00 /usr/lib/nfs/statd
root     137     1        0          Jan-23  ?           0:00 /usr/lib/nfs/lockd
root     6773    1        0          Jan-00  ?           0:00 grabac
root     165     1        0          Jan-23  ?           0:00 /usr/sbin/cron
root     213     279      0          Jan-23  ?           /usr/sbin/vld
Root     182     279      0          Jan-23  ?           00:00 /usr/lib/lpsched
Root     171     279      0          Jan-23  pts/2       00:00 /usr/sbin/nscd
Root     1844    138      0          Jan-00  ?           00:00 in.rshd
Root     24142   138      0          Jan-00  ?           00:00 /usr/lib/saf/ttymon -g -h -p cenamer10 console login: -T
sun -d /dev/console -
root     198     0        0          Jan-23  ?           06:00 /usr/lib/utmpd
root     249     23856    0          Jan-23  ?           00:00 /usr/lib/dmi/dmispd
root     246     23855    0          Jan-23  ?           06:00 /usr/lib/inet/xntpd
root     6661    6651    0          10:18:54 ?          00:00 /usr/openwin/bin/xinit -- /usr/openwin/bin/X >0 -auth
/local/cena/sdd/exec/.xsu
root     6699    6665    0          10:19:11 ?          01:00 monitor
root     6686    6665    0          10:19:11 ?          00:00 dsdm
root     6751    1        0          19:19:22 ?          31:30 graf
root     283     130      0          Jan-23  ?           00:00 /usr/dt/bin/rpc.ttdbserverd
root     6685    6665    0          10:19:10 ?          00:00 mmm
root     6662    6661    0          10:18:54 ?          36:44 /usr/openwin/bin/X :0 -auth
/local/cena/sdd/exec/.xsun.cenamer2:0
root     6679    1        0          10:19:10 ?          00:00 ttssession -s
root     1846    1845    0          14:04:15 ?          00:00 ps -ef
root     6761    1        0          10:29:23 ?          00:01 interac
root     1845    1844    0          14:04:15 ?          00:00 sh -c ps -ef
root     6698    6665    0          10:19:11 ?          00:00 m_510_strips aplicacion.pos
root     6744    1        0          10:19:12 ?          00:00 /bin/sh /local/cena/sdd/exe/bin/tdrlocal
root     6670    1        0          10:19:10 ?          00:00 fbconsole -f /dev/null
root     6746    6744    0          10:19:12 ?          00:01 m_sdp_bypass 2
root     6665    6661    0          10:19:10 ?          00:00 sh /local/cena/sdd/exe/.xinitrc
root     6783    1        0          10:19:25 ?          00:03 atc
root     6676    1        0          10:19:10 ?          00:00 vkdb -nopopup
root     6651    1        0          10:18:54 ?          00:00 /bin/sh /usr/openwin/bin/openwin

```

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra*. (Sin número de página).

Figura 48. Pantalla que muestra los procesos DLS

```

cenamer24# ps -ef|more
UID      PID      PPID     C          STIME   TTY          TIME CMD
root    5940         1         0    13:13:22 ??          00:00 /usr/openwin/bin/cmdtool -wp 0 0 -ws 590 77 -C
root    5942    5940         0    13:13:22 pts/1       00:00 /usr/bin/ksh
root    6104    5980         0    14:01:34 pts/2       00:00 -sh
root    6097         1         0    13:54:03 ?          00:01 ./m_dls_adp 2
root    695         1         0    13:54:01 ?          00:00 ./m_dls_com 2 5
root     293     136         0      Jan-21 ?          00:00 /usr/dt/bin/rpc.ttdbserverd
root    5916    5414         0    13:13:06 console    00:00 sh /locia/cena/dls/exec/.xinitrc
root    5936    5935         0    13:13:07 console    00:00 olwmslave
root    5973    5916         0    13:13:38 console    00:00 xterm -bg black -fg green -sl 1000 -font 10x20
root    5980    5974         0    13:13:39 pts/2       00:00 ksh
root    5959    5917         0          00:00 <defunct>
root    5955         1         0    13:13:37 console    00:00 /usr/openwin/bin/hepviewer -wp 602 100
handbook/desktop.intro.handbook
root    5944         1         0    13:13:22 console    00:00 /usr/openwin/bin/filemgr -wp 0 120 -ws 590 300
root    6056     136         0    13:53:56 ?          00:00 in.rshd
root    5915    5914         0    13:12:50 console    00:02 /usr/openwin/binX :0 -auth
/local/cena/dls/exec/.xsun.cenamer24:0
root    5931         1         0    13:13:06 console    00:00 ttssession -s
root    2898    5895         0    13:12:38 ?          00:00 /usr/lib/saf/ttymon
root    5928         1         0    13:13:06 console    00:00 vkdb -nopopup
root    5899    5895         0    13:12:38 ?          00:00 /usr/lib/saf/ttymon
root    5914    5910         0    13:12:50 console    00:00 /usr/openwin/bin/xinit -- /usr/openwin/bin/X :0 -auth
/local/cena/dls/exec/.xsu
root    5935    5916         0    13:13:06 console    00:00 olwm -syncpid 5934
root    5910    5903         0    13:12:50 console    00:01 /bin/sh /usr/openwin/bin/openwin
root    5974    5916         0    13:13:38 console    00:00 xterm -bg black -fg green -sl 1000 -font 10x20
root    6099         1         0    13:54:05 ?          00:00 ./m_dls_spv 2
root    6108    6104         0    14:01:36 pts/2       00:00 csh
root    6091         1         0    13:53:59 ?          00:00 ./m_dls?cxX25
root    5975    5973         0    13:13:38 pts/3       00:01 ksh

```

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra.* (Sin número de página).

Figura 49. Pantalla que muestra los procesos DBM-MTO

```
cenamer34# ps -ef|more
```

UID	PID	PPID	C	STIME	TTY	TIME	CMD
postgres		283	1	0	9:30:44	console	0:00 vkbd -nopopup
postgres		290	272	0	9:30:45	console	0:00 olwm -syscpid 289
postgres		291	290	0	9:30:45	console	0:00 olwmslave
postgres		304	272	0	9:31:00	console	/usr/locla/bin/wish ./dbsman.tcl
postgres		306	304	0			0:00 <defunct>
postgres		550	304	0	10:30:27	console	0:01 /usr/local/bin/wish ./gbda.tcl
root		707	705	0	10:53:15	pts/3	0:00 -sh
root		867	866	0	14:05:27	?	0:00 ps -ef
root		772	707	0	11:02:57	pts/3	0:00 -sh
root		866	565	0	14:05:27	?	0:00 sh -c ps -ef
root		705	130	0	10:53:15	?	0:00 in.rlogind
root		865	130	0	14:05:27	?	0:00 in.rshd
postgres		553	303	0	10:30:28	console	0:00 /usr&local/pgsql/bin/postmaster -I -D /usr/local/pgsql/data
postgres		551	550	0	10:30:28	console	0:00 psql -F# cenamer_ampliada
postgres		776	772	0	11:03:23	pts/3	0:00 -ksh

cenamer20#

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra.* (Sin número de página).

Figura 50. Pantalla que muestra los procesos UAST

```
[root@uast1 /root]# ps -ef|more
```

UID	PID	PPID	C	STIME	TTY	TIME	CMD
root	643	1	0	10:49	tty4	00:00	login -- cena
root	645	1	0	10:49	tty6	00:00	/sbin/mingetty tty6
root	648	640	0	10:49	tty1	00:00	-bash
root	671	279	0	10:49	tty1	00:00	./m_uast_supervisor -d
root	672	671	0	10:49	tty1	00:00	m_uast_tserie_rx
root	673	671	0	10:49	tty1	00:00	m_uast_gest_aircat
root	674	671	0	10:49	tty1	00:00	m_uast_tx_lan
root	675	671	0	10:49	tty1	00:00	m_uast_rx_lan
root	676	671	0	10:49	tty1	00:00	m_uast_vueltas_antena
root	677	671	0	10:49	tty1	00:00	m_uast_empaquetador
root	678	671	0	10:49	tty1	00:00	m_uast_envio_mens_periodico
root	679	671	0	10:43	tty1	00:00	m_uast_envio_mens_peticion
root	1142	641	0	11:43	tty2	00:00	-bash
root	1169	642	0	11:48	tty3	00:00	-bash
root	1208	643	0	11:58	tty4	00:00	-bash
root	1235	1208	0	11:59	ttr4	00:00	more configuracion_procesos.cfg
root	1436	1	0	15:00	tty5	00:00	/sbin/mingetty tty5
root	1466	518	0	15:29	?	00:00	in.rshd
root	1467	1466	0	15:29	?	00:00	ps -ef

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra.* (Sin número de página).

Figura 51. Pantalla que muestra los Procesos en ATG/EEP

```

cenamer34# ps -ef|more
UID      PID     PPID    C    STIME   TTY      TIME CMD
root      631     630    0    15:05:22 ?        00:00 sh -c ps -ef
root      645       1    0    10:49:00 pts/1    00:00 ksh
root      648     640    0    10:49:00 ?        00:00 ./sp1
root      671     279    0    10:49:00 ?        00:00 ./m_1001_session_preparation_commands_support_task 1 trace
nolock
root      392     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1002_session_manager_commands_support_task trace nolock
root      393     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1003_pilot_commands_support_task trace nolock
root      394     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1004_update_flight_information_display_task trace nolock
root      395     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1005_flights_movement_task notest trace nolock
root      396     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1006_radar_data_generator_task notest trace nolock
root      397     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1007_radar_message_sender_task notest 01 trace nolock
root      398     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1007_radar_message_sender_task notest 02 trace nolock
root      399     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1007_radar_message_sender_task notest 03 trace nolock
root      400     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1007_radar_message_sender_task notest 04 trace nolock
root      401     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1007_radar_message_sender_task notest 05 trace nolock
root      402     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1007_radar_message_sender_task notest 06 trace nolock
root      403     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1007_radar_message_sender_task notest 07 trace nolock
root      404     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1007_radar_message_sender_task notest 08 trace nolock
root      405     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1007_radar_message_sender_task notest 09 trace nolock
root      406     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1007_radar_message_sender_task notest 10 trace nolock
root      407     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1007_radar_message_sender_task notest 12 trace nolock
root      408     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1007_radar_message_sender_task notest 13 trace nolock
root      409     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1007_radar_message_sender_task notest 13 trace nolock
root      410     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1007_radar_message_sender_task notest 14 trace nolock
root      411     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1007_radar_message_sender_task notest 15 trace nolock
root      412     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1007_radar_message_sender_task notest 16 trace nolock
root      413     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1007_radar_message_sender_task notest 17 trace nolock
root      414     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1007_radar_message_sender_task notest 18 trace nolock
root      415     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1007_radar_message_sender_task notest 19 trace nolock
root      416     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1007_radar_message_sender_task notest 20 trace nolock
root      417     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1007_radar_message_sender_task notest 21 trace nolock
root      418     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1007_radar_message_sender_task notest 22 trace nolock
root      419     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1008_flight_and_fp_ai_control_task notest trace nolock
root      420     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1008_additional_subsystems_ai_control_task notest trace nolock
nolock
root      421     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1009_weather_radar_generator_task notest trace nolock
root      422     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1010_csci_messages_receiver_task nowait trace nolock
root      423     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1012_passive_flights_control_task trace nolock
root      424     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1013_strips_printer_task trace nolock
root      425     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1015_rejected_ai_support_task trace nolock
root      426     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1017_playback_reproducer_task trace nodebug nolock
root      427     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1017_playback_recorder_task trace nodebug nolock
root      428     377    0    09:35:42 ?        00:00 ./m_1018_tower_controller_support_task trace nolock
root      630     129    0    15:05:22 ?        00:00 in.rshd

```

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra.* (Sin número de página).

Figura 52. Pantalla que muestra los procesos PILOTO/TSS

```

cenamer26# ps -ef|more
UID    PID    PPID    C    STIME  TTY      TIME CMD
root    249     1      0    Jan-17 ?        00:01 /usr/lib/dmi/dmispd
root    1080    1076   0    9:32:04 console 00:00 /usr/openwin/bin/xinit -- /usr/openwin/bin/X :0 -auth
/local/cena/piloto/exe/.
root    1166     1     16    9:32:22 console 02:00 graf
root    1178     1      0    9:32:38 console 00:10 interac
root    1081    1080   12    9:32:04 console 36:38 /usr/openwin/bin/X :0 -auth
/local/cena/piloto/exe/.xsun.cenamer
root    1106    1082   0    9:32:21 console 00:00 mwm
root    292     138    0    Jan-17 ?        00:00 /usr/dt/bin/rpc.ttdbserverd
root    1100     1      0    15:05:40 console 00:00 ttssession -s
root    3856    3855   0    9:32:07 pts/1    00:00 rlogin cenamer14 -1 cena
root    23496   23495  0    15:05:23 ?        00:01 sh -c ps -ef
root    1119    1082   0    9:32:42 console 00:00 monitor
root    23497   23496  0    9:32:24 ?        00:00 ps -ef
root    23495    138    0    15:05:40 ?        00:00 in.rshd
root    3797    138    0    9:32:24 ?        00:00 in.rlogind
root    1107    1082   0    9:32:21 console 00:00 dsdm
root    1082    1080   0    9:32:20 console 00:00 sh /local/cena/piloto/exec/.xinitrc
root    1193     1      0    9:33:10 console 00:00 atc
root    3855    3799   0    10:12:35 pts/1    00:00 rlogin cenamer 14 -1 cena
root    20297   138    0    14:17:55 ?        00:00 in.rlogind
root    3799    3797   0    10:11:52 pts/1    00:00 -ksh
root    20299   20297  0    14:17:55 pts/2    00:00 -ksh

```

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra.* (Sin número de página).

Figura 53. Pantalla que muestra los procesos de PILTO1

```

cenamer25# ps -ef|more
UID    PID    PPID    C    STIME  TTY      TIME CMD
root    0       0      0    Jan-17 ?        00:01 sched
root    29056   29031  0    9:32:24 console 00:00 dsdm
root    29046     1      0    9:32:24 tty1    00:00 vkbd -nopopup
root    29068   29031  0    9:32:24 tty1    00:00 monitor
root    29115     1      0    9:32:26 tty1    00:00 graf
root    29142     1      0    9:33:13 tty1    00:00 atc
root    29049     1      0    9:32:24 tty1    00:00 ttssession -s
root    21442    129    0    15:05:40 tty1    00:00 in.rshd
root    276     129    0    Jan-17 tty1    00:00 /usr/dt/bin/rpc.ttdbserverd
root    21444   21443  0    15:05:40 tty1    00:00 ps -ef
root    29030   29029  0    9:32:07 tty1    00:00 /usr/openwin/bin/X >0 -auth
/local/cena/piloto/exec/.xsun.cenamer25:0
root    29127     1      0    9:32:42 tty2    00:00 interac
root    29055   29031  0    9:32:24 tty3    00:00 mwm
root    21443   21442  0    15:05:40 tty4    00:00 sh -c ps -ef
root    29031   29029  0    9:32:24 tty4    00:00 sh /local/cena/piloto/exec/.xinitrc
root    29029   29025  0    9:32:07 tty5    00:00 /usr/openwin/bin/xinit -- /usr/openwin/bin/X :0 -auth
/local/cena/piloto/exec.

```

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra.* (Sin número de página).

3.4.11. Mensajes de error

A continuación se describe la forma de revisar los distintos mensajes de error que pueden presentarse en las posiciones de trabajo del sistema. También se describen dichos mensajes y su significado.

3.4.11.1. SDD

Mensajes que aparecen en la ventana “sys msg”. A continuación se muestran mensajes de diagnóstico y errores que pueden aparecer en la posición de SDD y su interpretación.

Aparecen en el botón “SYS MSG” de la SDD. Cuando se pulsa el botón, aparece una ventana como la que se muestra a continuación, en la que aparecen los posibles mensajes de diagnóstico y error.

Figura 54. Mensajes de la ventana “sys msg”



Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra.* (Sin número de página).

Figura 55. Mensajes de diagnóstico y de error

MENSAJE	DESCRIPCIÓN
Minimum Range %d Nm	Alcance mínimo (en millas náuticas)
Maximum Range %d Nm	Alcance máximo (en millas náuticas)
Decentering Limit Reached	Excedido el límite de descentrado
Error Activating Aid (HFS)	Error de activación de la ventana de situación futura horizontal (HFS)
Extrapolation Time Out Of Range (HFS)	Tiempo fuera de rango: no permite abrir HFS
Error Activating Aid (VFS)	Error de activación de la ventana de situación futura vertical (VFS)
Extrapolation Time Out Of Range (VFS)	Tiempo fuera de rango: no permite abrir VFS
Number Maximum Areas Exceeded	Excedido el número máximo de áreas
LMG Operation Not Allowed	Operación no permitida en creación de mapas locales
Maximum Number Of Points Exceeded (LMG)	Excedido el número máximo de puntos en LMG (número máximo de puntos es 512)
Offline Line	Línea off
Fpcp Not Active	Función Flight Plan Conflict Probe no activa
Time-Out Expired	Fuera de tiempo
Off Route Point	Punto fuera de ruta
Off Airspace Point	Punto fuera de FIR
Route Modification Error	Error de modificación de plan de vuelo
RBL Alarm Function Disabled	Deshabilitada la alarma del LAD
Actual Position Lower Than Request	Posición actual menor que la requerida
Cursor Activation Not Possible (HFS)	Error de posición del cursor de la ventana de posición futura horizontal
Track Not Hooked (VFS)	No se ha seleccionado la pista para presentar la ventana de posición futura vertical
Inactive	Inactivo
Primary Not Hooked	Pista primaria no seleccionada
Interconsole Marker Activation Not Possible	Imposible activar marcador interconsolas
QNH/TI Changed	QNH/Transition Level cambiado
RDP Down	Caida del RDP
RDP Up	Recuperación del RDP
FDP Down	Caida del FDP
Atis Info Changed	AITS modificado
Airmet Info Changed	AIRMET modificado
Metar Info Changed	METAR modificado
Sigmat Info Changed	SIGMET modificado
Speci Info Changed	SPECI modificado
Taf Info Changed	TAF modificado
Area Rest Cancel	Cancelación de área restringida
Area Rest Activated	Activación de área restringida
Clear Zone Met	Borrado de zona meteorológica
Make Zone Met	Creación de zona meteorológica
Impossible Manual Correlation	Imposible Correlación Manual
Manual Distribution Error	Error de distribución manual
LMG Operation Cancellation	Cancelación de la operación de creación de mapas locales
Canceled Restricted Area	Área especial cancelada
Activated Restricted Area	Área especial activada
Operation Not Finished	Operación no terminada
Meteoradar Lack	Pérdida de radar meteorológico
Not Primary Track	Pista no primaria

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra.* (Sin número de página).

3.4.11.2. FDD

En la figura 56 se muestran los mensajes de advertencia presentados por el sistema como respuesta a las acciones del operador en la posición de la FDD.

Figura 56. Mensajes de diagnóstico y error FDD

MENSAJE	DESCRIPCIÓN
Compulsory	Campo obligatorio
Syntactic	Error sintáctico
New Call Sign in Use	El nuevo Indicativo ya está en uso
Rank Error	Error de rango
Unknown Element	Elemento desconocido
Error Field	Error en el campo
Element Not Accessible	Elemento no accesible
Incoherence	Incoherencia (ruta)
Discontinuity	Discontinuidad (ruta)
FIR Time Not Computable	Hora FIR no válida
Boundary Point Expected	Esperado punto frontera
Validate Boundary Point	Validar punto frontera
Impossible Modify ETD	Imposible modificar el ETD
Too Segments	Demasiados segmentos
Too Points	Demasiados puntos
Extraction Error	Error de extracción
Too Sectors	Demasiados sectores
Message Not Allowed	Mensaje no permitido
Incoherent FP Date	Fecha de PV incoherente
Incoherent PPL Date	Fecha de PPL incoherente
Already in Use	Actualmente en uso
Area Not Found	Área no encontrada
Area Already Existing	Área ya existente
Error in Field	Error en campo
Flight Plan Already Exist	Ya existe PV
Full File	Archivo completo
Inaccessible FP	PV inaccesible
Tx msg not permitted	Transmisión no permitida
Error: Line is Offline	Error: Línea es off
Queuing Not Allowed	Encolamiento no permitido
Error: Queue is Full	Error: Cola llena
None Found	No se encuentra ninguno
No Response	No respuesta
Notam already exist	Existe ya notam
Illegal Shape	Contorno de área no permitida
Printer Unavailable	Impresora no disponible
No Data Available	No hay datos disponibles
Exceeded Capacity	Capacidad excedida
Illegal Modify of Active Area	Modificación no permitida de área activa
Restriction not exist	No existe restricción
Erroneous flow element	Elemento de vuelo erróneo
Range error	Error de rango
No exists fp	No existe plan de vuelo
Fp not unique	Plan de vuelo no único
Fp already assigned to slot	Plan de vuelo ya asignado a un slot
Unknown element flow	Elemento de flujo desconocido
Not element overflown flow	Ningún elemento de vuelo sobrevolado
Fp without slot	Plan de vuelo sin slot
Different flow elements for each fp	Diferentes elementos de flujo para cada plan de vuelo
Times overlapping	Tiempos superpuestos
Restriction already exists	Ya existe la restricción
Error in beginning and end	Error al comienzo y final
Error in channel information	Error en el canal de información

Fuente: AIRCON – ICCAE. *Introducción a los sistemas Indra.* (Sin número de página).

CONCLUSIONES

1. Este trabajo de graduación introduce a los nuevos sistemas de redes aeronáuticas para centros de control enfocados a la realidad nacional.
2. El nuevo sistema llena todas las expectativas en el ámbito de control de señales radar en el centro de control, no solo de Guatemala, sino que de todo el mundo; colocando al país a la vanguardia de los centros de control del área.
3. Los nuevos sistemas de cómputo agilizaron el trabajo y dieron mayores márgenes de campo de acción, permitiendo actualizar las funciones a las necesidades.
4. El continuo desarrollo del país dio la pauta de la implementación de esta red LAN en una configuración AIRCON para apoyar el control de la navegación aérea en Guatemala.
5. La calificación adecuada del equipo y su aprovechamiento en la capacidad de integración a futuro de más sistemas de radar, llenan las expectativas con un enfoque a futuro.

RECOMENDACIONES

1. Es necesaria la constante actualización de software y hardware en los sistemas para evitar problemas de repuestos.
2. En cualquier proceso que lleve redes LAN y equipos de cómputo, es importante que se defina el procedimiento de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, para hardware y software.
3. La actualización constante del hardware es elemental para el buen funcionamiento físico de los equipos.
4. Adquirir equipos de marca con funciones específicas para las cuales fueron creadas es lo mejor, tomando en cuenta que el sistema debe funcionar con alta disponibilidad (24 horas y 365 días al año).
5. Las copias o imágenes de los discos de cada posición ayudarán en cualquier eventualidad o para acortar tiempos de reparaciones.
6. Una amplia existencia de repuestos y programas con sus respectivas licencias ayudarán en el proceso de mantenimiento y restauración de equipos.
7. Mantener actualizado el directorio de proveedores (direcciones, correos electrónicos, números telefónicos) es importante para solventar rápidamente las dudas sobre funcionamiento del software de los sistemas o para requerir repuestos de hardware.

BIBLIOGRAFÍA

1. Dirección General de Aeronáutica Civil Guatemala. *Conceptos y principios básicos de radar*. Guatemala: DGAC, 1999. s. p.
2. Escuela Centroamericana de Aeronáutica. *Conceptos y principios básicos de radar y su emplazamiento*. El Salvador: ECAA, 1999. s. p.
3. HERNÁNDEZ RIVAS, Jorge Mario. *Implementación del sistema monopulso de radar y centro de control para el desarrollo de la navegación aérea Guatemalteca*. Trabajo de graduación de Ing. Electrónica. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. 220 p.
4. Indra Sistemas. *Mantenimiento básico de dispositivos basados en Solaris*. España: Indra, 2001. s. p.
5. _____. *Radar maintenance course ASR - 10SS. Student guide book 1 and 2*. Canadá: Raytheon Systems, 1999. s. p.
6. _____. *Sistema de automatización y simulador de entrenamiento, Especificaciones Técnicas*. España: Indra, 1999. s. p.
7. Instituto Centroamericano de Capacitación Aeronáutica. *Evaluadores de radar*. El Salvador: ICAAE, 2010. s. p

8. _____. *Introducción a los sistemas Indra*. El Salvador: ICAAE, 2011. s. p.
9. Organización de Aviación Civil Internacional. *Manual sobre sistemas del radar secundario de vigilancia*. Guatemala: OACI, 1997. s. p.
10. _____. *Telecomunicaciones aeronáuticas. Anexo 10, sistema de radar de vigilancia y sistema anticolidión*. 2ª. ed. México: OACI, 1998. s. p.