

308917

UNIVERSIDAD PANAMERICANA

---

ESCUELA DE INGENIERIA

10

CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



DESARROLLO DE UN SIMULADOR POR  
COMPUTADORA DEL SISTEMA ELECTRICO DEL  
AVION MD-80 PARA USO EN LA CAPACITACION  
TECNICA AERONAUTICA.

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**AREA: INGENIERIA MECANICA**

**P R E S E N T A N :**

**CARLOS ARTURO MUÑOZ ARAMBURU**

**RODRIGO MERODIO RIVAS**

DIRECTOR: ING. RODOLFO BRAVO DE LA PARRA

MEXICO, D. F.

2000  
273249



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*A Carlitos, mi inspiración para ser mejor*

*A Paty, tu amor y apoyo son fundamentales para lograr mis metas*

*A mis padres, por darme la mejor herencia: educación*

*A Rodolfo Bravo, por su amistad y guía en la realización de esta Tesis*

*A mis amigos de la carrera, amigos de por vida*

*... y a todos aquellos quienes confiaron en mí y me brindaron su apoyo incondicional*

*A mis padres por ser un ejemplo de vida.*

*A Ale por apoyo incondicional y su cariño a pesar de mis defectos*

*A mis hermanos por su amistad y preocupación por mí*

*A Rodolfo Bravo como amigo y profesor al dedicar su tiempo y conocimientos para  
ayudar a mi desarrollo.*

*A mis profesores por transmitirme parte de lo que de lo que son para mi crecimiento  
personal y profesional.*

*A mis amigos por la certeza de poder contar siempre con ellos.*

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
--------------------	---

## CAPÍTULO 1

### ANÁLISIS DEL ENTORNO

1.1 Entorno actual de la capacitación técnica aeronáutica .....	6
1.1.1 Método tradicional de capacitación.....	7
1.1.2 Método vanguardista de capacitación .....	8
1.2 Perfil empresarial del CCAA .....	9
1.3 Necesidad de cambiar.....	11
1.3.1 Presentaciones por computadora .....	12
1.3.2 Sistemas interactivos de capacitación asistidos por computadora .....	13
1.3.3 Simuladores por computadora (Bidimensionales) .....	14
1.3.4 Simuladores de componentes (Tridimensionales) .....	14
1.3.5 Simuladores de cabina fija .....	15
1.4 Beneficios de la capacitación asistida por computadora.....	16

## CAPÍTULO 2

### EVALUACIÓN DE OPCIONES

2.1 Mercado de software para la capacitación aeronáutica.....	19
2.2 WICAT.....	19
2.3 Confrontación con necesidades.....	21
2.2.1 Compra.....	22
2.2.2 Desarrollo interno.....	22

## CAPÍTULO 3

### SISTEMA ELÉCTRICO MD80

3.1	Generalidades .....	24
3.2	Sistema de corriente alterna .....	26
3.3	Sistema de corriente directa .....	29
3.4	Sistema de corriente de emergencia .....	31
3.5	Protección de fallas del sistema eléctrico .....	31
3.5.1	Protección diferencial .....	33
3.5.2	Sobrevoltaje .....	33
3.5.3	Bajo voltaje .....	35
3.5.4	Baja frecuencia .....	35
3.5.5	Sobre velocidad .....	36
3.5.6	Barra muerta .....	36
3.5.7	Alimentación cruzada de CA .....	36
3.5.8	Secuencia de fases .....	37
3.6	Componentes del sistema eléctrico .....	37
3.6.1	Generador de CA .....	37
3.6.2	Unidad de velocidad constante .....	37
3.6.3	Reguladores de voltaje .....	38
3.6.4	Umdades de control de generadores .....	38
3.6.5	Unidad de control de barras .....	39
3.6.6	Transformadores rectificadores (TRs) ... ..	39
3.6.7	Baterías .....	40
3.6.8	Cargador de baterías.. ..	40
3.6.9	Inversor de emergencia .. ..	41
3.7	Relevadores de control .....	41
3.7.1	Relevador de transferencia y de carga .....	41

3.7.2 Relevadores de transferencia de energía de emergencia .....	42
3.7.3 Relevador de transferencia de la barra de servicio de tierra.....	42
3.7.4 Relevadores de acoplamiento.....	43

## CAPÍTULO 4

### SIMULADOR ELÉCTRICO MD80

4.1 Generalidades .....	44
4.2 Descripción .....	44
4.2.1 Cabina .....	45
4.2.2 Tableros.....	45
4.2.3 Diagrama esquemático .....	45
4.3 Estructura de programación .....	49
4.4 Costo del proyecto.....	55
4.4.1 Métricas de productividad y costo .....	56
4.5 Manual de usuario .....	57
4.5.1 Requerimientos del programa .....	57
4.5.2 Instalación .....	58
4.5.3 Cómo usar el programa .....	58
4.6 Evaluación de campo. ....	62
4.6.1 Análisis de resultados.....	64

## CAPÍTULO 5

### PERSPECTIVA A FUTURO

5.1 Proyección de necesidades .....	68
5.2 Descripción del proyecto y propósitos .....	68
5.2.1 Descripción técnica del proyecto .....	68
5.2.2 Descripción del producto .....	69

5.2.3	Objetivos del proyecto .....	70
5.3	Estudio del mercado .....	71
5.3.1	Oportunidades que dan origen al proyecto.....	73
5.3.2	Segmentación del mercado .....	74
5.4	Programa de desarrollo .....	74
5.4.1	Lineamientos para el desarrollo de software.....	74
5.4.2	Desarrollo instruccional .....	76
5.4.3	Asistencia técnica.....	78
5.5	Deficiencias y problemáticas que se pretenden resolver.....	78
5.5.1	Oportunidades de crecimiento.....	79
CONCLUSIONES .....		80
ANEXOS .....		82
BIBLIOGRAFÍA .....		130

# INTRODUCCIÓN

El mundo actual ofrece herramientas cada día más modernas que buscan facilitar el trabajo, consiguiendo así, un mejor aprovechamiento del tiempo obteniendo resultados que hace algunos años eran muy complicados de alcanzar, o simplemente “ciencia ficción”. Entre los avances más importantes, y sin duda el más acelerado de nuestro siglo, es la computación. Cada día la computadora se vuelve una herramienta más útil, más versátil, más poderosa y más universal. Sería sumamente complicado nombrar algún sector donde la computadora no haya generado beneficios aún. Por supuesto, como cualquier otra herramienta, será de gran utilidad si se usa de manera adecuada y mientras más conocimiento se tenga de ella se obtendrá un mayor beneficio.

Se podrían escribir libros enteros sobre la historia de la computación y cómo ésta se ha introducido en todo el mundo y en todos los sectores. Sin embargo, el objetivo de este estudio es concentrarnos en la Capacitación Asistida por Computadora (*Computer Based Training* CBT) en la industria aeronáutica.

## **Instrucción Asistida por Computadora (CAI).**

Se le denomina así a la aplicación de tecnologías de computación al proceso de enseñanza aprendizaje. Las aplicaciones de CAI incluyen presentaciones, tutoriales, ambientes simulados, visualización de objetos complejos, y comunicación facilitada por computadora entre alumnos y profesores.

## **Tipos de CAI**

La información que ayuda a la enseñanza o que promueve la interacción puede ser presentada en computadoras en la forma de texto o formatos multimedia, que incluyen fotografías, videos, animación, audio en voz y música.

Los tutoriales, son programas que presentan la información, proponen preguntas a los estudiantes, entregan retroalimentación, y seleccionan preguntas adicionales basadas en las respuestas de los estudiantes.

Las computadoras pueden ayudar a los estudiantes a visualizar objetos que son difíciles o imposibles de ver. Por ejemplo, las computadoras se pueden usar para mostrar la anatomía humana, estructuras moleculares, o bien elementos de los diversos sistemas de un avión.

La exploración y manipulación de ambientes simulados se puede lograr con el CAI. Se pueden realizar acciones que podrían ser costosas o peligrosas en un ambiente virtual. Como ejemplo experimentos de laboratorio o una cabina de avión.

Los sistemas CAI se pueden categorizar dependiendo quién controla la progresión de la sesión. Los primeros sistemas eran presentaciones de información y tutoriales en forma lineal y progresiva, el control estaba directamente en el autor del software. En los sistemas modernos, especialmente en los ambientes simulados y sistemas de visualización el control recae en los estudiantes comúnmente o en el instructor. Esto permite que la información sea revisada o examinada fuera de una secuencia.

### **Ventajas y Desventajas**

El sistema CAI puede incrementar dramáticamente el acceso de los estudiantes a la información. El programa puede adaptarse a las habilidades y preferencias de un estudiante individual e incrementar la cantidad de instrucción personalizada que un estudiante recibe. Muchos estudiantes se han beneficiado de las interacciones con computadoras y del ambiente de aprendizaje privado y de avance individualizado. Más aún, las experiencias de aprendizaje por computadora a menudo promueven el interés de los estudiantes, motivándolos a aprender e incrementar la responsabilidad personal por la educación.

Aunque es difícil asegurar la efectividad de cualquier sistema educacional, numerosos estudios han reportado que el CAI ha sido efectivo resultando en niveles más elevados en

los exámenes, mejorando actitudes de estudiantes y disminuyendo la cantidad de tiempo requerido para dominar determinado material. Los resultados de estudios varían mucho, pero hay evidencia suficiente que el CAI puede mejorar el aprendizaje a cualquier nivel educacional.

Las críticas indican que los sistemas CAI pobremente diseñados pueden deshumanizar la experiencia educacional y por tanto disminuir el interés del estudiante y su motivación. Otras desventajas del CAI resultan de la dificultad y el costo de implementar y mantener los sistemas de cómputo necesarios. Por otra parte, se requiere una capacitación de los estudiantes para el uso de computadoras, y este proceso puede distraer la atención del proceso educativo. Sin embargo, se ha hecho un gran esfuerzo para desarrollar sistemas CAI que sean fáciles de usar e incorporen conocimientos expertos de enseñanza aprendizaje.

## **Historia**

A mediados de la década de los 50's maestros de la Universidad de Standford en California colaboraron con IBM para introducir instrucción asistida por computadora dentro de algunas escuelas. Estos primeros sistemas de CAI eran demasiado limitados, costosos y difíciles de obtener, mantener y usar por las computadoras que existían en esos momentos.

El sistema *Programed Logic for Automatic Teaching Operations* (PLATO) fue uno de los primeros sistemas para asistir la educación, utilizado en la Universidad de Illinois a principios de la década de los 60's y desarrollado por Control Data Corporation. Consistía de una "mainframe" que soportaba más de 1000 terminales para el uso individual de los estudiantes. Para 1985 más de 100 sistemas PLATO se encontraban operando en los Estados Unidos. Entre los años de 1978 y 1985 se registraban 40 millones de horas de utilización de este sistema. El sistema PLATO también introdujo un moderno sistema de correo electrónico entre los alumnos para comunicarse de computadora a computadora.

Con la llegada de computadoras personales más baratas y más poderosas de los 80's el uso de la instrucción asistida por computadora se incrementó dramáticamente. En 1980 sólo el 5% de las escuelas primarias y el 20% de las secundarias tenían computadoras para ayuda a la instrucción. Tres años más tarde estos porcentajes se cuadruplicaron y a finales de la década prácticamente todas las escuelas de todos los países industrializados estaban equipadas con computadoras.

### **La industria aeronáutica**

Actualmente existen muchas empresas que fabrican *software* para esta industria, donde la capacitación continua de sus empleados no sólo es sumamente necesaria ya que son responsables de muchas vidas, también es obligatoria. En el mercado podemos encontrar diversos paquetes de capacitación, así como aerolíneas que han adaptado muchos de éstos en sus centros de adiestramiento. Pero volteando hacia las aerolíneas mexicanas y de toda Latinoamérica, encontramos que la capacitación asistida por computadora apenas comienza a utilizarse o ni siquiera se ha planteado como posibilidad. Por esto, trabajando para el Centro de Capacitación Alas de América, el cual se encarga de la instrucción del grupo CINTRA y de muchas otras aerolíneas que piden sus servicios, se busca formar esta nueva tendencia de capacitación para México y después expandirla al mercado latinoamericano; con el enfoque y las necesidades propias.

Las líneas de actuación apuntan a que los adiestramientos para el personal técnico y administrativo de las mismas, deberán ser complementados con la utilización de Presentaciones por Computadora (PPC), Sistemas Interactivos de Capacitación (SIC's) y Simuladores de Componentes asistidos por computadora. Se trata de sistemas robustos y flexibles orientados al uso de interfaces para entrenamiento.

El **Sistema Interactivo de Capacitación Asistido por Computadora (SIC)** es un sistema que cubre los conocimientos, técnicas y políticas adoptadas por las áreas operativas de las líneas aéreas presentados de manera sencilla, apoyados con animaciones, fotografías,

videos, texto, audio y dibujos. El SIC utiliza herramientas de cómputo para introducir conceptos didácticos de detalle, con una gran uniformidad y al mismo tiempo resuelve cualquier complejidad a un costo reducido.

Los **Simuladores de Componentes Asistidos por Computadora (SC's)**, son sistemas que muestran los conocimientos, técnicas y procedimientos para aumentar la capacidad de respuesta de los operarios a diversas situaciones exógenas, lo cual presenta la práctica y operación sin la toma de riesgo de usuarios y equipos, así como reforzar las habilidades y conocimientos del usuario mediante el uso de paneles representativos de los utilizados en el equipo de vuelo.

A lo largo de esta tesis se explicarán las razones por las que se decidió iniciar con simuladores de cada uno de los sistemas del avión, comenzando por el sistema eléctrico del avión MD-80. También se explicará como el funcionamiento del sistema eléctrico y el desarrollo de su simulador, así como el modo de usar éste. Para finalmente analizar el futuro de esta propuesta.

En el primer capítulo se presenta un análisis del entorno actual de la capacitación aeronáutica en México y el mundo. Se describen las necesidades y tendencias de desarrollo en esta área. El capítulo segundo consiste en evaluar las distintas opciones que se le presentan a Grupo CINTRA para hacer frente a las necesidades presentes y futuras de capacitación técnica. Se realiza un estudio comparativo entre las opciones de compra de software contra el desarrollo interno del mismo. En el tercer capítulo, titulado Sistema Eléctrico MD80, se hace una descripción general de la operación y características del sistema sobre el cual se realizó la simulación por computadora. En el capítulo cuarto se explica la realización de la programación del Simulador. Se describe la estructura de la programación. El lector puede encontrar aquí la forma de cómo utilizar el *software* de simulación desarrollado. En el mismo capítulo se encuentra una evaluación del impacto en la capacitación que ha tenido el simulador. Finalmente, en el quinto capítulo, se proyecta una perspectiva a futuro de la capacitación técnica con el nuevo enfoque informático.

# CAPÍTULO 1

## ANÁLISIS DEL ENTORNO

### 1.1 Entorno actual de la capacitación técnica Aeronáutica.

La industria aeronáutica, más que la mayoría, exige una calidad muy estricta en todos sus sectores. No se permiten demoras, la atención al cliente debe ser excelente el estado de los aviones tiene que mantenerse como si fueran nuevos aun contra el desgaste que sufren por las muchas horas de vuelo. Y, por supuesto, no se permiten errores ni descuidos ni contemplaciones, ya que un error puede causar la pérdida de muchas vidas humanas.

Por estas razones es imprescindible y obligatoria la capacitación continua de todas las personas que participan en esta industria.

La capacitación técnica impartida a los pilotos, sobrecargos y mecánicos son las que cobran la mayor fuerza, por la importancia que tienen éstos con la seguridad de la aeronave. Por supuesto los que adquieren una mayor responsabilidad serán los pilotos y los mecánicos. Los primeros deben conocer perfectamente el funcionamiento y la operación de los diferentes sistemas del avión, conocer los diferentes procedimientos anormales y de emergencia y son ellos quienes adoptan la responsabilidad directa del avión en el aire. Los mecánicos siendo quizás los menos amparados por las empresas por ser la parte oculta hacia los clientes, son quienes tienen que dominar más información, aprender a manejar varios manuales y comprender el funcionamiento, los servicios y la reparación de una de las máquinas más complejas del mundo actual (los aviones).

De esta manera la gente que trabaja en una aerolínea debe ser alguien altamente

preparada. Y cualquier error se ha pagado con la vida propia o de otros, con la cárcel o con un despido de la empresa.

Aquí es donde un centro de capacitación aeronáutica se vuelve indispensable y muy importante. Existen diversos centros de capacitación aeronáutica, donde normalmente los más reconocidos son los propios fabricantes como: Boeing, McDonnell Douglas, Airbus, Allied signal, Pratt and Whitney, Honeywell, etc.

Pero sería incosteable el intentar que todos los empleados de una aerolínea tomaran capacitación continua con los fabricantes, además estos centros no tienen la capacidad de recibir tanta gente. Por esta razón las aerolíneas grandes han optado por crear sus propios centros de capacitación y las más pequeñas tienen a éstos como otra opción para el desarrollo de sus empleados.

### **1.1.1 Método tradicional de capacitación**

Para la comparación de metodologías nos vamos a basar en la capacitación dedicada a pilotos y técnicos de mantenimiento por ser la que se pretende atacar en este documento.

Por método tradicional entendemos un sistema en el cual el curso demanda la presencia del instructor el 100% del tiempo, donde éste tiene la consigna de explicar el tema ocupando la mayoría del tiempo en su aportación al grupo con poca participación de éste utilizando material didáctico muy limitado y repetitivo, como acetatos, películas y el pizarrón.

En este tipo de cursos se maneja demasiada información en poco tiempo y el único estímulo con que se cuenta para motivar al alumno es el que el instructor pueda inyectarle. Por esto es una forma que desgasta mucho al instructor y la retención que se tiene por los alumnos no es la deseada.

Otra limitante que presenta es la poca práctica que se puede incluir en el temario del curso. El hecho de que el alumno esté en contacto directo con el avión y pueda realizar las pruebas o los procedimientos que aprende en el aula es muy importante para la

formación de aprendizajes significativos de los sistemas.

Los pilotos tiene la opción de volar con asesores o el uso de los simuladores. Pero es imposible mantener la continuidad en este tipo de prácticas, por la disponibilidad de los equipos y el costo que representa.

Para los mecánicos, la única opción es cuando el avión se encuentra en tierra, y como la operación es la prioridad es difícil tener el avión para capacitación el tiempo necesario, y aún así, cuando se tiene existen infinidad de pruebas que no se pueden realizar. En consecuencia se observa que este método tiene muchas limitaciones.

### **1.1.2 Método vanguardista de capacitación**

Con el conocimiento de los principales centros de capacitación aeronáutica del mundo, hemos observado varias formas de implementar tecnología a los métodos de capacitación. Los cuales no sólo facilitan el aprendizaje, sino que también liberan la carga de trabajo del instructor frente a su grupo.

Los centros de capacitación de los fabricantes cuentan con una ventaja sobre los demás, éstos tienen a su disposición las plantas de producción, ensamble y pruebas, lo cual se convierte en una herramienta de instrucción excelente. La cual no puede ser utilizada por los centros de capacitación de las aerolíneas

Pero este no es el único método para mejorar la instrucción, existen otros medios que puede disponer cualquier centro de capacitación aeronáutica y que tanto los fabricantes como las aerolíneas los utilizan. Cada quien a su estilo, su gusto y su capacidad. Medios como:

- Simuladores móviles
- Simuladores de cabina fija
- Simuladores de componentes
- CBT's (Entrenamiento Basado en Computadoras)
- Presentaciones por computadora

Los cuales serán descritos en la sección 1.3. Presentan una opción para aumentar la práctica en los cursos, sin depender de la disposición del avión. Esto se puede traducir en una mejor capacitación donde el alumno interactúa más con los sistemas del equipo y tiene la disposición de adiestramiento más frecuente; y el instructor no tiene que permanecer el 100% del tiempo frente al alumno, lo cual permite que se encargue de un mayor número de alumnos y además transforme su trabajo por la necesidad de utilizar y desarrollar estos medios.

## **1.2 Perfil Empresarial del CCAA**

El Centro de Capacitación Alas de América se constituyó legalmente el 23 de abril de 1996.

Inicia sus operaciones como empresa del grupo CINTRA el 16 de agosto del mismo año. Siendo su misión principal el dar capacitación a todas las empresas de dicho grupo; esto es, impartir instrucción de la más alta calidad para compañías de la rama aeronáutica, satisfaciendo, en primera instancia, las necesidades del grupo y después vendiendo sus servicios a empresas externas.

Sus innovaciones van dirigidas a dar el mejor servicio de capacitación al cliente en el mercado nacional y latinoamericano. Ocupa el primer lugar en ventas de capacitación y adiestramiento en el mercado nacional y Latinoamericano.

La empresa está conformada por gente preparada. De 141 empleados, 110 tienen nivel licenciatura y 37 tienen el grado de maestría. Se cuenta, además, con el apoyo de 140 instructores externos con la experiencia en las líneas de operación de las empresas y cuentan con un proceso permanente de actualización tecnológica. La comunicación es abierta, se utiliza el correo electrónico en línea directa (comunicación escrita a través de buzón), tiene un órgano interno de comunicación que se edita cada mes llamado "Punto de Encuentro"

Los cambios nunca han sido dramáticos. Se contrata personal para que se forme en la empresa. Por política de empresa, nunca se contrata personal de la competencia, de los clientes, ni de los proveedores. La idea es hacer crecer a la gente dentro de la filosofía de innovación en el servicio de la empresa. Se capacita para que desarrollen sus habilidades, de las cuales dependen la seguridad y confort de millones de pasajeros.

Los antecedentes inmediatos del Centro de Capacitación ALAS DE AMÉRICA fueron:

- Universidad Aerovías A.C.: AeroMéxico y Filiales.
- Gerencia Corporativa de Capacitación y Desarrollo: Mexicana de Aviación y Filiales.

Actualmente el Centro ha crecido y se vio en la necesidad de extenderse al interior de la República para brindar un mejor servicio. Cuenta con sedes en: México, D.F., Guadalajara y Monterrey.

Es responsable de los procesos de integración corporativa, formación profesional, capacitación técnica y desarrollo humano del personal de las ocho empresas del grupo CINTRA al proporcionar programas de desarrollo y capacitación a ejecutivos, mandos medios, empleados y trabajadores. Solamente en el año de 1997, se impartieron 4288 cursos a un total de 37,082 participantes, este esfuerzo representó una inversión de 151,200 horas-hombre, con un 44% más que las 105,000 horas-hombre invertidas en 1996.

Ofrece servicios de capacitación técnica y desarrollo a otras empresas aeronáuticas de México y Latino América.

Busca ser la mejor opción de capacitación para las empresas del grupo CINTRA, que se distinga por su capacidad innovadora:

- En términos de calidad y costo - beneficio
- En el campo tecnológico para la formación de recursos humanos
- En instalaciones y equipo de vanguardia

Busca también ser la empresa líder en materia de capacitación y desarrollo para la industria de la Aviación en América Latina.

Tiene como propósito integrar y potenciar el talento y la experiencia del elemento humano de las empresas del Grupo CINTRA, con el propósito de elevar su calidad de vida y contribuir al logro de sus objetivos individuales, organizacionales y de la comunidad, fomentando su asimilación a una cultura corporativa

Con la creación del Grupo CINTRA, de la mano surge el Centro de Capacitación Alas de América, con la consigna de impartir el adiestramiento a los empleados de todas las empresas del grupo. Y ahora con una mayor exigencia de calidad y actualización en los métodos.

El CCAA cuenta con un reconocimiento a nivel nacional por la autoridad aeronáutica DGAC (Dirección General de Aeronáutica Civil), lo cual abre las puertas al mercado nacional e internacional.

Pero el reconocimiento más importante es el obtenido por la experiencia que las empresas externas al Grupo CINTRA han tenido en los cursos de capacitación técnica que se les ha impartido, pudiendo contar entre ellas a:

- Presidencia ( México )
- Dinair ( Argentina )
- Aserca ( Venezuela )
- Aerpostal ( Venezuela )
- LanChile ( Chile )
- Servicios de Tierra de Luftansa ( Chile )
- Canadian Airlines ( Canadá )
- Delta ( E.U. )

Desde los inicios del Centro de Capacitación (anteriormente trabajando como instituciones separadas para Aeroméxico y Mexicana), éste se ha distinguido por el profesionalismo y la otra calidad en sus servicios. Pero poco a poco se enfrascó en un

método tradicional para la impartición de los cursos, el cual presenta muchas desventajas con respecto a los métodos actuales utilizando avances tecnológicos importantes.

### **1.3 Necesidad de cambiar**

Por las propias exigencias del medio aeronáutico, como ya dijimos, es necesaria una capacitación de calidad indiscutible.

Pero la apertura de los mercados, el desenfreno que se vive por la demanda de información, el vértigo de los avances tecnológicos y el conocimiento de la competencia extranjera. Exigen, al igual que a todas las empresas, la necesidad por ser competitivo mundialmente o de otra forma desaparecer.

Por esto en que la fórmula de instrucción manejada anteriormente por el Centro de Capacitación Alas de América (CCAA), la cual funcionaba, ahora se vuelve obsoleta. En estos momentos existen muchas ayudas aplicadas ya por la competencia, las cuales generan una capacitación más significativa. Y como en todo, la tecnología se aplica cada vez más rápido y mientras más pasa el tiempo sin adoptarla, el atraso se vuelve exponencialmente superior.

Aún más, esta no es la única razón que tiene el Centro de Capacitación Alas de América para buscar opciones para incluir estos avances en sus cursos, ya que Aeroméxico al conocer la forma de trabajar de la competencia exigió, a principios del año, que se debía implementar Entrenamiento Asistido por Computadora (CAT) para todos los cursos, iniciando con el área de pilotos.

Esta exigencia genera en el Centro de Capacitación una preocupación de mejora en este renglón, lo que origina beneficios al comprarse equipo de cómputo y cañones proyectores, y se inicia una búsqueda alocada por comprar software de capacitación aeronáutica para satisfacer de inmediato al cliente, sin analizar la opción de desarrollo interno.

No existe duda que para el Centro de Capacitación Alas de América sobrevivir significa cambiar. Lo que no es tan sencillo es decir cómo hacerlo y qué modificaciones en la estructura y en la gente traerá consigo.

Por la capacidad de espacio y de gasto que tiene el Centro de Capacitación Alas de América se presenta como la mejor opción de cambio la implementación de lo que denominaremos CAT (Entrenamiento Asistido por Computadora) y simuladores de componentes y de cabina fija.

### **1.3.1 Presentaciones por computadora**

Estas son utilizadas como sustitutos de los acetatos, proyectándolas sobre una pantalla y usándolas como apoyo a la clase. Estas presentaciones son hechas en programas como Power Point, el cual es diseñado para este tipo de trabajo. Mediante esta herramienta se puede tener toda la esencia de una clase como la presentada en los acetatos, pero con muchas ventajas:

- Son proyecciones a color, lo que da una mejor idea del componente y además es más atractivo para el alumno.
- Para el análisis de esquemáticos es muy útil, ya que se pueden ver gran variedad de situaciones y regresar a éstas cuando se desee, mientras que en el acetato se tiene que iluminar cada situación.
- Se puede incluir dentro de éstas, presentaciones con animación para explicar de una manera más clara el funcionamiento de componentes.
- El estímulo agregado a los alumnos es mucho mayor, lo que les facilita su atención por más tiempo.

Este medio es una mejora donde el costo no es tan alto, pues prácticamente cualquier instructor es capaz de dominar este tipo de programas y así desarrollar sus propios materiales para cada uno de sus cursos.

### **1.3.2 Sistemas interactivos de capacitación asistidos por computadora**

Son una presentación secuencial por computadora de los temas de interés para el alumno, donde éste toma sus clases de manera individual e independiente, avanzando a su propio ritmo. Cubre los conocimientos, técnicas y políticas de operación y mantenimiento de los aviones de las líneas aéreas. Presentados de manera sencilla, apoyados con animaciones, fotografías, videos, texto, audio y dibujos. Se ejecuta en sistema de computación multimedia con toda la sofisticación y dinamismo.

Utiliza herramientas de cómputo para introducir conceptos didácticos de explicación de detalle, con claridad, con una gran uniformidad y al mismo tiempo resuelve cualquier complejidad a un costo reducido al existir flexibilidad en el análisis.

Estos sistemas incorporan las siguientes funciones:

- Explicación automática de la operación
- Explicaciones del contenido del material que utilizan imágenes, audio, esquemas, fotografías y animaciones.
- Sistemas de navegación con el uso de técnicas de simulación en tiempo real y modelación en tres dimensiones
- Manejo de índices
- Manejo de herramientas para localizar información
- Glosarios
- Ayuda en línea
- Administración de la capacitación y evaluaciones
- Evaluaciones rápidas de avance del conocimiento bajo la supervisión del instructor.

### **1.3.3 Simuladores por computadora (bidimensionales)**

La característica principal de estos simuladores es la interactividad entre el usuario y el tablero de control de un sistema específico, el cual se encuentra directamente en la pantalla de una computadora.

El simulador bidimensional familiariza al usuario con las funciones de un sistema controlado desde cabina de pilotos. Aprende los controles, componentes y funciones del sistema en lecciones que lo conducen paso a paso.

Después del curso el usuario está capacitado para operar el sistema durante un vuelo típico.

### **1.3.4 Simuladores de componentes (tridimensionales)**

La característica principal de estos simuladores es la interactividad entre el usuario y el tablero de control de un sistema específico, el cual se encuentra en apariencia física (adicional a la computadora) similar al de un avión, interactuando con la computadora que muestra el comportamiento de los sistemas involucrados.

El simulador tridimensional desarrolla las destrezas del usuario en la manipulación de los controles del sistema y en las respuestas de los indicadores en la cabina de pilotos y espacio de pasajeros.

Después del curso, el usuario está adiestrado para operar el sistema durante un vuelo típico.

Estos simuladores dan al usuario una experiencia más realista capacitándolo para transferir sus conocimientos a aplicaciones de la vida real fortaleciendo su retención. El sistema estimula al usuario a través de simulaciones dándole la sensación de ejecutar procedimientos como si estuviera en una cabina de vuelo, sujeto a variables exógenas.

Los avances recientes en tecnología de la información y comunicación han visto la

introducción de sistemas de realidad virtual en PC's para una amplia gama de aplicaciones, usando visualizaciones en tres dimensiones y técnicas de simulación. Lo anterior es muy común en el diseño y desarrollo de productos, procesos e instalaciones; la realidad virtual tiene implicaciones muy importantes para la capacitación.

Una de las principales diferencias sobre otras formas de sistemas generadas en computadora es la habilidad de duplicar el mundo real. Si uno se involucra en la interacción con objetos simulados, la realidad virtual permite y responde realísticamente al estímulo del usuario.

### **1.3.5 Simuladores de cabina fija**

Consisten de una réplica de apariencia física de las cabinas de vuelo que permiten la interactividad del usuario con el conjunto de tableros, controles e indicadores de todos los sistemas que conforman el equipo de vuelo.

Estos simuladores sustituyen el uso de simuladores de vuelo completos reduciendo dramáticamente el costo por hora de entrenamiento de los simuladores físicos disponibles en CCAA y los proveedores internacionales.

Los simuladores de cabina fija están diseñados principalmente para entrenar a los pilotos en la operación de los sistemas de Administración de Vuelo (FMS) y Control Automático de Vuelo.

El entrenador de cabina fija ofrece a los pilotos una experiencia realista que les ayuda a dominar rápidamente los sistemas de vuelo complejos. Igualmente acelera la transición de los pilotos hacia los sofisticados aviones de "cabina de cristal", proporcionando un ambiente de aprendizaje con menor costo que los simuladores "full flight".

## **1.4 Beneficios de la Capacitación Asistida por Computadora**

En las secciones anteriores se ha hablado de todas las cualidades de la capacitación

asistida por computadora y de todas las variantes que se presentan en la capacitación aeronáutica. Pero además de la obligación que tiene el Centro de Capacitación Alas de América por implementarlo, dado la demanda de su cliente principal (Aeroméxico). En esta sección analizaremos los beneficios que adoptaría la empresa.

El centro de Capacitación Alas de América, a través del uso de entrenadores simulados, Presentación por Computadoras, y de la implementación del adiestramiento asistido por computadora ( SIC ) se vería beneficiado en muchos aspectos. Algunos de éstos son los siguientes:

- **Reducción en los tiempos de adiestramiento:** Se ha comprobado que a través de la implementación de estos sistemas se reduce aproximadamente de 30% a 50% el tiempo de capacitación dirigida por un instructor, lo que se traduce en una mayor disponibilidad de los alumnos y de los instructores.
- **Ahorro de gastos:** Se puede sustituir parte del adiestramiento en Simuladores de Vuelo mediante la implementación del SIC y el uso de entrenadores simulados.
- **Mejora en la retención de la información:** El adiestramiento a través del SIC y entrenadores simulados es perfectamente consistente hacia los usuarios. De acuerdo a lo publicado por la FAA, a través de este tipo de adiestramiento se da un adiestramiento más profundo que permite una alta transferencia de habilidades, conocimientos y ayuda a la toma de decisiones de las tripulaciones.
- **Altos niveles de aprendizaje:** Los usuarios obtienen más altos niveles de aprendizaje cuando tienen adiestramiento práctico en equipos donde pueden interactuar con los sistemas simulados del avión.
- **Flexibilidad de adiestramiento:** El adiestramiento puede ser dado a través de redes de comunicación y equipos portátiles en cualquier lugar donde el adiestramiento sea requerido.
- **Consistencia:** Los usuarios, a través de este tipo de adiestramiento, reciben lecciones completas y consistentes.

- **Reducción de requerimientos de instructores:** El tiempo y esfuerzo de adiestramiento guiado por un instructor se reduce considerablemente.
- **Flexibilidad para los usuarios:** Los usuarios pueden recibir la capacitación en las estaciones del SIC en el momento que su actividad laboral lo permita. El sistema tiene la flexibilidad de que una lección puede ser completada en varios días.
- **Mejora en la motivación:** Los medios interactivos han demostrado que los usuarios presentan un mayor interés y motivación hacia el estudio de los objetivos.
- **Usos múltiples:** El SIC y los entrenadores simulados pueden ser usados en diferentes formas:
  - a) Capacitación autodidacta
  - b) Certificación o calificación
  - c) Cursos periódicos
  - d) Ayuda didáctica para instructores
- **Seguimiento administrativo de cursos:** El desarrollo y efectividad de los adiestramientos puede ser monitoreada y estar disponible para que sea revisada por los instructores.
- **Duración con base en las necesidades del usuario:** Cada usuario desarrolla la lección a su propia velocidad de acuerdo a su conocimiento, experiencia y capacidad de aprendizaje. Usuarios con diferentes niveles de conocimiento y experiencia reciben las mismas lecciones con la duración que cada uno requiera. Los usuarios que requieran revisar cualquiera de las lecciones pueden hacerlo sin necesidad de afectar a otros usuarios.
- **Certificación:** El Centro de Capacitación Alas de América requiere de soluciones que sean certificadas, apropiadas y confiables. Los productos desarrollados son una plataforma de hardware y software que se diseña para satisfacer las necesidades específicas de los clientes. Se utiliza documentación y datos directamente de los fabricantes, el código de diseño facilita que los sistemas sean fácilmente actualizados y expandidos.

## CAPÍTULO 2

### EVALUACIÓN DE OPCIONES

#### 2.1 Mercado de software para la capacitación aeronáutica

En la actualidad se puede encontrar un gran número de proveedores de software orientado a la capacitación aeronáutica. Entre éstos existen productos de muy diversas calidades, precios y características, orientados a satisfacer necesidades diferentes. Pero la capacitación dentro de las aerolíneas mexicanas y latinoamericanas aún se imparte sin el uso de estos recursos lo cual hace a este mercado muy atractivo para todos los que compiten en la industria de este tipo de software especializado.

#### 2.2 WICAT

Más del 80% de las aerolíneas del mundo que usan CBT usan productos de WICAT. Tiene productos de los principales aviones comerciales para la capacitación de pilotos, técnicos de mantenimiento y sobrecargos. Con base en Lindon, Utah, y oficinas europeas en Fleet, UK, es el líder mundial en capacitación asistida por computadora para la industria aeronáutica. Por quince años ha distribuido productos de CBT a las principales aerolíneas, fabricantes y centros de capacitación alrededor del mundo. Algunos de sus principales clientes son: Airbus Industrie, Boeing Commercial Airplane Group, CAE, Finnair, McDonnell Douglas, SAS, Swissair, Singapore Airlines, Delta Airlines y United Airlines.

Para generar un punto de comparación se muestra un presupuesto realizado por WICAT para cubrir las necesidades del Centro de Capacitación Alas de América.

Adiestramiento a pilotos:

757/767 flight crew bundled	\$ 250,000 USD	
757/767 FMS blunded	\$ 350,000 USD	
MCP device 757/767	\$ 15,000 USD	
CDU device 757/767	\$ 10,000 USD	
Guided Practice Application	\$ 25,000 USD	
Building guded practice scenarios	\$ 30,000 USD	
MD-80 PM overview	\$ 35,000 USD	
MD-80 DFGS	\$ 95,000 USD	
MD-80 Safety and emergencies	\$ 55,000 USD	
MD-80 FMS simulation	\$ 195,000 USD	
FGCP device	\$ 15,000 USD	
MCDU device	\$ 10,000 USD	
Guided Practice Application	\$ 25,000 USD	
Building guded practice scenarios	\$ 30,000 USD	
A-320 Flight Crew	\$ 295,000 USD	
A-320 Safety and emergency	\$ 30,000 USD	
A-320 2D system simulation site license	\$ 350,000 USD	
A-320 FMGS 2D simulation site licence	\$ 300,000 USD	
A-320 3D FMGS part task trainer	\$ 300,000 USD	
Subtotal (Pilotos)		\$ 2,415,000 USD

Adiestramiento para sobrecargos

757/767 Flight Attendant bundled	\$ 40,000 USD	
Cabin services, Mixed drinks	\$ 15,000 USD	
Dangerous goods	\$ 19,000 USD	
A-320 Flight Attendant	\$ 30,000 USD	
Subtotal (sobrecargos)		\$ 104,000 USD

### Adiestramiento para mecánicos

757/767 Maintenance bundled	\$ 350,000 USD	
MD-80 CBT courseware	\$ 300,000 USD	
A-320 CBT courseware	\$ 300,000 USD	
Principles of troubleshooting	\$ 150,000 USD	
Subtotal (mecánicos)		\$ 1,100,000 USD
<b>Total</b>		<b>\$ 3,619,000 USD</b>

Si el Centro de Capacitación Alas de América decidiera comprar el software tendría que hacer una inversión millonaria, a lo cual se tendría que agregar la inversión en equipo (hardware). De esta manera, aun pensando en buscar otro proveedor más barato, lo que repercutiría en la calidad del producto, se ve difícil de realizar. O se tendría que hacer paulatinamente y el retorno de la inversión sería larguísimo.

### **2.3 Confrontación con necesidades.**

El Centro de Capacitación Alas de América, presionada por sus principales clientes (Aeroméxico y Mexicana), ha comenzado a buscar opciones para implantar los nuevos avances tecnológicos en el área de la computación como herramienta para impartir su capacitación. Para este propósito se necesita un proyecto que cubra sus necesidades y, a la vez, se adecue a la realidad de la empresa:

- a) Obtener productos para cada uno de los aviones que las empresas del grupo manejan
- b) Diferentes productos para pilotos, sobrecargos y mecánicos.
- c) Presentaciones y simuladores para asistir al instructor en clase y CBT's para el estudio individual.
- d) Información en español
- e) Flexibilidad de los programas para que cada instructor pueda agregar puntos que le parezcan importantes.
- f) Poder implantar este nuevo sistema de capacitación lo más pronto posible.

- g) Que la inversión en este proyecto sea coherente con el presupuesto de la empresa
- h) Que la inversión sea redituable lo antes posible y que genere un valor económico agregado.

### **2.3.1 Opción de compra.**

Los más importantes competidores son las empresas WICAT, Thompson, TRO y CPAT, proveedores de este servicio a nivel internacional, pero no especializados en el mercado latinoamericano. Por lo anterior, es innegable que ALAS DE AMÉRICA tiene un futuro prominente en esta área de servicio, principalmente porque estas empresas ofrecen sistemas cerrados, inflexibles y poco compatibles, que no permiten mejoras y retroalimentación por los usuarios.

Además, los módulos de actualización resultan costosos, no obstante que el precio del software tiende a disminuir a nivel mundial, el software especializado para este tipo de industria muestra la tendencia contraria.

### **2.3.2 Opción de desarrollo.**

La competencia directa no es cuantificable, ya que no existe ninguna otra empresa dedicada a las actividades de capacitación, asesoría y asistencia técnica en idioma español, por lo que, el otorgar un servicio innovador y útil abre todas las posibilidades de participación en los diferentes mercados.

El desarrollar el propio software, por supuesto, es mucho más lento que el comprarlo pero tiene muchas ventajas, sobre todo, para una empresa que no tiene la capacidad de invertir de manera inmediata cantidades muy fuertes. El hacer los programas daría una gran flexibilidad para realizar las mejoras necesarias de acuerdo a los comentarios de los usuarios. Además, al ser los dueños del software se podría vender mucho más fácil la capacitación a otras empresas y el mismo software. Lo que generaría importantes beneficios. Otra ventaja de desarrollar es que algunos aviones del Grupo CINTRA al ser antiguos (DC-9 y B727) no se consiguen programas de la calidad de los actuales. Al

realizarlos dentro de la empresa se podrían obtener con excelente calidad y con la configuración específica de los aviones propios. Y al ser este tipo de aviones muy comunes dentro de las aerolíneas latinoamericanas se obtendría una ventaja competitiva frente a los demás proveedores.

## CAPÍTULO 3

### SISTEMA ELÉCTRICO

#### 3.1 Generalidades

El sistema de energía eléctrica del avión consiste de un sistema de generación y distribución de energía de CA de 115/200 voltios, 400Hz, trifásica, que proporciona corriente a las barras normales y de emergencia de CA. Para los circuitos de control, iluminación y otras cargas que requieren de CD; la energía de 115 voltios de CA de las barras de distribución, se convierte a 28 voltios de CD por medio de transformadores rectificadores.

Para los instrumentos, los 115 voltios de CA se reducen a 28 voltios de CA monofásica; por medio de transformadores monofásicos.

Cuando el sistema principal de distribución está desenergizado, para arrancar el APU y ciertas partes del sistema de CD la energía se suministra por dos baterías.

Cuando todas las fuentes de abastecimiento de CA se han perdido, un inversor energizado por la barra directa de la batería, abastece CA de 115 voltios, 400 Hz, monofásica, para corriente de emergencia. El inversor también provee de CA al sistema de reabastecimiento de combustible cuando no se tiene disponible la energía eléctrica normal.

Se tiene un cargador de baterías, que es energizado por las barras de servicio de tierra de CA, que mantiene las baterías cargadas. Vea la figura 3.1 para ubicación de los principales componentes.

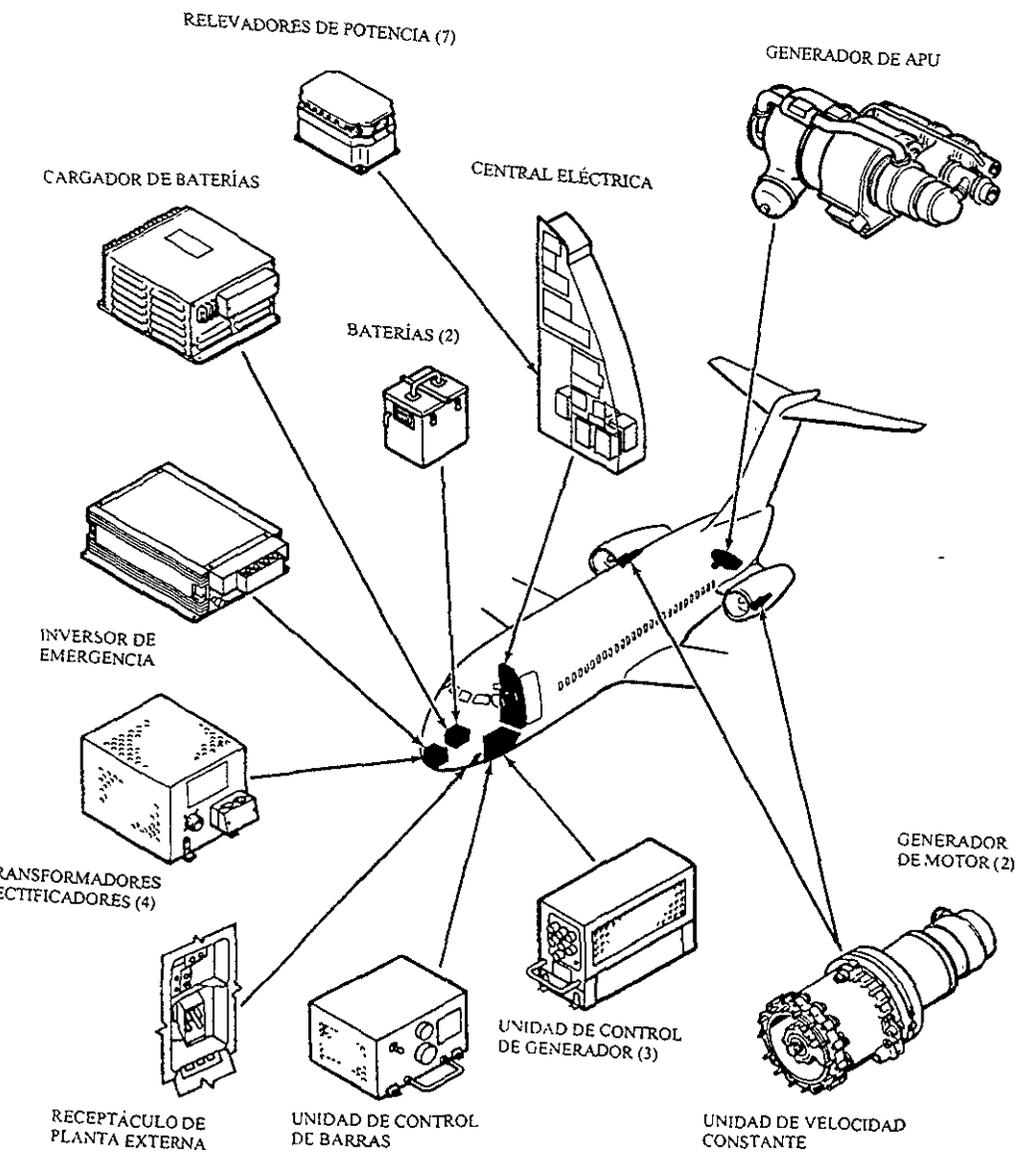


Figura 3 1

Localización de los componentes del Sistema Eléctrico

## 3.2 Sistema de Corriente Alterna

La energía de CA la abastece normalmente cualquiera de los 3 generadores del avión; uno instalado en cada motor y otro en el APU.

Cada generador puede entregar 40KVA de salida máxima continua y es capaz de abastecer más energía que la necesaria para la operación de los sistemas eléctricos esenciales, en caso de falla de los otros dos generadores.

El circuito de control de cada generador tiene incorporada una protección contra falla para desconectarlo automáticamente de su barra y desenergizarlo en el caso de falla de ciertos circuitos.

Al jalar las manijas de extinción de incendio también se desenergiza el generador.

El generador puede ser reajustado por medio de su interruptor de control GEN, cuando la falla se corrige (debe colocarse en su lugar la manija de extinción de incendio, si fue jalada).

El sistema de distribución de CA está dividido en dos sistemas separados, operando en forma independiente uno de otro, pero con capacidad de interconexión.

Los generadores izquierdo y derecho abastecen de energía a sus barras correspondientes para la distribución a sus sistemas respectivos. La energía del generador del APU puede dirigirse a ambas barras de generadores simultáneamente cuando ninguno de los generadores de los motores esté operando, o directamente a la barra de servicio de tierra de CA, cuando se requiera únicamente corriente para el servicio de tierra. La figura 3.2 muestra un diagrama simplificado de la distribución de Corriente Alterna.

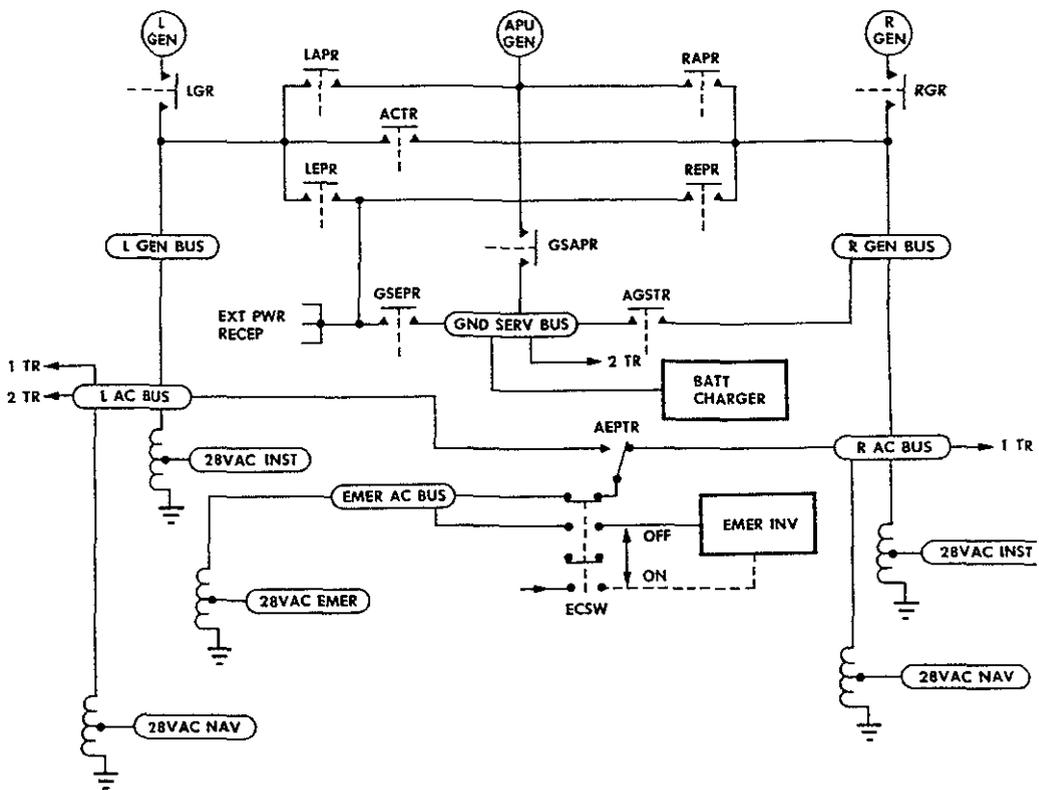


Figura 3.2  
Distribución de Corriente Alterna

Las cargas de la bomba hidráulica auxiliar, ventiladores de tierra, estabilizador horizontal y energía a las cocinas, son abastecidas directamente de las barras de los generadores.

En el sistema izquierdo la energía restante se dirige a las barras de CA para abastecer de energía a las cargas pequeñas de CA monofásicas y la energía para los transformadores rectificadores.

El sistema derecho es idéntico, con la excepción de que parte de la energía se dirige a través de la barra de servicio de tierra de CA. La barra derecha de CA abastece la energía restante para ese lado. La barra de servicio de tierra de CA, proporciona el medio para abastecer energía a los circuitos necesarios para las operaciones de servicio de tierra, sin tener que energizar el resto del sistema eléctrico.

La barra de CA, del servicio de tierra, se abastece a través de su tablero de control con la planta de corriente externa o con el generador del APU, en caso de que no esté energizada la barra del generador derecho y a su vez abastece de energía al cargador de las baterías y al transformador rectificador derecho número 2.

Cuando la barra del generador derecho está energizada, la barra de servicio de tierra de CA funciona como parte de la barra derecha de CA, recibiendo energía directamente de la barra del generador derecho.

Cuando se desee, todas las barras de CA pueden energizarse a través del receptáculo de energía externa.

Se tiene un control de prioridad de distribución de energía de CA. Esto es, si el generador del APU está abasteciendo energía a una barra y se conecta el generador de motor a esa barra, el generador del APU automáticamente se cortará de la barra, si se está abasteciendo energía del exterior a una barra y ya sea cualquier generador principal o de APU se conecta a esa barra, la energía externa automáticamente se desconectará de la barra y el generador tomará la carga de esa barra.

El corte de un generador, por cualquier razón que no sea una falla en la barra de ese generador, automáticamente pasará la carga al otro generador operativo. Si un generador queda inoperativo debido a una falla en su barra, o debido a la acción de la protección diferencial, el relevador de acoplamiento de CA se asegurará en abierto, aislando esa barra del resto del sistema. Las cargas conectadas a la barra permanecerán desenergizadas hasta que se elimine la falla en la barra. Las cargas en el otro generador no se afectan.

### **3.3 Sistema de Corriente Directa**

El funcionamiento del sistema de distribución de CD es similar al de CA en lo referente a sistemas individuales izquierdo y derecho. El sistema de CD tiene una interconexión manual en caso de falla de cualquier lado. En adición a los sistemas izquierdo y derecho, se cuenta con energía de CD de dos baterías. En el sistema izquierdo la energía la abastecen dos transformadores rectificadores (TR's), los cuales reciben energía de la barra izquierda de CA. En el sistema derecho, el TR número 1 lo energiza la barra derecha de CA, y al TR número 2 la energiza la barra de CA del servicio de tierra. Cuando la barra de servicio de tierra es energizada por la barra del generador, los 2 TR's están conectados a través del relevador de acoplamiento de CD del servicio de tierra, suministrando energía a la barra derecha de CD; sin embargo cuando la barra de CA del servicio de tierra se energiza a través de su tablero con corriente externa, o con el APU, el TR derecho número 1 es aislado y únicamente el TR derecho número 2 abastece de energía a la barra de transferencia de CD. La interconexión de barras de CD difiere de la del sistema de CA en que el relevador no es automático y debe abrirse o cerrarse manualmente desde el tablero de control de energía eléctrica. Además de abastecer energía a las barras de CD respectivas, los transformadores rectificadores (TR) abastecen de energía al sistema de abastecimiento de combustible y a la barra de transferencia para el arranque de motores. Vea en la figura 3.3 un diagrama simplificado del sistema de energía de corriente directa.

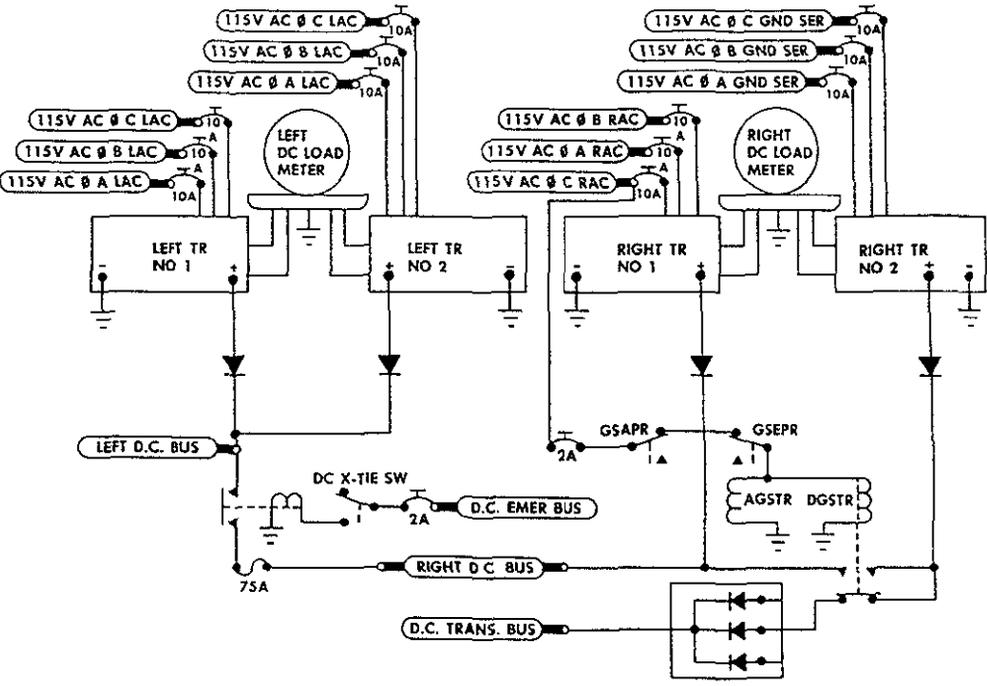


Figura 3.3  
Distribución de Corriente Directa

Dos baterías de 14 voltios están conectadas en serie para abastecer energía de 28 voltios CD a la barra directa de la batería a través de un ruptor de circuito de 80 amperes, sin importar la posición del interruptor de la batería. Cuando el interruptor de la batería está en la posición ON, la barra de la batería está energizada; y las baterías están conectadas a la barra de transferencia de CD cuando las barras de CD izquierda y derecha no están energizadas, excepto cuando se está utilizando energía del servicio de tierra. Las baterías están siendo cargadas cuando el interruptor de baterías está en la posición ON y la barra de CA del servicio de tierra está energizada ya sea por la barra del generador derecho o por la energía externa. Cuando el interruptor de corriente de emergencia está en la posición ON, la barra directa de la batería energiza a la barra de emergencia de CD.

### **3.4 Sistema de Corriente de Emergencia**

Durante la operación normal, la barra de emergencia de CA recibe energía de una fase de la barra izquierda de CA, y la barra de emergencia de CD recibe energía de la barra izquierda de CD. La pérdida de energía de la barra del generador izquierdo, transferirá la barra de emergencia de CA a la barra derecha de CA y la barra de emergencia de CD será energizada por la barra derecha de CD. En el caso de pérdida completa de energía, las baterías proporcionarán la corriente de emergencia de CA y de CD cuando el interruptor de corriente de emergencia esté en la posición ON. La barra de emergencia de CD será energizada de la barra directa de la batería la cual también energizará al inversor de emergencia para abastecer de corriente a los instrumentos esenciales por aproximadamente 45 minutos. La figura 3.4 muestra un diagrama simplificado de la distribución de Energía de Emergencia.

### **3.5 Protección de fallas del Sistema Eléctrico**

El sistema eléctrico está protegido contra las siguientes fallas:

1. Cortos circuitos y tierras

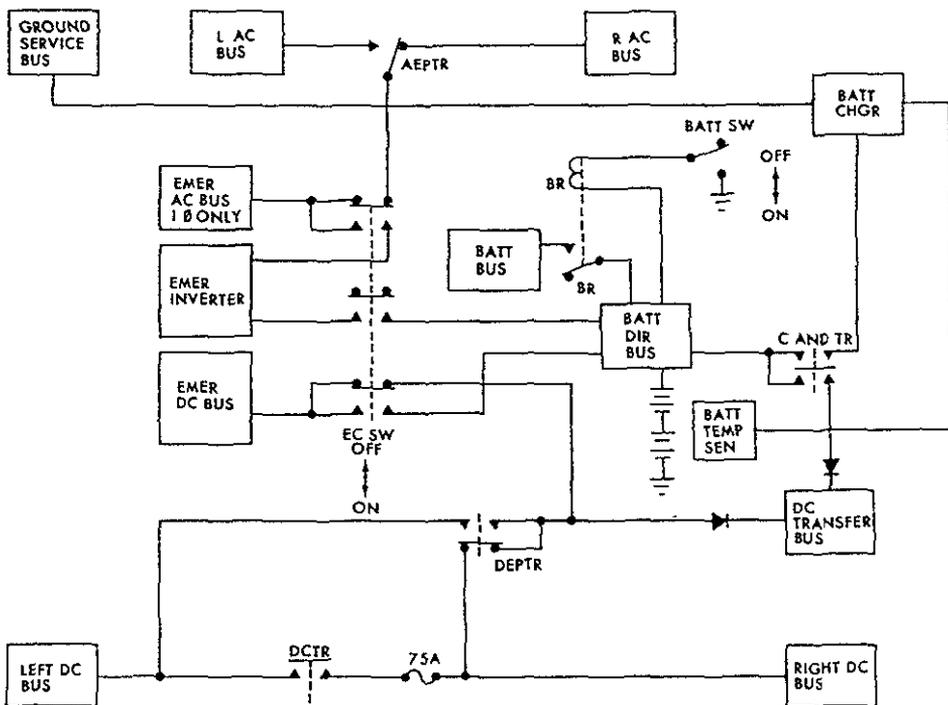


Figura 3.4  
Distribución de Energía de Emergencia

2. Circuitos abiertos en el sistema generador
3. Bajo voltaje y sobrevoltaje
4. Baja frecuencia y alta frecuencia
5. Secuencia incorrecta de fase de los generadores o de la fuente de energía externa.
6. Circuitos abiertos, cortos circuitos y fallas en el equipo de control

El sistema de protección de falla automáticamente toma la acción correctiva adecuada. La acción correctiva se indica visualmente a la tripulación mediante los instrumentos o por las luces del tablero anunciador. No se requiere acción correctiva inmediata por parte de la tripulación. La evaluación de las indicaciones visuales determina qué acción se debe tomar. La figura 3.5 muestra la unidad de control de generador. Esta unidad contiene los relevadores y circuitos de control para la protección del sistema eléctrico.

### **3.5.1 Protección Diferencial**

Un relevador de protección diferencial se usa en conjunto con los transformadores de corriente, compara la corriente en el generador con la corriente en el punto de la distribución. Si hay diferencia, se tiene evidencia de falla y el relevador de protección diferencial actúa al relevador de control del generador, el cual abre el circuito de campo del generador y el relevador del generador.

El generador no puede energizarse de nuevo o conectado a la barra hasta que el relevador de control del generador sea reajustado, pasando momentáneamente el interruptor del control del generador a la posición de reajustar (RESET).

Cuando se tiene una falla diferencial en un generador, el relevador de interconexión de CA se abre y asegura eléctricamente.

### **3.5.2 Sobrevoltaje**

Un relevador en cada generador protege al sistema detectando el voltaje. Cuando registra un sobrevoltaje, actúa el relevador de control del generador respectivo para desconectarlo.

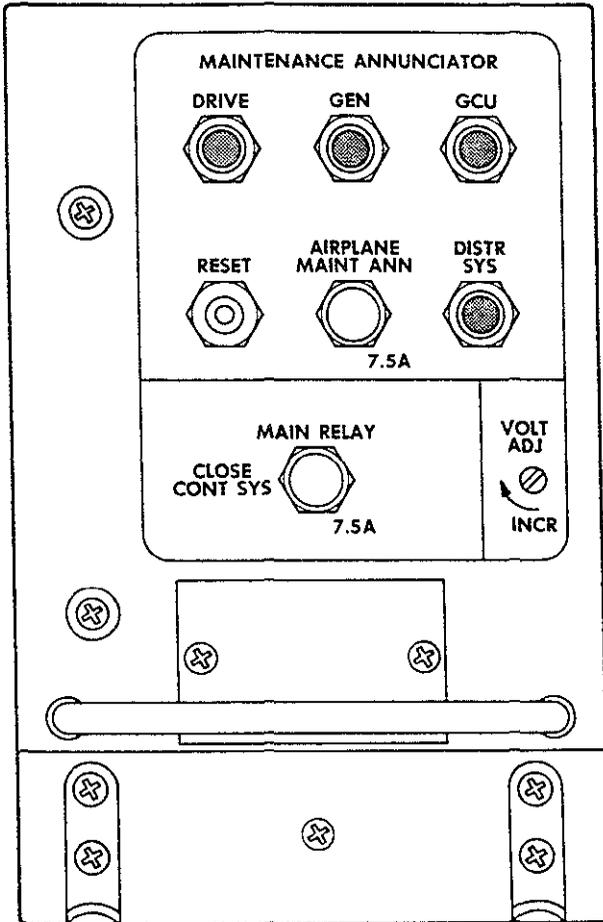


Figura 3.5  
 Unidad de Control de Generador

### **3.5.3 Bajo voltaje**

Un relevador de bajo voltaje en cada generador detecta el menor de los voltajes de las 3 fases del lado del relevador del generador. Cuando detecta un bajo voltaje, se energizan unos temporizadores de circuito y se efectúa una serie de acciones correctivas. Cada paso de la serie de acciones correctivas, se hace a intervalos de tiempo variable, para que en algún paso de estos se elimine el bajo voltaje. Si un relevador de bajo voltaje se cierra cuando la frecuencia de salida del generador afectado está dentro de los límites, se energizan dos temporizadores de circuito.

El primero, que es el retrasador de tiempo del relevador de interconexión de CA, manda una señal de “abierto” al relevador de interconexión de CA. Si esta acción hace que la condición de bajo voltaje se corrija, el retrasador de tiempo del relevador de interconexión de CA será asegurado en abierto, y el segundo timer, que es el retrasador de tiempo del selector de falla, se energiza.

Si la señal de “abrir” al relevador de interconexión de CA no hace que se corrija la condición de bajo voltaje, el relevador de interconexión de CA no puede cerrar, y el segundo timer manda una señal para que se “abra” el relevador de control de generador afectado. Si esta señal hace que se corrija la condición de bajo voltaje, el relevador de interconexión se asegura en abierto.

Si la señal no corrige la condición de bajo voltaje, el relevador de interconexión de CA se cerrará. En ambos casos, un tercer timer de circuito energiza el retrasador de tiempo de bajo voltaje. El tercer timer manda una señal de “abrir” al relevador de control del generador afectado, abriendo el circuito de campo del generador asociado.

### **3.5.4 Baja frecuencia**

Se tiene un relevador de baja frecuencia para cada generador. Durante el arranque de motores, cuando la frecuencia del generador alcanza aproximadamente 375 Hz, los relevadores completan el circuito cerrando el relevador del generador. Cuando baja la

frecuencia del generador a 370 Hz, ya sea por “corte” de motor, durante operaciones normales o por fallas, la baja frecuencia operará un timer. Si la frecuencia no ha alcanzado 375 Hz cuando se corte el timer, (aproximadamente 1 segundo), éste manda una señal de “abrir” al relevador del generador.

### **3.5.5 Sobrevelocidad**

Si la unidad de velocidad constante (UVC) trata de operar a sobrevelocidad, el ajuste del gobernador de la UVC automáticamente la reduce por medios hidráulicos para que ésta gire a menor velocidad que la normal. De modo que el relevador de baja frecuencia también opera para “abrir” el relevador del generador para una condición de sobrevelocidad. Si el APU trata de operar a sobrevelocidad, un interruptor automáticamente corta el APU cuando éste alcance 110% de r.p.m. El relevador de baja frecuencia también opera para mandar una señal de “abrir” al relevador del generador para la condición de sobrevelocidad.

### **3.5.6 Barra muerta**

Se tiene un relevador de barra muerta para cada barra de CA (izquierda y derecha). El propósito principal de los relevadores es prevenir que se conecte una segunda fuente de energía a una barra que ya está recibiendo energía, y esto impide que se conecten en paralelo las fuentes.

### **3.5.7 Alimentación cruzada de CA**

El relevador de alimentación cruzada de CA y el relevador esclavo asociado, previene el cierre del relevador de alimentación cruzada cuando se tiene una falla que no ha sido corregida.

Se tiene una luz en el tablero anunciador que encenderá para indicar que el relevador de acoplamiento de CA a quedado asegurado en abierto. Para reajustar el relevador se tiene un

interruptor (AC CROSS-TIE LOCKOUT RESET), localizado en la parte superior de la central de energía eléctrica o se reajustará automáticamente cuando se corte toda la energía eléctrica de las barras. Cuando se reajuste el relevador, la luz se apagará.

### **3.5.8 Secuencia de fases**

Se tiene un relevador de secuencia de fase para cada uno de los generadores de los motores, el generador del APU, y para la fuente de energía externa. Estos relevadores previenen la aplicación de energía eléctrica de secuencia de fase incorrecta a las barras.

## **3.6 Principales componentes del sistema eléctrico**

Los componentes principales del sistema eléctrico y su relación con el sistema se describen a continuación para proporcionar un mayor entendimiento de la operación del sistema y para permitir a la tripulación analizar las fallas del mismo.

### **3.6.1 Generador de CA**

El avión está equipado con 2 generadores movidos por los motores y un generador movido por el APU. Los generadores son de 3 fases, de inducción, del tipo imán permanente, de 120/208 voltios de CA, 400 cps, con una salida máxima continua de 40 KVA.

### **3.6.2 Unidad de Velocidad Constante (UVC)**

Cada generador está conectado al motor por medio de una transmisión, la cual controla la velocidad de salida del generador, manteniendo una velocidad constante de 6000 r.p.m. La transmisión es del tipo axial de engranes diferenciales y tiene un sistema de control de velocidad hidráulico/mecánico. Los mecanismos de gobierno y control ajustan la salida de la bomba al motor, para compensar las variaciones de velocidad del motor y variaciones de carga del generador.

La velocidad constante de salida resultante al generador mantiene la frecuencia de salida a aproximadamente 400 Hz, para cualquier condición de operación. La UVC puede desconectarse del motor por medio de un interruptor electromecánico controlado desde el tablero de control de energía eléctrica.

La UVC no debe desconectarse si la velocidad del rotor N2, está abajo del 25%.

Una vez desengarzada, la UVC debe ser mecánicamente reengarzada después de que se detenga al motor.

Cada UVC tiene un sistema integral de lubricación y un sistema de indicación de temperatura el cual muestra la temperatura de salida de aceite y el aumento de temperatura del aceite a través de la unidad. La temperatura de salida del aceite, las indicaciones de aumento de temperatura, y las luces de baja presión de aceite de la UVC, están en el tablero de control eléctrico y en el tablero anunciador.

### **3.6.3 Reguladores de voltaje**

La salida de voltaje de cada generador es controlada por un regulador de voltaje. Los reguladores son transistorizados, del tipo estático ajustable, y están calibrados para mantener la salida del voltaje de los generadores a aproximadamente 115 voltios.

### **3.6.4 Unidades de Control de Generadores**

Las unidades de control de generadores, uno para cada generador, tienen los componentes necesarios para controlar y proteger cada generador. Los sobre voltajes, bajos voltajes, bajas frecuencias, altas frecuencias, protección de corriente diferencial y la secuencia impropia de fase, las detectan relevadores y circuitos de control localizados en el tablero de control; y los relevadores de generadores (o del APU) se abren cuando ocurre alguna falla. Los circuitos de protección de falla tienen un retrasador de tiempo que previene que se abran los relevadores de generadores durante condiciones transitorias, tales como sobrecargas momentáneas. Cuando un relevador se abre el interruptor de control del generador (o

interruptor de reajuste del generador del APU), debe pasarse momentáneamente a la posición de reajuste (RESET) para conectar nuevamente el generador afectado a su barra.

NOTA: Normalmente los generadores deben reajustarse una sola vez por una determinada falla. Si la falla vuelve abrir el relevador después de haber sido reajustado, ésta debe ser localizada y corregida antes de tratar de conectar el generador nuevamente a su barra.

### **3.6.5 Unidad de Control de Barras**

La unidad de control de las barras de CA tiene los circuitos de interconexión de CA y provee energía para el relevador de control de energía externa.

### **3.6.6 Transformadores rectificadores (TR)**

Cuatro TR's son la fuente principal de CD del sistema. Los TR's tienen una capacidad continua de 50 amperes, son abastecidos con corriente alterna de 3 fases de 120/200 voltios, y entregan a la salida 28 V de CD no regulada aproximadamente. Los dos TR's izquierdos reciben energía de la barra izquierda de CA y están conectados en paralelo, abasteciendo ambos a la barra izquierda de CD. Durante la operación normal el TR derecho número 1 recibe energía de la barra derecha de CA, y su salida abastece de energía directamente a la barra derecha de CD y el TR derecho número 2 recibe energía CA de la barra del servicio de tierra, y su salida está conectada en paralelo al TR derecho número 1 a través del relevador de acoplamiento de la barra de servicio de tierra de CD. Cuando se usa el APU o energía externa para el servicio de tierra únicamente, el TR derecho número 2 se utiliza para abastecer energía de CD a la barra de transferencia de CD.

### **3.6.7 Baterías**

Dos baterías de 14 voltios de níquel cadmio abastecen la energía necesaria de CD para la operación del sistema cuando no hay otra fuente de energía disponible. Las baterías están conectadas en serie para producir 28 voltios de CD para la operación del sistema. Las

baterías abastecen la energía para el arranque del APU o para la recarga de combustible cuando no hay energía externa disponible, y al inversor de emergencia y la barra de emergencia de CD, cuando se haya perdido toda la CA. Cuando se dispone de energía de CA las baterías se mantienen en condición de carga. Cuando están totalmente cargadas, abastecerán energía para operación de emergencia a los instrumentos y circuitos esenciales por un máximo de 45 minutos.

Se cuenta con un ventilador de CA, para evacuar los gases que producen las baterías durante la carga.

### **3.6.8 Cargador de baterías**

El cargador de baterías está en condición de carga siempre que la barra de servicio de tierra esté energizada y el interruptor de la batería esté en puesto (ON). El modo de operación del cargador depende del estado de carga y temperatura de las baterías. Con las baterías totalmente cargadas, el cargador estará pulsante. El intervalo entre pulsos variará entre aproximadamente 25 segundos a 20 minutos dependiendo de la carga impuesta a las baterías. Si las baterías están bajas, el voltamperímetro indicará continuamente una corriente de aproximadamente 65 amperes, reduciéndose a aproximadamente 40 amperes y entonces pulsando como se mencionó anteriormente.

NOTA: Si las baterías están extremadamente bajas la indicación del voltamperímetro podrían oscilar inicialmente entre 40 y 65 ampres, pero debe estabilizarse en aproximadamente 4 segundos y tener una indicación estable de carga.

### **3.6.9 Inversor de emergencia**

El inversor de emergencia abastece energía de CA para la operación de los instrumentos esenciales en caso de falla total de energía de CA. El inversor es del tipo transistorizado, a la entrada se abastece con 28 V CD y a la salida entrega CA de una fase de 115 voltios, 400 Hz. Durante la operación normal, del sistema eléctrico, el inversor no está energizado. La

barra de emergencia de CA se energiza por medio de las barras izquierda o derecha de CA. Cuando el interruptor de corriente de emergencia se pasa a la posición de puesto (ON), la barra izquierda y derecha de CA se desconectan de la barra de emergencia de CA. La energía de CD de la barra directa de la batería se conecta a la entrada del inversor y la salida de éste se conecta a la barra de emergencia de CA. Durante la operación de recarga de combustible el inversor de emergencia también abastece energía al tablero de recarga, cuando los sistemas de energía normal no están energizados. El interruptor de corriente de emergencia debe estar en la posición de cortado (OFF) para esta operación.

## **3.7 Relevadores de control**

### **3.7.1 Relevador de transferencia y de carga (CTR)**

El relevador de la barra de transferencia de CD y del cargador de la batería, controla la energía de CD del cargador de la batería a la batería, y de la batería a la barra de transferencia de CD. Cuando el interruptor de la batería está en la posición de puesto (ON) y las barras izquierda y derecha de CD no están energizadas, el BCTR conecta la batería a la barra de transferencia de CD, excepto cuando se está utilizando energía de servicio de tierra. El BCTR conecta el cargador a las baterías si el interruptor de batería está en la posición de puesto (ON), las barras de CD izquierda y derecha están energizadas, se tiene energía de CA disponible en la barra de CA de servicio de tierra y el interruptor de corriente de emergencia está en cortado (OFF). El cargador también cargará las baterías si se está usando energía de CA del servicio de tierra y el interruptor de la batería está en puesto (ON).

### **3.7.2 Relevadores de Transferencia de Energía de Emergencia**

El relevador de transferencia de energía de emergencia de CA conecta la barra de emergencia de CA a cualquiera de las barras de CA (izquierda o derecha), dependiendo de la fuente de energía disponible. Durante la operación normal de la barra izquierda de CA está

conectada, a través del relevador, directamente a la barra de emergencia de CA. Cuando la barra izquierda de CA no está energizada, el relevador conecta la barra derecha de CA a la barra de emergencia de CA. Cuando hay una falla completa de corriente, el relevador queda inactivo y la energía a la barra de emergencia puede tomarse del inversor de emergencia.

El relevador de transferencia de energía de emergencia de CD hace la conexión entre cualquiera de las barras de CD (izquierda o derecha), dependiendo de la fuente disponible de CD. Durante la operación normal, la barra izquierda de CD está conectada, a través del relevador, directamente a la barra de transferencia de CD, y a la barra de emergencia de CD, a través del interruptor de corriente de emergencia en la posición de cortado (OFF). En el caso de pérdida de energía de la barra izquierda de CD, el relevador conecta la barra derecha de CD a las barras de transferencia y de emergencia.

### **3.7.3 Relevador de Transferencia de la Barra de Servicio de Tierra**

El relevador de la barra de servicio de tierra de CA conecta la barra de servicio de tierra a la barra del generador derecho cuando se aplica energía a esta última barra. Cuando se está usando energía externa a la energía del generador del APU para el servicio de tierra únicamente, el relevador se mantiene abierto, aislando el sistema derecho de distribución de CA.

El relevador de transferencia de la barra de servicio de tierra conecta los dos TR's derechos en paralelo a la barra derecha de CD cuando está energizada la barra derecha de CA. Cuando únicamente se está usando el servicio de tierra de CA, la energía se abastece a la barra de transferencia de CD del TR No. 2 conectado a la barra de CA del servicio de tierra.

### **3.7.4 Relevadores de acoplamiento**

El relevador de acoplamiento de barras de CA proporciona una conexión entre las barras derecha e izquierda de los generadores. Durante la operación normal el relevador está abierto, aislando las barras de los generadores. El relevador cierra automáticamente si se

pierde energía en cualquier barra de generador, y conecta ambas barras a una fuente común, excepto en tierra, cuando se esté utilizando una fuente externa de energía o el generador del APU. Cuando la protección diferencial opera u ocurre una falla en la barra, el relevador se asegura en abierto. Un interruptor de reajuste de este relevador marcado AC CROSS TIE RESET localizado en la parte superior de la central de energía eléctrica permite remover el seguro que mantiene abierto el relevador. Cuando el interruptor del relevador de acoplamiento de barras se deja en la posición abierto OPEN, el relevador se mantiene abierto aislando las barras entre sí.

En vuelo, cuando el relevador se cierra debido a la pérdida de un generador, la energía para la cocina se desconecta automáticamente para disminuir la carga soportada por el generador operativo. En tierra esta acción no sucede debido a la actuación del relevador de control de tierra.

El relevador de acoplamiento de barras de CD conecta las barras izquierda y derecha de CD cuando se pierde la energía en cualquier lado y se requiere alimentación cruzada de energías de la barra opuesta. El relevador, controlado por el interruptor de acoplamiento de barras de CD, está abierto durante la operación normal. No existe control automático para este relevador. El relevador se cierra colocando el interruptor en la posición CLOSE, para proporcionar la alimentación cruzada de CD entre las barras.

## CAPITULO 4

### SIMULADOR ELÉCTRICO MD80

#### 4.1 Generalidades

El Simulador Eléctrico MD80 es un simulador por computadora que permite realizar la operación del sistema eléctrico del avión MD 80 en una computadora personal. La finalidad de este simulador es ser utilizado como una herramienta de capacitación técnica aeronáutica. Está dirigido, principalmente, a la capacitación de tripulaciones de vuelo y de personal de mantenimiento.

El programa, en su primera versión, simula la operación normal del sistema eléctrico. Se pueden operar todos los controles relacionados con el sistema eléctrico a través del uso de un ratón (*mouse*), o bien, utilizando el teclado de la computadora. Así mismo, se puede observar los efectos correspondientes a cada acción en las luces, en los indicadores, y en un diagrama esquemático interactivo.

La forma como se ha realizado la lógica de programación permite que se pueda realizar, a futuro, una versión que incluya las fallas en el sistema. De esta forma, el usuario podrá practicar procedimientos para condiciones anormales.

#### 4.2 Descripción

El simulador consta de tres ventanas básicas: Cabina, Tableros y Diagrama Esquemático.

### **4.2.1 Cabina**

La cabina es la parte inicial del programa. En ella el usuario identifica la localización de los tableros involucrados en el sistema eléctrico. Los tableros están resaltados en color sobre un fondo negro. En el momento en que el usuario acerca el puntero del ratón a los tableros aparece una etiqueta con el nombre de dicho tablero. Si posteriormente se hace clic con el ratón sobre el tablero seleccionado aparecerá la ventana de dicho tablero permitiendo el acceso a interruptores e indicaciones.

### **4.2.2 Tableros**

Los tableros que integran el simulador son los relacionados directamente con el sistema. Estos son: tablero principal, tablero de servicio de tierra y tablero de luces.

En esta ventana el usuario opera los tableros tal como lo haría en un avión real y puede observar el efecto de sus acciones en los indicadores de los mismos tableros, así como en el tablero de luces anunciadoras, donde puede observar el estado del sistema.

Los tableros principal, de servicio de tierra y de luces se muestran en las figuras 4.1, 4.2 y 4.3 respectivamente.

### **4.2.3 Diagrama esquemático**

El diagrama esquemático que muestra en el simulador representa el diagrama general eléctrico. Es un diagrama dinámico que se actualiza en cada momento que el usuario realiza alguna acción en cualquiera de los interruptores. Esto permite al usuario comprender lo que sucede internamente en el sistema cuando mueve un interruptor o corta alguna fuente de alimentación eléctrica. La figura 4.4 muestra el diagrama esquemático del simulador.

Tablero Principal

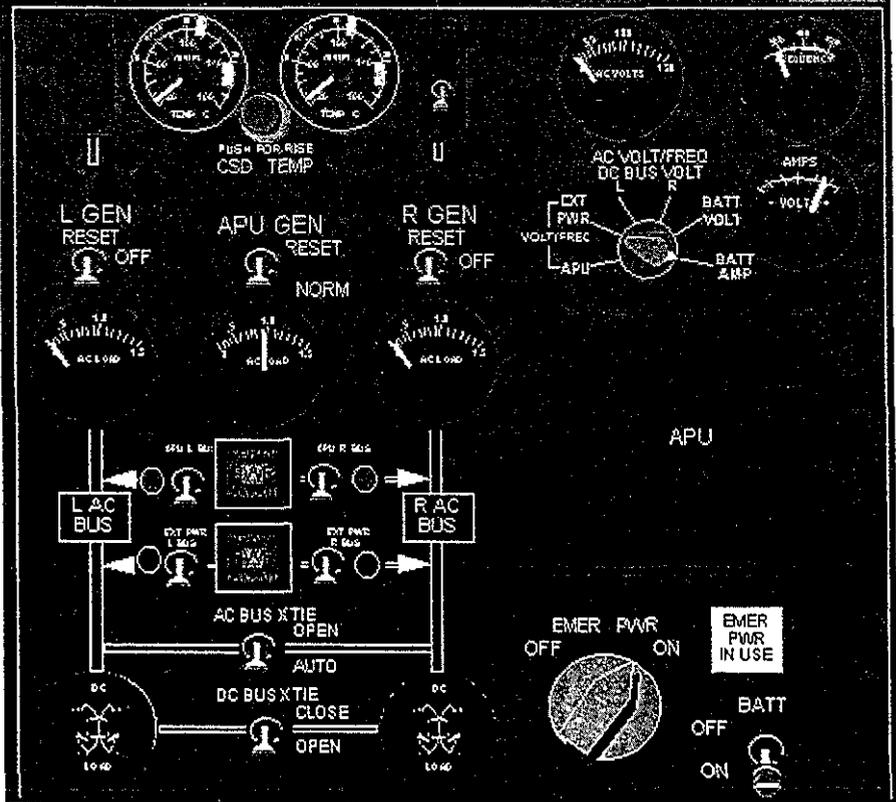


Figura 4.1  
Tablero principal

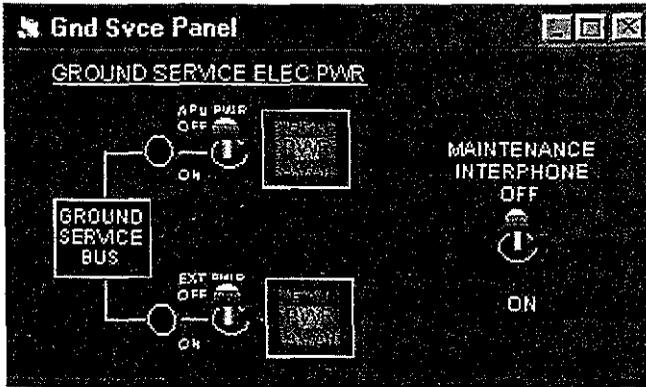


Figura 4.2  
Tablero de Servicio de Tierra

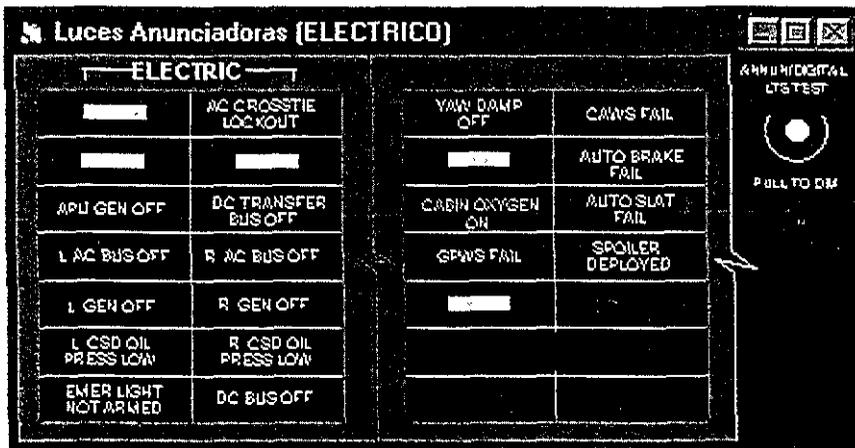


Figura 4.3  
Tablero de Luces

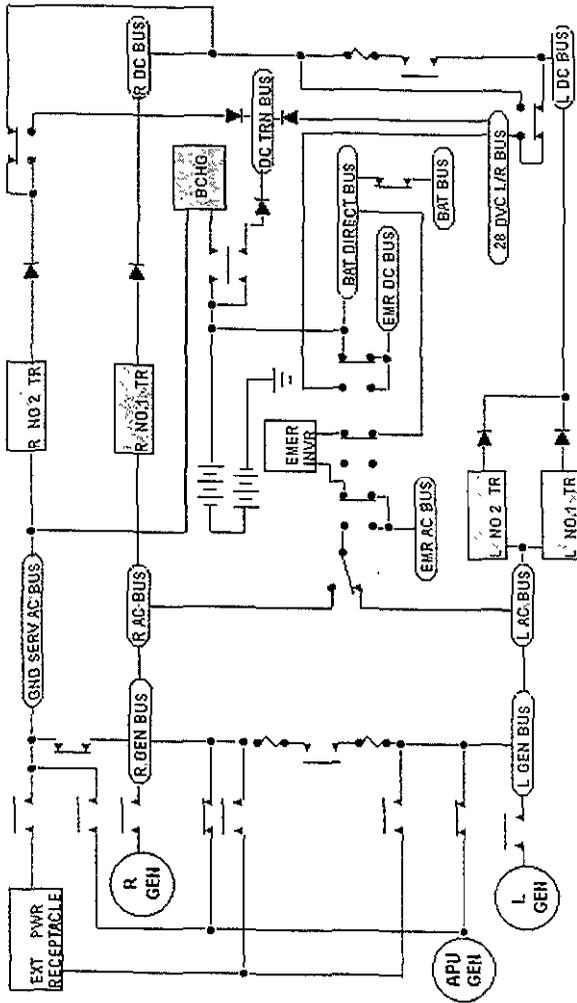


Figura 4 4  
 Diagrama esquemático del simulador

### 4.3 Estructura de programación

La programación fue realizada en Visual Basic 3.0 Edición Profesional. Se escogió este lenguaje debido a que se requería realizar programación por objetos y se deseaba utilizar ambiente Windows. Se eligió Visual Basic frente a otros lenguajes de programación, como el lenguaje C++, porque se encontró mayor facilidad para hacer la estructura de la programación utilizando ventanas. Además, el programa requería la evaluación de sentencias lógicas únicamente, y no de realizar cálculos matemáticos iterativos, de forma que el Visual Basic cubría las necesidades de programación.

Otro punto a favor del uso del Visual Basic fue la facilidad de uso de bibliotecas de programación que ayudaron a desarrollar el simulador en ambiente Windows. Estas bibliotecas incluyen aplicaciones como la barra de menús, los botones de acción, entre otras.

El programa utiliza ecuaciones lógicas que representan las conexiones eléctricas del sistema. Para explicar la forma de obtener estas ecuaciones utilizaremos un diagrama simplificado que se muestra en la figura 4.5. Este diagrama consta de tres interruptores (A, B, C) y una luz (L). El objetivo es encontrar la lógica de encendido y apagado de la luz.

Partiendo del diagrama eléctrico se obtiene un diagrama lógico (Vea la figura 4.6). Las conexiones en paralelo se representan como compuertas tipo OR y las conexiones en serie como compuertas tipo AND. Posteriormente, se obtiene la ecuación lógica (Ecuación 4.1). En esta ecuación la variable "L" representa la luz del diagrama. La variable lógica "L" será verdadera cuando "C" sea verdadera y "A" o "B" sean verdaderas. Si definimos que las variables A, B, y C son verdaderas cuando sus respectivos interruptores están cerrados, y definimos que la luz está encendida cuando L es verdadera, entonces la ecuación 4.1 representa el comportamiento del diagrama eléctrico de la figura 4.5.

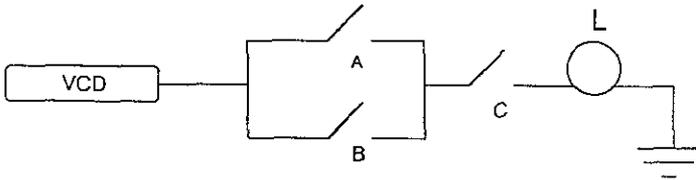


Figura 4.5

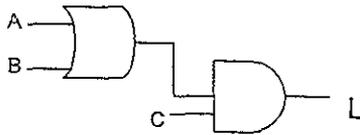


Figura 4.6

$$L = (A + B) C$$

Ecuación 4.1

Ahora se explicará cómo se traduce este diagrama y su lógica de operación a Visual Basic. El diagrama de la figura 4.5 se dibuja en Visual Basic. Además de dibujar los interruptores en la posición abierto, se dibujan en la posición cerrado. Cada uno de los interruptores dibujados y la luz son creados como objetos. A cada objeto se le asigna un nombre. Definamos “Aon”, “Bon”, y “Con” como los nombres de los interruptores en cerrado. Sean “Aoff”, “Boff”, y “Coff” los nombres de los interruptores en la posición abierto, y “LUZ” el nombre de la lámpara que encenderá o apagará. Los interruptores dibujados son objetos

capaces de recibir eventos que realiza el usuario. Un evento es, por ejemplo, un clic con el ratón (mouse). Cada interruptor al recibir un clic deberá cambiar a su posición contraria. Esto es, si está cerrado deberá abrir; y viceversa. La posición abierto o cerrado se almacena en una variable. Se definen variables como varA, varB y varC que representan las posiciones de los respectivos interruptores. Las variables serán verdaderas cuando los interruptores que las controlan estén en cerrado. La programación queda de la siguiente forma:

Sub Aon_click ( )	Sub Aoff_click ( )
varA = false	varA = true
Luz	Luz
Gráficos	Gráficos
End sub	End sub

El primer subprograma (Sub Aon\_click) asigna el valor falso a la variable “varA” cuando el usuario hace clic sobre el interruptor cerrado “A”. El segundo subprograma (Sub Aoff\_click) asigna el valor verdadero a la misma variable cuando se hace clic sobre el interruptor abierto “A”. Ambos subprogramas llaman a los subprogramas “Luz” y “Gráficos”, que se explican más adelante.

Análogamente se hace la programación para los interruptores B y C. Ahora usamos los valores de estas variables para definir el valor de la variable L.

```
Sub Luz ( )  
L = (varA OR varB) AND varC  
End Sub
```

Finalmente se realiza la interfaz gráfica. Se colorea la luz en amarillo para esquematizar la condición de luz encendida. Los interruptores cuya variable sea verdadera harán visibles las posiciones de cerrado e invisibles las posiciones de abierto. Por ejemplo, si varA es verdadera entonces el objeto “Aon” es visible y el objeto “Aoff” es invisible en la pantalla

de la computadora. Al momento en que el usuario haga clic en el objeto visible (interruptor cerrado) cambia el valor de la variable y esto a su vez cambia las propiedades de visibilidad de los objetos. El resultado es que el usuario observa que el interruptor cerrado, al cual hizo clic, ahora está abierto.

```
Sub Gráficos ()
```

```
    Aon.visible = varA
```

```
    Aoff.visible = NOT varA
```

```
    Bon.visible = varB
```

```
    Boff.visible = NOT varB
```

```
    Con.visible = varC
```

```
    Coff.visible = NOT varC
```

```
        If L then LUZ.fillcolor = amarillo
```

```
        Else LUZ.fillcolor = blanco
```

```
        End If
```

```
End Sub
```

Esta es la forma básica como se realizó la programación. En el programa del simulador, las variables son declaradas como variables globales en el Módulo del programa. Las variables globales son accesibles desde cualquier ventana del proyecto. El subprograma “Diagrama” llama a los diferentes subprogramas que hacen la actualización gráfica de los tableros y del diagrama esquemático. A manera de ejemplo, se muestra continuación las líneas de programación del interruptor de Planta Externa a barra izquierda:

```
Sub btnExtOn_Click ()
```

```
    gExtonL = False
```

```
    btnEXToff.Visible = True
```

```
    btnEXTon.Visible = False
```

```
    uscAPUonL
```

```
    uscEXTonL
```

```
    diagrama
```

```
End Sub
```

El subprograma “Sub btnExtOn\_Click ()” se ejecuta cuando se hace clic con el ratón sobre el objeto gráfico que representa al interruptor que controla al relevador de Planta Externa a barra izquierda. Lo primero que hace el programa es hacer falsa la variable global “gExtOnL”. Después, el objeto llamado “btnEXTOff” se hace visible y a su vez el objeto “btnEXTon” se hace invisible, aparentando haberse movido el interruptor de puesto a cortado con la acción del ratón. Posteriormente, se llama a dos subprogramas: useEXTonL, y diagrama. El siguiente listado corresponde al subprograma “useEXTonL”. Evalúa si existen las condiciones para que la Planta Externa pueda conectarse a la barra izquierda. Si las condiciones son apropiadas, la variable global “gEXTuseL” será verdadera y el objeto “frmApuExtPn!imgUseExtOn”, que representa la luz azul de conexión encendida, se hará visible.

Sub useEXTonL ()

```
gEXTuseL = gEXTavail And gEXTonL And Not gAPUuseL And Not (gLGENon  
And gLGENavail)
```

```
frmApuExtPn!imgUseExtOn.Visible = gEXTuseL
```

```
frmApuExtPn!imgUseExtOff.Visible = Not gEXTuseL
```

End Sub

“Diagrama” es el nombre del segundo subprograma que se llama al hacer clic sobre el interruptor de Planta Externa del lado izquierdo. Este subprograma se muestra debajo de este párrafo y en general consiste en un listado que actualiza la posición de los contactos que se muestran en el diagrama esquemático. Pero además de eso, evalúa de manera general cuándo se encuentran energizadas las barras izquierda y derecha por cualquier fuente. Entonces llama a los programas “LBusOn”, “LBusOff”, “RBusOn”, y “RBusOff” que se encargarán de colorear el diagrama esquemático según las condiciones evaluadas. Finalmente llama a los subprogramas: “EMERGENCY”, “rlyBAT”, “rlyDCXT”, “rlyACXT”, “rlyGND”, “STATUS”, “ESTADODELUCES”, “CandTR”, “medidores”, y “menus”. Estos subprogramas actualizan la posición de los relevadores correspondientes, el estado de las

luces del Tablero Anunciador, la posición de las agujas de los medidores del Tablero Principal, y la selección de interruptores de la barra de menús. En realidad, el subprograma Diagrama es llamado desde cualquier interruptor. De esta manera se asegura que cualquier acción que realice el usuario sea evaluada por los diferentes subprogramas y que el estado general del sistema se actualice con cada acción. Los subprogramas “Diagrama” y “useEXTon” se encuentran en una sección del programa general llamada “Módulo” de forma que no importa en qué ventana se encuentre un objeto, siempre se puede acceder a las líneas de programación del Módulo.

Sub diagrama ()

```

frmEsquema!LAPRop.Visible = Not gAPUuseL
frmEsquema.LAPRcl.Visible = gAPUuseL
frmEsquema!LEPRop.Visible = Not gEXTuseL
frmEsquema.LEPRcl.Visible = gEXTuseL
frmEsquema!REPRop.Visible = Not gEXTuseR
frmEsquema.REPRcl.Visible = gEXTuseR
rlyLGR
rlyRGR
gLon = gAPUuseL Or gEXTuseL Or gLGENuse
gRon = gAPUuseR Or gEXTuseR Or gRGENuse
  If gLon Or (gRon And gACXTcl) Then
    LBusOn
  Else
    LBusOff
  End If
  If gRon Or (gLon And gACXTcl) Then
    RBusOn
  Else
    RBusOff
  End If
EMERGENCY

```

rlyBAT  
rlyDCXT  
rlyACXT  
rlyGND  
STATUS  
ESTADODELUCES  
CandTR  
medidores  
menus

End Sub

Los otros interruptores operan de forma análoga. El lector podrá encontrar en el Apéndice “A” el listado completo del programa.

#### **4.4 Costo del proyecto**

El proceso de desarrollo del proyecto hizo uso de recursos humanos, recursos de hardware y software que disponía el Centro de Capacitación Alas de América. El desarrollo del proyecto no representó ningún costo directo adicional al presupuesto del departamento de Capacitación Técnica. Sin embargo, con el fin de realizar una evaluación económica del costo de desarrollo se considerará el costo de los recursos utilizados.

Se utilizaron dos computadoras personales con las siguientes características: Procesador Pentium 166MHz, 32Mbytes en RAM, disco duro de 2.0GB. Dichas computadoras son alquiladas por el Centro de Capacitación Alas de América. El costo del alquiler es de \$850.00 mensuales por computadora. Se usó el lenguaje de programación VISUAL BASIC 3.0 Edición Profesional. El costo de este paquete es de \$2,000.00. Se realizaron los dibujos gráficos en POWER POINT 97, perteneciente a la paquetería OFFICE 97 que tiene un costo de \$3,500.00.

Trabajaron en el proyecto dos instructores del área de Capacitación Técnica Mantenimiento durante un periodo de seis semanas, tiempo completo. Considerando que el salario diario de un instructor es de \$450.00, el costo de recursos humanos resulta de \$40,500.

	Mes 1	Mes 2	Total
Hardware	\$ 1,700.00	\$ 1,700.00	\$ 3,400.00
Software	5,500.00		5,500.00
Humanos	27,000.00	13,500.00	40,500.00
Total	\$34,200.00	\$15,200.00	\$49,400.00

Tabla 4.1

#### 4.4.1 Métricas de productividad y costo

La tabla 4.1 muestra el desglose de costos de desarrollo del simulador eléctrico. Cabe mencionar que el 82% del costo total es destinado a los recursos humanos. Para evaluar la productividad podemos basarnos en la fórmula propuesta por Pressman<sup>1</sup> :

$$\text{Productividad} = \text{Líneas de Código} / \text{persona-mes}$$

Esta fórmula define una métrica de productividad orientada al tamaño del software. Relaciona el número total de líneas de código con respecto al número de personas por mes que fueron necesarias para su realización. Sin embargo, el software desarrollado involucra creación de gráficos aparte de las líneas de código de programación. Entonces, consideraremos por una lado la productividad de la programación y por otro la productividad de los gráficos. Basándonos en lo anterior tenemos para el simulador:

$$\text{Productividad Programación} = 2585 \text{ líneas de código} / (2 \text{ personas})(1 \text{ mes})$$

$$\text{Productividad Programación} = 1292.5 \text{ líneas de código} / \text{persona-mes}$$

<sup>1</sup> Pressman, Ingeniería del Software.

Ahora entonces, para la productividad del desarrollo de los objetos gráficos:

$$\text{Productividad} = 113 \text{ objetos gráficos} / (2 \text{ personas})(.5 \text{ meses})$$

$$\text{Productividad} = 113 \text{ objetos gráficos} / \text{persona-mes}$$

De la misma forma se puede calcular el costo por líneas de programación y por objetos gráficos. Teniendo en cuenta que el desarrollo de gráficos ocupó el 33% del tiempo total de desarrollo se tiene:

$$\text{Costo Programación} = \$49,400(0.67) / 2585 \text{ líneas de código}$$

$$\text{Costo Programación} = \$12.80 \text{ por línea de código.}$$

$$\text{Costo Gráficos} = \$49,400(0.33) / 113 \text{ objetos gráficos}$$

$$\text{Costo Gráficos} = \$144.27 \text{ por objeto gráfico.}$$

Estos datos nos sirven como base para realizar estimaciones de proyectos futuros. Dependiendo del tamaño del software a desarrollar se puede estimar un número aproximado de líneas de código, un número de objetos gráficos, y el esfuerzo requerido en términos de personas-mes para hacer una estimación económica del desarrollo. Con esta estimación, se podrá hacer una mejor selección entre las opciones de desarrollar o comprar software de capacitación.

## **4.5 Manual de Usuario**

### **4.5.1 Requerimientos del programa**

Los requerimientos mínimos del programa son: Computadora con procesador 486, sistema operativo Windows 3.xx, memoria RAM de 16 Mbytes y monitor VGA. Sin embargo, para una mejor operación del sistema se recomienda lo siguiente: Procesador 586, sistema operativo Windows 95, memoria RAM de 32 Mbytes y monitor SVGA con una resolución de pantalla de 800 por 600 pixeles.

El programa requiere un espacio libre en disco duro de 1.393 Mbytes. Para instalar el programa se necesita la unidad de disco flexible de 3.5 pulgadas.

### **4.5.2 Instalación**

Los discos del simulador eléctrico contienen un programa SETUP automático para instalarlo. Para que el programa Setup se ejecute, deberá estar trabajando en entorno Windows.

Siga los siguientes pasos para instalar el simulador eléctrico desde la unidad A.

1. Coloque el disco en la unidad A
2. Seleccione Inicio y Ejecutar.
3. Teclee A: SETUP.
4. Pulse INTRO.

Posteriormente el programa presentará un cuadro de diálogo. Siga las instrucciones del programa de instalación para elegir directorio de instalación.

### **4.5.3 Cómo usar el programa**

Como cualquier aplicación Windows el programa puede iniciar desde el menú de Inicio seleccionando Programas, MDELEC y hacer un clic en el icono del programa.

Nota: El uso del Simulador Eléctrico requiere que usted conozca el uso de aplicaciones en ambiente Windows y esté familiarizado con el uso del ratón. Consulte la Guía de Usuario de Microsoft Windows en caso que requiera ayuda al respecto. El uso efectivo del simulador también requiere que usted conozca la operación del Sistema Eléctrico del DC-9 / MD-80. Consulte el capítulo 3 de esta tesis para obtener un conocimiento general de operación.

La barra de menús está compuesta por las siguientes opciones:

- a) Sesión
- b) Ventana
- c) Generadores
- d) Interruptores

A continuación se describe cada opción de la barra de menú principal con sus opciones. Refiérase a la figura 4.7.

- a) Sesión
  - En Vuelo.- Cuando está seleccionada esta opción se configura el sistema en condición de vuelo. Esto es, se simula la condición de que los relevadores de Aire/Tierra se encuentren desenergizados, en condición de vuelo. Cuando no está seleccionada la configuración es de avión en tierra.

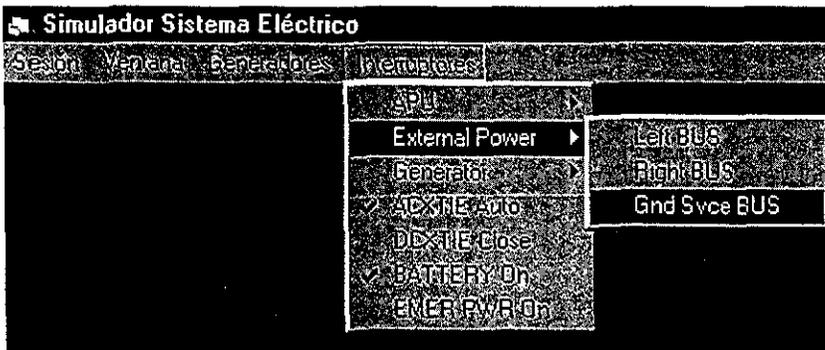


Figura 4.7  
Barra de Menús

- Salir.- Cuando se selecciona esta opción se abandona el simulador eléctrico. La posición de los interruptores se perderá al salir del programa.

#### b) Ventana

- Esquemático.- Al seleccionar esta opción, aparece el diagrama general eléctrico ocupando toda la pantalla. El diagrama aparecerá iluminado de acuerdo a la selección de interruptores y generadores que se haya hecho. Consulte el punto 4.4 para la interpretación del diagrama. Para mover los interruptores utilice la barra de menú.
- Cabina.- Seleccione esta opción para ver la cabina del avión con los tableros del sistema eléctrico resaltados. Esta es la ventana inicial del simulador.
- Tableros.- Muestra los tableros del sistema eléctrico cuando está seleccionado.

#### c) Generadores

Las opciones de este menú sirven para seleccionar los generadores activos del sistema. Entre ellos tenemos:

- Planta Externa.- Al seleccionar se simulan las condiciones del sistema de planta externa disponible. Esta opción está deshabilitada cuando la sesión está en vuelo.
- APU.- Al seleccionar se simulan las condiciones del sistema de unidad de potencia auxiliar disponible. Esta opción está deshabilitada cuando el interruptor de batería está en cortado.
- Motor Izquierdo.- Simula que el generador del motor izquierdo está produciendo energía eléctrica. Esta opción queda deshabilitada después de haber desengarzado la unidad de velocidad constante CSD. Para habilitar de nuevo, presione RESET en los controles del generador.

- Motor Derecho.- Simula que el generador del motor derecho está produciendo energía eléctrica. Esta opción queda deshabilitada después de haber desengarzado la unidad de velocidad constante CSD. Para habilitar de nuevo, presione RESET en los controles del generador.

#### d) Interruptores

Con este menú se pueden controlar los interruptores de los tableros. Esto permite mover los interruptores sin el uso del ratón o cuando se está viendo el diagrama, donde no se tiene acceso a los tableros desde la pantalla.

Si el interruptor está seleccionado (con el símbolo  $\surd$ ) entonces el interruptor se encuentra en la posición descrita. Si no está seleccionado, entonces está en la posición contraria. Por ejemplo en la figura 4.7 se ve que la opción BATTERY ON está seleccionada, esto significa que el interruptor está en la posición de ON. En cambio, la opción EMER PWR ON no está seleccionada, entonces el interruptor de Energía de Emergencia está en la posición OFF.

El simulador ofrece un diagrama general activo del sistema eléctrico. Este diagrama representa la posición de los contactos de los relevadores principales (conectado o desconectado), los identifica al momento de acercar el puntero del ratón, e ilumina las barras de energía según estén o no energizadas. La figura 4.4 presenta el diagrama.

Los colores utilizados se interpretan de la siguiente forma:

Azul.- Para corriente alterna.

Rojo.- Corriente directa.

Amarillo.- Barras de corriente directa.

Estos colores han sido usados tradicionalmente durante la capacitación. Los instructores y alumnos están familiarizados generalmente con ellos.

### 4.6 Evaluación de campo

Para evaluar el impacto en la capacitación técnica del simulador eléctrico, se realizó una encuesta a los estudiantes. La encuesta contiene un total de diez enunciados, los cuales son evaluados por el participante de acuerdo a su opinión en una escala del cero al diez. La figura 4.9 muestra la hoja de encuesta.

Se tomó una muestra de sesenta y tres participantes. Treinta y seis pilotos y veintisiete mecánicos de línea. La encuesta se realizó en las instalaciones del Centro de Capacitación Alas de América durante los meses de julio a noviembre de 1998. La hoja de encuesta se entregó al finalizar los cursos que hicieron uso del simulador eléctrico.

De cada enunciado de la encuesta se obtuvo un promedio de los resultados. Estos se pueden observar en la figura 4.8.

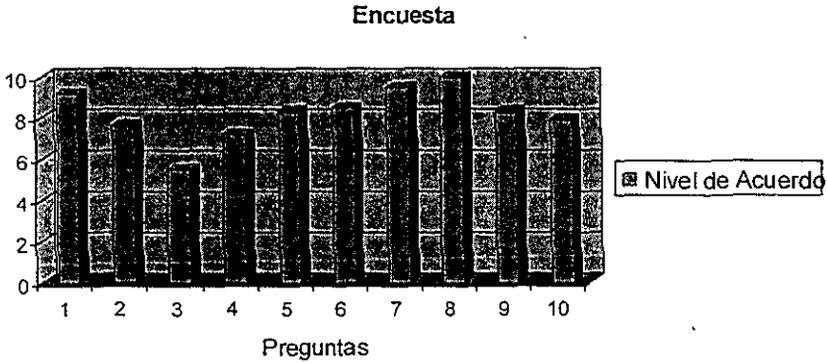


Figura 4.8

## ENCUESTA SOBRE EL SIMULADOR VIRTUAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO MD-80

Nombre del participante: \_\_\_\_\_  
 Nombre del curso: \_\_\_\_\_  
 Fecha de inicio: \_\_\_\_\_ Fecha de terminación: \_\_\_\_\_  
 Nombre del instructor: \_\_\_\_\_

Esta encuesta es confidencial, únicamente es para retroalimentación. Te agradecemos el tiempo que inviertas en contestarla. Tu opinión nos ayuda a mejorar nuestros cursos.

Instrucciones: Marque la opción que más se apegue a su opinión.

	desacuerdo		de acuerdo		
El simulador virtual me ayuda a comprender mejor el funcionamiento del sistema	 0	 2	 5	 8	 10
Me gustaría que siguieran desarrollando simuladores virtuales en otros sistemas	 0	 2	 5	 8	 10
La calidad del simulador virtual es comparable con software de capacitación realizado por otras empresas en el extranjero	 0	 2	 5	 8	 10
El simulador virtual se comporta tal como el sistema eléctrico en aviación.	 0	 2	 5	 8	 10
El uso del simulador virtual genera mayor interés y participación en la clase	 0	 2	 5	 8	 10
El simulador virtual puede servir como apoyo a las sesiones de simulador de vuelo.	 0	 2	 5	 8	 10
Sería conveniente tener computadoras personales para practicar individualmente en el simulador virtual	 0	 2	 5	 8	 10
Me gustaría que se incluyeran procedimientos anormales en el simulador virtual	 0	 2	 5	 8	 10
El simulador ayuda a que la exposición del instructor sea más clara y concreta	 0	 2	 5	 8	 10
El uso del simulador virtual fortalece habilidades que ayudan a mejorar mi desempeño en el trabajo	 0	 2	 5	 8	 10

Figura 4.9  
Encuesta

Pregunta	Nivel de Acuerdo
1	9.2
2	7.6
3	5.5
4	7.2
5	8.3
6	8.5
7	9.5
8	9.8
9	8.3
10	7.9

Tabla 4.1

#### 4.6.1 Análisis de resultados

El primer enunciado: “El simulador virtual me ayuda a comprender mejor el funcionamiento del sistema” obtuvo un promedio de 9.2 de nivel de acuerdo. Esto significa que casi todos los encuestados coinciden en que el simulador cumple con su objetivo básico, esto es, ser una ayuda didáctica.

El segundo enunciado: “Me gustaría que siguieran desarrollando simuladores virtuales de otros sistemas” obtuvo 7.6. Entonces, la mayoría de los encuestados están de acuerdo en que se continúe con el desarrollo de nuevos simuladores. Este dato nos indica que el cliente, es decir los alumnos, comenzarán a demandar en mayor medida este tipo de ayudas didácticas en otros cursos. Lo cual es un punto importante en la justificación de la creación de un departamento de desarrollo que se pretende proponer más adelante.

En el tercer punto de la encuesta, “la calidad del simulador virtual es comparable con el software de capacitación realizado por otras empresas en el extranjero”, tuvo un consenso de 5.5. Fue el menor punto de acuerdo. Lo cual indica que muchos de los participantes en la encuesta han tenido contacto con software fabricado en el extranjero y que consideran que el software desarrollado en Alas de América aún no tiene la calidad del software extranjero. Esto es comprensible debido a que este simulador es un proyecto inicial y nos indica que si deseamos continuar desarrollando software se deberán tener las herramientas de vanguardia para ser competitivos en un medio internacional.

El punto número cuatro, “el simulador virtual se comporta tal como el sistema eléctrico en el avión.” Obtuvo un promedio de 7.2 en el nivel de acuerdo. Esto indica que la mayoría de los alumnos opina que el simulador se asemeja al funcionamiento real del sistema.

Punto número cinco: “El simulador virtual genera mayor interés y participación en la clase”. Con un promedio de 8.3 en el nivel de acuerdo. Nos indica que el simulador cumple con su objetivo de ser un instrumento didáctico que favorece la capacitación técnica.

Sexto, “el simulador virtual puede servir como apoyo a las sesiones de simulador de vuelo.” Promedio de 8.5. La mayoría de los participantes coincide en que su uso puede servir como un apoyo a las sesiones de simulador de vuelo. Esto es muy importante porque el costo por hora de uso del simulador virtual es muy inferior al costo por hora de uso del simulador de vuelo. Entonces, se pueden practicar los procedimientos en el simulador virtual previamente al uso del simulador de vuelo.

Séptimo, “sería conveniente tener computadoras personales para practicar individualmente en el simulador virtual.” La gran mayoría de los encuestados considera conveniente que se utilicen computadoras personales para el uso del simulador. En éstas también se puede incluir los distintos sistemas de capacitación por computadora. Este es un punto importante para la justificación de la creación en un futuro próximo de aulas equipadas con computadoras personales.

El punto número ocho, “me gustaría que se incluyeran procedimientos anormales en el simulador virtual”, obtuvo el nivel de consenso más alto: 9.8. Casi la totalidad de los encuestados coincide en que el simulador debe incluir fallas para poder practicar procedimientos anormales. Esto fue previsto desde el diseño del simulador. Este resultado justifica el desarrollo de la segunda versión del simulador la inclusión de las fallas más comunes.

Noveno, “El simulador ayuda a que la exposición del instructor sea más clara y concreta”. Obtuvo un nivel de acuerdo de 8.3. Este resultado confirma que el simulador facilita la labor del instructor ayudándolo en su exposición.

El décimo punto, “el uso del simulador virtual fortalece habilidades que ayudan a mejorar mi desempeño en el trabajo” obtuvo un grado de consenso de 7.9. La mayor parte de los participantes considera que la capacitación recibida y facilitada por el simulador tendrá un efecto directo en su trabajo de forma positiva.

Con los resultados obtenidos en la encuesta nos muestra que la aceptación del simulador ha sido muy positiva y amplia por parte de los usuarios.

La encuesta sirvió también para recibir comentarios y sugerencias, así como detección de errores. Gracias al uso que se le ha dado, ha sido posible una depuración del programa. Entre las sugerencias aportadas destacan:

- La inclusión de fallas
- Añadir un menú de ayuda
- Dibujar el diagrama esquemático según el manual de vuelo
- Poder ver todas las ventanas al mismo tiempo

Las tres primeras sugerencias están consideradas para la Versión 2.0 del simulador. Cabe mencionar que el diagrama esquemático de la versión actual fue tomado de los manuales de capacitación de mantenimiento, pero los pilotos no están muy familiarizados con la

organización de este diagrama. La cuarta sugerencia se puede resolver utilizando las características del sistema operativo Windows 98 que soporta el uso de varios monitores con una misma computadora.

## **CAPÍTULO 5**

### **PERSPECTIVA A FUTURO**

#### **5.1 Proyección de necesidades**

Siendo el Centro de Capacitación Alas de América una empresa de servicio y existiendo una competencia muy fuerte en su ramo, es indispensable que se actualice en los medios de impartir la capacitación.

Se han detectado las necesidades de actualizar los sistemas de capacitación mediante la utilización de tecnologías adecuadas para este fin, concretamente, la creación de sistemas instructivos computacionales y de comunicaciones que den apoyo a la capacitación y al auto aprendizaje

Con el diagnóstico se llegó a la conclusión de que las áreas prioritarias que deberían ser sujeto de apoyo de estos nuevos sistemas son las de Pilotos, Mantenimiento y Sobrecargos.

#### **5.2 Descripción del proyecto y propósitos**

##### **5.2.1 Descripción técnica del proyecto**

Con el fin de complementar la capacitación en la industria aeronáutica se propone desarrollar: Presentaciones por Computadora (PPC), Sistemas Interactivos de Capacitación

(SIC) y Simuladores de Componentes asistidos por computadora. Se trata de sistemas robustos y flexibles orientados al uso de interfaces para entrenamiento.

El Sistema Interactivo de Capacitación Asistido por Computadora (SIC) es un sistema que cubre los conocimientos, técnicas y políticas adoptadas por las áreas operativas de las líneas aéreas presentados de manera sencilla, apoyados con animaciones, fotografías, videos, texto, audio y dibujos. El SIC utiliza herramientas de cómputo para introducir conceptos didácticos de detalle, con una gran uniformidad y al mismo tiempo resuelve cualquier complejidad a un costo reducido.

Los Simuladores de Componentes Asistidos por Computadora, son sistemas que muestran los conocimientos, técnicas y procedimientos para aumentar la capacidad de respuesta de los operarios a diversas situaciones exógenas, lo cual presenta la práctica y operación sin la toma de riesgo de usuarios y equipos, así como reforzar las habilidades y conocimientos del usuario mediante el uso de paneles representativos de los utilizados en el equipo de vuelo.

### **5.2.2 Descripción del producto**

La capacitación por medio de sistemas interactivos y simuladores asistidos por computadora, tiene por objetivo desarrollar, adaptar y operar diversos módulos de servicio en el país, a través de los cuales se brindará a los usuarios la oportunidad de uso de tecnología moderna a precios competitivos, además de reducir hasta en un 40% los tiempos de capacitación tradicional.

Debido a la naturaleza del cambio tecnológico en la industria de la aviación, se puede considerar que un programa interactivo y de simulación es específico para cada serie de equipos aeronáuticos, ya que cada uno es un producto completamente distinto. Esto es, que en el VAC-VI, como el existente para el equipo Airbus A-320, sirve como experiencia para

la implementación de los nuevos equipos. Así, los sistemas asistidos por computadora para el B-757 / 767, A-320, MD-80, y DC-9, son a su vez, subproyectos independientes entre sí.

Cada subproyecto se divide en tres módulos de adiestramiento, capacitación y actualización continua para pilotos, mecánicos de aviación y sobrecargos.

Existen programas genéricos que deben ser adaptados y mejorados tomando en cuenta las variaciones entre equipos de la misma serie. Por ejemplo, existen diferentes tipos de avión pertenecientes a la serie MD-80 (MD-82, 83, 87 y 88), y los modelos 15 y 32 para la serie DC-9.

El proyecto tendrá principalmente la orientación del servicio al cliente en forma para la capacitación, la asesoría y el autoaprendizaje combinando los últimos desarrollos en tecnología multimedia con la salida base de una experiencia con la capacitación en forma comprensiva. Usando herramientas como: video, animación, y audio, se producen sofisticados SIC'S con un alto grado de interactividad. Para esto, se busca fortalecer las siguientes categorías de productos principales:

1. Simuladores bidimensionales.
2. Simuladores tridimensionales.
3. Simuladores de Cabina Fija.
4. Sistemas interactivos de capacitación

### **5.2.3 Objetivos del proyecto**

Los objetivos de desarrollar Presentaciones por Computadora (PPC), Sistemas Interactivos de Capacitación (SIC) y los Simuladores de Componentes Asistidos por Computadora son los siguientes:

1. Generar una serie de sistemas de entrenamiento computarizado de alta disponibilidad para las áreas de Pilotos, Mantenimiento y Sobrecargos, basados en las especificaciones técnicas correspondientes.
2. Fortalecer los conocimientos y habilidades del personal de los usuarios y personal del Centro de Capacitación Alas de América (CCAA), para la utilización de las herramientas de cómputo en la impartición de cursos computarizados, de acuerdo a sus necesidades específicas.
3. Proponer una serie de metodologías de trabajo y administración de los sistemas de entrenamiento, que permitan su utilización aprovechando todas sus características funcionales sin problemas obvios.
4. Instrumentar un canal de comunicación entre el cliente y el CCAA para mantener la información contenida en los sistemas de entrenamiento actualizada.
5. Dar flexibilidad a los programas de capacitación y formación, es decir, que cada individuo lleve el programa de acuerdo a sus necesidades específicas de capacitación.
6. Desarrollar la calidad de la capacitación mediante el uso de imágenes “reales” y procedimientos internacionales demostrados, y así garantizar la transferencia de conocimientos de manera uniforme.
7. Desarrollar bancos de información para consulta de procedimientos antes de efectuar maniobras o procedimientos complejos.

### **5.3 Estudio de mercado**

El mercado está compuesto por las empresas del Grupo CINTRA, cuyo personal técnico aeronáutico esta constituido por:

- 1,700 pilotos
- 3,500 sobrecargos
- 2,300 mecánicos de aviación
- 1,000 ingenieros y personal de apoyo

La población objetivo del proyecto en cuestión es de 8,400 personas de un total de 18,540, que se pretende atender lo anterior disminuye la incertidumbre de la viabilidad del mercado, ya que este es un mercado cautivo plenamente identificado como Nicho, y en donde, se enfatizan encadenamientos informales entre el mercado, el diseño, el servicio y atención, el mecanismo de estos encadenamientos es la retroalimentación de información del mercado que se atiende con sistemas, programas y cursos tradicionales de capacitación para las diversas áreas operativas como resultado de la investigación, análisis, y conocimiento acumulado en Alas de América.

Con base en el estudio de las necesidades de actualización de los sistemas de entrenamiento, el pronóstico de ventas para 1999, con proyectos de innovación por horas-curso usuario a \$560.00, considerando solamente al grupo CINTRA es el siguiente:

Grupo	Horas-Curso Promedio	Horas-Curso-Anuales	Participante
Pilotos	6,528 hr	532,640hr	
Sobrecargos	8,960 hr	1'089,600hr	
Mecánicos	8,832 hr	1'088,320hr	
Totales	24,320 hr	87'210,560 hr	

Posteriormente se buscaría vincularse con las necesidades de otras aerolíneas de Centro y Sudamérica. México sería pionero entre estos países al concretarse en el Centro de Capacitación una infraestructura tecnológica integral con soluciones en distintas plataformas y sistemas de redes, a la altura de las principales a nivel mundial, con amplias ventajas comparativas por el conocimiento del sector, localización geográfica, y experiencia

acumulada en capital humano e infraestructura básica de capacitación y adiestramiento a través de los años. Nos hemos convertido en la única empresa en América Latina con la capacidad de desarrollar servicios y soluciones integrales de capacitación asistida por computadora, todavía a nivel incipiente. Nuestros técnicos han asistido a diversos seminarios en los Estados Unidos y Europa, colocándolos como recursos humanos de gran valor.

### **5.3.1 Oportunidades que dan origen al proyecto**

Hoy en día el ámbito de la capacitación y el aprendizaje, tanto a nivel personal como a nivel empresarial, requieren de una comunicación interactiva, por lo que se requiere ofrecer un producto y servicio con calidad y buenos precios, ante una alta demanda creciente. Por tal motivo, Alas de América tomó la decisión de convertirse en un proveedor especializado de información del conocimiento orientado al cliente en los mercados de Latinoamérica. Se conoce la necesidad de los servicios. La empresa, al ser una filial de CINTRA, encuentra condiciones empresariales favorables para prestar el servicio a las otras empresas del grupo, además, por su presencia en América Latina, tiene un mercado potencial conformado por empresas como Avianca, LanChile, Aviateca, Aerolíneas Argentinas, Aserca, AeroPerú, etc.

Las nuevas tecnologías de comunicación, permiten el intercambio de video, imágenes y sonidos digitalizados, además de cualquier otro tipo de material de computadora (gráficos, archivos, aplicaciones específicas). Lo anterior permitiría al CCAA desarrollar productos y servicios para usos remotos en toda América Latina. La distribución de las presentaciones, los simuladores por computadora, y los sistemas interactivos puede realizarse a través de Internet. La consulta de los instructores puede llevarse a cabo vía correo electrónico. Finalmente, cuando sea necesario, se puede recurrir a la videoconferencia creando un aula virtual. Lo principal que se busca con esta tecnología es que los usuarios se vean como si estuvieran en la misma sala de reuniones a la vez que puedan intercambiar información gráfica y documental.

De esta forma se busca evitar traslados, gastos de hotel, retrasos, viajes, mayor disponibilidad de sitios en vuelos. Pero además, se incrementaría la disponibilidad de pilotos, sobrecargos y mecánicos en sus estaciones de trabajo, proporcionando mayor agilidad y efectividad de las mismas.

### **5.3.2 Segmentación del mercado**

El mercado meta actual al que se orienta el desarrollo del proyecto contempla un universo de 8,400 personas del área técnica aeronáutica al año, incrementándose un 20% anual en función de la respuesta del grupo CINTRA y del mercado de aerolíneas internacionales a precios competitivos, con soluciones integrales, estandarización, eficiencia, y uniformidad en la calidad de los tipos de capacitación. El crecimiento adicional estará en función de que nuestros servicios tengan una mayor retroalimentación de los usuarios, para mejorar el contenido de los módulos, y perfeccionar el funcionamiento de los sistemas.

## **5.4 Programa de desarrollo**

### **5.4.1 Lineamientos para el desarrollo de Software**

Se debe desarrollar multimedia basada en ambiente Windows con una plataforma que permita la transmisión de los programas en el protocolo TCP/IP para su publicación futura en una intranet empresarial. Con esta tecnología se asegura que los cursos diseñados tienen las siguientes capacidades:

1. Utilizan tecnología actual orientada a los objetos.
2. Utilizan tecnología de software que permita el acceso remoto a los cursos de capacitación.
3. Pueden ser rediseñados para soportar nuevas funciones o crear nuevas lecciones.

4. Pueden operar en diversas plataformas de software y hardware.
5. No dependen del ciclo de vida de ningún sistema tutorial específico.
6. Protegen la inversión del cliente asegurando que los cursos no son sujetos a formato de propiedad.

Dentro de la metodología de desarrollo orientada a los objetos, los elementos de los cursos son almacenados en formatos comerciales y pueden ser fácilmente unidos para tener lecciones en multimedia.

El proceso de desarrollo consiste de las siguientes etapas:

1. Participación en la planeación estratégica de las aerolíneas
2. Detección de necesidades de capacitación
3. Detección del plan de capacitación que dé soporte a los planes estratégicos
4. Aprobación del plan de capacitación por las aerolíneas
5. Desarrollo de programas de estudio
6. Autorización de los programas por autoridades aeronáuticas
7. Desarrollo / adecuación de los sistemas y rutinas de instrucción
8. Desarrollo de capacidades de instructores
9. Impartición de capacitación
10. Administración y evaluación del proceso de capacitación
11. Certificación de la capacitación
12. Medición del impacto de la capacitación en los procesos productivos
13. Detección de desviaciones del proceso y de nuevas necesidades
14. Mejora de los programas y de los medios de instrucción.

## 5.4.2 Desarrollo Instruccional

Durante el desarrollo del SIC de los equipos de la flota de CINTRA, las empresas proveedoras se basan en su metodología de diseño de sistemas de instrucción, el cual ha sido comprobado satisfactoriamente. La nueva versión de estos equipos representa un sistema líder en la industria ya que las lecciones pueden ser acompañadas con la práctica en los simuladores de sistemas.

Alas de América está comprometido con el desarrollo de cursos de SIC que cumplan con los más altos niveles de eficiencia de instrucción, cuando un usuario está tomando su curso de SIC, es muy importante mantener su interés y atención.

Pero la implementación de estos nuevos productos exige una capacitación continua de los instructores y los desarrolladores del software; no sólo en aeronáutica, ahora deberán manejar programas computacionales avanzados. Esto genera un beneficio directo para el personal del Centro, pues se deberá invertir más en su desarrollo para que la empresa obtenga mejores dividendos.

La información debe ser presentada de forma consistente a los usuarios. Los gráficos, la retroalimentación de los usuarios y la profundidad técnica de las lecciones es muy importante, por lo que este tipo de información debe ser apropiadamente dirigida al momento que se realiza el diseño del SIC. Cada lección cuenta con las páginas necesarias para complementar la lección de forma satisfactoria: páginas de introducción, objetivos y de ejercicios entre otros.

El desarrollo de la capacitación asistida por computadora se llevará a cabo en diferentes fases, comenzando con presentaciones por computadora sustituyendo los métodos tradicionales en pizarrón y acetatos. La siguiente fase constará de la utilización de los simuladores que sustituyen la práctica en directa en el avión y como fase última la utilización de los sistemas interactivos de capacitación.

Los cursos desarrollados para el Centro de Capacitación Alas de América contarán con todos estas fases didácticas dentro de su estructura de instrucción.

La metodología que se busca utilizar para el desarrollo del proyecto comprende desde el diseño del producto, la programación, la creación de objetos multimedia, la integración de los mismos, y finalmente, las pruebas necesarias para el aseguramiento de la calidad.

Se inicia con el diseño conceptual del producto. Se analiza la información que se va a utilizar. Se detectan necesidades de creación de objetos multimedia, como pueden ser videos, fotografías o animaciones. Se realiza entonces una estimación del tamaño del proyecto en términos de número de objetos multimedia, número de diapositivas, etc. Además, se estima el esfuerzo humano que requerirá el desarrollo.

Existirá un área dedicada al control de calidad de los desarrollos, verificando los estándares de calidad establecidos.

Existirá un área de servicio a clientes que retroalimente la información generada por los usuarios sobre el desempeño de los proyectos.

Los sistemas de proceso y almacenamiento de información estarán diseñados para lograr un adecuado ordenamiento de la información, logrando un desempeño eficiente para la consulta de la misma.

Deberá mantenerse estrecho contacto con los proveedores, conservando los protocolos de intercambio de información, notificando cualquier modificación en las normas y contenido de los elementos de capacitación.

Para ello, se pretende estar actualizado en los cambios normativos y comerciales en el campo de la capacitación, a nivel mundial.

### **5.4.3 Asistencia técnica**

Se ha contactado a empresas asesoras en desarrollo de software, para recibir asistencia técnica y capacitación para el desarrollo del proyecto. Alas de América pretende redefinir su papel como una empresa comprometida con un proceso total de innovación, con una visión estratégica compartida por los ejecutivos y los instructores operativos, que determinarán dónde hay necesidades tecnológicas; no sólo del grupo, sino también de la autoridad aeronáutica en mejoras a normas y procedimientos, además de las demandas de capacitación que surjan de otras empresas aeronáuticas, que habrá de satisfacer. El nuevo Departamento de Investigación y Desarrollo puede orientar permanentemente dicha interpretación del futuro y ayudar a la empresa a anticiparse en sus estrategias y tomar ventajas del cambio en las siguientes áreas:

- Normas, estándares y procedimientos internacionales
- Soporte a la administración estratégica de recursos humanos.
- Administración de proyectos para software
- Diseño instructivo y entrenamiento de análisis de tareas
- Diseño gráfico para interface con el usuario

Se busca obtener los servicios de consultoría para el tiempo que requiera el desarrollo del proyecto. También se requiere asesoría al personal para la operación, solución de problemas, y el mantenimiento general de cada programa de entrenamiento.

### **5.5 Deficiencias y problemáticas que se pretenden resolver**

Actualmente la capacitación de personal requiere de largos tiempos de mano de obra disponible, así como el uso prolongado de equipos de operación tales como simuladores de vuelo y aviones. Adicionalmente se tiene escasa flexibilidad en la programación de la capacitación por las necesidades de los programas regulares de vuelo y mantenimiento.

La conclusión de este proyecto podrá resolver en gran medida la problemática expuesta proporcionando menores tiempos de utilización de mano de obra y equipos, así como flexibilidad de programación, y mayor énfasis y logro en la estandarización de los conocimientos transmitidos.

### **5.5.1 Oportunidad de crecimiento**

El mercado de este servicio, a mediano y largo plazo, resulta muy rentable, ya que tomando al C.C.A.A. como base operativa y de información, se prevé que el número de empresas usuarias de estos servicios sea mayor progresivamente con el tiempo. Con la ayuda de telecomunicaciones, es posible considerar capacitación remota. Así mismo, el avance en los lenguajes avanzados de programación permite afirmar que los desarrollos para la capacitación serán transferibles hacia las plataformas utilizadas por otras compañías que se especializan en programas interactivos de capacitación, y que cuenta con las licencias de constructores de aeronaves.

INSTITUTO VENEZOLANO  
DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

## CONCLUSIONES

En los últimos años, la capacitación técnica aeronáutica ha estado experimentando cambios importantes en la forma de impartirse. Estos cambios se han orientado básicamente al uso de las computadoras como herramienta didáctica. Las aerolíneas pertenecientes a los países desarrollados han sido pioneras en el uso de la Capacitación Asistida por Computadora. Sin embargo, ahora es un buen momento para que América Latina comience implementar este nuevo método de capacitación.

Anteriormente, el uso de computadoras personales, capaces de reproducir software multimedia para la capacitación, resultaba muy costoso. Más aún, desarrollar este tipo de programas no resultaba viable para aerolíneas medianas y pequeñas. Ahora en cambio, con el desarrollo de nuevos procesadores, el abaratamiento de la tecnología, y el uso de Internet como herramienta de comunicación a distancia, el uso y desarrollo de software multimedia para la capacitación es una opción que se plantean las aerolíneas a nivel mundial.

En el caso particular del Centro de Capacitación Alas de América el proceso de incorporar la tecnología cibernética a la capacitación técnica ha comenzado ya. El programa del Simulador Eléctrico ha sido utilizado exitosamente en la capacitación técnica para pilotos y personal de mantenimiento.

Ha recibido una buena aceptación por parte de los alumnos, como una herramienta que facilita la comprensión del funcionamiento del sistema; y por parte de los instructores, como un medio didáctico que ahorra tiempo de capacitación y ayuda a crear escenarios simulados para resolver dudas específicas de operación. Los instructores destacaron el hecho de que el simulador, como herramienta que refleja simplemente el funcionamiento del sistema eléctrico del avión, no intenta sustituir el estilo propio de impartir la clase, como sucede con otros sistemas de Capacitación Asistida por Computadora. Entre las sugerencias de mejora por parte de los alumnos sobresale la de incluir un menú de fallas que puedan presentarse de

manera aleatoria, así como la de desarrollar otros simuladores de distintos sistemas. Por lo tanto, en el futuro se pretende desarrollar nuevos simuladores que incluyan estas sugerencias.

Con estos indicadores podemos concluir que la capacitación técnica aeronáutica efectivamente se beneficia con el uso simuladores de sistemas por computadora.

Al evaluar las opciones de desarrollo interno y de compra podemos concluir que, para el caso del Centro de Capacitación Alas de América, el desarrollo interno presenta mayores ventajas. Entre ellas cabe destacar el costo, la alta adaptabilidad a las diferentes configuraciones de flota que tiene Grupo CINTRA, así como el bajo costo y la alta flexibilidad de modificaciones futuras que requiera el software. Al ser un desarrollo propio se tiene la posibilidad de venderlo a terceros. Lo anterior, aunado a la posibilidad de hacerlo tanto en el idioma español como en inglés da una ventaja competitiva para la entrada al mercado de aerolíneas latinoamericanas.

La tendencia la capacitación aeronáutica a nivel mundial apunta de forma creciente hacia la integración de sistemas interactivos de capacitación. Por ello, se puede concluir, que si el Centro de Capacitación Alas de América implementa departamentos de desarrollo de capacitación por computadora se consolidará como líder de capacitación aeronáutica en América Latina. Por el contrario, de no hacerlo, corre el riesgo de convertirse en un consumidor de sistemas de capacitación con una fuerte dependencia a la tecnología externa, quedando rezagado en los avances tecnológicos. Ante esta perspectiva el Centro de Capacitación Alas de América puede perder su carácter de proveedor de capacitación técnica.

## ANEXO 1

### ABREVIATURAS

ACTR	Relevador de acoplamiento de CA.
AEPTR	Relevador de transferencia de energía de emergencia de CA.
AGSEPR	Relevador de energía externa de servicio de tierra de CA.
AGSTR	Relevador de transferencia de la barra de servicio de tierra de CA.
APR	Relevador de energía auxiliar
APSR	Relevador de la marcha del APU.
BCTR	Relevador de la barra de transferencia y del cargador de la batería
BR	Relevador de la batería
DCTR	Relevador de acoplamiento de CD
DEPTR	Relevador de transferencia de energía de emergencia de CD
DGSEPR	Relevador de energía externa de servicio de tierra de CD
DGSTR	Relevador de transferencia de la barra de servicio de tierra de CD
DTBSR	Relevador de la barra de transferencia de CD
EPR	Relevador de energía externa
GR	Relevador del generador
GSAPR	Relevador de energía auxiliar de servicio de tierra

## ANEXO 2

### LISTADO DEL PROGRAMA MDI SIMULADOR.

*Correspondiente al archivo: MDISIMULADOR.MDI*

VERSION 2.00

Begin MDIForm mdiSimulador

Caption = "Simulador Sistema Eléctrico"

ClientHeight = 6690

ClientLeft = 1830

ClientTop = 2610

ClientWidth = 9660

Height = 7380

Left = 1770

Top = 1980

Width = 9780

WindowState = 2 'Maximized

Begin PictureBox Picture1

Align = 1 'Align Top

AutoSize = -1 'True

BackColor = &H00000000&

Height = 9030

Left = 0

Picture = MDISIMUL.FRX:0000

ScaleHeight = 9000

ScaleWidth = 9630

TabIndex = 0

Top = 0

Width = 9660

Begin SSPanel PnEntrada

BevelWidth = 8

Caption = "SISTEMA ELÉCTRICO MD-80 versión 1.1"

Font3D = 2 'Raised w/heavy shading

FontBold = -1 'True

FontItalic = -1 'True

FontName = "Arial Rounded MT Bold"

FontSize = 18

FontStrikethru = 0 'False

FontUnderline = 0 'False

ForeColor = &H00808080&

Height = 5055

Left = 2160

TabIndex = 4

Top = 390

Width = 5940

Begin CommandButton Command1

Caption = "Aceptar"  
Height = 495  
Left = 4245  
TabIndex = 9  
Top = 4185  
Width = 1170

End

Begin Label Label2

BackColor = &H00C0C0C0&  
Caption = "Derechos Reservados 1998. Prohibida su Reproducción parcial o total."  
ForeColor = &H00808080&  
Height = 480  
Left = 540  
TabIndex = 10  
Top = 4215  
Width = 3885

End

Begin Label Label1

BackColor = &H00C0C0C0&  
Caption = "Desarrollado por Carlos Muñoz y Rodrigo Merodio  
para el Centro de Capacitación Alas de América"  
ForeColor = &H00000000&  
Height = 675  
Left = 480  
TabIndex = 5  
Top = 3360  
Width = 4725

End

Begin Menu mnuArchivo

Caption = "Sesión"

Begin Menu mnuVuelo

Caption = "En Vuelo"

End

Begin Menu mnuSalir

Caption = "Salir"

End

End

Begin Menu mnuVentana

Caption = "Ventana"

Enabled = 0 'False

Begin Menu mnuSchematic

Caption = "Esquemático"

End

Begin Menu mnuCabina

Caption = "Cabina"

End

```

Begin Menu mnuTableros
  Caption    = "Tableros"
End
End
Begin Menu mnuGEN
  Caption    = "Generadores"
  Enabled    = 0 'False
Begin Menu mnuAPU
  Caption    = "APU"
End
Begin Menu mnuExtPWR
  Caption    = "Planta Externa"
End
End
Begin Menu mnuLeng
  Caption    = "Motor Izq"
End
Begin Menu mnuReng
  Caption    = "Motor Der"
End
End
Begin Menu mnuInterruptores
  Caption    = "Interruptores"
  Enabled    = 0 'False
Begin Menu mnuAPUsw
  Caption    = "APU"
Begin Menu mnuAPUL
  Caption    = "Left BUS"
End
Begin Menu mnuAPUR
  Caption    = "Right BUS"
End
Begin Menu mnuAPUgnd
  Caption    = "Gnd Svcc BUS"
End
End
Begin Menu mnuEPWRsw
  Caption    = "External Power"
Begin Menu mnuEPWRL
  Caption    = "Left BUS"
End
Begin Menu mnuEPWRR
  Caption    = "Right BUS"
End
Begin Menu mnuEXTgnd
  Caption    = "Gnd Svcc BUS"
End
End
End

```

```

Begin Menu mnuGENsw
  Caption = "Generator"
Begin Menu mnuGENL
  Caption = "Left BUS"
End
Begin Menu mnuGENR
  Caption = "Right BUS"
End
End
Begin Menu mnuACXTIEsw
  Caption = "ACXTIE Auto"
End
Begin Menu mnuDCXTIEsw
  Caption = "DCXTIE Close"
End
Begin Menu mnuBATTERYsw
  Caption = "BATTERY On"
End
Begin Menu mnuEMPWRsw
  Caption = "EMER PWR On"
End
End
End

```

```

Sub Command1_Click ()
pnEntrada.Visible = False
mnuVentana.Enabled = True
mnuGEN.Enabled = True
mnuInterruptores.Enabled = True
End Sub

```

```

Sub GndSvcePanel_Click ()
frmGndSvce.WindowState = 0
frmApuExtPn.WindowState = 1
frmOAP.WindowState = 1
frmGndSvce.Move 2000, 1500
mnuCabina.Checked = False
picture1.Visible = False
End Sub

```

```

Sub GndSvcePanel_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
lblGnd.Visible = True
End Sub

```

```

Sub lblLuz_Click ()
frmOAP.WindowState = 0
frmApuExtPn.WindowState = 1
frmGndSvce.WindowState = 1
frmOAP.Move 2000, 1000
mnuCabina.Checked = False
picture1.Visible = False

```

```

End Sub

Sub lblLuz_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
lblLuces.Visible = True
End Sub

Sub Luces_Click ()
picture1.Visible = False
frmOAP.WindowState = 0
End Sub

Sub MDIForm_Load ()
Load frmApuExtPn
Load frmOAP
Load frmGndSvce
Load frmEsquema
mnuAPU.Enabled = gBATon
'Variables por default
gBATampSel = True
gLGENon = True
gRGENon = True
gACXTon = True
mnuCabina.Checked = True
End Sub

Sub mnuACXTIEsw_Click ()
mnuACXTIEsw.Checked = Not mnuACXTIEsw.Checked
If mnuACXTIEsw.Checked Then
gACXTon = True
frmApuExtPn.swACXTauto.Visible = gACXTon
frmApuExtPn.swACXTop.Visible = Not gACXTon
Else
gACXTon = False
frmApuExtPn.swACXTauto.Visible = gACXTon
frmApuExtPn.swACXTop.Visible = Not gACXTon
End If
diagrama
End Sub

Sub mnuAPU_Click ()
mnuAPU.Checked = Not mnuAPU.Checked
gAPUavail = mnuAPU.Checked And gBATon
APUavailEsq
LuzEnPanel
useAPUon 'enciende la luz APU IN USE en el GNDSVCE panel
useAPUonL 'enciende la luz APU IN USE en el panel izq ppal
useAPUonR 'enciende la luz APU IN USE en el panel der ppal
useEXTon 'enciende la luz EXT IN USE en GNDSVCE panel
useEXTonL 'enciende la luz EXT IN USE en el panel izq ppal
useEXTonR 'enciende la luz EXT IN USE en el panel der ppal
STATUS
ESTADODELUCES

```

```
diagrama  
End Sub
```

```
Sub mnuAPUgnd_Click ()  
mnuAPUgnd.Checked = Not mnuAPUgnd.Checked  
If mnuAPUgnd.Checked Then  
gAPUonGnd = True  
frmGndSvce.btnAPUon.Visible = True  
frmGndSvce.btnApuOff.Visible = False  
Else  
gAPUonGnd = False  
frmGndSvce.btnApuOff.Visible = True  
frmGndSvce.btnAPUon.Visible = False  
End If  
useAPUon  
useEXTon  
diagrama  
End Sub
```

```
Sub mnuAPUL_Click ()  
mnuAPUL.Checked = Not mnuAPUL.Checked  
If mnuAPUL.Checked Then  
gAPUonL = True  
frmApuExtPn.btnAPUon.Visible = True  
frmApuExtPn.btnApuOff.Visible = False  
Else  
gAPUonL = False  
frmApuExtPn.btnApuOff.Visible = True  
frmApuExtPn.btnAPUon.Visible = False  
End If  
useAPUonL  
useEXTonL  
diagrama  
End Sub
```

```
Sub mnuAPUR_Click ()  
mnuAPUR.Checked = Not mnuAPUR.Checked  
If mnuAPUR.Checked Then  
gAPUonR = True  
frmApuExtPn.btnApuOnRt.Visible = True  
frmApuExtPn.btnApuOffRt.Visible = False  
Else  
gAPUonR = False  
frmApuExtPn.btnApuOffRt.Visible = True  
frmApuExtPn.btnApuOnRt.Visible = False  
End If  
useAPUonR  
useEXTonR  
useAPUon  
useEXTon  
diagrama  
End Sub
```

```

Sub mnuBATTERYsw_Click ()
mnuBATTERYsw.Checked = Not mnuBATTERYsw.Checked
If mnuBATTERYsw.Checked Then
gBATon = True
mnuAPU.Enabled = True
frmApuExtPn.swBATOff.Visible = Not gBATon
frmApuExtPn.swBATon.Visible = gBATon
Else
gBATon = False
gAPUavail = gBATon And mdiSimulador.mnuAPU.Checked
mnuAPU.Enabled = gAPUavail
mnuAPU.Checked = gAPUavail
frmApuExtPn.swBATOff.Visible = Not gBATon
frmApuExtPn.swBATon.Visible = gBATon
End If
LuzEnPanel
useAPUonL
useAPUonR
APUavailEsq
diagrama
End Sub

```

```

Sub mnuCabina_Click ()
mnuCabina.Checked = Not mnuCabina.Checked
picture1.Visible = mnuCabina.Checked
If mnuCabina.Checked Then
frmEsquema.WindowState = 1
mnuSchematic.Checked = False
mnuTableros.Checked = False
End If
End Sub

```

```

Sub mnuDCXTIEsw_Click ()
mnuDCXTIEsw.Checked = Not mnuDCXTIEsw.Checked
If mnuDCXTIEsw.Checked Then
gDCXTon = -1
frmApuExtPn.swDCXTcl.Visible = gDCXTon
frmApuExtPn.swDCXTop.Visible = Not gDCXTon
Else
gDCXTon = 0
frmApuExtPn.swDCXTcl.Visible = gDCXTon
frmApuExtPn.swDCXTop.Visible = Not gDCXTon
End If
diagrama
End Sub

```

```

Sub mnuEMPWRsw_Click ()
mnuEMPWRsw.Checked = Not mnuEMPWRsw.Checked
If mnuEMPWRsw.Checked Then
gEMRon = True
frmApuExtPn.SwEMRoff.Visible = Not gEMRon
frmApuExtPn.SwEMRon.Visible = gEMRon
frmApuExtPn.luzEMRon.Visible = gEMRon
frmApuExtPn.luzEMRoff.Visible = Not gEMRon
frmApuExtPn.timer1.Enabled = False
frmApuExtPn.Timer2.Enabled = True 'Habilito el contador de tiempo de descarga
gTiempo = 0
Else
gEMRon = False
gCARGA = True
frmApuExtPn.SwEMRon.Visible = gEMRon
frmApuExtPn.SwEMRoff.Visible = Not gEMRon
frmApuExtPn.luzEMRon.Visible = gEMRon
frmApuExtPn.luzEMRoff.Visible = Not gEMRon
gI = 0 'Pone en 0 el tiempo de carga (inicializa)
frmApuExtPn.Timer2.Enabled = False 'deshabilita el contador de tiempo de descarga
End If
diagrama
End Sub

```

```

Sub mnuEPWRL_Click ()
mnuEPWRL.Checked = Not mnuEPWRL.Checked
If mnuEPWRL.Checked Then
gExtonL = True
frmApuExtPn.btnEXTon.Visible = True
frmApuExtPn.btnEXToff.Visible = False
Else
gExtonL = False
frmApuExtPn.btnEXToff.Visible = True
frmApuExtPn.btnEXTon.Visible = False
useAPUonL
End If
useEXTonL
diagrama
End Sub

```

```

Sub mnuEPWRR_Click ()
mnuEPWRR.Checked = Not mnuEPWRR.Checked
If mnuEPWRR.Checked Then
gExtonR = True
frmApuExtPn.btnExtOnRt.Visible = True
frmApuExtPn.btnExtOffRt.Visible = False
Else
gExtonR = False
frmApuExtPn.btnExtOffRt.Visible = True
frmApuExtPn.btnExtOnRt.Visible = False
useAPUonR

```

```

End If
useAPUon
useEXTon
useEXTonR
diagrama
End Sub

```

```

Sub mnuEXTgnd_Click ()
mnuEXTgnd.Checked = Not mnuEXTgnd.Checked
If mnuEXTgnd.Checked Then
gEXTonGnd = True
frmGndSvce.btnEXTon.Visible = True
frmGndSvce.btnEXToff.Visible = False
Else
gEXTonGnd = False
frmGndSvce.btnEXToff.Visible = True
frmGndSvce.btnEXTon.Visible = False
End If
useEXTon
useAPUon
diagrama
End Sub

```

```

Sub mnuExtPWR_Click ()
Dim i As Integer
mnuExtPWR.Checked = Not mnuExtPWR.Checked
EXTavail
useEXTon 'enciende EXT IN USE en GNDSVCE
useEXTonL 'enciende EXT IN USE en L ppal
useEXTonR 'enciende EXT IN USE en R ppal
useAPUon
STATUS
ESTADODELUCES
diagrama
End Sub

```

```

Sub mnuGENL_Click ()
mnuGENL.Checked = Not mnuGENL.Checked
If mnuGENL.Checked Then
gLGENon = True
frmApuExtPn.SWlgenOFF.Visible = False
frmApuExtPn.SWlgenON.Visible = True
Else
gLGENon = False
frmApuExtPn.SWlgenOFF.Visible = True
frmApuExtPn.SWlgenON.Visible = False
End If
useAPUonL
useEXTonL
diagrama
End Sub

```

```

Sub mnuGENR_Click ()
mnuGENR.Checked = Not mnuGENR.Checked
If mnuGENR.Checked Then
gRGENon = True
frmApuExtPn.SWRgenOFF.Visible = False
frmApuExtPn.SWRgenON.Visible = True
Else
gRGENon = False
frmApuExtPn.SWRgenOFF.Visible = True
frmApuExtPn.SWRgenON.Visible = False
End If
useAPUonR 'apaga la luz de uso izq del apu por prioridad
useEXTonR 'apaga la luz de uso izq del ext por prioridad
useAPUon
useEXTon
diagrama
End Sub

```

```

Sub mnuLeng_Click ()
mnuLeng.Checked = Not mnuLeng.Checked
gLGENavail = mnuLeng.Checked
LGENavailEsq
useAPUonL
useEXTonL
CSD
diagrama
STATUS
ESTADODELUCES
End Sub

```

```

Sub mnuReng_Click ()
mnuReng.Checked = Not mnuReng.Checked
gRGENavail = mnuReng.Checked
RGENavailEsq
useAPUon
useEXTon
useAPUonR
useEXTonR
CSD
diagrama
STATUS
ESTADODELUCES
End Sub

```

```

Sub mnuSalir_Click ()
Unload Me
End Sub

```

```

Sub mnuSchematic_Click ()
mnuSchematic.Checked = Not mnuSchematic.Checked
If mnuSchematic.Checked Then
mnuCabina.Checked = False
mnuTableros.Checked = False
picture1.Visible = False
frmEsquema.WindowState = 2
'frmEsquema.Move 14000, -300, 12000, 8000
Else
frmEsquema.WindowState = 1
End If
End Sub

```

```

Sub mnuTableros_Click ()
mnuTableros.Checked = Not mnuTableros.Checked
If mnuTableros.Checked Then
frmEsquema.WindowState = 1
mnuSchematic.Checked = False
mnuCabina.Checked = False
frmGndSvce.WindowState = 0
frmApuExtPn.WindowState = 0
frmOAP.WindowState = 0
frmOAP.Move 1000, 6650
frmApuExtPn.Move 1000, -500, 7500, 7000
frmGndSvce.Move 1000, -3500
picture1.Visible = False
Else
frmGndSvce.WindowState = 1
frmApuExtPn.WindowState = 1
frmOAP.WindowState = 1
End If
End Sub

```

```

Sub mnuVuelo_Click ()
mnuVuelo.Checked = Not mnuVuelo.Checked
gVuelo = mnuVuelo.Checked
If mnuVuelo.Checked Then
mnuExtPWR.Checked = False
mnuExtPWR.Enabled = False
gEXTavail = False
Else
mnuExtPWR.Enabled = True
End If
EXTavail
useEXTon
useEXTonL
useEXTonR
useAPUonL
useAPUonR
diagrama
End Sub

```

```

Sub Picture1_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
lblLuces.Visible = False
lblPpal.Visible = False
lblGnd.Visible = False
End Sub

```

```

Sub Principal_Click ()
frmApuExtPn.WindowState = 0
frmGndSvce.WindowState = 1
frmOAP.WindowState = 1
frmApuExtPn.Move 1000, -500, 7500, 7000
mnuCabina.Checked = False
picture1.Visible = False
End Sub

```

```

Sub Principal_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
lblPpal.Visible = True
End Sub

```

```

Sub prioridad ()
If frmApuExtPn!btnAPUon.Visible = True And mnuAPU.Checked = True Then
frmApuExtPn!imgUseAPUon.Visible = True
frmApuExtPn!imgUseExton.Visible = False
frmApuExtPn!imgUseAPUoff.Visible = False
frmApuExtPn!imgUseExtoff.Visible = True
ElseIf mnuAPU.Checked = False And mnuExtPWR.Checked = True And
frmApuExtPn!btnEXTon.Visible = True Then
frmApuExtPn!imgUseExton.Visible = True
frmApuExtPn!imgUseExtoff.Visible = False
End If
If frmApuExtPn!btnApuOnRt.Visible = True And mnuAPU.Checked = True Then
frmApuExtPn!imgUseApuOnR.Visible = True
frmApuExtPn!imgUseExtOnR.Visible = False
frmApuExtPn!imgUseApuOffR.Visible = False
frmApuExtPn!imgUseExtOffR.Visible = True
ElseIf
mnuAPU.Checked = False And mnuExtPWR.Checked = True And frmApuExtPn!btnExtOnRt.Visible
= True
Then
frmApuExtPn!imgUseExtOnR.Visible = True
frmApuExtPn!imgUseExtOffR.Visible = False
End If
End Sub

```

```

Sub proteccion ()
If frmGndSvce!btnAPUon.Visible = True And frmGndSvce!btnEXTon.Visible = True Then
frmGndSvce!imgUseAPUon.Visible = False
frmGndSvce!imgUseExton.Visible = False
frmGndSvce!imgUseAPUoff.Visible = True
frmGndSvce!imgUseExtoff.Visible = True
End If
End Sub

```

### ANEXO 3

#### LISTADO DEL PROGRAMA MÓDULO.

*Correspondiente al archivo: MODULE1.BAS*

```
Global gTiempo, gI As Integer
Global gVuelo
Global gDesengarzado, gDesengarzadoR
'COLORES
Global Const yellow = &H80FFFF
Global Const red = &HFF
Global Const black = &H0&
Global Const white = &HFFFFFF
Global Const verde = &HFF0000 'verde oscuro
Global Const green = &HFFF80 'verde claro
Global Const blue = &HFF0000
Global Const cyan = &HFFF00

'FUENTES Nota: -1=true 0=false
'LGEN
Global gLGENavail 'L GEN : on=-1, off=0
'RGEN
Global gRGENavail 'R GEN : on=-1, off=0
'APU
Global gAPUavail 'APU : on=-1, off=0
'EXTPWR
Global gEXTavail 'EXTPWR: on=-1, off=0
'BATT
Global gBATonly

'Pulsos de Bateria
Global gCARGA
Global gEnCarga, gEnDescarga
' Global gBATT 'BATT : on=-1, off=0

'SWITCHES
'L GEN
Global gLGENon 'L GEN a Lbus : puesto=-1, cortado=0
' Global gLGenRESET 'L GEN a RESET : puesto=-1, cortado=0
'R GEN
Global gRGENon 'R GEN a Rbus : puesto=-1, cortado=0
' Global gRGenRESET 'R GEN a RESET : puesto=-1, cortado=0
'APU
Global gAPUonGND 'APU a GND SVCE: puesto=-1, cortado=0
Global gAPUonL 'APU a L BUS : puesto=-1, cortado=0
Global gAPUonR 'APU a R BUS : puesto=-1, cortado=0
' Global gApuRESET As Integer 'APU a RESET : puesto=-1, cortado=0
```

```

'EXT PWR
  Global gEXTonGND 'EXT a GND SVCE: puesto=-1, cortado=0
  Global gEXTonL 'EXT a Lbus : puesto=-1, cortado=0
  Global gEXTonR 'EXT a Rbus : puesto=-1, cortado=0
'ACXTIE
  Global gACXTon 'ACxTIE : auto=-1 , open=0
'DCxTIE
  Global gDCXTon 'DCxTIE : open=-1 , close=0
'BATT
  Global gBATon 'BATT switch : puesto=-1, cortado=0
  Global gBATamp
'EME
  Global gEMRon 'EME switch : puesto=1, cortado=0

'RELEVADORES
  Global gDCTRcl
  Global gACXTcl 'ACxTIE RLY : close=-1
  Global gAGSTR
'BARRAS
  Global gLon, gRon
  Global gAPUuseL, gAPUuseR, gEXTuseL, gEXTuseR, gAPUuseGND, gEXTuseGND
  Global gLGENuse, gRGENuse
  Global gDCXFR
  Global gDCEMRon 'barra dc emer está en amarillo
  Global gLDCon 'barra dc izq está en amarillo
  Global gRDCon 'barra dc der está en amarillo
  Global gGNDbusOn
'LUCES
  Global LacBUSoff, RacBUSoff
  Global ACemeBUSoff, APUgenOFF, DCbusOFF, DCemeBUSoff, DCxferBUSon
  Global gLuzGENOFF
  Global LGENoff, RGENoff
  Global LcsdPress, RcsdPress
'SELECTOR
  Global gAPUsel, gEXTsel, gLsel, gRsel, gGENavail, gBATvoltSel, gBATampSel

Sub APUavailEsq ()
'ilumina el esquemático cuando APU disponible
If gAPUavail Then
  For i = 0 To 3
    frmEsquema!LNAPU(i).BorderColor = verde
  Next i
frmEsquema!APUGEN.FillColor = green' &H80FF&
frmEsquema!LBLAPUGEN.BackColor = green'&H80FF&
Else
  frmEsquema!LBLAPUGEN.BackColor = white
  frmEsquema!APUGEN.FillColor = white
  For i = 0 To 3
    frmEsquema!LNAPU(i).BorderColor = black
  Next i
End If

```

End Sub

Sub CandIR ()

Dim i As Integer

gGNDbusOn = gAPUuseGND Or gEXTuseGND Or gRGENuse Or gAPUuseR Or gEXTuseR Or  
(gLGENuse And gACXTel)

gBATonly = Not gLon And Not gRon And Not gGNDbusOn And gBATon

'And Not gLDCon And Not gRDCon

If gBATonly Then

frmEsquema.CYTRdw.Visible = -1

frmEsquema.CYTRup.Visible = 0

frmEsquema.CYTRctr.Visible = 0

For i = 0 To 4

frmEsquema.InTrn(i).BorderColor = red

Next

frmEsquema.DCTRANSBUS.BackColor = yellow

frmEsquema.Line44.BorderColor = black

ElseIf gBATon And gGNDbusOn And Not gEMRon Then

frmEsquema.CYTRdw.Visible = 0

frmEsquema.CYTRup.Visible = -1

frmEsquema.CYTRctr.Visible = 0

For i = 0 To 4

frmEsquema.InTrn(i).BorderColor = black

Next

frmEsquema.Line44.BorderColor = red

Else

frmEsquema.CYTRdw.Visible = 0

frmEsquema.CYTRup.Visible = 0

frmEsquema.CYTRctr.Visible = -1

For i = 0 To 4

frmEsquema.InTrn(i).BorderColor = black

Next

frmEsquema.Line44.BorderColor = black

End If

End Sub

Sub CSD ()

frmApuExtPn.CSDoutL.Visible = gLGENavail

frmApuExtPn.CSDriseL.Visible = False

frmApuExtPn.CSDoffL.Visible = Not gLGENavail

frmApuExtPn.CSDoutR.Visible = gRGENavail

frmApuExtPn.CSDriseR.Visible = False

frmApuExtPn.CSDoffR.Visible = Not gRGENavail

End Sub

Sub diagrama ()

Dim i As Integer

frmEsquema!LAPRop.Visible = Not gAPUuseL

frmEsquema!LAPRcl.Visible = gAPUuseL

frmEsquema!LEPRop.Visible = Not gEXTuseL

frmEsquema!LEPRcl.Visible = gEXTuseL

```

frmEsquema!REPRop.Visible = Not gEXTuseR
frmEsquema.REPRcl.Visible = gEXTuseR

rlyLGR
rlyRGR
gLon = gAPUuseL Or gEXTuseL Or gLGENuse
gRon = gAPUuseR Or gEXTuseR Or gRGENuse
If gLon Or (gRon And gACXTcl) Then
  LBusOn
Else
  LBusOff
End If
If gRon Or (gLon And gACXTcl) Then
  RBusOn
Else
  RBusOff
End If
EMERGENCY
rlyBAT
rlyDCXT
rlyACXT
rlyGND
STATUS
ESTADODELUCES
CandTR
medidores
menus
End Sub

Sub EMERGENCY ()
For i = 0 To 2 'relays de emergencia
frmEsquema.ECSWop(i).Visible = Not gEMRon
frmEsquema.ECSWcl(i).Visible = gEMRon
Next i
'Energizar barras de emergencia
If gEMRon Then
  frmEsquema.EMERINV.BackColor = yellow
  frmEsquema.InEMERINV(0).BorderColor = red
  For i = 1 To 3
    frmEsquema.InEMERINV(i).BorderColor = verde
  Next i
Else
  frmEsquema.EMERINV.BackColor = white
  For i = 0 To 3
    frmEsquema.InEMERINV(i).BorderColor = black
  Next i
End If
gLGENuse = gLGENavail And gLGENon
gRGENuse = gRGENavail And gRGENon
gLon = gAPUuseL Or gEXTuseL Or gLGENuse
gRon = gAPUuseR Or gEXTuseR Or gRGENuse

```

```

If gLon Or gRon Or gEMRon Then
    frmEsquema.EMRACBUS.BackColor = green
    frmEsquema.EMERDCBUS.BackColor = yellow
    gDCEMRon = -1
    For i = 0 To 2
        frmEsquema.lnECSWon(i).BorderColor = red      'mmmmmmmmmm
        frmEsquema.lnEMERACBUS(i).BorderColor = verde
    Next i
Else
    frmEsquema.EMRACBUS.BackColor = white
    frmEsquema.EMERDCBUS.BackColor = white
    gDCEMRon = 0
    For i = 0 To 2
        frmEsquema.lnECSWon(i).BorderColor = black
        frmEsquema.lnEMERACBUS(i).BorderColor = black
    Next i
End If
If gLon Or gRon Then
    frmEsquema.lnAEPTR.BorderColor = verde
Else
    frmEsquema.lnAEPTR.BorderColor = black
End If
End Sub

```

```

Sub ESTADOdeLUCES ()

```

```

'La propiedad visible toma la lógica de la variable
frmOAP!luzLacBUSoff.Visible = LacBUSoff
frmOAP!luzRacBUSoff.Visible = RacBUSoff
frmOAP!luzACemeBUSoff.Visible = ACemeBUSoff
frmOAP!luzACXTIE.Visible = False
frmOAP!luzAPUfire.Visible = False
frmOAP!luzAPUgenOFF.Visible = APUgenOFF
frmOAP!luzAUTOBRAKEfail.Visible = False
frmOAP!luzAUTOSLATfail.Visible = False
frmOAP!luzCABINalt.Visible = False
frmOAP!luzCABINoxy.Visible = False
frmOAP!luzCAWSfail.Visible = False
frmOAP!luzCUADRO(0).Visible = False
frmOAP!luzCUADRO(1).Visible = False
frmOAP!luzCUADRO(2).Visible = False
frmOAP!luzCUADRO(3).Visible = False
frmOAP!luzCUADRO(4).Visible = False
frmOAP!luzDCbusOFF.Visible = DCbusOFF
frmOAP!luzDCemeBUSoff.Visible = DCemeBUSoff
frmOAP!luzDCxferBUSoff.Visible = DCxferBUSoff
frmOAP!luzEMElightNOTarmed.Visible = False
frmOAP!luzGPWS.Visible = False
frmOAP!luzLcsdPRESS.Visible = LcsdPress

```

```
frmOAP!luzRcsdPRESS.Visible = RcsdPress
frmOAP!luzLgenOFF.Visible = LGENoff
```

```
frmOAP!luzRgenOFF.Visible = RGENoff
frmOAP!luzSPOILERdeployed.Visible = False
frmOAP!luzTAILtempHIGH.Visible = False
frmOAP!luzYAWdamp.Visible = False
End Sub
```

```
Sub EXTavail ()
gEXTavail = mdiSimulador.mnuExtPWR.Checked
If gEXTavail Then
  For i = 0 To 3
    frmEsquema!InEXT(i).BackColor = verde
  Next i
frmEsquema!ExtPwr.BackColor = green'&H80FF&
Else
  frmEsquema!ExtPwr.BackColor = white
  For i = 0 To 3
    frmEsquema!InEXT(i).BackColor = black
  Next i
End If
'Encender luces AVAIL
frmGndSvce!imgExtPoweron.Visible = gEXTavail
frmGndSvce!imgExtPoweroff.Visible = Not gEXTavail
frmApuExtPn!imgExtPoweron.Visible = gEXTavail
frmApuExtPn!imgExtPoweroff.Visible = Not gEXTavail
End Sub
```

```
Sub gndBusOn ()
If gAPUuseGND Or gEXTuseGND Or gRGENuse Or gAPUuseR Or gEXTuseR Or gACXTcl Then
  For i = 0 To 4
    frmEsquema.InGnd(i).BackColor = verde           'se ilumina el lado de gnd svce
  Next i

  For i = 5 To 7
    frmEsquema.InGnd(i).BackColor = red
  Next i

  For i = 0 To 1
    frmEsquema.InGS(i).BackColor = verde
  Next i

  frmEsquema.RTR2.BackColor = green
  frmEsquema.BCHG.BackColor = green
  frmEsquema.GNDSVCE.BackColor = green
  frmEsquema.DCTRANSBUS.BackColor = yellow
```

```
ElseIf Not gAPUuseL And Not gEXTuseL And Not gBATon Then  'desilumina el lado gnd svce
  frmEsquema.DCTRANSBUS.BackColor = white
```

```

Else
  For i = 0 To 7
    frmEsquema.lnGnd(i).BorderColor = black
  Next i

  For i = 0 To 1
    frmEsquema.lnGS(i).BorderColor = black
  Next i

  frmEsquema.R1R2.BackColor = white
  frmEsquema.BCHG.BackColor = white
  frmEsquema.GNDSVCE.BackColor = white
End If

If gAPUuseGND Or gEXTuseGND Then
  For i = 0 To 1
    frmEsquema.lnTrans(i).BorderColor = red
  Next i
Else
  For i = 0 To 1
    frmEsquema.lnTrans(i).BorderColor = black
  Next i
End If
End Sub

Sub L28R ()
  gLon = gAPUuseL Or gEXTuseL Or gLGENuse
  gRon = gAPUuseR Or gEXTuseR Or gRGENuse
  gAPUoEXT = gAPUuseL Or gEXTuseL
  gNiAPUniEXT = Not gAPUuseL And Not gEXTuseL
  gAPUoEXTR = gAPUuseR Or gEXTuseR
  gNiAPUniEXTR = Not gAPUuseR And Not gEXTuseR
  If gLon Or gRon Then
    For i = 0 To 3
      frmEsquema.lnLdc(i).BorderColor = red
      frmEsquema.lnL28R(i).BorderColor = red
    Next i
    frmEsquema.L28R.BackColor = yellow
    frmEsquema.DCTRANSBUS.BackColor = yellow
  Else
    For i = 0 To 3
      frmEsquema.lnLdc(i).BorderColor = black
      frmEsquema.lnL28R(i).BorderColor = black
    Next i
    frmEsquema.L28R.BackColor = white
    frmEsquema.DCTRANSBUS.BackColor = white
  End If
End Sub

```

```

Sub LBusOff ()
frmEsquema.InLGENon.BorderColor = black
frmEsquema.InEPon.BorderColor = black
frmEsquema.InAPUon.BorderColor = black

frmEsquema.InLeft.BorderColor = black
frmEsquema.LGENBUS.BackColor = white
For i = 0 To 9
frmEsquema.InLGENBUS(i).BorderColor = black
Next i
frmEsquema.LNO2TR.BackColor = white
frmEsquema.LNO1TR.BackColor = white
frmEsquema.LDCBUS.BackColor = white
gLDCon = 0
frmEsquema.LACBUS.BackColor = white
L28R
'Relevadores ACEMER y DEPTR
frmEsquema.EMRCL.Visible = 0
frmEsquema.DEPTRcl.Visible = 0
frmEsquema.EMROP.Visible = -1
frmEsquema.DEPTROP.Visible = -1
End Sub

```

```

Sub LBusOffACTR ()
frmEsquema.InLGENon.BorderColor = black
frmEsquema.InEPon.BorderColor = black
frmEsquema.InAPUon.BorderColor = black
frmEsquema.InLeft.BorderColor = black
frmEsquema.LGENBUS.BackColor = white
For i = 0 To 9
If i = 6 Or i = 7 Then
Else
frmEsquema.InLGENBUS(i).BorderColor = black
End If
Next i
frmEsquema.LNO2TR.BackColor = white
frmEsquema.LNO1TR.BackColor = white
frmEsquema.LACBUS.BackColor = white
L28R
'Relevadores ACEMER y DEPTR
frmEsquema.EMRCL.Visible = 0
frmEsquema.DEPTRcl.Visible = 0
frmEsquema.EMROP.Visible = -1
frmEsquema.DEPTROP.Visible = -1
End Sub

```

```

Sub LBusOn ()
For i = 0 To 2

```

```

For i = 8 To 9
frmEsquema.InLGENBUS(i).BorderColor = verde
Next i

```

```

frmEsquema.InLGENon.BorderColor = verde
frmEsquema.InAPUon.BorderColor = verde
frmEsquema.InEPon.BorderColor = verde
frmEsquema.InLeft.BorderColor = verde
frmEsquema.LGENBUS.BackColor = green
frmEsquema.LNO2TR.BackColor = green
frmEsquema.LNO1TR.BackColor = green
frmEsquema.LDCBUS.BackColor = yellow
gLDCon = -1
frmEsquema.LACBUS.BackColor = green
L28R

```

```

'Relevadores ACEMER y DEPTR
frmEsquema.EMRCL.Visible = -1
frmEsquema.DEPTRcl.Visible = -1
frmEsquema.EMROP.Visible = 0
frmEsquema.DEPTRop.Visible = 0

```

```
End Sub
```

```
Sub LDCoff ()
```

```

frmEsquema.InLGENBUS(6).BorderColor = black
frmEsquema.InLGENBUS(7).BorderColor = black
frmEsquema.LDCBUS.BackColor = white
frmEsquema.DEPTRcl.Visible = 0
frmEsquema.DEPTRop.Visible = -1

```

```
End Sub
```

```
Sub LDCon ()
```

```

frmEsquema.InLGENBUS(6).BorderColor = red
frmEsquema.InLGENBUS(7).BorderColor = red
frmEsquema.LDCBUS.BackColor = yellow
frmEsquema.DEPTRcl.Visible = -1
frmEsquema.DEPTRop.Visible = 0

```

```
End Sub
```

```
Sub LGENavailEsq ()
```

```

If gLGENavail Then
'Generador disponible
frmEsquema!LNLGEN.BorderColor = verde
frmEsquema!LGEN.FillColor = green&H80FF&
frmEsquema!lblLGEN.BackColor = green&H80FF&
Else

```

```

'Generador no disponible
frmEsquema!lblLGEN.BackColor = white
frmEsquema!LGEN.FillColor = white
frmEsquema!LNLGEN.BorderColor = black

```

```
End If
```

End Sub

Sub LuzEnPanel ()

'Encender luces APU AVAIL en los tableros  
frmGndSvcel!imgApuOn.Visible = gAPUavail  
frmGndSvcel!imgApuoff.Visible = Not gAPUavail  
frmApuExtPn!imgApuOn.Visible = gAPUavail  
frmApuExtPn!imgApuoff.Visible = Not gAPUavail  
End Sub

Sub medidores ()

'Medidor de carga del Generador Izquierdo  
frmApuExtPn.loadLGENnorm.Visible = gLGENuse And Not gACXTcl  
frmApuExtPn.loadLGENfull.Visible = gLGENuse And gACXTcl  
frmApuExtPn.loadLGENoff.Visible = Not gLGENuse

'Medidor de carga del Generador Derecho  
frmApuExtPn.loadRGENnorm.Visible = gRGENuse And Not gACXTcl  
frmApuExtPn.loadRGENfull.Visible = gRGENuse And gACXTcl  
frmApuExtPn.loadRGENoff.Visible = Not gRGENuse

'Medidor de carga del Generador APU  
frmApuExtPn.loadAPUnorm.Visible = (gAPUuseR And Not gAPUuseL) Or (gAPUuseL And Not  
gAPUuseR)  
frmApuExtPn.loadAPUfull.Visible = (gAPUuseR And gAPUuseL) Or ((gAPUuseL Xor gAPUuseR) And  
gACXTcl)  
frmApuExtPn.loadAPUoff.Visible = Not gAPUuseR And Not gAPUuseL

'Medidor de carga de los TR's Izquierdos  
frmApuExtPn.loadLDCnorm.Visible = (gLon And Not gDCTRcl) Or (gLon And gRon) Or gACXTcl  
frmApuExtPn.loadLDCfull.Visible = gLon And gDCTRcl And Not gRon And Not gACXTcl  
frmApuExtPn.loadLDCoff.Visible = Not gLon And Not gACXTcl

'Medidor de carga de los TR's Derechos  
frmApuExtPn.loadRDCnorm.Visible = (gRon And Not gDCTRcl) Or (gLon And gRon) Or gACXTcl  
frmApuExtPn.loadRDCfull.Visible = gRon And gDCTRcl And Not gLon And Not gACXTcl  
frmApuExtPn.loadRDCoff.Visible = Not gRon And Not gACXTcl

'Indicadores Eléctricos  
gGENavail = (gAPUuseL And gAPUavail) Or (gLGENavail And gLsel) Or (gRGENavail And gRsel) Or  
(gEXTsel And gEXTavail)  
frmApuExtPn.FrecOn.Visible = gGENavail  
frmApuExtPn.FrecOff.Visible = Not gGENavail  
frmApuExtPn.ACvolton.Visible = gGENavail  
frmApuExtPn.ACvoltOff.Visible = Not gGENavail

'Indicadores de bateria  
gEnDescarga = gBATvoltSel Or (gLDCcon And gLsel) Or (gRDCcon And gRsel) Or (gEMRon And  
gBATampSel)  
gGNDbusOn = gAPUuseGND Or gEXTuseGND Or gAGSTR  
gEnCarga = gCARGA And gGNDbusOn And gBATon

```

frmApuExtPn.timer1.Enabled = gEnCarga 'arranca el tiempo de carga
frmApuExtPn.AmpDescarga.Visible = gEnDescarga And Not gEnCarga Or gBATvoltSel
frmApuExtPn.AmpNulo.Visible = Not gEnDescarga And Not gEnCarga And Not gBATvoltSel
End Sub

```

```

Sub menus ()
mdiSimulador.mnuEPWRL.Checked = gEXTonL
mdiSimulador.mnuEPWRR.Checked = gEXTonR
mdiSimulador.mnuEXTgnd.Checked = gEXTonGND
mdiSimulador.mnuAPUL.Checked = gAPUonL
mdiSimulador.mnuAPUR.Checked = gAPUonR
mdiSimulador.mnuAPUgnd.Checked = gAPUonGND
mdiSimulador.mnuGENL.Checked = gLGENon
mdiSimulador.mnuGENR.Checked = gRGENon
mdiSimulador.mnuACXTIEsw.Checked = gACXTon
mdiSimulador.mnuDCXTIEsw.Checked = gDCXTon
mdiSimulador.mnuBATTERYsw.Checked = gBATon
mdiSimulador.mnuEMPWRsw.Checked = gEMRon
End Sub

```

```

Sub RBusOff ()
For i = 0 To 9
frmEsquema.InGenR(i).BorderColor = black
Next i
For i = 0 To i0
frmEsquema.InGnd(i) BorderColor = black
Next i

```

```

frmEsquema.InRGENon.BorderColor = black
frmEsquema.InEPonR.BorderColor = black
frmEsquema.InAPUonR.BorderColor = black
frmEsquema.InRight.BorderColor = black
frmEsquema.Line65.BorderColor = black
frmEsquema.RGENBUS.BackColor = white
frmEsquema.RTR1.BackColor = white
frmEsquema.RTR2.BackColor = white
frmEsquema.RDCBUS.BackColor = white
gRDCon = 0
frmEsquema.RACBUS.BackColor = white
'frmEsquema.EMRACBUS.BackColor = white
frmEsquema.BCHG.BackColor = white
frmEsquema.GNDSVCE.BackColor = white
L28R

```

```

'Relevadores AGSTR y DGSTR
frmEsquema.AGSTRcl.Visible = 0
gAGSTR = 0
frmEsquema.DGSTRCL.Visible = 0

```

```
frmEsquema.AGSTRop.Visible = -1
frmEsquema.DGSTRop.Visible = -1
End Sub
```

```
Sub RBusOffACTR ()
  For i = 0 To 5
    frmEsquema.lnGenR(i).BorderColor = black
  Next i
  For i = 0 To 7
    frmEsquema.lnGnd(i).BorderColor = black
  Next i
  frmEsquema.lnRGENon.BorderColor = black
  frmEsquema.lnEPonR.BorderColor = black
  frmEsquema.lnAPUonR.BorderColor = black
  frmEsquema.lnRight.BorderColor = black
  frmEsquema.RGENBUS.BackColor = white
  frmEsquema.RTR1.BackColor = white
  frmEsquema.RTR2.BackColor = white
  frmEsquema.RACBUS.BackColor = white
  frmEsquema.BCHG.BackColor = white
  frmEsquema.GNDSVCE.BackColor = white
  L28R
```

```
'Relevadores AGSTR y DGSTR
frmEsquema.AGSTRcl.Visible = 0
gAGSTR = 0
frmEsquema.DGSTRCL.Visible = 0
frmEsquema.AGSTRop.Visible = -1
frmEsquema.DGSTRop.Visible = -1
End Sub
```

```
Sub RBusOn ()
  For i = 0 To 4
    frmEsquema.lnGenR(i).BorderColor = verde
  Next i

  For i = 5 To 9
    frmEsquema.lnGenR(i).BorderColor = red
  Next i

  For i = 0 To 4
    frmEsquema.lnGnd(i).BorderColor = verde
  Next i

  For i = 5 To 10
    frmEsquema.lnGnd(i).BorderColor = red
  Next i
```

```

frmEsquema.InRGENon.BorderColor = verde
frmEsquema.InEPonR.BorderColor = verde
frmEsquema.InAPUonR.BorderColor = verde
frmEsquema.InRight.BorderColor = verde
frmEsquema.Line65.BorderColor = red
frmEsquema.RGENBUS.BackColor = green
frmEsquema.RTR1.BackColor = green
frmEsquema.RTR2.BackColor = green
frmEsquema.RDCBUS.BackColor = yellow
gRDCon = -1
frmEsquema.RACBUS.BackColor = green
frmEsquema.EMRACBUS.BackColor = green
frmEsquema.BCHG.BackColor = green
frmEsquema.GNDSVCE.BackColor = green
L28R

```

'Relevadores AGSTR y DGSTR

```

frmEsquema.AGSTRcl.Visible = -1
gAGSTR = -1
frmEsquema.DGSTRCL.Visible = -1
frmEsquema.AGSTRop.Visible = 0
frmEsquema.DGSTROP.Visible = 0
End Sub

```

Sub RDCoff ()

```

  For i = 6 To 9
    frmEsquema.InGenR(i).BorderColor = black
  Next i
  For i = 8 To 10
    frmEsquema.InGnd(i).BorderColor = black
  Next i
  frmEsquema.Line65.BorderColor = black
  frmEsquema.RDCBUS.BackColor = white
End Sub

```

Sub RDCon ()

```

  For i = 6 To 9
    frmEsquema.InGenR(i).BorderColor = red
  Next i
  For i = 8 To 10
    frmEsquema.InGnd(i).BorderColor = red
  Next i
  frmEsquema.Line65.BorderColor = red
  frmEsquema.RDCBUS.BackColor = yellow
  gRDCon = -1
End Sub

```

```

Sub RGENavailEsq ()
If gRGENavail Then
    frmEsquema!LNRGEN.BorderColor = verde
    frmEsquema!RGEN.FillColor = green'&H80FF&
    frmEsquema!lBIRGEN.BackColor = green'&H80FF&
Else
    frmEsquema!lBIRGEN.BackColor = white
    frmEsquema!RGEN.FillColor = white
    frmEsquema!LNRGEN.BorderColor = black
End If
End Sub

Sub rlyACXT ()
gLGENuse = gLGENavail And gLGENon
gRGENuse = gRGENavail And gRGENon
gACXTcl = gACXTon And (gLGENuse Xor gRGENuse Xor (gAPUuseL And gVuelo) Xor (gAPUuseR
And gVuelo)) And Not gEXTuseL And Not gEXTuseR And Not (gAPUuseL And Not gVuelo) And Not
(gAPUuseR And Not gVuelo)
frmEsquema.ACTRcl.Visible = gACXTcl
frmEsquema.ACTRop.Visible = Not gACXTcl
If gACXTcl Then
    LBusOn
    RBusOn
ElseIf Not gLGENuse And Not gAPUuseL And Not gEXTuseL Then
    LBusOffACTR
    useAPUonL
ElseIf Not gRGENuse And Not gAPUuseR And Not gEXTuseR And Not gEXTuseGND And Not
gAPUuseGND Then
    RBusOffACTR
    useAPUonR
End If
End Sub

Sub rlyBAT ()
frmEsquema.BRcl.Visible = gBATon
frmEsquema.BRop.Visible = Not gBATon
If gBATon Then
    frmEsquema.lnBRon.BorderColor = red
    frmEsquema.BATBUS.BackColor = yellow
Else
    frmEsquema.lnBRon.BorderColor = black
    frmEsquema.BATBUS.BackColor = white
End If
End Sub

Sub rlyDCXT ()
gDCTRcl = gDCXTon And gDCEMRon
If gDCTRcl Then
    frmEsquema!DCTRop.Visible = 0
    frmEsquema!DCTRcl.Visible = -1

```

```

If gLDCon Then
  RDCon 'procedimiento que ilumina la barra derecha DC y lineas asociadas
ElseIf gRDCon Then
  LDCon
End If
Else
  frmEsquema!DCTRop.Visible = -1
  frmEsquema!DCTRcl.Visible = 0
  If gLDCon And Not gLon Then
    LDCoff
  ElseIf gRDCon And Not gRon Then
    RDCoff
  End If
End If
End Sub

Sub rlyGND () 'cierre de relays GSEPR y GSAPR
'relay GSEPR
gEXTuseGND = gEXTavail And gEXTonGND And Not gAGSTR And Not gAPUonGND
frmEsquema!GSEPRcl.Visible = gEXTuseGND
frmEsquema!GSEPRop.Visible = Not gEXTuseGND

'relay GSAPR
gAPUuseGND = gAPUonGND And gAPUavail And Not gEXTonGND And Not gAGSTR
frmEsquema!GSAPRcl.Visible = gAPUuseGND
frmEsquema!GSAPRop.Visible = Not gAPUuseGND
gndBusOn
End Sub

Sub rlyLGR ()
gLGENuse = gLGENavail And gLGENon
  frmEsquema!LGRop.Visible = Not gLGENuse
  frmEsquema!LGRcl.Visible = gLGENuse
End Sub

Sub rlyRGR ()
gRGENuse = gRGENavail And gRGENon
  frmEsquema!RGRop.Visible = Not gRGENuse
  frmEsquema!RGRcl.Visible = gRGENuse
End Sub

Sub STATUS () 'Asigna la lógica a las variables
gDCXFR = gLon Or gRon Or gBATon Or gAPUuseGND Or gEXTuseGND
If frmEsquema.RDCBUS.BackColor = yellow Then
  gRDCon = True
End If
If frmEsquema.LDCBUS.BackColor = yellow Then
  gLDCon = True
End If
ResdPress = gRDCon And Not gRGENavail
LcsdPress = gLDCon And Not gLGENavail

```

```

LGENoff = gDCXFR And Not gLGENuse
RGENoff = gDCXFR And Not gRGENuse
APUgenOFF = gDCXFR And gAPUavail And Not gAPUuseL And Not gAPUuseR
LacBUSoff = Not gLon And gDCXFR And Not gACXTcl 'que no esté la izq. on y que sí esté la XFR on
RacBUSoff = Not gRon And gDCXFR And Not gACXTcl
If frmEsquema.LDCBUS.BackColor = yellow Then
    gLDCcon = -1
Else
    gLDCcon = 0
End If

```

```

If frmEsquema.RDCBUS.BackColor = yellow Then
    gRDCon = -1
Else
    gRDCon = 0
End If

```

```

DCbusOFF = gDCXFR And (Not gLDCcon Or Not gRDCon)
ACemeBUSoff = gBATon And LacBUSoff And RacBUSoff And Not gEMRon
DCemeBUSoff = gBATon And LacBUSoff And RacBUSoff And Not gEMRon
End Sub

```

```

Sub useAPUoff ()
frmGndSvce!imgUseApuOn.Visible = Not gAPUuseGND
frmGndSvce!imgUseApuOff.Visible = gAPUuseGND
End Sub

```

```

Sub useAPUoffL ()
    frmApuExtPn!imgUseApuOn.Visible = Not gAPUuseL
    frmApuExtPn!imgUseApuOff.Visible = gAPUuseL
End Sub

```

```

Sub useAPUoffR ()
    frmApuExtPn!imgUseApuOnR.Visible = Not gAPUuseR
    frmApuExtPn!imgUseApuOffR.Visible = gAPUuseR
End Sub

```

```

Sub useAPUon ()
gAPUuseGND = gAPUavail And gAPUonGND And Not (gEXTonGND) And Not (gAPUuseR) And Not
(gEXTuseR) And Not (gRGENon And gRGENavail)
frmGndSvce!imgUseApuOn.Visible = gAPUuseGND
frmGndSvce!imgUseApuOff.Visible = Not gAPUuseGND
End Sub

```

```

Sub useAPUonL ()
gAPUuseL = gAPUavail And gAPUonL And Not (gLGENon And gLGENavail) And Not (gACXTcl And
gVuelo And gAPUonR)
    frmApuExtPn!imgUseApuOn.Visible = gAPUuseL
    frmApuExtPn!imgUseApuOff.Visible = Not gAPUuseL
End Sub

```

```

Sub useAPUonR ()
gAPUuseR = gAPUavail And gAPUonR And Not (gRGENon And gRGENavail) And Not (gACXTcl And
gVuelo And gAPUonL)
frmApuExtPn!imgUseApuOnR.Visible = gAPUuseR
frmApuExtPn!imgUseApuOffR.Visible = Not gAPUuseR
frmEsquema!RAPRop.Visible = Not gAPUuseR
frmEsquema!RAPRcl.Visible = gAPUuseR
End Sub

```

```

Sub useExtoff ()
frmGndSvce!imgUseExtOn.Visible = Not gEXTuseGND
frmGndSvce!imgUseExtOff.Visible = gEXTuseGND
End Sub

```

```

Sub useExtoffL ()
frmApuExtPn!imgUseExtOn.Visible = Not gEXTuseL
frmApuExtPn!imgUseExtOff.Visible = gEXTuseL
End Sub

```

```

Sub useExtoffR ()
frmApuExtPn!imgUseExtOnR.Visible = Not gEXTuseR
frmApuExtPn!imgUseExtOffR.Visible = gEXTuseR
End Sub

```

```

Sub useEXTon ()
gEXTuseGND = gEXTavail And gEXTonGND And Not (gAPUonGND) And Not (gAPUuseR) And Not
(gEXTuseR) And Not (gRGENon And gRGENavail)
frmGndSvce!imgUseExtOn.Visible = gEXTuseGND
frmGndSvce!imgUseExtOff.Visible = Not gEXTuseGND
End Sub

```

```

Sub useEXTonL ()
gEXTuseL = gEXTavail And gEXTonL And Not gAPUuseL And Not (gLGENon And gLGENavail)
frmApuExtPn!imgUseExtOn.Visible = gEXTuseL
frmApuExtPn!imgUseExtOff.Visible = Not gEXTuseL
End Sub

```

```

Sub useEXTonR ()
gEXTuseR = gEXTavail And gEXTonR And Not gAPUuseR And Not (gRGENon And gRGENavail)
frmApuExtPn!imgUseExtOnR.Visible = gEXTuseR
frmApuExtPn!imgUseExtOffR.Visible = Not gEXTuseR
End Sub

```

## ANEXO 4

### LISTADO DEL PROGRAMA TABLERO PRINCIPAL.

*Correspondiente al archivo: FRMAPUEXTPN.FRM*

Option Explicit

```
Sub btnApuOff_Click ()
gAPUonL = True
btnAPUon.Visible = True
btnAPUoff.Visible = False
useAPUonL
useEXTonL
diagrama
End Sub
```

```
Sub btnApuOffRt_Click ()
gAPUonR = True
btnAPUonRt.Visible = True
btnAPUoffRt.Visible = False
useAPUonR
useEXTonR
useAPUon
useEXTon
diagrama
End Sub
```

```
Sub btnApuOn_Click ()
gAPUonL = False
btnAPUoff.Visible = True
btnAPUon.Visible = False
useAPUonL
useEXTonL
diagrama
End Sub
```

```
Sub btnApuOnRt_Click ()
gAPUonR = False
btnAPUoffRt.Visible = True
btnAPUonRt.Visible = False
useAPUonR
useEXTonR
useAPUon
useEXTon
diagrama
End Sub
```

```

Sub btnCSDoff_MouseDown (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
  btnCSDoff.Visible = False
  btnCSDon.Visible = True
  CSDoutL.Visible = False
  CSDriseL.Visible = gLGENavail
  CSDoffL.Visible = Not gLGENavail
  CSDoutR.Visible = False
  CSDriseR.Visible = gRGENavail
  CSDoffR.Visible = Not gRGENavail
End Sub

```

```

Sub btnCSDoff_MouseUp (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
  btnCSDoff.Visible = True
  btnCSDon.Visible = False
  CSDoutL.Visible = gLGENavail
  CSDriseL.Visible = False
  CSDoffL.Visible = Not gLGENavail
  CSDoutR.Visible = gRGENavail
  CSDriseR.Visible = False
  CSDoffR.Visible = Not gRGENavail
End Sub

```

```

Sub btnExtOff_Click ()
  gExtonL = True
  btnEXTon.Visible = True
  btnEXToff.Visible = False
  useEXTonL
  diagrama
End Sub

```

```

Sub btnExtOffRt_Click ()
  gEXTonR = True
  btnExtonRt.Visible = True
  btnEXToffRt.Visible = False
  useAPUonR
  useEXTonR
  useAPUon
  useEXTon
  diagrama
End Sub

```

```

Sub btnExtOn_Click ()
  gExtonL = False
  btnEXToff.Visible = True
  btnEXTon.Visible = False
  useAPUonL
  useEXTonL
  diagrama
End Sub

```

```
Sub btnExtOnRt_Click ()
gEXTonR = False
btnEXToffRt.Visible = True
btnExtonRt.Visible = False
useAPUonR
useEXTonR
useAPUon
useEXTon
diagrama
End Sub
```

```
Sub Form_Load ()
windowstate = 1
End Sub
```

```
Sub lblAPU_Click ()
SWmonAPU.Visible = True
SWmonEXT.Visible = False
SWmonL.Visible = False
SWmonR.Visible = False
SWmonBVOLT.Visible = False
SWmonBAMP.Visible = False
gAPUsel = True
gEXTsel = False
gRsel = False
gLsel = False
gBATampSel = False
gBATvoltSel = False
diagrama
End Sub
```

```
Sub lblBAMP_Click ()
SWmonAPU.Visible = False
SWmonEXT.Visible = False
SWmonL.Visible = False
SWmonR.Visible = False
SWmonBVOLT.Visible = False
SWmonBAMP.Visible = True
gBATampSel = True
gBATvoltSel = False
gAPUsel = False
gEXTsel = False
gRsel = False
gLsel = False
diagrama
End Sub
```

```
Sub lblBVOLT_Click ()
SWmonAPU.Visible = False
SWmonEXT.Visible = False
```

```
SWmonL.Visible = False
SWmonR.Visible = False
SWmonBVOLT.Visible = True
SWmonBAMP.Visible = False
```

```
gBATvoltSel = True
gBATampSel = False
gAPUsel = False
gEXTsel = False
gRsel = False
gLsel = False
diagrama
End Sub
```

```
Sub lblEXT_Click ()
SWmonAPU.Visible = False
SWmonEXT.Visible = True
SWmonL.Visible = False
SWmonR.Visible = False
SWmonBVOLT.Visible = False
SWmonBAMP.Visible = False
gAPUsel = False
gEXTsel = True
gRsel = False
gLsel = False
gBATampSel = False
gBATvoltSel = False
diagrama
End Sub
```

```
Sub lblLEFT_Click ()
SWmonAPU.Visible = False
SWmonEXT.Visible = False
SWmonL.Visible = True
SWmonR.Visible = False
SWmonBVOLT.Visible = False
SWmonBAMP.Visible = False
gAPUsel = False
gEXTsel = False
gRsel = False
gLsel = True
gBATampSel = False
gBATvoltSel = False
diagrama
End Sub
```

```
Sub lblRESET_Click ()
Dim i&
If gDesengarzado Then
ElseIf gVuelo = 0 Then
SWLgenRESET.Visible = True
```

```

SWLgenOFF.Visible = False
SWLgenON.Visible = False
For i = 1 To 200000
Next i
SWLgenRESET.Visible = False
SWLgenOFF.Visible = True
gLGENon = False
mdiSimulador.mnuLeng.Enabled = True
End If
End Sub

```

```

Sub lbRIGHT_Click ()
SWmonAPU.Visible = False
SWmonEXT.Visible = False
SWmonL.Visible = False
SWmonR.Visible = True
SWmonBVOLT.Visible = False
SWmonBAMP.Visible = False
gAPUsel = False
gEXTsel = False
gRsel = True
gLsel = False
gBATampSel = False
gBATvoltSel = False
diagrama
End Sub

```

```

Sub lbRRESET_Click ()
Dim i&
If gDesengarzador Then
ElseIf gVuelo = 0 Then
SWRgenRESET.Visible = True
SWRgenOFF.Visible = False
swRgenON.Visible = False
For i = 1 To 200000
Next i
SWRgenRESET.Visible = False
SWRgenOFF.Visible = True
gRGENon = False
mdiSimulador.mnuReng.Enabled = True
End If
End Sub

```

```

Sub Picture2_Click ()
SWRgenOFF.Visible = True
swRgenON.Visible = False
End Sub

```

```

Sub swACXTauto_Click ()
gACXTon = False
swACXTauto.Visible = gACXTon
swACXTop.Visible = Not gACXTon

```

```

diagrama
End Sub

Sub swACXTop_Click ()
gACXTon = True
swACXTauto.Visible = gACXTon
swACXTop.Visible = Not gACXTon
diagrama
End Sub

```

```

Sub SWapuNORM_Click ()
Dim i&
SWapuNORM.Visible = False
SWapuRESET.Visible = True
For i = 1 To 200000
Next i
SWapuNORM.Visible = True
SWapuRESET.Visible = False
End Sub

```

```

Sub swBAToff_Click ()
gBATon = True
mdiSimulador!mnuAPU.Enabled = gBATon
swBAToff.Visible = Not gBATon
swBATon.Visible = gBATon
diagrama
End Sub

```

```

Sub swBATon_Click ()
gBATon = False
gAPUavail = gBATon And mdiSimulador.mnuAPU.Checked
swBAToff.Visible = Not gBATon
swBATon.Visible = gBATon
mdiSimulador.mnuAPU.Checked = gAPUavail
mdiSimulador.mnuAPU.Enabled = gAPUavail
LuzEnPanel
useAPUonL
useAPUonR
APUavailEsq
diagrama
End Sub

```

```

Sub swCSDclose_Click ()
swLCSDeis.Visible = True
swLCS Dop.Visible = False
swLCSDis.Visible = False
swLCSDClose.Visible = True
End Sub

```

```

Sub swDCXTel_Click ()
gDCXTon = 0
swDCXTel.Visible = gDCXTon

```

```
swDCXTop.Visible = Not gDCXTon  
diagrama  
End Sub
```

```
Sub swDCXTop_Click ()  
gDCXTon = -1  
swDCXTcl.Visible = gDCXTon  
swDCXTop.Visible = Not gDCXTon  
diagrama  
End Sub
```

```
Sub SwEMRoff_Click ()  
gEMRon = True  
swEMRoff.Visible = Not gEMRon  
swEMRon.Visible = gEMRon  
luzEMRon.Visible = gEMRon  
luzEMRoff.Visible = Not gEMRon  
timer1.Enabled = False  
Timer2.Enabled = True 'Habilito el contador de tiempo de descarga  
gTiempo = 0  
diagrama  
End Sub
```

```
Sub SwEMRon_Click ()  
gEMRon = False  
gCARGA = True  
swEMRon.Visible = gEMRon  
swEMRoff.Visible = Not gEMRon  
luzEMRon.Visible = gEMRon  
luzEMRoff.Visible = Not gEMRon  
Timer2.Enabled = False 'deshabilita el contador de tiempo de descarga  
diagrama  
End Sub
```

```
Sub swLCSDclose_Click ()  
swLCSDcls.Visible = True  
swLCSDop.Visible = False  
swLCSDdis.Visible = False  
swLCSDclose.Visible = False  
gDescngarzado = False  
End Sub
```

```
Sub swLCSDcls_Click ()  
swLCSDcls.Visible = False  
swLCSDop.Visible = True  
swLCSDdis.Visible = False  
swLCSDclose.Visible = True  
End Sub
```

```
Sub swLCSDdis_Click ()  
swLCSDcls.Visible = False  
swLCSDop.Visible = True
```

```
swLCSDdis.Visible = False
swLCSDclose.Visible = True
gDesengarzado = False
End Sub
```

```
Sub swLCSDop_Click ()
swLCSDcls.Visible = False
swLCSDop.Visible = False
swLCSDdis.Visible = True
swLCSDclose.Visible = True
gDesengarzado = True
gLGENavail = False
mdiSimulador.mnuLeng.Checked = False
mdiSimulador.mnuLeng.Enabled = False
CSD
LGENavailEsq
diagrama
End Sub
```

```
Sub SWLgenOFF_Click ()
gLGENon = True
SWLgenOFF.Visible = False
SWLgenON.Visible = True
useAPUonL 'apaga la luz de uso izq del apu por prioridad
useEXTonL 'apaga la luz de uso izq del ext por prioridad
diagrama
End Sub
```

```
Sub SWLgenON_Click ()
gLGENon = False
SWLgenOFF.Visible = True
SWLgenON.Visible = False
useAPUonL
useEXTonL
diagrama
End Sub
```

```
Sub swRCSDclose_Click ()
swRCSDcls.Visible = True
swRCSDop.Visible = False
swRCSDdis.Visible = False
swRCSDclose.Visible = False
gDesengarzadoR = False
End Sub
```

```
Sub swRCSDcls_Click ()
swRCSDcls.Visible = False
swRCSDop.Visible = True
swRCSDdis.Visible = False
swRCSDclose.Visible = True
End Sub
```

```

Sub swRCSDdis_Click ()
swRCSDcls.Visible = False
swRCSDop.Visible = True
swRCSDdis.Visible = False
swRCSDClose.Visible = True
gDesengarzadoR = False
End Sub

```

```

Sub swRCSDop_Click ()
swRCSDcls.Visible = False
swRCSDop.Visible = False
swRCSDdis.Visible = True
swRCSDClose.Visible = True
gRGENavail = False
gDesengarzadoR = True
mdiSimulador.mnuReng.Checked = False
mdiSimulador.mnuReng.Enabled = False
CSD
RGENavailEsq
diagrama
End Sub

```

```

Sub SWRgenOFF_Click ()
gRGENon = True
SWRgenOFF.Visible = False
swRgenON.Visible = True
useAPUonR
useEXTonR
useAPUon
useEXTon
diagrama
End Sub

```

```

Sub SWRgenON_Click ()
gRGENon = False
SWRgenOFF.Visible = True
swRgenON.Visible = False
useAPUonR
useEXTonR
useAPUon
useEXTon
diagrama
End Sub

```

```

Sub Timer1_Timer ()
gI = gI + 1
If gI < gTiempo Then
gEnCarga = True
Else
gEnCarga = False
End If 'Mantiene en carga el mismo tiempo que se descarga

```

```
frmApuExtPn.AmpDescarga.Visible = gEnDescarga And Not gEnCarga
frmApuExtPn.AmpNulo.Visible = Not gEnDescarga And Not gEnCarga
frmApuExtPn.AmpCarga.Visible = gEnCarga And gBATampSel
End Sub
```

```
Sub Timer2_Timer ()
    gTiempo = gTiempo + 1 'contador de segundos transcurridos en Enegía de Emergencia.
End Sub
```

## ANEXO 5

### LISTADO DEL PROGRAMA TABLERO DE SERVICIO DE TIERRA.

*Correspondiente al archivo: FRMGNDVCE.FRM*

```
Sub btnApuOff_Click ()
gAPUonGnd = True
btnAPUon.Visible = gAPUonGnd
btnAPUoff.Visible = Not gAPUonGnd
useAPUon
useEXTon
diagrama
End Sub

Sub btnApuOn_Click ()
gAPUonGnd = False
btnAPUoff.Visible = True
btnAPUon.Visible = False
useAPUon
useEXTon
diagrama
End Sub

Sub btnExtOff_Click ()
gEXTonGnd = True
btnEXTon.Visible = True
btnEXToff.Visible = False
useEXTon
useAPUon
diagrama
End Sub

Sub btnExtOn_Click ()
gEXTonGnd = False
btnEXToff.Visible = True
btnEXTon.Visible = False
useAPUon
useEXTon
diagrama
End Sub

Sub Form_Load ()
btnAPUon.Visible = gAPUonGnd
btnAPUoff.Visible = Not gAPUonGnd
btnEXTon.Visible = gEXTonGnd
btnEXToff.Visible = Not gEXTonGnd
imgAPUon.Visible = gAPUavail
imgExtPOWERon.Visible = gEXTavail
wmdowstate = 1
End Sub
```

## ANEXO 6

### LISTADO DEL PROGRAMA TABLERO DE LUCES.

*Correspondiente al archivo: FRMOAP.FRM*

```
Sub btnANNoff_Click ()  
  btnANNon.Visible = True  
  btnANNoff.Visible = False  
  PRUEBAdeLUCESon  
End Sub
```

```
Sub btnANNon_Click ()  
  btnANNon.Visible = False  
  btnANNoff.Visible = True  
  ESTADODELUCES  
End Sub
```

```
Sub Form_Load ()  
  windowstate = 1  
  btnANNon.Visible = False  
  btnANNoff.Visible = True  
  STATUS  
  ESTADODELUCES  
End Sub
```

```
Sub PRUEBAdeLUCESoff ()  
  Dim i As Integer  
  i = 0  
  While i < 5  
    luzCUADRO(i).Visible = False  
    i = i + 1  
  Wend  
  STATUS  
  ESTADODELUCES  
End Sub
```

```
Sub PRUEBAdeLUCESon ()  
  If gBATon Then  
  Dim i As Integer  
  i = 0  
  While i < 5  
    luzCUADRO(i).Visible = True  
    i = i + 1  
  Wend  
  luzAcemeBusoff Visible = True  
  luzACXTIE Visible = True
```

```
luzAPUfire.Visible = True
luzAPUgenOFF.Visible = True
luzAUTOBRAKEfail.Visible = True
luzAUTOSLATfail.Visible = True
luzCABINalt.Visible = True
luzCABINoxy.Visible = True
luzCAWSfail.Visible = True
luzDCbusOFF.Visible = True
luzDCcemeBUSoff.Visible = True
luzDCxferBUSoff.Visible = True
luzEMElightNOTarmed.Visible = True
luzGPWS.Visible = True
luzLacBUSoff.Visible = True
luzLcsdPRESS.Visible = True
luzLgenOFF.Visible = True
luzRacBUSoff.Visible = True
luzRcsdPRESS.Visible = True
luzRgenOFF.Visible = True
luzSPOILERdeployed.Visible = True
luzTAILtempHIGH.Visible = True
luzYAWdamp.Visible = True
End If
End Sub
```

## ANEXO 7

### LISTADO DEL PROGRAMA DIAGRAMA ESQUEMÁTICO.

*Correspondiente al archivo: FRMESQUEMA.FRM*

```
Sub ACTRcl_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
LBLACTR.Visible = True
End Sub
```

```
Sub ACTRop_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
LBLACTR.Visible = True
End Sub
```

```
Sub AGSTRcl_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
LBLAGSTR.Visible = True
End Sub
```

```
Sub AGSTRop_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
LBLAGSTR.Visible = True
End Sub
```

```
Sub BRcl_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
LBLBR.Visible = True
End Sub
```

```
Sub BROP_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
LBLBR.Visible = True
End Sub
```

```
Sub CYTRctr_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
LBLCTR.Visible = True
End Sub
```

```
Sub CYTRdw_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
LBLCTR.Visible = True
End Sub
```

```
Sub CYTRup_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
LBLCTR.Visible = True
End Sub
```

```
Sub DCTRcl_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
LBLDCTR.Visible = True
End Sub
```

```
Sub DCTROP_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
LBLDCTR.Visible = True
End Sub
```

```

Sub DEPTRcl_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
.LBLDEPTR.Visible = True
End Sub

Sub DEPTRop_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
.LBLDEPTR.Visible = True
End Sub

Sub DGSTRCL_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
.LBLDGSTR.Visible = True
End Sub

Sub DGSTROP_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
.LBLDGSTR.Visible = True
End Sub

Sub ECSWcl_MouseMove (Index As Integer, Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
.LBLECSW.Visible = True
End Sub

Sub ECSWop_MouseMove (Index As Integer, Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
.LBLECSW.Visible = True
End Sub

Sub EMRCL_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
.LBLAEPTR.Visible = True
End Sub

Sub EMROP_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
.LBLAEPTR.Visible = True
End Sub

Sub Form_Load ()
windowstate = 1
.LBLGSEPR.Visible = False
.LBLGSAPR.Visible = False
.LBLRGR.Visible = False
.LBLRAPR.Visible = False
.LBLREPR.Visible = False
.LBLLEPR.Visible = False
.LBLLAPR.Visible = False
.LBLGR.Visible = False
.LBLAGSTR.Visible = False
.LBLACTR.Visible = False
.LBLAEPTR.Visible = False
.LBLECSW.Visible = False
.LBLBR.Visible = False
.LBLDC^TR.Visible = False
.LBLDEPTR.Visible = False

```

```
LBLCTR.Visible = False
LBLDGSTR.Visible = False
End Sub
```

```
Sub Form_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
```

```
  LBLGSEPR.Visible = False
  LBLGSAPR.Visible = False
  LBLRGR.Visible = False
  LBLRAPR.Visible = False
  LBLREPR.Visible = False
  LBLLEPR.Visible = False
  LBL LAPR.Visible = False
  LBL LGR.Visible = False
  LBLAGSTR.Visible = False
  LBLACTR.Visible = False
  LBLAEPTR.Visible = False
  LBLECSW.Visible = False
  LBLBR.Visible = False
  LBLDCTR.Visible = False
  LBLDEPTR.Visible = False
  LBLCTR.Visible = False
  LBLDGSTR.Visible = False
End Sub
```

```
Sub GSAPRcl_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
```

```
  LBLGSAPR.Visible = True
End Sub
```

```
Sub GSAPRop_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
```

```
  LBLGSAPR.Visible = True
End Sub
```

```
Sub GSEPRcl_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
```

```
  LBLGSEPR.Visible = True
End Sub
```

```
Sub GSEPRop_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
```

```
  LBLGSEPR.Visible = True
End Sub
```

```
Sub LAPRcl_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
```

```
  LBL LAPR.Visible = True
End Sub
```

```
Sub LAPRop_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
```

```
  LBL LAPR.Visible = True
End Sub
```

```
Sub LEPRcl_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
```

```
  LBLLEPR.Visible = True
End Sub
```

```
Sub LEPRop_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
LBLLEPR.Visible = True
End Sub
```

```
Sub LGRcl_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
LBLGR.Visible = True
End Sub
```

```
Sub LGRop_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
LBLGR.Visible = True
End Sub
```

```
Sub RAPRcl_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
LBLRAPR.Visible = True
End Sub
```

```
Sub RAPRop_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
LBLRAPR.Visible = True
End Sub
```

```
Sub REPRcl_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
LBLREPR.Visible = True
End Sub
```

```
Sub REPRop_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
LBLREPR.Visible = True
End Sub
```

```
Sub RGRcl_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
LBLRGR.Visible = True
End Sub
```

```
Sub RGRop_MouseMove (Button As Integer, Shift As Integer, X As Single, Y As Single)
LBLRGR.Visible = True
End Sub
```

## BIBLIOGRAFÍA

- AEROMÉXICO, MD-82/88 Manual de Vuelo, México, Departamento de Publicaciones Técnicas AM, 1987
- CORNELL Gary, Manual de Visual Basic 3 para Windows, España, Osborne McGrawHill, 1994.
- DAWES Chester, Electrical Engineering Alternating Currents, E.U.A., McGraw Hill, (4ª ed )
- HALVORSON Michael, Learn Visual Basic Now, E. U. A., Microsoft Press, 1996
- HUSTEDDE Stephen, Developing with Asymetrix Toolbook, E.U A , ITP, 1996
- MCDONNELL DOUGLAS CO., DC-9 Super 80 Maintenance Manual, E.U.A , Commercial Publicatons McDonnell Douglas, 1980
- MCDONNELL DOUGLAS CO., DC-9 Super 80 Wiring Diagram Manual, E.U.A , Commercial Publications McDonnell Douglas, 1982
- MCDONNELL DOUGLAS CO , MD-88 Electrical Line and Base Maintenance Training Manual, E.U A., Commercial Publications McDonnell Douglas, 1995
- MCDONNELL DOUGLAS CO , MD-88 LAMM Schematics Manual, E.U A , Commercial Publications McDonnell Douglas, 1990
- MORRIS / MANO, Diseño Digital, México, Prentice Hall

- PALLET E. J., Los sistemas eléctricos en aviación, España, Paraninfo, 1991
- PLAZA Manuel, Electricidad en los aviones, España, Paraninfo, 1992
- STEVENSON William, Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia, México, McGrawHill, 3ª ed
- SUNDSTRAND CO., Electrical Generating System DC9/MD80 Training Manual, E.U.A. 1984.
- SUNDSTRAND CO., Generator Control Unit 947F945 Component Maintenance Manual, E.U.A., 1982.