****

**UNIVERSIDAD DE OVIEDO**

**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE GIJÓN**

**INGENIERO DE TELECOMUNICACIÓN**

|  |
| --- |
| **LENGUAJES Y SISTEMAS INFORMÁTICOS** |

|  |  |
| --- | --- |
| **PROYECTO FIN DE CARRERA Nº** | **3133481** |

|  |
| --- |
| **GRABACION Y REPRODUCCION DE AUDIO-VIDEO EN UN PUESTO MULTIPANTALLA** |

|  |  |
| --- | --- |
| **DOCUMENTO Nº 1** |  |

|  |
| --- |
| **MEMORIA** |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | | **YÚSEF HABIB FERNÁNDEZ**  **OCTUBRE 2014**  **TUTOR: CLAUDIO DE LA RIVA**  **COTUTOR: MARCELINO AGUINAGA** | |
|  |  |  | |
|  |
|  |

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 4

2. CONTROL DE TRÁFICO AÉREO 6

2.1 Espacio aéreo y centros de control de tráfico aéreo 6

2.2 Presentación de la situación aérea 8

3. REQUISITOS DEL SISTEMA 11

4. FUNDAMENTOS DE GRABACIÓN Y CODIFICACIÓN 13

4.1 Grabación 13

4.2 Codificación 13

5. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO 15

6. OTRA INFORMACIÓN DE INTERES 17

6.1 Documentación 17

6.2 Acrónimos y definiciones 17

6.3 Bibliografía 18

**IDENTIFICACIÓN DEL DOCUMENTO**

|  |  |
| --- | --- |
| **Proyecto** | Grabación y reproducción de audio-video en un puesto multipantalla |
| **Nº proyecto** | 3133481 |
| **Autor** | Yúsef Habib Fernández |
| **Tutor** | Claudio de la Riva Álvarez |
| **Cotutor** | Marcelino Aguinaga Izquierdo |
| **Documento** | Memoria |
| **Fecha** | Octubre 2014 |

# INTRODUCCIÓN

Es presente proyecto es una de las propuestas presentadas por la Cátedra Indra de la Universidad de Oviedo para ser desarrollados por alumnos de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería.

Indra es una compañía global multinacional de tecnología e innovación que opera en más de 128 países, siendo líder en España y una de las más punteras en Europa y Latinoamérica.

Indra define su modelo de entrega global a través de 25 Software Labs repartidos por el mundo. Esta red de laboratorios de software es el centro de desarrollo tecnológico de Indra, especializado en proyectos de ingeniaría de software.

Se define este proyecto como una necesidad común a todos los sistemas de Control de Tráfico Aéreo. Es Enaire, anteriormente conocida como Aena, la interesada de aplicar este proyecto como un complemento a los sistemas de reproducción que tiene actualmente en SACTA.

Este proyecto tiene como objetivo el desarrollo de un prototipo software que permita la grabación y posterior reproducción de audio-video en un puesto multipantalla presente en als torres de control de tráfico aéreo. Este puesto está normalmente formado por:

* Un monitor 2k: (resolución 2048x2048) para la presentación radar.
* Un monitor 1k: (resolución 1280x1280) como monitor auxiliar.
* Entrada de audio a través de un micrófono.

Se pretende grabar todos los sucesos tanto de video como de audio generados por el controlador sobre el puesto multipantalla de control. Estas grabaciones se realizarán durante largos periodos de tiempo, por lo que será necesario un procesado y codificación previa del conjunto audio y video con le fin de minimizar el tamaño del archivo final. Posteriormente se realizará una decodificación del audio y video para su reproducción sobre el mismo sistema multipantalla o cualquier otro sistema.

A lo largo de este documento se realizar un análisis de este proyecto, y se presentará siguiendo la estructura mostrada a continuación:

* En el apartado 2 se describen los objetivos de este proyecto junto la descripción del mismo.
* En el apartado 3 se realiza el análisis de las especificaciones necesarias que ha de tener un proyecto de estas características.
* En el apartado 4 se muestra un resumen del análisis inicial que se realizó para el estudio de todas las soluciones para el desarrollo de este proyecto..
* A continuación en el apartado 5 se encuentra información relacionada con el software empleado en este proyecto, ya sea directamente en la solución software como la de herramientas adicionales.
* Finalmente, en el apartado 6 se especifica información adicional como la bibliografía, acrónimos y definiciones, y la estructura general de la documentación del presente proyecto.

# CONTROL DE TRÁFICO AÉREO

El Control del Tráfico Aéreo (ATC) es un servicio reglamentado cuya labor es distribuir el Espacio Aéreo y separar las Aeronaves que pretenden utilizarlo. Este servicio se realiza, principalmente, por Controladores (ATC Controllers) ubicados en los Centros de Operaciones (ATC Centres, ATCC) y Torres de Aeródromos comunicados entre sí y con los pilotos de las aeronaves.

Se apoya en la información suministrada por diversos dispositivos electrónicos, sistemas informáticos y de comunicaciones que es interpretada y gestionada por el Controlador y es aceptada por el Piloto de la aeronave.

Las prioridades del servicio son garantizar la seguridad y proporcionar orden y rapidez al tráfico aéreo.

## Espacio aéreo y centros de control de tráfico aéreo

El espacio aéreo, que en el caso de un país abarca su territorio u desde la superficie hasta una altitud ilimitada, se separa en dos grandes regiones de vuelo superpuestas, denominadas FIR Inferior y UIR, como Regiones de Información de Vuelo a dos niveles: el inferior, normalmente establecido hasta una altitud de 25.000 pies; y el superior a partir de dicho nivel. En países de gran superficie se suele repartir su espacio aéreo en dos o más sub-espacios adyacentes e independientes ente sí y en cada uno se definen también sus regiones FIR/UIR superpuestas. Así, un vuelo internacional suele cruzar varias regiones FIR/UIR tanto del país de origen como de los países sobrevolados y del país destino.

A su vez, en cada FIR o UIR existen espacios controlados para los que se dan los servicios de control aéreo donde no se puede volar sin un plan de vuelo IFR o VFR controlado, y espacios no controlados o de libre circulación donde los vuelos se rigen por las reglas visuales VFR y para los que solamente se proporcionan los servicios de información, asesoramiento y alerta.

Dentro del espacio controlado de un FIR, existen a su vez diferentes zonas de control específicas como:

* El ATZ, Zona de Tráfico de Aeródromo es la zona de responsabilidad de la Torre de Control (TWR). Es un espacio aéreo pequeño de forma cilíndrica, que arranca desde el suelo y de altura, dependiendo de la visibilidad y que está centrado en un punto llamado ARP, y cuyo radio suele ser de 5 NM.
* El CTR; Zona de Control de Aeródromo es una zona más grande que el ATZ, y que engloba una o varias zonas ATZ cercanas y hasta una altitud de transición del vuelo, bajo la jurisdicción del personal dedicado al control de aproximación y que puede hacerse cargo de las funciones de TWR.
* El TMA, Área de Control del Terminal, es un área más grande que el CTR que lo rodea y cubre desde la altitud de transición hasta el límite vertical del FIR, bajo responsabilidad del control de aproximación. Es el espacio aéreo donde confluyen las aerovías próximas a uno o más aeropuertos y se enlaza la fase de vuelo en ruta con la de aproximación y viceversa.

Esta clasificación resumida del espacio aéreo controlado por Regiones, Aéreas y Zonas y las particularidad de los procedimientos de vuelo en cada una de ellas, nos da pie a introducir una primera clasificación de los centros terrestres de control aéreo desde donde el personal controlador gestiona los movimientos de las aeronaves. Así, se podrán numerar los siguientes centros de control por orden de jerarquía:

* Torre de Control de Aeródromo. Es una instalación elevada que desde su sala de control a través de un fanal se contempla visualmente el aeródromo y sus inmediaciones (zona ATZ) y donde varios controladores se encargan de gestionar el rodaje, el despegue y el aterrizaje de las aeronaves.



Figura : Sala de la Torre de Control

* Centros de Control de Aproximación. Normalmente un edificio que alberga una sala de control desde donde el personal se encarga de las aeronaves que tras el despegue o antes del aterrizaje vuelan las zonas CTR y el área TMA bajo su jurisdicción.
* Centro de Control de Ruta o Área. Normalmente un edificio que alberga una sala de control desde donde el personal se encarga de las aeronaves que sobrevuelan el espacio superior UIR.

A menudo, se ubican en la misma dependencia o centro, uno o varios controles de aproximación y el control de ruta, dando lugar a un único Centro de Control de Ruta y Aproximación (ACC/APP) desde donde se controla todo el espacio FIR/UIR, excepto los espacios ATZ de aeródromos. En la siguiente figura se puede observar esta situación:



Figura : Sala de Control de Ruta y Aproximación

Si el control de tráfico es muy complicado, los espacios TMAs y el UIR se dividen a su vez en sectores o áreas de control (Control Área, CTA), y se asigna cada sector de control a un equipo de trabajo, haciéndose cargo de su trozo correspondiente de espacio aéreo.

El espacio aéreo FIR/UIR controlado desde un Centro de Control de Ruta y Aproximación se compone, básicamente, de un gran número de rutas o pasillos aéreos, aerovías, por donde vuelan las aeronaves desde su origen hasta su destino final, de acuerdo a los criterios establecidos por la OACI. Estos itinerarios aéreos están jalonados por radio ayudas y puntos de notificación, llamados fijos.

Las aerovías son las carreteras que enlazan unas zonas con otras. Son unas franjas de espacio aéreo, de una anchura que puede ser de 5 o de 10 NM, con un límite vertical inferior y otro superior. Las aerovías están señalizadas por radio ayudas (generalmente, VOR) donde confluyen varias, y pueden pertenecer al espacio aéreo superior, al inferior, o a ambos. Una aerovía la definen una serie de segmentos concatenados, siendo los extremos del segmento una radio ayuda o un punto geográfico, llamados usualmente fijos. Una aerovía puede definirse en un solo sentido u ambos. Se designan mediante unas letras y unos números. Las letras son A, B, G, R o W, tomadas de las iniciales del nombre en inglés de los colores más usuales. Se suele anteponer otra letra, L o U, para designar si está situada en el espacio inferior (Lower) o en el superior (Upper). Si se suprime esta letra, se presupone que al aerovía está situada en el espacio inferior. Y los números identifican a esa aerovía en particular.

## Presentación de la situación aérea

Los controladores de tráfico aéreo son los encargados de coordinar los movimientos de cada una de las aeronaves desde su estacionamiento en el aeropuerto origen, su despegue, su vuelo por el espacio aéreo, su aterrizaje y hasta su estacionamiento en el aeropuerto destino, manteniendo las distancias de seguridad entre ellas, evitando su vuelo por zonas de meteorología adversa y asegurando un flujo de tráfico que permita retrasos mínimos.

Para ello se organizan en centro de control intercomunicados entre sí y disponiendo del equipamiento técnico necesario para la vigilancia y control de espacio aéreo asignado. En la siguiente figura se muestra la sala de una Torre de Control.

El controlador se sitúa en su posición de trabajo (CWP) en donde, además del equipo terminal de comunicaciones de voz que permite el diálogo con los pilotos, vía radio y con otros controladores del mismo u otro centro, vía telefónica, dispone de un interfaz gráfico de Presentación de Datos de Situación Aérea (SDD).

Actualmente, este interfaz consta de los siguientes elementos:

* Un monitor primario 2k: (resolución 2048x2048) para la presentación de la situación aérea.
* Un monitor secundario 1k: (resolución 1280x1024) para la presentación de información auxiliar.
* Conjunto de periféricos formados por teclado, ratón y micrófono de entrada.
* La posición recibe el nombre de Torre, y contiene todo el hardware necesario, es decir el procesador que suele ser SPARC, la tarjeta gráfica, conectores, etc. Actualmente trabajan sobre el sistema operativo RedHat Enterprise 5.0 aunque la intención es actualizarlas a la versión 6.0.

A continuación una imagen que ilustra la arquitectura común de una POS REPRO:



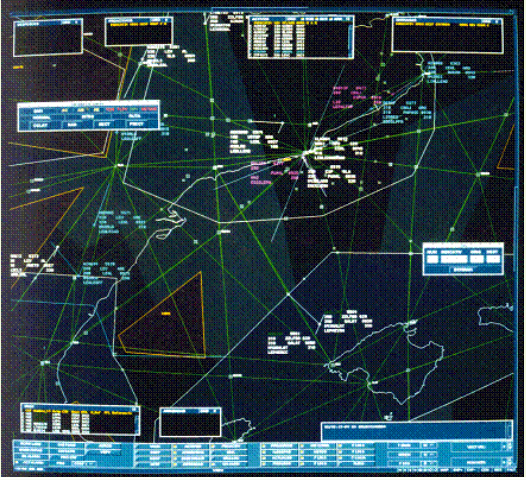
Figura : Arquitectura común de una POS REPRO

En la pantalla de situación aérea se presentan las trazas radar/ADS y los planes de vuelo, como también información relevante para el control como mapas geográficos, aerovías datos meteorológicos, etc. Igualmente presenta información los mensajes CPDLC recibidos de las aeronaves y permite generar mensajes CPDLC a éstas. Además, la posición procesa las entradas de los controladores.

Una de las grandes ventajas de la posición de control es la integración total de los datos radar y ADS con los datos de plan de vuelo, en una misma posición. El acceso al plan de vuelo completo es directo a través del símbolo de la pista o de las listas de plan de vuelo.

La pantalla secundaria no tiene una tarea específica, es empleada por el controlador, para reubicar de la manera que más le convenga toda la información que es generada en la pantalla principal, para así poder maximizar la información mostrada por el sistema en cada instante de tiempo.

A continuación se muestra una imagen con la situación aérea en la posición del controlador. En ella se puede observar muchas etiquetas e información, que podría ser trasladada del monitor principal al auxiliar por el controlador, para poder observar mejor los detalles de las rutas.



Presentación de la situación aérea en la posición del controlador

# REQUISITOS DEL SISTEMA

Se enunciarán en esta sección los requisitos del prototipo software que fueron solicitados por el cliente durante las primeras reuniones que se mantuvieron. Estas especificaciones sirvieron como guía la hora de realizar el proyecto. Los requisitos son:

1. Grabación de la POS REPRO del controlador con la calidad de video nativa, es decir la misma que ve el controlador. Las grabaciones que se realizarán de la estación de trabajo de un controlador son:
   1. Grabación de todas los eventos generador por y para el controlador aéreo sobre la pantalla principal. Estos serán obtenidos de la tarjeta de video que se encuentra dentro de la torre.
   2. Grabación de todos los eventos generados por el controlador sobre la pantalla secundaria, para ello se grabará el video generado por la misma tarjeta de video pero para el monitor auxiliar.
   3. Grabación del audio generado por un controlador a través de un micrófono.
2. Tratamiento de los archivos audiovisuales generados durante una sesión de grabación para la obtención de los siguientes requisitos:
   1. Estructuración de las sesiones de grabación para dividir largos periodos de grabación en archivos audiovisuales de no más de 15 minutos.
   2. Mínimo retardo entre las tres instancias audiovisuales generadas en cada instante, buscando el caso límite e ideal de 0 segundos de diferencia entre las tres.
   3. Reducción del peso o tamaño del archivo con calidad nativa a partir de técnicas de codificación.
   4. Archivos con formato compatible con la mayoría de los equipos actuales.
3. Reproducción de las sesiones grabadas sobre el equipo original, es decir sobre la POS REPRO, dotándole de las posibilidades de cualquier reproductor. Que son:
   1. Play.
   2. Pause.
   3. Stop.
   4. Avance.
   5. Retroceso.
   6. Control de volumen.
4. Reproducción de las sesiones grabadas sobre un equipo externo que no esté compuesto por un puesto multipantalla como puede ser una televisión. Para ello se necesita generar un archivo final que cumpla:
   1. Ha de estar superpuestas las tres instancias, los dos videos y el audio, sobre un archivo final.
   2. El formato del archivo ha de ser de fácil lectura para un equipo externo.

# FUNDAMENTOS DE GRABACIÓN Y CODIFICACIÓN

## Grabación

La presentación radar, es decir lo que se muestra en la pantalla principal, se actualiza cada 4 segundos, aunque también existen eventos realizados por el controlador como el movimiento del ratón o la activación de menús, que suceden en tiempo real (el ojo humano capta 24 imágenes por segundo).

Si se tiene en cuenta que la velocidad de reacción de un ser humano está en torno a 100ms, no se producirán eventos con más cadencia, por tanto con emplear una configuración que permita captura 10 imágenes por segundo se puede tener una percepción perfectamente real y sin pérdidas de lo que se estaba ejecutando en la posición.

Para el monitor auxiliar se extienden las especificaciones del monitor primario, pero adaptadas a las características específicas de este. Esto quiere decir, que este segundo monitor sobre el que el controlador decide que se muestra y que no, tiene un periodo de refresco mayor que el primario, por lo que no será crítico.

## Codificación



Resulta un requisito indispensable que la visualización del video sea perfectamente nítida, por lo que la compresión o codificación del video se realice en el tiempo y no en la calidad de la imagen, que deberá ser siempre nativa.

A partir de la interpretación teórica del funcionamiento del video en bruto, es decir la utilización de dos señales superpuestas, en la figura que acompaña a este texto, se puede observar el proceso de construcción de una imagen a partir de la información de las diferentes señales. La señal “Chroma”, que contiene la información de color a partir de un mapa de diferencias de rojo y azul (“CbCr”), y la señal “Luma”, que contiene la información de la luminancia y que es la más importante a nivel de percepción del ser human (Y). Combinadas generan la señal “YCbCr”, una señal que no resulta eficiente en términos de almacenamiento, pues posee gran una gran cantidad de información redundante.

Por lo tanto, dada esta diferencia a nivel de percepción y la cantidad de información redundante, en la compresión de video se separan la señal “Luma” y “Chroma” y se comprimen por separado con distintos ratios aunque siguiendo el mismo principio: cada cierto periodo se toma una imagen fija (“macroblock”) y las imágenes siguientes se generan a partir de las variaciones.

De esta forma, y dadas la especificación requerid en ete documento se debería optar por una codificación “Lossless intraframe”, o lo que es lo mismo, una codificación que no procure predecir el siguiente frame y que simplemente recorte el número de frames mostrados y los mantenga a lo largo del tiempo. Y que por otro lado, NO comprima el frame para no perder definición.

Es decir, al codificar se podría dejar caer la tasa de imágenes por segundo hasta 1-4 (fps) en determinadas circunstancias de inactividad, pero nunca la resolución de las mismas.

# DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

El producto a continuación detallado, es una aplicación que tendrá como área de trabajo la grabación de toda la sesión del controlador aéreo realizada sobre su posición de trabajo, conocida técnicamente como CWP.

Las principales ventajas de este sistema descritas por el cliente son, que se pueda realizar la reproducción en un medio distinto de la CWP. Esto facilita que se pueda observar un escenario en un ordenador en un despacho o una sala de reuniones, lo que amplía el posible uso de los datos, formación, demostración, publicidad, judicial, …

El prototipo desarrollado por tanto se podría decir que realiza el proceso audiovisual completo. Esto quiere decir, que comienza obteniendo los archivos de video y audio de la fuente, para a continuación procesarlos con el objetivo de optimizar el espacio en disco que hacen y mantener la calidad de estos. Para finalmente acabar generando dos sesiones diferentes, una para la reproducción sobre el equipo original o CWP, y otra para la reproducción sobre un equipo externo, ya sea un ordenador o una televisión.

Se decidió desarrollar el producto, como un programa informático que requiriese pocos recursos de la posición de trabajo del controlador, a la par que un interfaz básico que no interrumpiese en su trabajo. Se decidió por tanto por un conjunto de bash-scripts, es decir un programa computacional diseñado para correr sobre la Shell de Linux. Esto ofreció la ventaja adicional de tener una fácil ejecución desde un equipo remoto, en caso de que no se busque que sea el controlador el que se encargue de su inicialización y configuración.

Este software desarrollado hace uso de la herramienta para el control y tratamiento de datos multimedia FFmpeg. Esta permite a través de sus librerías y filtros, la grabación de los monitores y de la entrada de audio, la codificación de los archivos obtenidos, el tratamiento de la calidad de estos, y la generación de los archivos finales necesarios.

El producto desarrollado que se encarga de transformar los datos multimedia en bruto de las entradas de video procedentes de los dos monitores y del audio grabado por el micrófono conectado al equipo, en los siguientes archivos multimedia de salida:

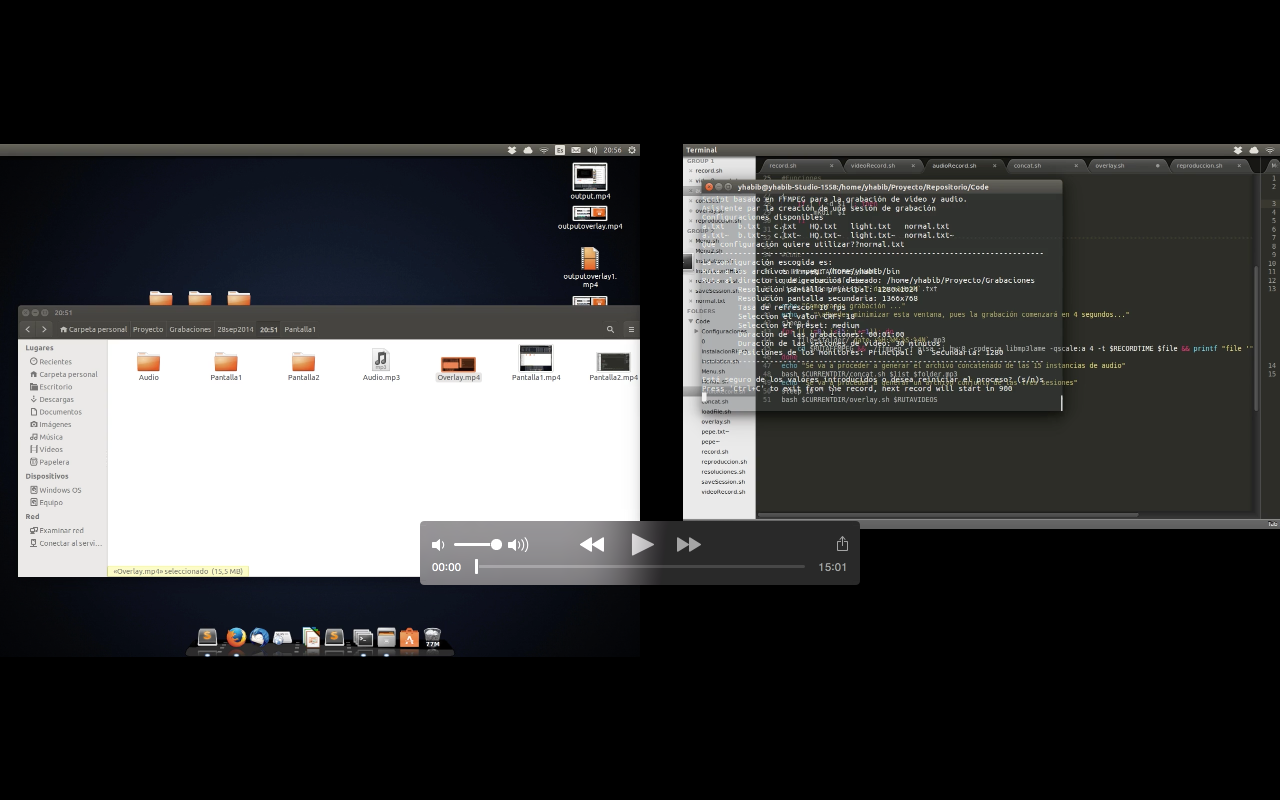
* Un archivo de video con la grabación del monitor principal y la resolución de este, un segundo video con la grabación del monitor auxiliar y la resolución de este, y finalmente un archivo de audio con la grabación de la voz del controlador.
* Un archivo multimedia en el que se han superpuesto los tres archivos anteriores para poder ser reproducidos sobre un equipo externo, como se muestra en la figura X.

La interacción con el usuario ofrecida por el producto desarrollado permite la configuración de nuevas sesiones de grabación, esto significa que le permite seleccionar algunos parámetros que influirán en la calidad, el tamaño y la duración de los archivos finales generados. A través de esta interacción el usuario, por ahora, localmente puede iniciar la sesión de grabación en el momento que quiera, y esta se encargará de todo el proceso sin necesidad de ninguna acción posterior por parte del controlador, hasta que decida cerrar el programa y con ello la sesión de grabación.

Es también a partir de esta interacción, donde el usuario puede ver los manuales de uso e instalación del software, mediante entradas del menú principal.

El producto desarrollado tiene como objetivo equipos que empleen sistemas operativos pertenecientes a la familia Linux. Fue desarrollado para CentOs por ser la dsitribución libre y de acceso para estudiantes del sistema operativo Red Hat Enterprises, el empleado por el cliente.

Esta solución software desarrollada se encarga también de la descarga e instalación de todo los paquetes necesarios para su funcionamiento.



# OTRA INFORMACIÓN DE INTERES

A continuación se expone la información que documenta el presente proyecto, acrónimos, algunas definiciones de conceptos que son empleados y por último la bibliografía consultada para la realización de este proyecto.

## Documentación

Los diferentes volúmenes que complementan este documento se especifican en la tabla siguiente:

|  |  |
| --- | --- |
| **Documento Nº** | **Descripción** |
| 1 | Memoria (Presente documento) |
| 2 | Planificación y presupuesto |
| 3 | Diseño y funcionamiento |
| 4 | Manual de usuario |
| 5 | Pruebas y resultados |
| 6 | Código |

## Acrónimos y definiciones

A continuación se muestran los acrónimos presentes en este o en alguno de los otros documentos que conforman este proyecto:

* SACTA (Automatic Air Traffic Control System): Es el Sistema Automatizado de Control del Tránsito Aéreo, perteneciente a Enaire (anteriormente Aena) y desarrollado por Indra.
* ATC (Air Traffic Control): Control del tráfico aéreo.
* FIR (Lower Flight Information Region): Región de Información de Vuelo Bajo.
* UIR (Upper Flight Information Region): Región de Información de Vuelo Alto.
* IFR (Instrument Flight Rules): …
* VFR (Visual Flight Rules): Herramientas Visuales para el Vuelo.
* ATZ (Airport Traffic Zone): Zona de Tráfico de Aeródromo.
* TWR (): Torre de Control.
* ARP (Airport Reference Point): Punto de Referencia del Aeropuerto.
* CTR (Aerodrome Control Zone): Zona de Control del Aeródromo.
* TMA (Terminal Control Area): Área de Control de Terminal.
* NM (Nautic Milles): Millas Náuticas.
* CWP (Control Working Position): Posición de Trabajo del Controlador.
* SDD (Situtation Data Display): Presentación de Datos de la Situación.
* CPDLC
* ICAO (Internatinal Civil Aviation Organization): Organización de Aviación Internacional.
* Bash (Bourne Again Shell): Software intérprete de órdenes o comandos. Desarrollado por el Proyecto GNU, e intérprete de comandos por defecto para la mayoría de las distribuciones Linux.
* Script: También conocido como archivo de procesamiento por lotes. Es un programa normalmente simple que se almacena en un archivo de texto plano.

## Bibliografía

(Díez)

(Pérez)

(ICAO)

(ENAIRE)

(ICAO)

Korbel, F. (2012). *FFMpeg Basics: Multimedia handling with a fast audio and video encoder.*

Cooper, M. (2012). *Advanced Bash-Scripting Guide: An in-depth exploration of the art of shell scripting .*

*Documentation:User Guide*. (2009). Obtenido de https://wiki.videolan.org/Documentation:User\_Guide/

Dudler, R. (s.f.). Obtenido de git - the simple guide: http://rogerdudler.github.io/git-guide/

guide, V. u. (2004). *Videolan.org.* Obtenido de http://www.videolan.org/doc/vlc-user-guide/en/vlc-user-guide-en.html

Intermedio, W. (s.f.). (A. Rosenblueth, Ed.) Obtenido de http://www2.sepdf.gob.mx/apoyo\_tecnologico/descarga\_de\_manuales/manual/manual\_word\_intermedio.pdf

Sourceforge. (s.f.). Obtenido de Lame codecs: http://lame.sourceforge.net/

VideoLan. (s.f.). Obtenido de x264: http://www.videolan.org/developers/x264.html

(s.f.). Obtenido de FFmpeg: http://www.ffmpeg.com

(s.f.). Obtenido de VideoLan: http://www.videolan.org

(s.f.). Obtenido de Wikipedia: http://www.wikipedia.com