

# Desarrollo de un Analizador de Paquetes Transport Stream para ISDB-Tb empleando MATLAB y lenguaje de programación multiplataforma

Edison F. Naranjo E.<sup>1</sup>, Gonzalo F. Olmedo C.<sup>2</sup>, Darwin O. Alulema F.<sup>3</sup>

## RESUMEN

Este artículo describe el proceso de desarrollo de una aplicación de software denominada Analizador de Paquetes Transport Stream para ISDB-Tb.

Fue implementada con los entornos de desarrollo MATLAB R2009a empleando el lenguaje de programación M y Netbeans usando el lenguaje de programación Java.

Esta aplicación permitirá mostrar la información en formato hexadecimal de cada uno de los paquetes de Transporte contenidos en un archivo de extensión .ts así como también el detalle de los elementos de sus cabeceras, estado de campo de adaptación, información de Servicio (SI) y reportes.

Además fue concebida con el concepto de **multiplataforma**, es decir que pueda funcionar con distintos Sistemas Operativos tales como Microsoft Windows y Linux.

**Palabras clave:** Transport Stream, MPEG-2, Transport Packet Header, PID, GUI, Información de Servicio

## ABSTRACT

This article describes development of a software application named Transport Stream Packet Analyzer for ISDB-Tb.

<sup>1</sup> Edison F. Naranjo E. Carrera de Ingeniería en Electrónica, Redes y Comunicación de Datos, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí-Ecuador. (e-mail: [edinaranjoespin@gmail.com](mailto:edinaranjoespin@gmail.com)).

<sup>2</sup> Gonzalo F. Olmedo C. Departamento de Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí-Ecuador. (e-mail: [gfolmedo@espe.edu.ec](mailto:gfolmedo@espe.edu.ec)).

<sup>3</sup> Darwin O. Alulema F. Olmedo C. Departamento de Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí-Ecuador. (e-mail: [doaf@hotmail.com](mailto:doaf@hotmail.com)).

It was implemented with the Integrated development environments MATLAB R2009a using the programming language M and Netbeans using Java programming language.

This application will display the information in hexadecimal format of each one of transport packets of a file with extension .ts, as well as the detail of the elements of its headers, adaptation field status, service information (SI) and reports.

It was also designed with the concept of cross-platform, meaning that it can run on different operating systems such as Windows and Linux

**Key Words:** Transport Stream, MPEG-2, Transport Packet Header, PID, GUI, Service Information.

## I. INTRODUCCIÓN

Televisión Digital Terrestre (TDT) es el resultado de la aplicación de la tecnología digital a la señal de televisión analógica, un proceso que optimizará el espectro radioeléctrico e implementa nuevos servicios interactivos audiovisuales y programación diversa a través de los medios de comunicación. Es una oportunidad que permitirá desarrollar múltiples programas y aplicaciones tales como Telegobierno, Telesalud y Teleducación, para el buen vivir de la población. [1]

Otra ventaja de la TDT es la multiplexación de señales permitiendo transmitir más canales usando el mismo espacio de un canal analógico (6 MHz). [2]

Transport Stream es un formato adecuado para aplicaciones relacionadas con difusión, servicios punto a multipunto y transporte de programas sobre banda ancha. [3]

El 26 de marzo del 2010, Ecuador adoptó oficialmente el estándar Japonés-Brasileño (ISDB-Tb) para Televisión Digital Terrestre. El Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información y entidades gubernamentales del sector de las telecomunicaciones están trabajando juntos para implementar este sistema en Ecuador. [1]

## II. TRANSPORT STREAM

Transport Stream es un protocolo de comunicaciones para audio, video y datos especificado en el estándar MPEG-2.

### A. PAQUETE DE TRANSPORTE

Es la unidad elemental del múltiplex Transport Stream. Consta de una cabecera (*header*) y una carga ó área de datos (*payload*). Tiene una longitud fija de 188 bytes.

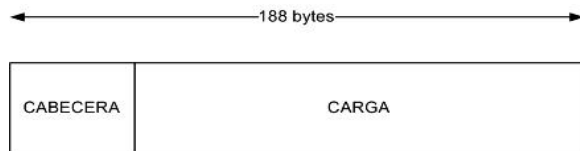


Fig. 1. Transport Packet

### B. CABECERA DEL PAQUETE DE TRANSPORTE

La cabecera de un paquete de transporte tiene una longitud fija de 32 bits. [4]

Consta de los siguientes elementos:

- **Synchronization byte o sync byte (8 bits).** - Contiene un valor fijo hexadecimal 47 para sincronización de los paquetes.
- **Transport error indicator (1 bit).**- Si está en "1" indica que hay, al menos, un bit erróneo no corregido dentro del paquete.
- **Payload unit start indicator (1 bit).** - Los paquetes PES se extienden, normalmente, a lo largo de varios paquetes de transporte. El primer byte del comienzo de un paquete PES se coloca en el primer byte disponible de la carga de un paquete de transporte, hecho que se indica poniendo este bit a "1".
- **Transport priority (1 bit).**- Si está en "1" indica que el paquete asociado de transporte tiene más prioridad que otros paquetes con el mismo PID.
- **PID (13 bits).**- Identifica inequívocamente a todos los paquetes pertenecientes a un mismo tipo de dato o de PES.

De los  $2^{13}$  valores posibles, hay 17 reservados para funciones especiales. Esto permite 8175 valores que son asignables a todos los otros ES que forman el TS. El multiplexor tiene que garantizar que cada ES tenga un único PID.

La normativa MPEG no especifica qué valores de PID se tienen que dar a los ES (a excepción de los 17 mencionados).

- **Transport scrambling control (2 bits).**- Control de codificación de transporte, debe ser obligatoriamente un campo que identifica el modo de codificación del payload para el paquete TS.
- **Adaptation field control (2 bits).**- Indica si la cabecera va seguida por un campo de adaptación y/o carga útil.
- **Continuity counter (4 bits).**- Se incrementa con cada paquete del mismo PID que contenga carga útil, es decir, cuando el control de campo de adaptación es 01 o 11.

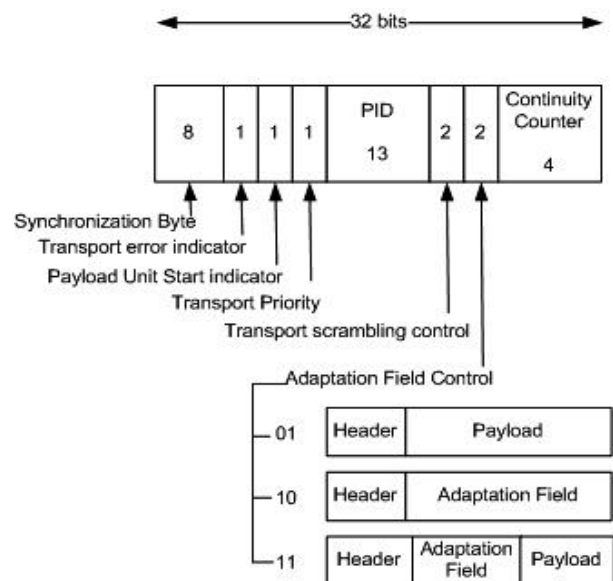


Fig. 2. Cabecera de un Transport Packet

## III. ANALIZADOR DE PAQUETES TRANSPORT STREAM CON MATLAB

### A. Descripción

Esta aplicación tiene las siguientes características:

- Apertura exclusiva de archivos de extensión .ts.
- Despliegue de la información referente a la ubicación del archivo .ts, su tamaño en kbytes, cantidad total de paquetes de transporte contenidos en éste y el número del paquete de transporte analizado.

- Decodificación de cada paquete de transporte de un archivo .ts en formato hexadecimal.
- Búsqueda de paquetes de transporte.
- Visualización de los elementos de la cabecera de un paquete de transporte, su estado de campo de adaptación e información de servicio (SI).

**B. Interfaz Gráfica de Usuario (GUI)**

La siguiente gráfica muestra la GUI del Analizador de Paquetes Transport Stream (A.P.T.S.) con MATLAB

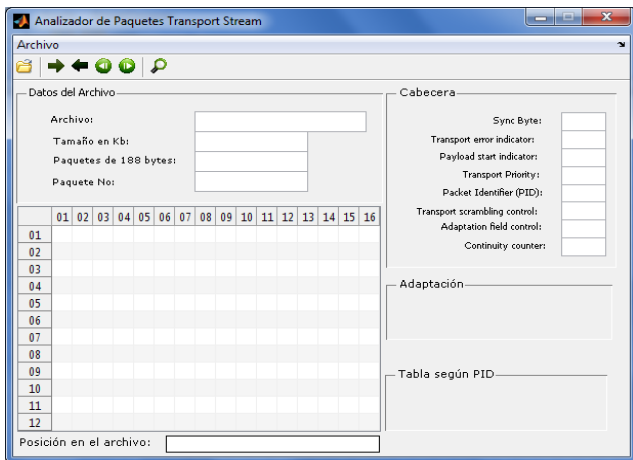


Fig. 3. GUI del APTS con MATLAB

**C. Ejemplo de Funcionamiento**

Para demostrar las funcionalidades del APTS con MATLAB, usaremos el archivo mux1-cp.ts, el cual descargaremos del sitio web <http://www.pjdaniel.org.uk/mpeg/> [5]

1) **Apertura del archivo .ts:** La siguiente información es generada cuando el archivo mux1-cp.ts es abierto

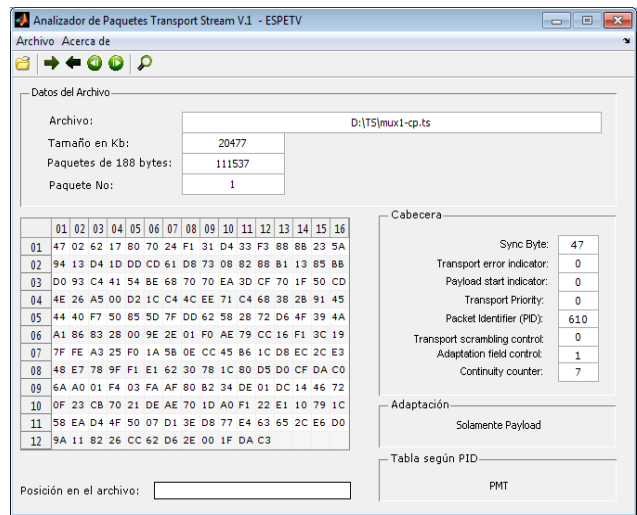


Fig. 4. GUI del APTS con MATLAB mostrando la información del archivo mux1-cp.ts

El siguiente gráfico muestra la información general del archivo tal como su ubicación, tamaño en kB, cantidad de paquetes de transporte y el número del paquete de transporte analizado.

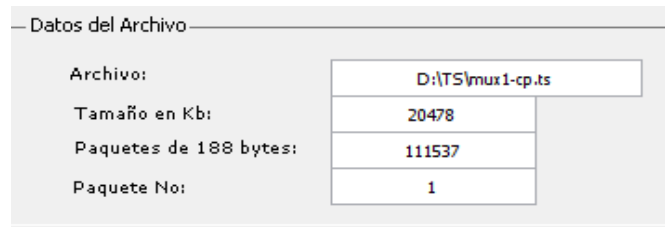


Fig. 5. Información general del archivo .ts

La siguiente tabla despliega la información del paquete de transporte en formato hexadecimal.

	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	47	02	62	17	80	70	24	F1	31	D4	33	F3	88	88	23	5A
02	94	13	D4	1D	DD	CD	61	D8	73	08	82	88	B1	13	85	BB
03	D0	93	C4	41	54	BE	68	70	70	EA	3D	CF	70	1F	50	CD
04	4E	26	A5	00	D2	1C	C4	4C	EE	71	C4	68	38	28	91	45
05	44	40	F7	50	85	5D	7F	DD	62	58	28	72	D6	4F	39	4A
06	A1	86	83	28	00	9E	2E	01	F0	AE	79	CC	16	F1	3C	19
07	7F	FE	A3	25	F0	1A	58	0E	CC	45	B6	1C	D8	EC	2C	E3
08	48	E7	78	9F	F1	E1	62	30	78	1C	80	D5	D0	CF	DA	C0
09	6A	A0	01	F4	03	FA	AF	80	B2	34	DE	01	DC	14	46	72
10	0F	23	CB	70	21	DE	AE	70	1D	A0	F1	22	E1	10	79	1C
11	58	EA	D4	4F	50	07	D1	3E	D8	77	E4	63	65	2C	E6	D0
12	9A	11	82	26	CC	62	D6	2E	00	1F	DA	C3				

Fig. 6. Información del paquete de transporte en formato hexadecimal

A continuación encontramos la información de la cabecera del paquete de transporte, su estado de campo de adaptación e información de servicio (SI).

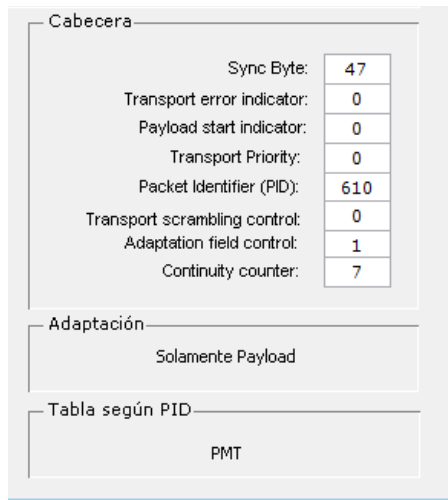


Fig. 7. Información de la cabecera de paquete de transporte, estado de campo de adaptación e información de servicio

El **sync byte** se muestra en formato hexadecimal, su valor es **47H**. Los otros parámetros están en formato decimal.

2) **Búsqueda de paquetes de transporte:** Para buscar paquetes de transporte usaremos la siguiente GUI

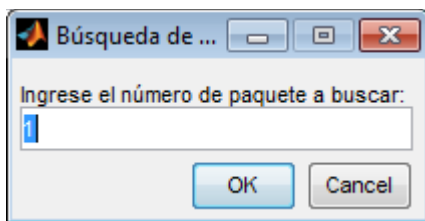


Fig. 8. GUI para búsqueda de paquetes de transporte en MATLAB

Debemos ingresar por teclado el número del paquete de transporte a buscar y dar click en OK.

#### IV. ANALIZADOR DE PAQUETES TRANSPORT STREAM CON JAVA

##### A. Descripción

Esta aplicación aparte de contar con las mismas funcionalidades que su similar de MATLAB puede

generar reportes sintetizados de los PID contenidos en un archivo de extensión .ts, reportes de los elementos de las cabeceras para un intervalo máximo de 4000 paquetes de transporte y almacenamiento de los reportes generados en archivos de extensión .csv.

##### B. Interfaz Gráfica de Usuario

La siguiente gráfica muestra la GUI del Analizador de Paquetes Transport Stream (A.P.T.S.) con Netbeans.

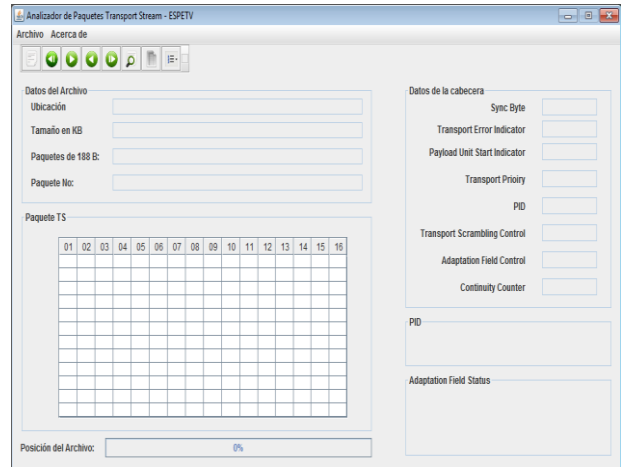


Fig. 9. GUI del APTS con Netbeans

##### C. Ejemplo de Funcionamiento

Las funcionalidades de Abrir Archivo y Buscar Paquetes de Transporte se ejecutan de la misma manera que el APTS con MATLAB.

A continuación indicaremos la ejecución de la generación de reportes tanto PID como de cabecera y el almacenamiento de información en archivos .csv

1) **Generación de Reporte PID:** Esta reporte nos muestra una información sintetizada de los PID contenidos en un archivo de extensión .ts.

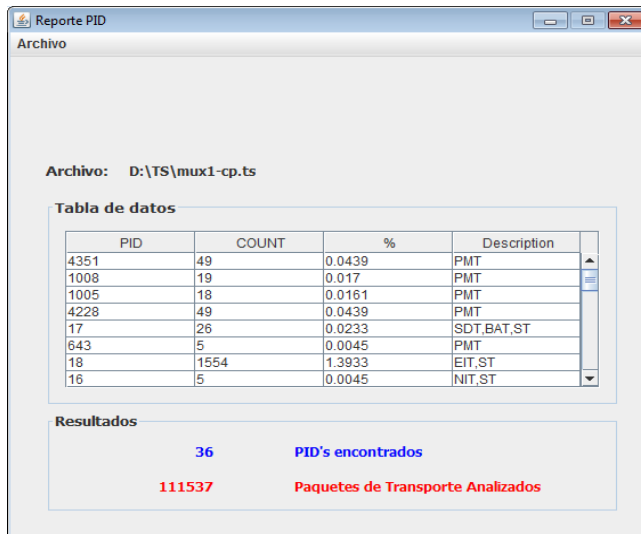


Fig. 10. Reporte PID

2) **Generación de Reporte de Cabecera:** Esta reporte nos muestra una información de todos los elementos de las cabeceras para un intervalo máximo de 4000 paquetes. Adicionalmente se podrá realizar un filtrado de información en función de la información de servicio (SI).

Para generar este reporte debemos dar click en la opción Generar Reporte de Cabecera, luego aparecerá la siguiente GUI:

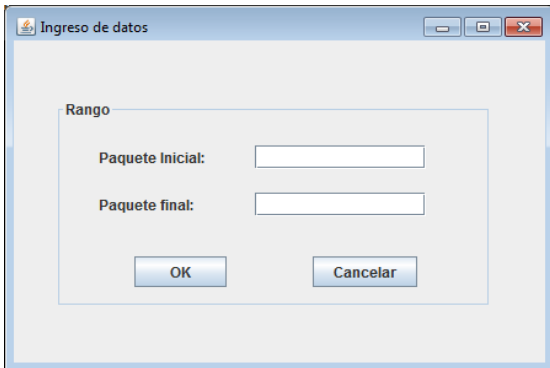


Fig. 12. GUI para ingreso de intervalo de paquetes

El APTS procesará la información y finalmente se generará el Reporte de Cabecera.

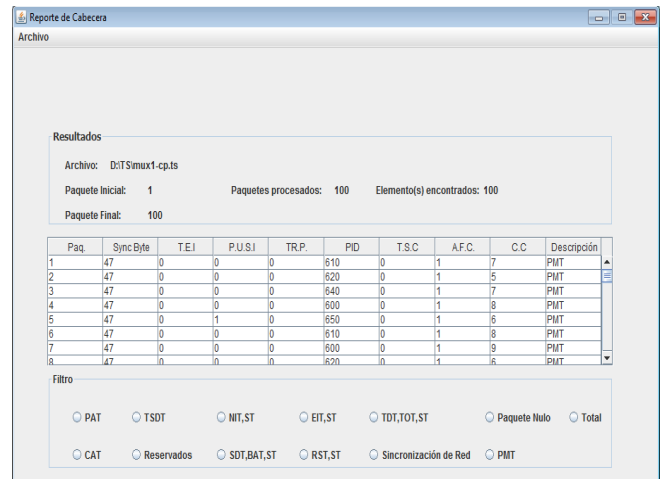


Fig. 12. Reporte de Cabecera

### 3) Almacenamiento de Información en archivos .csv:

La información de cada reporte podrá ser almacenada en archivos .csv (comma separated values) para poder ser procesada en MS Excel o cualquier aplicación que soporte este tipo archivos.

Para ejecutar este proceso seguimos los siguientes pasos:

- En el reporte generado damos click en el menú Archivo y seleccionamos la opción Guardar como .csv.
- Aparecerá un selector de archivos en donde seleccionaremos la ubicación a guardar del mismo e ingresaremos por teclado su respectivo nombre.
- Finalmente los datos se almacenarán en un archivo .csv.

## V. CONCLUSIONES

- El alcance de este proyecto se limitó a obtener y desplegar información de datos pertenecientes a las cabeceras de los paquetes de transporte contenidos en un archivo de extensión .ts
- El Analizador de Paquetes se desarrolló e implementó con herramientas Open Source tales como Netbeans 7.2, jdk7, las cuales se ejecutan bajo el Sistema Operativo Linux, brindando así la ventaja de reducir costos en licencias tanto para el desarrollo como para el uso de las aplicaciones.
- La elaboración de las funcionalidades del A.P.T.S. fue posible gracias a las conversiones numéricas implementadas tanto en MATLAB como en Java.

## VI. RECOMENDACIONES

- Se debe extender la funcionalidad del APTS para que pueda trabajar con archivos de otras extensiones que manejen el estándar MPEG-2
- En base a los datos contenidos en los 188 bytes de cada paquete de transporte se puede obtener una mayor cantidad de información aparte de los datos de la cabecera y campo de adaptación tales como la estructura de las secciones, estructura de las tablas del archivo .ts e identificación de scripts tanto de audio como de video.
- En una versión futura del A.P.T.S. se debe crear una funcionalidad adicional que le permita interactuar con un módulo de Hardware a través de una interfaz de comunicación para realizar el análisis de los paquetes de transporte en tiempo real.

## APÉNDICES

### Algoritmo de búsqueda de Paquetes de Transporte en MATLAB

```
Este algoritmo apunta a una posición k dentro de un archivo y desde dicha posición lee 188 bytes

Entrada: archivo, m (m entero >=1)

Salida: cadena

Analizar(archivo, m)
{
    k ← m-1
    posicionar(archivo, k * 188) // la posición k*188 indica el inicio de cada paquete de transporte
    cadena ← leer(archivo, 188, caracteres) // lectura de 188 bytes
    retornar cadena
}
```

### Algoritmo de búsqueda de Paquetes de Transporte en Java

```
Este algoritmo apunta a una posición k dentro de un archivo, desde dicha posición lee m bytes y retorna un array de bytes de dimensión m

Entrada: archivo, m, n (m entero > 0, n entero >=1)

Salida: byte

Analizar(archivo, m, n)
{
    Dimension byte[m]
    k ← n-1
    posicionar(archivo, k * 188) // la posición k*188 indica el inicio de cada paquete de transporte
    i ← leer(archivo, byte) // lectura de m bytes
    retornar byte
}
```

## REFERENCIAS

- [1] Adopción del estándar ISDB-Tb en Ecuador. <http://www02.supertel.gob.ec/tdt-ecuador/>
- [2] ISO/IEC 13818-1. MPEG-2 System Specification. Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio: Systems. November 1.994.
- [3] Benoit, Herve. Digital Television, MPEG-1, MPEG-2 and principles of the DVB system. Second Edition. August 2002.
- [4] Desarrollo de software Analizador Cabecera de Transport Stream para ISDB-T <http://190.12.88.8/ginga-peru/wp-content/uploads/2012/05/Paper-Transport-stream.pdf>
- [5] Transport Stream Packet Analyzer <http://www.pjdaniel.org.uk/mpeg/downloads/mux1-cp.zip>
- [6] Morales, Herón. MATLAB 7, Métodos Numéricos y visualización gráfica. Primera Edición. Marzo 2005.
- [7] Noriega, Adrián. Programando en Java 2. Editorial Megabyte. Primera Edición. Febrero 2007.
- [8] Conversiones Numéricas en Java. <http://gervy.wordpress.com/2009/02/05/conversiones-numericas-en-java/>
- [9] MATLAB <http://www.mathworks.com/products/matlab/>
- [10] Netbeans <http://www.netbeans.org/>.

## BIOGRAFÍAS

### Edison F. Naranjo E.

Nació en Quito el 10 de Diciembre de 1979. Realizó sus estudios secundarios en el Colegio Militar Eloy Alfaro. Obtuvo el título de bachiller con especialidad Físico Matemáticas en 1997. Entre 2007 y 2012 estudió en la Escuela Politécnica del Ejército, realizó la tesis profesional sobre “**Desarrollo de un Analizador de Paquetes Transport Stream para ISDB-Tb empleando MATLAB y lenguaje de programación multiplataforma**”.

### Gonzalo F. Olmedo C.

Nació en Quito el 1 de Octubre de 1974 y obtuvo su título de Ing. Electrónico en la ESPE en 1998, su grado de Doctor en Ingeniería Eléctrica en el área de Telecomunicaciones y Telemática en la Universidad Estatal de Campinas (UNICAMP), Campinas-Brasil en 2008 y sus áreas de interés son la Comunicación y Codificación Digital y la Televisión Digital Terrestre.

**Darwin O. Alulema F.**

Nació el 28 Septiembre de 1982 y obtuvo su título de Ing. Electrónico en la ESPE en 2005, su grado de Máster en Teleinformática y Redes de Computadoras en la Universidad Tecnológica Equinoccial en 2008 y sus áreas de interés son la programación de Tecnologías de Software para Electrónica empleando Java.