

# Reingeniería del Sistema Telescopio

## *Jürgen Stock.*

Carmen Rodríguez, Iván Vivas, Andrés Arcia-Moret, Judith Barrios, Domingo Hernández,  
Gerardo Sánchez y Hernán Ramírez

**Resumen** — El Sistema Telescopio Jürgen Stock (TJS) del Observatorio Astronómico Nacional, fue concebido en el año 1995 con características únicas, adaptadas a los requisitos de los investigadores del Centro de Investigaciones de Astronomía “Francisco J. Duarte”. Este Sistema Telescopio utiliza uno de los arreglos de dispositivos de carga acoplada más grandes del mundo usados en Astronomía. La evolución natural de este sistema está dirigida por dos grandes necesidades. Primero, el Sistema Telescopio, debe ser modernizado y adaptado a los nuevos requisitos planteados por los astrónomos del centro para facilitar el proceso de observación. Segundo, la disposición de nuevas tecnologías de hardware y software motivan a desarrollar o revisar funcionalidades a través de un proceso de ingeniería inversa seguido de un proceso de reingeniería para mejorar el rendimiento. Apoyados en los procesos de reingeniería, se espera desarrollar nuevos componentes que faciliten la adquisición, almacenamiento, procesamiento y análisis de las imágenes obtenidas. Finalmente, en este artículo, se muestran las características actuales del Sistema Telescopio, el proceso de reingeniería de software y la especificación de las direcciones de crecimiento futuro.

**Palabras claves** — Cámara QUEST, Hardware, Ingeniería Inversa, Imágenes Astronómicas, Reingeniería, Software, Telescopio Jürgen Stock.

### 1. INTRODUCCIÓN

El Sistema Telescopio Jürgen Stock (TJS) está conformado por el conjunto en hardware: telescopio y sistema de adquisición de imágenes digitales (ver Fig. 1), y el sistema programado que gestiona el proceso de adquisición de imágenes astronómicas.

El sistema en hardware de adquisición de imágenes, está conformado por los Dispositivos de Carga Acoplada o CCD por sus siglas en inglés (*Charge Coupled Devices*). Los

---

Artículo recibido el 03 de Febrero de 2012. Este artículo fue financiado por el Centro de Investigaciones de Astronomía (CIDA).

C.R., I.V., G.S y H.R. están con el Centro de Investigaciones de Astronomía (CIDA), Sector La Hechicera, Edificio CIDA, Mérida, Estado Mérida, Venezuela. Tlf: +58-274-2450106. E-mail: rodriguez@cida.ve, ivivas@cida.ve, gerardo@cida.ve y hernanr@cida.ve

A.A.M. J.B. y D.H. están con la Universidad de Los Andes, Sector La Hechicera, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Sistemas, Mérida, Estado Mérida, Venezuela. Tlf: +58-274-2402981, Fax: +58-274-2402979. E-mail: andres.arcia@ula.ve, ijudith@ula.ve, dhh@ula.ve.

A.A.M. está con el Grupo de Investigación en Redes y Sistemas Distribuidos (RESIDE). Sector La Hechicera, Facultad de Ingeniería, Postgrado en Computación, Mérida, Estado Mérida, Venezuela. Tlf: +58-274-2402811, Fax: +58-274-2402811.

dispositivos CCD, fueron desarrollados en los años 60 y revolucionaron los sistemas de adquisición de imágenes en el campo de la Astronomía, debido a su gran sensibilidad a la luz (muy superior a la película fotográfica) y a la capacidad de generar imágenes astronómicas digitales. Un CCD es un chip de silicio que transforma la luz en paquetes de carga eléctrica. Estos paquetes se pueden convertir en señales, digitalizarlos y almacenarlos en un archivo dentro de un computador.

El principal objetivo de obtener una imagen astronómica en digital es que ésta puede ser “procesada digitalmente”, lo que genera toda una gama de posibilidades a la hora de obtener datos de las imágenes.

El tamaño de un CCD generalmente es menor a 35 mm, así que para obtener imágenes de vastas regiones del cielo un solo CCD no es suficiente. Para paliar este inconveniente se han implementado arreglos de CCD's que permiten abarcar un mayor campo de visión ([1], [2]).

En el Telescopio Jürgen Stock, ubicado en Mérida, Venezuela está instalada una Cámara Electrónica con un arreglo de 16 CCD's. Este sistema permite la adquisición, el almacenamiento y procesamiento de imágenes astronómicas.

El Sistema Telescopio de base fue desarrollado hace más de una década por Sabbey et al. [3]. Este sistema, de probada eficiencia, se mantiene actualmente en funcionamiento. Sin embargo, existen por un lado, la necesidad de implementar nuevos requisitos realizados por los investigadores del centro y por otro, la necesidad de mejorar su rendimiento con nuevas tecnologías. En el proceso de instalación del Sistema Telescopio se dejó poca documentación sobre la conformación interna de los distintos componentes de software, por lo que la incorporación y mejoramiento de las nuevas funcionalidades se hace difícil. Esto ameritó el realizar un proceso de Ingeniería Inversa (InIn) que permitió conocer la estructura y comportamiento de los componentes actuales del Sistema Telescopio.

Uno de los requisitos importantes a tomar en cuenta en los desarrollos actuales y futuros para el Sistema Telescopio, es que, al momento de realizar las actualizaciones, el telescopio no puede interrumpir su habitual funcionamiento. Es decir, que para realizar pruebas con el sistema, las observaciones planificadas por los astrónomos no pueden ser reprogramadas o suspendidas. Esto se traduce en que las pruebas de los nuevos componentes que se incorporaban realizarse en paralelo con el sistema en funcionamiento, garantizando que no se perjudique el trabajo de sus usuarios.

El proceso de Ingeniería Inversa, se llevó a cabo partiendo del sistema de base programado por Sabbey et al [3] del cual se obtuvo la arquitectura de software presentada en la Sección III. En esta arquitectura, se identificaron los distintos componentes que conforman el sistema programado, y además, se desarrollaron las especificaciones funcionales de cada componente y su interrelación con el resto del sistema.

En tanto que para el proceso de Reingeniería, guiado por el modelo de procesos de Sommersville [4], se aprovechó la arquitectura (determinada por la InIn) con dos propósitos. En una primera instancia para modificar y ampliar algunos componentes existentes y, posteriormente, para acoplar los nuevos componentes desarrollados cumpliendo los requisitos de los astrónomos y usuarios.

*A. El Telescopio Jürgen Stock (TJS)*

El TJS es uno de los cuatro grandes telescopios del Observatorio Astronómico Nacional (OAN). Fue fabricado en Alemania por la compañía *Askania Werke*, es un aparato de Óptica *Schmidt* concéntrica con una montura ecuatorial de doble horquilla, tiene un peso de 48 toneladas y 7 metros de longitud. Consta de una lente correctora, un espejo esférico y un prisma objetivo encerrados dentro de un tubo.

La distancia focal del telescopio es de 3,03 metros, su apertura de 1 metro y su campo de visión de 5 grados cuadrados.

*B. La Cámara Electrónica Digital (Cámara QUEST<sup>1</sup>)*

La Cámara Electrónica Digital, permite adquirir, almacenar y procesar imágenes astronómicas. Es producto del trabajo conjunto realizado por la Universidad de Yale, la Universidad de Indiana y el CIDA.

La cámara de 67.1 Megapíxeles, está compuesta por: un arreglo de Sensores CCD's, un Módulo de Electrónica de Control y Digitalización de Datos, un Sistema de Adquisición y Almacenamiento de Datos, y un Sistema de Refrigeración y Vacío. Estos subsistemas, se describen brevemente a continuación, para una descripción más detallada puede referirse a [3] [5].

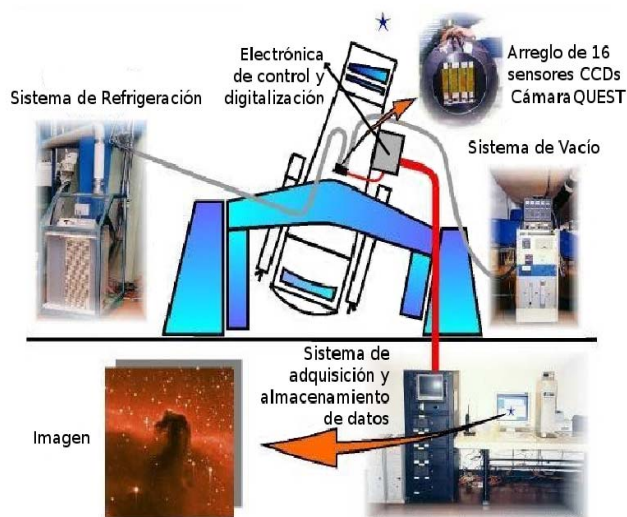


FIG. 1: Sistema de la Cámara QUEST

*I.B.1. Sensores CCD's:* La cámara electrónica consta principalmente de un conjunto de 16 sensores CCD's de 2048

x 2048 píxel-sensores<sup>2</sup> de 15  $\mu\text{m}$ , dispuestos en columnas o "dedos móviles" con cuatro sensores cada uno. Este montaje permite adaptarlos a diferentes niveles de declinación<sup>3</sup>. Los sensores están instalados en la zona focal del telescopio (ver Fig. 1). Un juego de filtros puede ser montado sobre los detectores, lo que permite eliminar (filtrar) determinadas longitudes de onda, dejando pasar sólo aquellas necesarias para un estudio determinado.

*I.I.B.2. Electrónica de Control y Digitalización (ECD):* Está compuesta por un conjunto de 32 tarjetas electrónicas. Las tarjetas están instaladas en un bastidor de forma cúbica ubicado en la zona externa del telescopio (ver Fig. 1). Estas tarjetas se utilizan para sincronizar y leer los 16 detectores de la cámara QUEST. Cada CCD está controlado por dos tarjetas: una digital y otra analógica/digital. La tarjeta digital es la que se encarga de generar y distribuir las señales de temporización necesarias para la operación de los CCD's. La tarjeta analógica/digital es la encargada de recibir la señal analógica de los CCD's, de procesarla y de enviarla al sistema de adquisición de datos.

*I.I.B.3. Sistema de Adquisición y Almacenamiento de Datos (SAAD):* Este subsistema está compuesto por una red de computadoras que describe una topología de árbol invertida en una configuración 4-2-1. Fue diseñado tomando dos consideraciones: minimizar los costos y balancear la carga de trabajo [3]. Su distribución actual consta de siete computadoras, de las cuales cuatro son para la adquisición de datos, dos para el almacenamiento de datos y una para la interfaz del usuario.

*I.I.B.4. Refrigeración y Vacío:* Estos subsistemas se ubican cerca del telescopio (ver Fig. 1) y permiten reducir los niveles de ruido térmico<sup>4</sup> que pueden saturar una imagen en pocos segundos. A mayor temperatura mayor ruido térmico y viceversa. Por lo tanto, para reducir el ruido térmico es necesario enfriar todo el conjunto de CCD's a valores muy bajos de temperatura. Esto se logra con un sistema criogénico de lazo cerrado [6], con el cual se puede llegar a temperaturas inferiores a los  $-80^{\circ}\text{C}$ . Pero al disminuir la temperatura a valores tan bajos, el vapor de agua que se encuentra en el aire se condensa sobre las superficies frías, así que para evitar los problemas de condensación, las líneas que transportan el líquido refrigerante a la cámara se encuentran al vacío.

II. TIPOS DE OBSERVACIÓN

Para poder realizar una correcta observación astronómica, el telescopio y la cámara QUEST se deben adaptar al Movimiento Sideral. Movimiento impropio de una estrella producido por el movimiento de rotación de la Tierra. Este desplazamiento aparente, describe una trayectoria distinta mientras el astro está más alejado del ecuador celeste<sup>5</sup>.

<sup>2</sup> Elementos fotosensibles dispuestos en cuadrícula; al caer los fotones (luz) sobre ellos, liberan electrones los cuales son cuantificados (efecto fotoeléctrico).

<sup>3</sup> La declinación ( $\delta$ ) y la ascensión recta ( $\alpha$ ), son coordenadas utilizadas por los astrónomos para ubicar lugares en el cielo.

<sup>4</sup> Es la agitación de electrones que se produce porque los CCD's no sólo liberan electrones al incidir luz, sino que también lo hacen por efecto de la temperatura.

<sup>5</sup> Es la proyección del ecuador terrestre en el espacio.

<sup>1</sup> *QUasar Ecuatorial Survey Team.*

Las estrellas que están sobre el ecuador celeste, describirían trayectorias en línea recta en sentido Este-Oeste; pero a medida que las estrellas se encuentren más alejadas del ecuador celeste, sus trayectorias describirían arcos cuyos radios decrecen mientras más cercanos estén de los polos celestes. Justo en los polos, el desplazamiento aparente del astro sería nulo.

El TJS permite realizar una observación del cielo en dos modalidades:

#### A. Modo Guiado o Apuntado

Es la técnica tradicional de observación; consiste en apuntar con el telescopio a un sector del cielo y seguir su movimiento sideral. Esto se logra gracias a un motor eléctrico que impulsa el movimiento de giro del telescopio. En este modo el obturador de la cámara se abre y se mantiene así durante un tiempo predeterminado. Una vez que transcurre el tiempo de exposición, se cierra el obturador y la imagen fija del cielo que se formó sobre los CCD's se transfiere al computador, es decir, los CCD's se leen después de realizar una exposición. En esta modalidad se recomienda posicionar paralelamente los dedos de la cámara QUEST. Una observación en modo guiado crea una imagen por cada detector CCD, es decir, se obtienen 16 imágenes digitales.

#### B. Modo Rastreo o Driftscan

A diferencia del modo guiado, en el Modo Rastreo el telescopio permanece orientado a una posición fija y el cielo se "desplaza" por encima de él. El obturador permanecerá abierto durante la observación. Una sola observación en esta modalidad puede durar toda la noche, ya que los detectores se leen de forma continua, pero por cada 2048 filas del CCD leídas, se genera una imagen digital.

#### C. Proceso de Obtención de Datos

El proceso comienza con la selección del tipo de observación y otros parámetros a través de la Interfaz de Usuario Gráfica. De forma general, para cualquiera de los dos tipos de observaciones, la obtención de la imagen comienza con la apertura del *obturador* de la cámara, dispositivo que permite la entrada de luz a los CCD's. Luego, comienza la fase de recolección de carga eléctrica en la cual los fotones (luz) interactúan con los átomos de silicio (componente del CCD) y liberan electrones (efecto fotoeléctrico); estos electrones son acumulados en paquetes cargados que se trasladan uno por uno a un amplificador, que se encarga del proceso de cuantificación; este proceso consiste en medir la carga de cada paquete y generar un voltaje proporcional a la cantidad de luz que recibió cada píxel-sensor. El proceso de mover los paquetes cargados debe repetirse una y otra vez hasta leer todo el arreglo de píxel-sensores del detector.

La señal de salida del sensor CCD es el voltaje generado por el amplificador. Esta señal analógica es convertida en señal digital a través de la tarjeta analógica/digital que es parte del subsistema de ECD (ver conexiones azules en la Fig. 2).

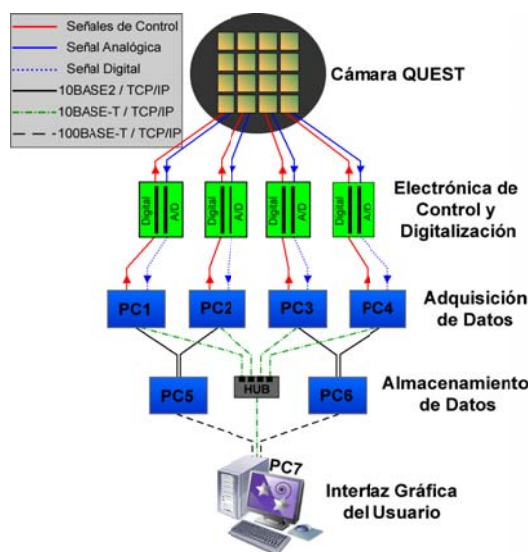


FIG. 2: Diagrama de Conexiones del Sistema de la Cámara QUEST<sup>6</sup>

Luego, la señal digital es transferida al subsistema de Adquisición de Datos; este subsistema está compuesto de cuatro computadores (PC1-PC4 de la Fig. 2), donde cada uno recibe las señales digitales de un dedo de la cámara QUEST, es decir, cada computador recibe los datos de cuatro sensores CCD's. En estas computadoras se construye la imagen digital, utilizando el formato de archivo "FITS"<sup>7</sup>. Como estas computadoras tienen poca capacidad de almacenamiento, entonces los datos son transferidos a otras dos computadoras con más espacio de disco duro que componen el subsistema de Almacenamiento de Datos (PC5 y PC6 de la Fig. 2). Los datos de PC1 y PC2 son guardados en PC5 y los de PC3 y PC4 en PC6. Las computadoras PC1-PC6 utilizan el sistema operativo QNX<sup>8</sup>.

Finalmente, para poder observar la imagen astronómica, es necesario transferirla a PC7. Este computador utiliza Linux como sistema operativo (distribución Fedora Core 7). PC7 tiene instalada la Interfaz Gráfica, el Programa *Observe*<sup>9</sup> y otros programas para el análisis de la calidad de las imágenes. Grandes volúmenes de datos (imágenes digitales astronómicas) se generan en una noche de observación; aproximadamente 30GB de información. Así que, estos se comprimen con un factor de compresión de 2 y al finalizar la jornada, los datos almacenados en PC5 y PC6 son transferidos en su totalidad a PC7 y a un disco duro externo de gran capacidad, el cual se utiliza para trasladar los datos a la sede del CIDA en la ciudad de Mérida para su posterior uso en investigaciones científicas.

<sup>6</sup> Nótese que el diagrama sólo incluye las conexiones de 4 CCD's (por razones de espacio), aunque realmente cada CCD está conectado a dos tarjetas para el control y digitalización de las señales.

<sup>7</sup> Sistema Flexible de Transporte de Imágenes (FITS, por sus siglas en inglés). Es un formato adoptado por la Unión Internacional de Astronomía (IAU) para intercambiar, manipular o guardar imágenes astronómicas.

<sup>8</sup> Es un sistema operativo privativo poco conocido, hecho especialmente para aplicaciones de tiempo real, en un ambiente de programación UNIX.

<sup>9</sup> Interfaz de Usuario Gráfica que permite controlar y monitorear todo el sistema de adquisición y almacenamiento de imágenes.

*D.La Imagen Digital Generada por la Cámara QUEST*

La Cámara QUEST puede generar imágenes digitales (ver Fig. 3) con las siguientes características. Son imágenes:

- De tipo *raster* o mapa de bits.
- En escala de grises.
- Con una profundidad de color de 16 bpp, es decir, 65.536 tonalidades de grises.
- Con una profundidad de color representada en color directo<sup>10</sup>.
- Almacenadas en formato FITS, cada una con un tamaño de 8.6Mb aproximadamente.



FIG. 3: Imagen Digital Astronómica Generada por un CCD de la Cámara QUEST

III. SUBSISTEMA DE ADQUISICIÓN Y ALMACENAMIENTO DE DATOS

La Fig. 4 ilustra la arquitectura de software inicial del sistema, los módulos y las interacciones entre ellos, los protocolos usados para el intercambio de información, dónde se efectúa el mapeo de memoria y las llamadas a los dispositivos de entrada y salida. En esta arquitectura, se muestran 11 módulos [7] que agrupan los programas necesarios para que el sistema alcance los objetivos planteados al inicio del proyecto QUEST. Estos módulos están distribuidos en los siete computadores interconectados por la red *Ethernet*, mostrados en la Fig. 2.

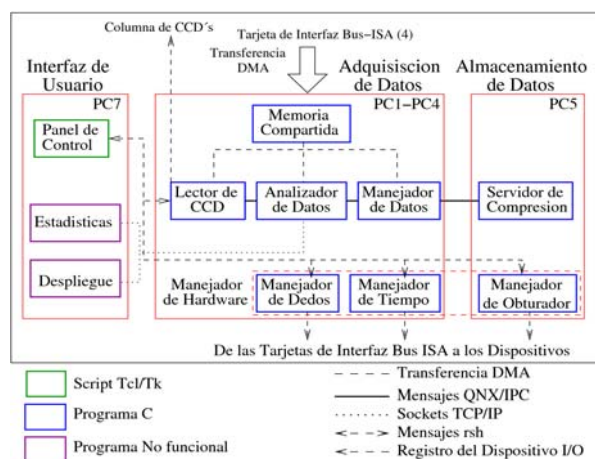


FIG. 4: Arquitectura del Software del Sistema de la Cámara QUEST

El proceso se inicia en el Módulo Lector CCD (MLC), este módulo obtiene los parámetros introducidos a través de la Interfaz de Usuario Gráfica y le indica al controlador cuáles de ellos son necesarios para llevar a cabo la observación y comenzar la transferencia de datos desde la Electrónica de Control y Digitalización. La información la reciben las tarjetas controladoras de los CCD's que están integradas en PC1-PC4. Estas tarjetas tienen un bus *ISA* que realiza transferencias de datos por medio de Acceso Directo a Memoria (DMA, por sus siglas en inglés). Cada uno de estos buses accede a la memoria para leer o escribir independientemente del procesador principal.

El MLC inicia también los Módulos Analizador de Datos (MAD) y Manejador de Datos (MMA). El MAD tiene elementos para ejecutar diversos análisis de datos en tiempo real. El MMA se encarga de recibir cada una de las líneas de datos para construir la imagen FITS. Estos 3 módulos que funcionan en las PC1-PC4, hacen uso de memoria compartida para el intercambio de datos. El Servidor de Compresión se ejecuta en PC5 y PC6 y sirve para comprimir las imágenes digitales y generar archivos con extensión "*FITS.ENC<sup>11</sup>*". El Módulo Manejador de Dedos y Obturador permiten controlar estos dispositivos mecánicos y adaptarlos a las necesidades del observador. El Módulo Manejador de Tiempo es el encargado de generar las señales de reloj que sincronizan el proceso de obtención de imágenes.

Finalmente, en PC7 se encuentra el Panel de Control dentro del programa *Observe* que permite iniciar y establecer todos los parámetros de la observación y los Módulos de Estadísticas y Despliegue. El Módulo de Estadísticas recibe información del analizador de datos y su propósito es generar estadísticas complementarias para efectuar el análisis de las imágenes obtenidas. Mientras que el módulo de Despliegue, permite monitorear en tiempo real la imagen digital que se obtiene para un CCD dado.

IV. REINGENIERÍA DEL SISTEMA TELESCOPIO

Los cambios dentro del proceso de observación, hace necesario, no sólo adaptar el Sistema Telescopio a los nuevos requisitos de las organizaciones, sino también, a los continuos cambios en las plataformas de cómputo. Luego de analizar el sistema original y las necesidades del CIDA, hemos determinado que el sistema de adquisición y almacenamiento de datos y los 16 sensores CCD's son los subsistemas claves en el proceso de reingeniería.

La figura 5 muestra el modelo de proceso de reingeniería, usado para el TJS, este modelo integra la ingeniería en reversa y reingeniería para obtener un sistema modularizado, documentado y mejorado, está basado en el modelo presentado por Sommerville [4].

<sup>10</sup> No se utiliza una tabla de colores indexada, cada valor está almacenado directamente en el píxel.

<sup>11</sup> Archivo de datos FITS con un encabezado primario, pero cuyo arreglo primario bidimensional se comprime antes de almacenarlo para ahorrar espacio en disco.

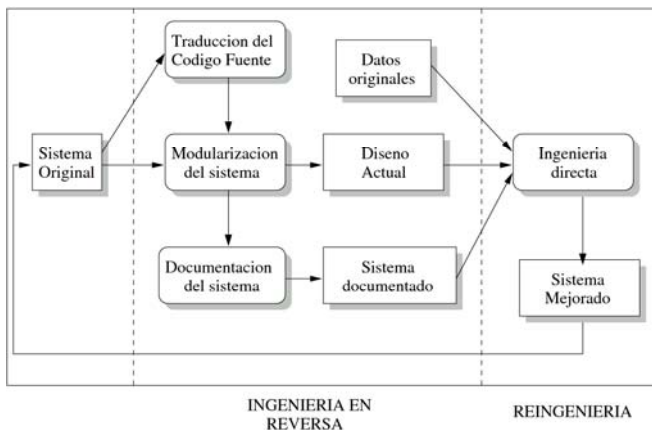


FIG. 5: Modelo de Proceso de Reingeniería

Como resultado del proceso se hicieron cambios en el sistema, que se explican brevemente a continuación:

#### A. Documentación del software existente.

Se mejoró la documentación de los programas y algoritmos involucrados en el funcionamiento del sistema. Se elaboraron diagramas de paquetes de cada módulo y se describió en forma detallada lo que hace cada uno y la manera en que se comunican[7]. También, se elaboró un manual de observación que describe los procedimientos y guía a los usuarios para realizar observaciones con el TSJ.

#### B. Duración de los procesos del sistema.

Se analizaron los tiempos promedios de duración de los procesos de obtención de datos para identificar los cuellos de botella y mejorar el rendimiento del sistema. Una vez identificada la trayectoria de los datos, se determinó la duración del proceso para ambos modos de observación. Estas caracterizaciones pueden consultarse en [7][8].

#### C. Interfaz de Usuario Integrada.

Además del Panel de Control del telescopio, existen otros programas usados por los observadores para ejecutar tareas complementarias, tales como: abortar el proceso de adquisición de datos, respaldar y analizar las imágenes obtenidas, verificar el espacio ocupado por observaciones anteriores, eliminar datos ya respaldados y apagar el sistema de forma segura. Estos programas fueron elaborados por personas diferentes y se ejecutaban de forma independiente; para facilitar la ejecución de las tareas, se desarrolló una interfaz de usuario gráfica consistente que integra todos los programas con las mismas reglas de diseño y simplifica los modos de interacción.

Por otro lado, el obturador de la cámara QUEST fue diseñado y construido especialmente, pues no existía un obturador comercial que se adaptara completamente, pero el observador era el responsable de abrirlo o cerrarlo en cada observación. Otra de las actividades de reingeniería en la que se trabajó fue en la automatización del Obturador, con el propósito de que éste abriera y cerrara de acuerdo al modo de observación y sin involucrar al usuario en su activación.

También, se desarrolló un Visualizador Preliminar de Imágenes Astronómicas para el sistema Telescopio Jürgen Stock [9], que complementa al Panel de Control y permite el

monitoreo en tiempo real de las imágenes que se obtienen en los 16 sensores CCD's (un sensor a la vez), recuperando la funcionalidad perdida del módulo de Despliegue.

#### D. Encabezados FITS.

Las imágenes astronómicas obtenidas con la cámara QUEST, sólo incluían un bloque de encabezado primario con nueve series de palabras claves. Algunos programas y estructuras de datos fueron modificadas para agregar otras cuarenta y cinco series de palabras claves. Las series agregadas se basaron en la versión 3.0 del estándar FITS[10].

#### E. Actualización de Hardware de la Interfaz de usuario.

Para escalar el servicio prestado con la cámara QUEST y mejorar los tiempos de adquisición de datos, incrementar la capacidad de almacenamiento interno y facilitar la reducción de imágenes en tiempo real, se adquirió un Servidor en Torre *Dell PowerEdge T710*; con dos procesadores *Intel Xeon X5667*, 48GB de memoria RAM, 8TB de disco duro y fuente de poder redundante de 1100 Watts, ya que el hardware original de PC7 (1 procesador *Pentium II* de 400MHz, 1 disco duro de 128GB y 256MB de memoria RAM) no tenía suficiente capacidad para ejecutar la adquisición de datos y los procesamientos de imágenes de manera simultánea.

#### F. Sustitución de Sensores CCD's.

Los detectores originales de la Cámara QUEST, se han deteriorado con el paso del tiempo, por esta razón el CIDA hizo la mayor inversión en instrumentación científica realizada en el OAN desde su construcción en la década de los setenta e instalará 16 nuevos sensores para la cámara que son hasta 10 veces más sensibles que los originales, con una excelente calidad cosmética y un mínimo de píxeles defectuosos. Las especificaciones de los CCD's fueron definidas por investigadores y personal técnico del CIDA; ocho de los 16 nuevos CCD usan una tecnología de disminución profunda que incrementa el espesor del sustrato de silicio para extender su sensibilidad. Con estos nuevos detectores, el telescopio Stock pasará a ser uno de los mejores instrumentos en el mundo para realizar sondeos a gran escala del cielo nocturno en ambos hemisferios.

La fabricación de los nuevos CCD estuvo a cargo de la empresa británica *e2v Inc.* y la adaptación, instalación y ajustes de los nuevos detectores será realizada en su totalidad por el personal del CIDA, que ha trabajado en estrecha colaboración con *e2v Inc.* para asegurar la óptima adecuación de los detectores a las características y requisitos propios de la Cámara Electrónica Digital. Se prevé que los detectores estarán instalados y la nueva cámara lista para uso científico, para finales de 2012. Para una descripción más detallada refiérase a [11]

## V. CONCLUSIONES

La reingeniería de un sistema es un proceso evolutivo y continuo que permite adaptarlo a las necesidades cambiantes de las organizaciones. El enfoque de reingeniería empleado es una metodología flexible que, en la ciencia de la computación, puede ser usada por cualquiera para atacar diversos tipos de problemas, tales como: la integración de

sistemas, la comprensión del procesamiento de información de un código fuente, la recuperación de la base de datos de un sistema, la reconstrucción o mejora de interfaces de usuario, e inclusive, en la actualización de los componentes físicos de un sistema.

Con la modularización del sistema obtenida en el proceso reingeniería y la documentación de lo existente, se sientan las bases para realizar trabajos futuros sobre cada uno de sus subsistemas de forma independiente. Las mejoras en la interfaz gráfica, permiten el control y monitoreo del telescopio de una forma más intuitiva para el usuario. Los encabezados FITS agregados, suministran información adicional a los investigadores y han sido usados como base para la automatización de los reportes de observación y para el desarrollo del Observatorio Virtual del CIDA [12]. La actualización de hardware en PC7 incrementó las capacidades de cálculo y de reducción de datos, necesarias para obtener resultados en los diferentes proyectos de investigación. Finalmente, con los nuevos detectores, el TJS vuelve a ser uno de los mejores instrumentos en el mundo para realizar sondeos del cielo a gran escala.

Como trabajo futuro se plantea: Estudiar y diseñar interfaces para controlar y manejar el telescopio de forma remota, desarrollar un ambiente de simulación para observadores profesionales y monitorear en tiempo real los 16 CCD's de la cámara en simultáneo; actualmente el sistema, sólo es capaz de mostrar en pantalla la salida de un único CCD, que el observador selecciona indicándole la columna (PC1, PC2, PC3 o PC4) y el número de CCD (1, 2, 3 ó 4).

[11] Briceño C. “**CIDA instalará sensores de última tecnología en telescopio Stock del Observatorio Astronómico Nacional en Mérida**”. El Nacional. 06 de Julio de 2009.

[12] Centro de Investigaciones de Astronomía “Francisco J. Duarte” (CIDA). “Observatorio Virtual”. Consultado en [http://www.cida.gob.ve/cida\\_home/index.php?option=com\\_content&view=article&id=255&Itemid=183](http://www.cida.gob.ve/cida_home/index.php?option=com_content&view=article&id=255&Itemid=183)

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Palomar Observatory's 48-inch Samuel Oschin telescope. “**The Palomar-QUEST Sky Survey**”. 2003.
- [2] Castander, F.J. “**The Sloan Digital Sky Survey**”. *Astrophysics and Space Science*. V. 263, pp. 91-94. 1998.
- [3] Sabbey C. N. , Coppi P., and Oemler A. “**Data Acquisition for a 16 CCD Drift-Scan Survey**”. *The Astronomical Society of the Pacific*. Vol 110. pp 1067-1080. 1998.
- [4] Somemerville, Ian. “**Ingeniería del Software**”. Editorial Pearson Addison Wesley, 2005.
- [5] Baltay C. et al. “**A Large-Area CCD Camera for the Schmidt Telescope at the Venezuelan National Astronomical Observatory**”. *The Astronomical Society of the Pacific*. Vol. 114, pp. 780-794, 2002.
- [6] Snyder, J. et al. “**QUEST Camera I: A 67 Megapixel CCD Camera Optimized for Driftscan Quasar Discovery**”. *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series*, Vol 3355, pp 635-645.
- [7] Rodríguez C. “**Estudio y Modificación del Sistema de Adquisición, Almacenamiento y Procesamiento de Imágenes Astronómicas del Telescopio Jürgen Stock**”. Tesis de Maestría en Computación. Universidad de Los Andes, 2007.
- [8] Vivas I. “**Módulo de Despliegue de Imágenes Astronómicas en tiempo real para el Telescopio Jürgen Stock del Observatorio Astronómico Nacional de Llano del Hato**”. Tesis de Pregrado de Ingeniería de Sistemas. Universidad de Los Andes. 2011.
- [9] Vivas I. “**Herramienta de Visualización Preliminar de Imágenes Astronómicas para el sistema Telescopio Jürgen Stock**”. V Congreso Iberoamericano de Estudiantes de Ingeniería Eléctrica 2012 (V CIBELEC 2012). Mérida, Venezuela. 2012.
- [10] FITS Working Group: Commission 5: Documentation and Astronomical Data – Internacional Astronomical Union (IAU). “**Definition of the Flexible Image Transport (FITS)**”. Version 3.0. 2008 July 10.