

PUNLAB: Plataforma Única de Gestión en Laboratorio Clínico

Roberto. Ramos

CMDAT “Dr. Ernesto Che Guevara”, roberto.ramos.80@gmail.com

Resumen— Se presenta el diseño de un sistema informático para la gestión, almacenamiento, análisis y procesamiento de la información generada en un laboratorio clínico. El sistema ha sido desarrollado y puesto a prueba en un Centro Médico de Diagnóstico de Alta Tecnología. El equipamiento de laboratorio presente en este tipo de instituciones permite procesar un gran número de muestras de pacientes, así como la obtención de múltiples parámetros para una misma muestra en un tiempo considerablemente corto. Por otra parte el desarrollo tecnológico de los mismos nos facilita la comunicación con un ordenador a través del puerto serie. La no existencia de un software estandarizado para estos centros y el flujo de información tan grande que en sus laboratorios clínicos se genera nos llevó a crear un sistema capaz de cubrir por sí solos las necesidades operativas en estos departamentos. Con la utilización de este sistema se minimiza la probabilidad de errores humanos ya que la mayoría de los resultados van directamente de los autoanalizadores de laboratorio clínico a una base de datos de forma automática, el técnico tiene un control total del proceso en tiempo real y los pacientes pueden, una vez que son validados, consultar sus resultados remotamente.

Palabras clave—sistema informático, Centro Médico de Diagnóstico de Alta Tecnología, autoanalizadores, laboratorio clínico

I. INTRODUCCIÓN

Como resultado de la progresiva modernización de los laboratorios clínicos en las diferentes instituciones médicas, se han instalado equipos automáticos de alta tecnología, que permiten el procesamiento de un gran número de muestras de pacientes, así como la obtención de múltiples parámetros para una misma muestra en un tiempo considerablemente corto.

El desarrollo tecnológico de los mismos permite establecer comunicación con un ordenador a través del puerto serie. Hoy día son varios los mecanismos utilizados con este fin, no obstante, los laboratorios actuales generan un flujo de información tan grande que impiden que estos mecanismos sean capaces por sí solos de cubrir sus necesidades operativas en toda su dimensión.

Los sistemas actuales que establecen la conexión de estos equipos a ordenadores solo se encargan de la obtención y representación de los resultados en un modelo establecido previamente y propio de cada institución en particular, quedando limitados en su procesamiento, almacenamiento y correlación con el resto de los parámetros e información generada en el laboratorio y que no proviene de estos autoanalizadores. Por otra parte, más allá del control de calidad inicial que se les hace a esta tecnología al inicio del ciclo diario de trabajo no existe una

plataforma que me cuantifique y me muestre en tiempo real la positividad de cada parámetro obtenido, su valor promedio[1], su varianza[2], así como la correlación[3] entre ellos y mucha más información estadística que nos da una idea precisa del comportamiento del departamento a medida que se avanza en el número de pacientes atendidos, y nos ayuda a controlar la calidad y fiabilidad en los resultados.

El sistema propuesto basa su funcionamiento en una plataforma web y un Gestor de Base de Datos [4] establecida sobre un servidor. Los datos provenientes de los equipos serán recibidos a través del puerto serie de dicho servidor utilizando el protocolo RS232C [5] y conectados físicamente a él a través de un concentrador de diseño específico para esta aplicación. El resto de la información será adquirida vía web a través de formularios [6] que interaccionan con los clientes de la plataforma, la validación del lado cliente será establecida mediante JAVASCRIPT [7] y en lado del servidor con PHP [8]. Para el almacenamiento y gestión de los datos se usa MySQL[9]. Todo estos servicios estarán corriendo sobre *software libre*, específicamente Debian 5.0 [10].

II. DISEÑO

La fig.1 muestra un esquema representativo del flujo de trabajo de la plataforma.

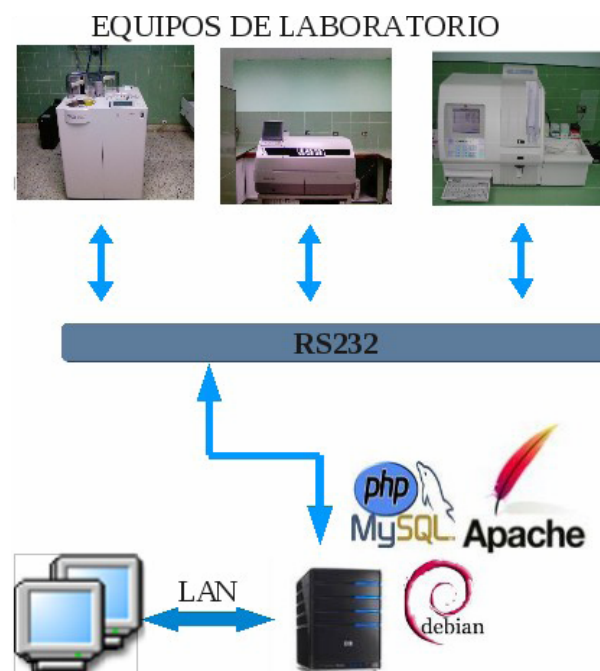


Fig.1: Flujo de trabajo de la plataforma PUNLAB.

El protocolo RS232C establece un modo de comunicación serie asincrónico. Este estándar tiene la ventaja de utilizar menos líneas de transmisión comparada con la comunicación paralela. Un enlace serie puede ser realizado con apenas tres líneas, una señal para transmisión(TXD), una para recepción(RXD) y un común. La transmisión puede ser en ambas direcciones, la velocidad variable pero estandarizada, y todos los parámetros deben ser configurados con el mismo valor en la plataforma y en los equipos de procesamiento de muestras de pacientes.

El concentrador RS232C, controla el flujo de información hacia el servidor evitando que dos tramas de equipos diferentes lleguen simultáneamente al mismo. A cada una de las tramas se le añade una cabecera que la identificará de forma unívoca por su origen y permitirá usar distintos procesamiento matemático para cada una de ellas, teniendo en cuenta que cada autoanalizador tiene características propias y que difieren entre ellos, en cuanto al empaquetamiento y envío de datos.

Los equipos autoanalizadores pueden estar procesando y enviando los resultados al servidor y este a su vez, permitiendo el ingreso de nuevos pacientes al sistema, mostrando resultados ya validados, editando de forma manual nuevos valores o indicando el estado actual de positividad en cada departamento, todo esto via web a través de la red local del centro, sin causar pérdida de información ni interferencia para el resto de los servicios informáticos presentes en la institución y que comparten la misma infraestructura de telecomunicaciones.

A pesar de que la comunicación establecida con la plataforma se fundamenta sobre el protocolo RS232C, no todos los equipos tiene el mismo tipo de conector físico, y el cable usado en cada uno de ellos, se debe fabricar según las normas propias del fabricante del equipo en particular.

La fig.2 muestra el esquema de la configuración que se establece en la conexión de algunos de los equipos de laboratorio y el servidor, así como una descripción de las señales presentes.

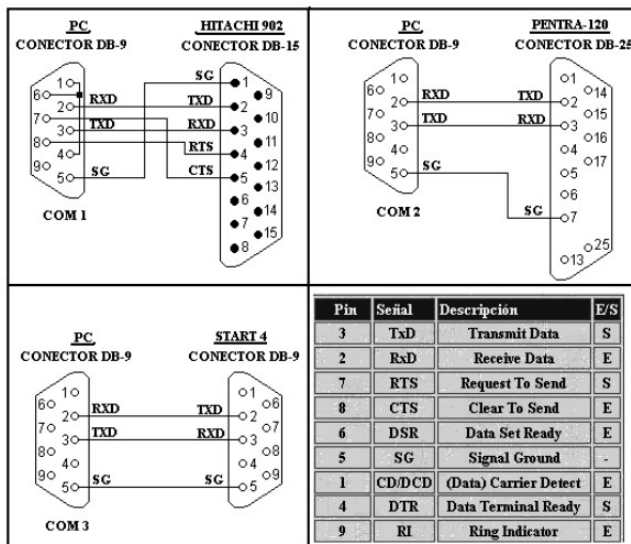


Fig. 3. Esquema de la configuración física de conexión

II.EXPERIMENTACIÓN

Para acceder al sistema, es necesario autenticarse en el, con un usuario y una contraseña fig 3. Cada usuario tiene un nivel de acceso propio, asignado por el administrador y le permitirá interactuar con la plataforma en mayor o menor medida.

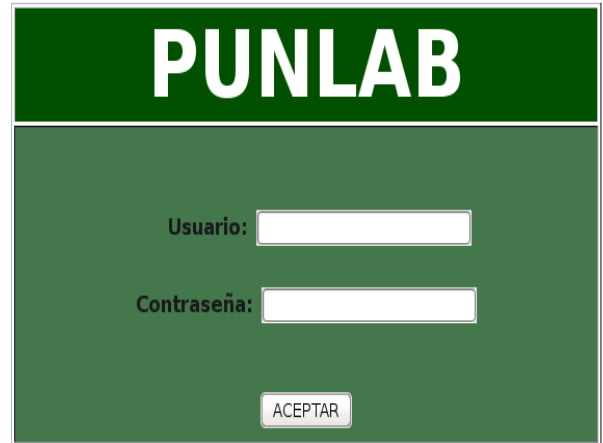


Fig. 3. Página de autenticación de PUNLAB

En una primera etapa los pacientes son registrados en la recepción. En este proceso se ingresa al sistema toda la información referida al paciente que incluye, los exámenes que solicita, la procedencia de la solicitud, así como información de carácter personal. Cada paciente será identificado dentro del sistema con un número único, denominado ID, y generado de forma automática por la base de datos. Este número en combinación con la fecha de ingreso a la institución forman lo que se conoce como clave primaria de la base de datos, o lo que es igual una combinación de campos que serán únicos para cada registro y nunca nulos.

Se puede contar con varios ordenadores ingresando pacientes a la vez y nunca se dará el caso de que existan dos pacientes con ID iguales para un mismo día.

Dependiendo del registro hecho en recepción los pacientes pasarán a formar parte de cada uno de los departamentos para la edición de los resultados. El proceso de edición se realizará de forma automática y manual. Por un lado los departamentos que cuenten con equipos de avanzada como el autoanalizador químico HITACHI® 902[10], el autoanalizador hematológico PENTRA® 120 RETIC[11] y el analizador de parámetros de coagulación START® 4[12], solo tendrán que cambiar aquellos valores que el especialista considere que no están correctos. En cambio los departamentos cuyos resultados provienen de procesos no automatizados como la observación microscópica u otros métodos, tendrán que editar los datos obtenidos así como cualquiera otra observación a través de formularios donde la mayoría de la información ya está predefinida ahorrando tiempo y minimizando los posibles errores humanos.

Los datos son recibidos y procesados en el servidor mediante PHP. Una vez ordenados correctamente se procede a almacenarlo en la base de datos, según corresponda estableciendo como criterio que cada paciente se identifica por el ID y la fecha del examen.

El técnico podrá ir observando en pantalla los resultados obtenidos para cada paciente a medida que vayan llegando al servidor. Adicionalmente se le mostrará una gráfica con cuantas técnicas ha realizado y su nivel de positividad por parámetros, fig 5.

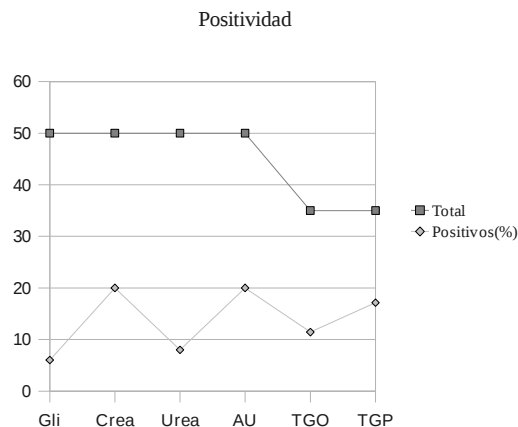


Fig. 5 Gráfica de positividad

Al cierre del día, cada área podrá imprimir un hoja de cargo con todos los pacientes procesados y el resultado de cada uno de ellos. Solo aparecerán en esta hoja aquellas técnicas que al menos se les haya realizado a un paciente, la técnicas que no se realizaron a ningún paciente no se imprimirán.

En el apartado de estadística el usuario podrá obtener toda la información relacionada con la cantidad de pacientes atendidos, la procedencia de las solicitudes y la cantidad de exámenes realizados, durante un período de tiempo establecido y para cualquier departamento en específico.

Para la entrega de resultados, la secretaria cuenta con un ordenador en red, y una impresora. En la búsqueda de un paciente es obligatorio introducir, cédula, ID o nombre, así como el período de tiempo en el que se cree ingreso al sistema. Con la entrega de resultados queda registrado en la base de datos la persona que lo retiró y la fecha en que lo hizo, para contar con un respaldo legal ante posibles reclamaciones.

Es bueno destacar que cada uno de los documentos a imprimir en esta plataforma puede ser generado además en formato pdf, dándole al usuario la posibilidad de almacenarlo digitalmente.

La eficiencia de este sistema es considerablemente buena, si se tiene en cuenta que de cada 100 pacientes transmitidos al servidor por parte de los equipos automatizados solo aproximadamente 5 tienen que ser editados manualmente por el técnico por problemas en la comunicación. Por otra parte la implementación de ecuaciones matemáticas para el cálculo de algunas técnicas, que tradicionalmente se calculaban manual, o que en los autoanalizadores se hace imposible realizar no solo incrementa el número de exámenes sino que aumenta la fiabilidad de los mismos.

El imprimir solo las técnicas realizadas a cada paciente, y hacerlo únicamente para aquellos que lo soliciten, ahorra recursos y humaniza el trabajo en el laboratorio.

Finalmente como muestra la fig 6 el modelo generado para los resultados de paciente en cualquiera de sus modalidades, pdf o html, trata de abarcar en un sola hoja el mayor número de parámetros posibles, y sigue una secuencia lógica teniendo en cuenta la relación entre departamentos. Además hace responsable a cada especialista con la calidad de su trabajo ya que el modelo recoge por departamento el usuario que introdujo los

resultados al sistema y los plasma en el apartado, *realizado por: Usuario de esa sesión.*

PUNLAB			
CENTRO MEDICO DE DIAGNOSTICO DE ALTA TECNOLOGIA			
Dr. ERNESTO CHE GUEVARA			
Nombres y Apellidos	Rafael Martinez		
No. Consecutivo	1		
Fecha	01/06/2009		
Hematología			
Parametros	Resultados	Unidades	VR
Hemoglobina	12.8	g/dl	11.0-18.0
Hematocritos	41.0	%	33-55
Conteo de .Plaquetas	280.0	10 ³ /mm ³	150-450
Conteo de Leucocitos	6.0	10 ³ /mm ³	4.0-11.0
Neutrofilos	60.0	%	50.0-80.0
Linfocitos	40	%	25.0-50.0
Realizado por: Marlen Flores			
Química			
Parametros	Resultados	Unidades	VR
Glicemia	5.6	mmol/l	3.4-6.11
Colesterol	4.1	mmol/l	3.2-5.2
Trigliceridos	1.86	mmol/l	H:0.68-2.3 M:0.46-2.3
TGP	26	u/l	5-49
TGO	43	u/l	5-46
GGT	15	ul	10-60
Realizado por: Yusleidis Sotolongo			
Inmunoquímica			
Parametros	Resultados	Unidades	VR
T-4	99.13	nmol/l	66-181
T-3	2.15	nmol/l	1.30-3.10
Realizado por: Yusleidis Sotolongo			

Fig. 6 Reporte final con los resultados de una paciente

Al no contar con una gran cantidad de imagenes, manejar solo datos alfanumericos, este sistema no requiere de gran recursos de hardware informatico. La Tabla I, nos muestra los requerimiento minimos para su funcionamiento.

TABLA I
Requerimientos minimos de hardware y software para el montaje y puesta en marcha de punlab

Software	Hardware
Windows o Linux	Ordenador con Puerto serie
Servidor Web	Pentium IV
MySQL	256 MB Ram
PHP5.0	80 GB HDD

III.CONCLUSIONES

La implementación del sistema PUNLAB, permite adquirir, procesar, analizar y almacenar de forma automática los resultados entregados por los equipos de alta tecnología usados en los laboratorios clínicos de la actualidad. Además es posible registrar de manera manual el resto de la información que estos departamentos generan y que no proviene de estos equipos. Los usuarios pueden acceder a esta plataforma y consultar cualquier dato remotamente vía web sin la necesidad de instalar ningún programa en su ordenador más allá que los navegadores web comúnmente instalados.

El cálculo matemático de algunos parámetros, unido al procesamiento estadístico por parte del sistema aumenta la fiabilidad de los resultados, humaniza el trabajo y permite tener una idea completa en tiempo real del funcionamiento del departamento o sección específica dentro del laboratorio.

AGRADECIMIENTOS

Al colectivo de colaboradores del Centro Médico de Diagnóstico de Alta Tecnología “Dr. Ernesto Che Guevara” por su contribución a la realización de este trabajo.

A la Dr. Alexandra Arias Cuba por su aporte científico.

REFERENCIAS

- [3] J. Sánchez, “JavaScript manual de referencia”, 2003
- [4] S. S. Bakken, A. Aulbach, E. Schmid “Manual de PHP”, 2002
- [5] J. Sánchez, “MySQL Guía Rápida”, 2004
- [6] J. García, I. Aguinaga, A. Mora “Aprenda LINUX como si estuviera en primero”, pp 2-3, 2000
- [7] MySQLAB, “MySQL 5.0 Reference Manual”, pp 221., 2009
- [8] ECAM, “Diseño de páginas web: Formularios en HTML e introducción a PHP”, 2004
- [9] C.E Anivarro Zelaya, “Manual Básico de HTML. Creación y Estructura de Páginas WEB”, 2001