

Arts et Métiers Paristech – Paris

Ecole Nationale Supérieure D'Arts et Métiers

RESUMEN DE PROYECTO FINAL DE CARRERA

**Desarrollo de un prototipo biomédico para el estudio de la reestenosis
y de stents activos pro-cicatrizantes**

JUNIO 2011

Presentado por : Eduardo CANO PLEITE

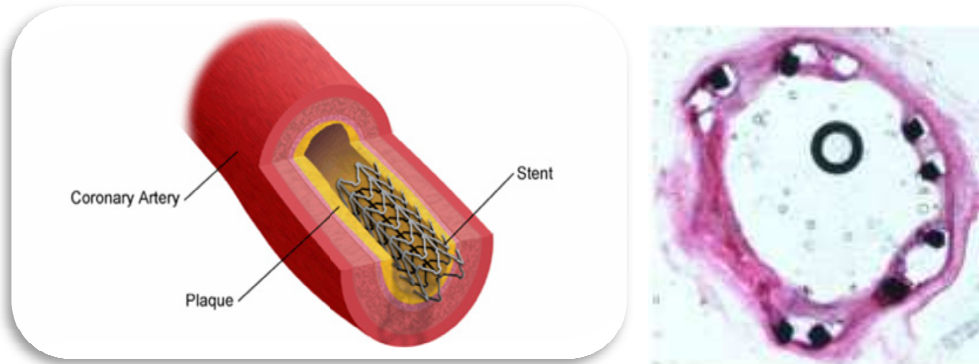
Andrés ADÁNEZ CEBALLO

Profesor responsable : Christophe SARRAF

1. Introducción

El objetivo de este proyecto es la creación de un prototipo para el ensayo de stents arterias reales bajo diversas situaciones.

Los stents son pequeños resortes metálicos mallados y con memoria de forma que son introducidos en el interior de las arterias cuando se realiza en una angioplastia.



La angioplastia es una técnica médico-quirúrgica consistente en la modificación de un vaso sanguíneo (generalmente una arteria) para su dilatación. La técnica consiste en la introducción de dicho stent dentro de la arteria adoptando la forma de la misma gracias a una especie de globo que se hinchará en su interior para que adopte así la forma adecuada.

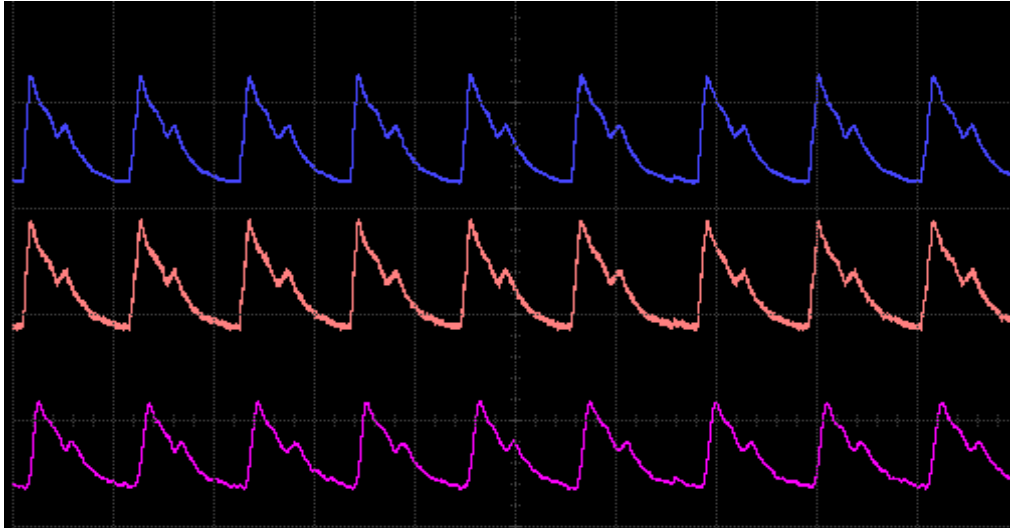
El principal inconveniente de esta técnica es una tasa importante de reestenosis, es decir, de un nuevo estrechamiento que, entre otros factores, puede suceder por una cicatrización excesiva en la arteria. Siendo el stent un cuerpo ajeno al organismo, es un punto propenso a la formación de un coágulo o una proliferación celular en el interior del stent.

El uso de stents activos impregnados en una sustancia determinada que liberen dicha sustancia localmente es una de las actuaciones que nos permite evitar esa reobstrucción.

2. Objetivo del proyecto.

El objetivo de este trabajo es fabricar un biorreactor para el estudio del comportamiento de diferentes arterias reales con/sin stent impregnadas de diferentes sustancias. Un total de 6 arterias podrán ser estudiadas. El biorreactor comprende un circuito cuyo líquido es impulsado por una bomba pulsátil que produce un flujo sístole-diástole similar al del corazón. El banco de ensayo, que será introducido en una incubadora, deberá cumplir las siguientes condiciones:

- La bomba debe ser controlada por ordenador para poder reproducir las fases sístole-diástole del flujo cardiaco.



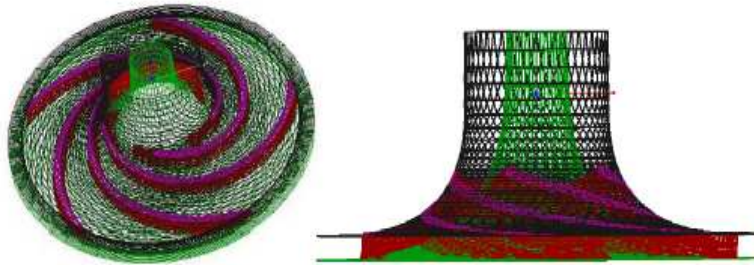
- El banco debe permitir controlar el caudal (y por tanto la presión) para estudiar diferentes casos.
- El banco también debe tener un sensor de presión y un caudalímetro, así como un sistema de adquisición para monitorizar en tiempo real las variables del sistema.
- La presión en las arterias debe tener las características siguientes:
 - 110 a 140 mmHg para la sístole.
 - 60 a 80 mmHg para la diástole.
 - 70 a 95 mmHg en la media.
 - 60 a 80 pulsaciones por minuto.
- El caudal debe ser modulable y encontrarse entre 3 - 18 L/h (caudal medio de una arteria de pierna - caudal medio de una arteria coronaria).
- El biorreactor debe ser apropiado a las condiciones de una incubadora y los materiales utilizados que estén en contacto con el fluid deben cumplir las condiciones de biocompatibilidad.
- El líquido circulante simulará las condiciones de la sangre. Sus características de viscosidad y de densidad son próximas a las del agua (por lo tanto utilizaremos esta última para los ensayos).

3. Trabajos precedentes.

El proyecto comenzó en 2009 y numerosos alumnos han contribuido a su desarrollo. Teniendo en consideración ese hecho, hemos conservado la mayor parte de este trabajo, aunque también hemos optado por cambiar algunas cosas y profundizar en otras tantas. Las partes conservadas son las siguientes:

- El sistema y su esquema inicial.

- La bomba centrífuga. Las razones por las que fue elegido este tipo de bomba fueron su menor coste, caudal y presión fácilmente modulables y que es de uso corriente en el dominio biomédico.



- Concepción hidráulica y mecánica de la bomba.

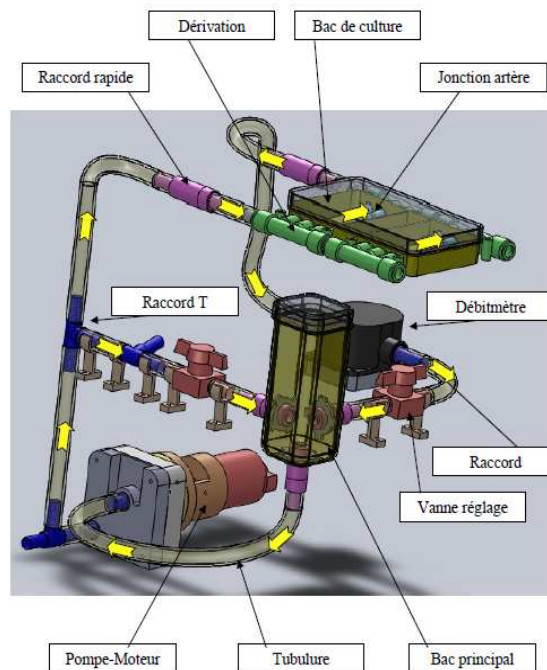
- El motor. Por las características del sistema fue elegido un motor a corriente continua de 24 V y una potencia de 22 W.

- Monitorización de la presión y el caudal. Se utilizará el software LabView así como una tarjeta de adquisición NI USB-6211, modelo superior al utilizado previamente: NI USB-6008.

- Los sensores de presión y caudal más adecuados a las características de nuestro sistema fueron previamente elegidos y no han sufrido ninguna modificación por nuestra parte.



- Concepción del prototipo final en tres niveles.

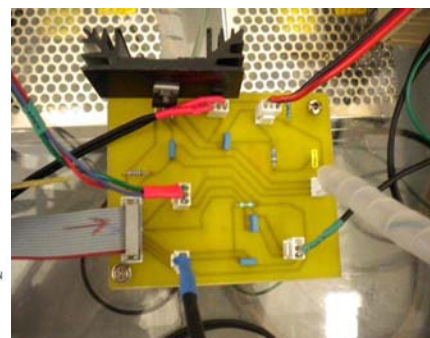
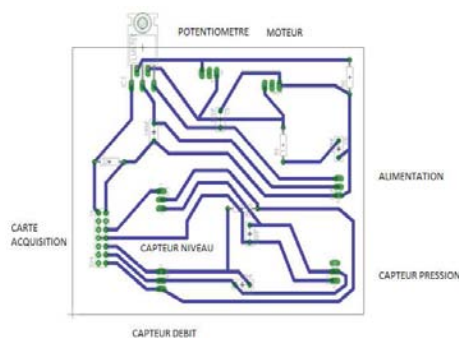


4. Modificaciones realizadas:

4.1 Electrónica

Después de probar el prototipo anterior decidimos hacer algunas modificaciones de los componentes del circuito electrónico y su localización para aportar una mayor fiabilidad al sistema.

En primero lugar decidimos cambiar el viejo sistema montado en una placa test por algo más sólido como lo es un circuito impreso. Para la concepción de este circuito impreso utilizamos el software EAGLE. Empezamos con un circuito impreso por las 2 caras pero al ver las dificultades que eso suponía a la hora de soldar los elementos nos decidimos por hacer un circuito impreso por una sola cara. Tras probar varias modificaciones llegamos al montaje final con ciertas mejoras como por ejemplo el potenciómetro unido a través de 2 cables para facilitar su manejo en el montaje final pues es gracias a él que podemos aumentar la velocidad de rotación del motor.



En segundo lugar decidimos cambiar la tarjeta de adquisición de una NI USB-6008 por una NI USB-6211. Lo que motivó este cambio fue el hecho de que esta última tenga un reloj interno lo que la hace independiente del reloj del ordenador que podría tener micro-saltos que afecten al ritmo pulsante de la bomba.



Para el motor conservamos el elegido por los alumnos precedentes (Cruzet 82800502, 24V, 41W) pues después de hacer numerosos test con un montaje especial para sacar sus curvas características vimos que las especificaciones necesarias para hacer funcionar nuestra bomba estaban dentro de lo que podía proporcionar dicha bomba. Para concluir que era suficiente con este motor se hicieron pruebas de pérdida de carga en nuestro circuito final para comprobar que seguía siendo válido.

El caudalímetro fue probado y calibrado. Gracias a ello pudimos terminar la programación en el Labview para poder leer la información enviada por dicho caudalímetro y poder mostrarla en pantalla. Para el caudalímetro tuvimos problemas de ruido que afectaban a la señal que recibía el ordenador por lo que acabamos aislando los cables y poniendo una resistencia a la entrada de la tarjeta. Tras estas precauciones logramos reducir el error a $\pm 50\text{ml}/\text{min}$.

El sensor de presión nos devuelve una tensión proporcional a la presión medida. Encontramos varios problemas con este sensor. El primero fue que la conexión que usaba no era un cable estándar por lo que tuvimos que construir el nuestro propio. El siguiente problema fue que la tensión que devolvía era muy baja para la tarjeta de adquisición por lo que tuvimos que usar un amplificador. Una vez obtenida la relación presión-tensión después de numerosos test pudimos ajustar la programación del LABVIEW para mostrar la curva de presión en pantalla. Al igual que para el caudalímetro tuvimos problemas de ruido electromagnético por lo que tuvimos que poner un filtro.

Una mejora aportada para nuestro circuito hidráulico fue un sensor de nivel que nos permitía comprobar si se había soltado algún stent y por lo tanto teníamos una fuga.



Para las fuentes de alimentación empezamos a usar las que ya existían que eran unas viejas de laboratorio. Como fallaban un poco las cambiamos por unas nuevas fuentes de alimentación conmutadas. El problema de estas nuevas fuentes era que introducían mucho ruido electromagnético en nuestro circuito así que al final adquirimos unas nuevas de laboratorio.

Como componentes del circuito decidimos usar conectores rápidos para una conexión más rápida y fiable, cables blindados para evitar el ruido exterior y protectores térmicos. Así mismo incluimos un ventilador para refrigerar el amplificador además de acompañarlo de una gran aleta debido a su calentamiento. También incluimos un botón de encendido/apagado para facilitar que el circuito pueda ser apagado cuando no se usa evitando el deterioro de los componentes.

4.2. El circuito hidráulico:

El circuito hidráulico teórico tuvo que ser modificado pues tenía bastante inconvenientes.

En primer lugar el depósito fue elegido por su facilidad de llenado y por su tamaño perfecto para el armario. El problema era que al ser circular se facilitaba la aparición de un vortex de aspiración por lo que incluimos una malla para romperlo.



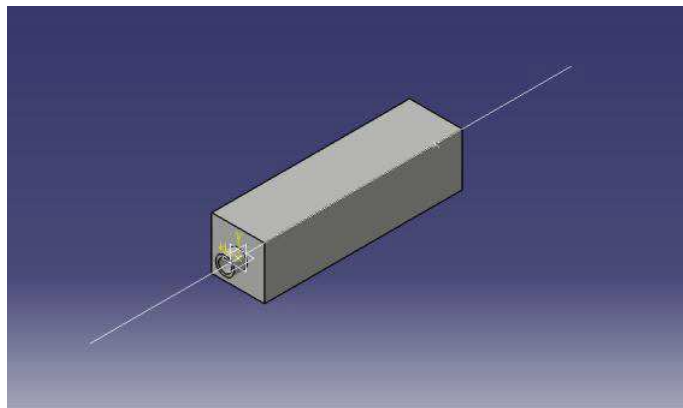
Para facilitar el montaje y desmontaje de los elementos del circuito hidráulico que lo necesitan con más frecuencia incluimos las conexiones rápidas cero gotas que nos permitían desconectar partes de manera fácil y sin tener que vaciar el circuito.



Para el resto de elementos incluimos también unas conexiones fáciles de conectar y desconectar de la casa John Guest (conexiones en T, codos de 90º, embudos, tapones y válvulas).

Para que el vaciado y las extracciones de control se realizasen de la manera más higiénica posible incluimos unos filtros enviados por el propio hospital.

Finalmente para poder observar y caracterizar el fluido a la salida de la bomba concebimos una pieza en CATIA para ser utilizada a la salida de la bomba.



4.3. Disposición de las piezas

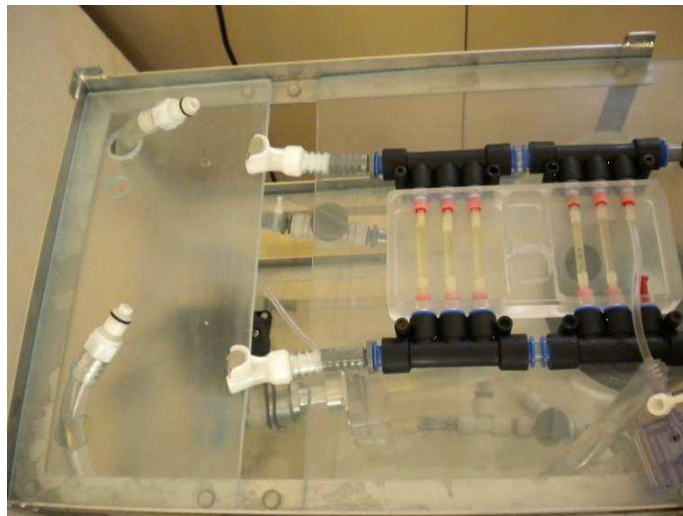
El caudalímetro lo pusimos en el segundo piso como hemos dicho por motivos de espacio pues su único requisito era estar en el circuito principal.

Para el sensor de presión también fue localizado en el segundo piso y pegado a la puerta pues es a través de él que se realizarán las extracciones.

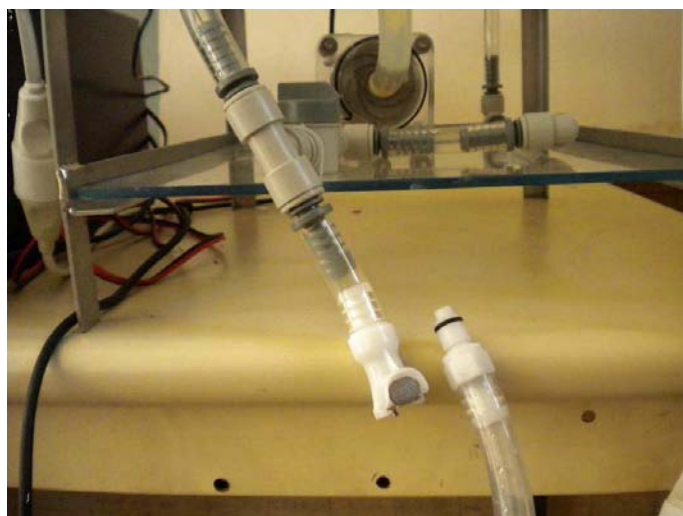
El sensor de nivel fue puesto en la única posición que podía ocupar que es en la tapa del depósito de cultura pues es ahí donde primero se detectaría una posible fuga.

El resto del apartado electrónico fue puesto en una caja expresamente comprada y fue localizada fuera de la incubadora.

Para el depósito de cultura sólo hubo una modificación y fue la de partir el tercer piso del armario en 2 para facilitar la extracción de la zona de pruebas. Gracias a los conectores rápidos cero gotas conseguimos que esta parte pueda ser extraída fácilmente para hacer los ajustes necesarios en los stents. El segundo piso fue dividido en 2 y dotado con conexiones rápidas cero gotas para que el depósito pueda ser manipulado fácilmente.



Finalmente para el vaciado del circuito pusimos una conexión rápida cero gotas en la parte inferior del circuito y lo acompañamos con un tubo con la conexión rápida correspondiente. De esta manera si se quiere vaciar el circuito basta con conectar dicho tubo.



5. Conclusiones.

A lo largo de este proyecto hemos aprendido numerosas cosas. Hemos comenzado por el dominio del programa Eagle para la concepción del circuito impreso. Gracias a esta concepción hemos tenido que hablar con numerosas empresas encargadas de la fabricación de circuitos impresos, pedir presupuestos y hacer encargos. Todo esto nos ha acercado un poco más al mundo de los proyectos y de la importancia de los proveedores en cualquier ámbito.

Además de Catia, una herramienta muy potente de para la concepción de piezas y una de las más utilizadas en el mundo industrial para numerosas aplicaciones, hemos aprendido a entender y manejar LabView, programa también imprescindible en el terreno de la ingeniería.

Por último, además del posible software utilizado. Este proyecto nos ha ayudado a acercarnos más al mundo de la investigación y de cómo funciona realmente el mundo de la industria tanto a nivel técnico como administrativo.

Plan a seguir.

Un primer biorreactor ha sido concebido y es funcional para realizar pruebas no biológicas. Para el avenir habrá, por lo tanto, que validar este biorreactor, sobre todo los niveles de presión en las arterias y comprobar si todas reciben el mismo caudal/presión. Numerosos test en lo concerniente a la vida del biorreactor han de ser realizados, sobre todo en lo que a la parte electrónica respecta, prestando especial atención al motor.

6. Bibliografía

www.medexsupply.com
<http://www.selectronic.fr/>
www.radiospares-fr.rs-online.com
www.fisherscientific.com
<http://www.ni.com/>
<http://www.datasheetcatalog.com/>
<http://www.digmesa.com/en/home-intro>
<http://honeywell.com/Pages/Home.aspx>
<http://www.wikipedia.org/>