

Ocular Surgery Emulator Design

Diseño Emulador de Cirugía Ocular

Ricardo Jaramillo Diaz

Escuela Colombiana De Carreras Industriales, Bogotá, Bogotá D.C, Colombia, rjaramillod@eccci.edu.co

Carlos Huber Pinilla Buitrago

Escuela Colombiana De Carreras Industriales, Bogotá, Bogotá D.C, Colombia, cpinillab@eccci.edu.co

ABSTRACT

The beginning of the emulation is based on the change in ambit of an organ or element of system recreating their possible mathematical, physical and chemical variables for function and reproduction or interpretation is almost identical to the original, for this is required a detailed study by means of inverse engineering to observe the functioning and anatomy of an organ of the human body. Based on the study of biochemistry doing a smart polymers, hydrogels, considering that the rheological respective properties and adaptability, reaction or manipulated physical variables through of known type electronic elements and transduction, with the purpose of structure the respective tissue under size parameters and pathological histology characteristics or normal conditions, whose purpose is the generation of surgical experience for the teacher and evaluating student can note and evidence each and every one of the variables to experiment in a real surgery, all this through an intelligent interface in which, the respective characteristics by reactive elements infusion to define for an adaptable robotic matrix, sizes, shapes and pathologies with nanotechnology that can act the emulator like in healthy and pathological anatomy, now in cornea phase the assembly of biochemical emulation.

Keywords: Robotic, biochemist, pathology, organs, emulation.

RESUMEN

El principio de emulación se basa en el cambio de ámbito de un órgano o elemento de un sistema recreando sus variables matemáticas, físicas y químicas posibles para que su función y su reproducción o interpretación sea casi idéntica al original, para lo cual se requiere un estudio detallado por medio de ingeniería inversa para observar el funcionamiento y anatomía de un órgano del cuerpo humano. Tomando como base la bioquímica haciendo un estudio de polímeros inteligentes, hidrogeles, teniendo en cuenta las propiedades reológicas respectivas y su adaptabilidad y reacción o variables físicas manipulables por medio de elementos conocidos de tipo electrónico y de transducción, con el fin de estructurar el tejido respectivo bajo parámetros de tamaño y características histológicas patológicas o en condiciones normales, cuyo propósito es la generación de experiencia en cirugías para que el docente y estudiante en evaluación puedan notar y evidenciar todas y cada una de las variables a experimentar en una cirugía real, todo esto a través de una interfaz inteligente en la cual, las características respectivas por infusión de elementos reactivos para definir por una matriz robótica adaptable, tamaños, formas y patologías con nanotecnología que pueda actuar el emulador en la anatomía tanto sana como patológica, ahora en la fase de la cristalyln el ensamblaje de la emulacion bioquimica

Palabras claves: Robótica, bioquímica, patología, órganos, emulación.

1. INTRODUCTION

Para la preparacion del personal medico es necesario un sistema con el cual la experiencia vivida del procedimiento quirurgico es necesaria para una mejor experticia en cada uno de los procesos por desarrollar en cada caso clinico con todas y cada una de las variantes de los mismos, tan complejas como la dicersidad del mismo genero humano. En la cornea es la primer barrera por abordar del personal medico cuando se requiere realizar cualquier intervencion en este organo, los procesos que en ella se realicen determinaran, el grado de perdida visual dado que es la mas importante barrera en el proceso de difracción y la mayoría de las causas del uso de lente extraoculares. La apertura de un capitulo en particular del sistema de emulacion de cirugia ocular en la fase cornea, dado que el avance necesario en esta area puede producir en un proceso de rigurizacion o afinamiento de modelado matematico, bioquimico y fisico llegar a lograr los resultados como la obtencion de la protesis de cornea completamente emulada y biocompatible.

En la cirugía simulada con un órgano ocular de cerdo descongelado previamente y evidenciando el procedimiento con el cual se recrea la cirugía, notando las características del respectivo órgano y tejido a reemplazar, en este caso el cristalino con los cortes que se realizaran en la cornea, con ángulo de inclinación de 15° con destrucción de la membrana del cristalino, la ruptura de la catarata, el vaciado y relleno, conservando la capsula y colocación del lente con sus respectivas asas dejando este con céntrico a la cámara..

La cirugía ocular en Colombia es un proceso donde, personal especializado y experimentado ejecuta el actuar quirúrgico bajo los parámetros altamente calificados, en el cual no hay lugar para errores, ya que los mismos en un órgano tan importante, trae a colación que solo tras un gran lapso de experiencia visual es posible que un profesional ya graduado pueda llegar a tener contacto con paciente, posiblemente este lapso transcurre tiempo después de su graduación.

El proyecto de investigación, emulador de cirugía ocular, como muestra de la posibilidad tanto pedagógica como un ejemplo de organogenia en la creación de un prototipo de máquina con la cual podemos generar un órgano artificial bajo características químicas análogas al original. Ricardo Jaramillo Díaz, 9 de Agosto 2011 Bogotá, Escuela Colombiana de Carreras Industriales.

Las estadísticas provistas por el Hospital Militar, mostraron la importancia de un modelo de prácticas para el mejoramiento de la experticia, haciendo una estadística donde se denota la cantidad de operaciones realizadas tanto de traumas; de patologías; cataratas; cataratas con traumatismos y daños a diversos tejidos que requieren especialización para su tratamiento quirúrgico y experiencia sólo asequible por medio de contadas eminencias en el área lo que puede generar largas esperas para la rehabilitación de estos pacientes. (Ver tabla 1)

Tabla 1. Estadística Descriptiva

Trauma vs. Procedimiento y origen		
Guerra	86	66.2
Otros	44	33.8
Tipo de trauma		
Abierto	83	63.8
Cerrado	47	36.2
Compromiso Ocular		
Unilateral	95	73.1
Bilateral	35	26.9
Tipo de herida		
Herida en	64	49.2

Cornea		
Herida en conjuntiva	35	26.9
Herida en esclera	38	29.2
Iridodialisis	6	4.6
Prolapso uveal	36	27.7
Catarata traumática	30	23.1
Hemorragia vítrea	22	16.9
CEIO	31	23.8
Procedimiento		
Corneorrafía	57	43.8
Reparo conjuntival	27	20.8
Esclerorrafía	37	28.5
Sutura de iris	2	1.5
Reducción de prolapso úvea	26	20.0
Extracción catarata	24	18.5
Vitrectomía Lavado de cámara ant	22	16.9
Extracción de CEIO	4	3.1
Peritomía	21	16.2
Exploración	19	14.6
ocular BAG	41	31.5

interfaz computacional y la posibilidad que una matriz ajustable para definir tamaños, texturas y diferentes aspectos como patologías anatómicas de tipo traumático o etiológico sean reproducidas cabalmente para garantizar un proceso experimental y altamente enriquecedor para el estudiante con miras a la organogénesis más complejas como las de diversos órganos del cuerpo (Guyton & Hall, 2006).

El proceso de organogénesis artificial con fines pedagógicos proveen de un nicho altamente capacitado para la experimentación libre, dirigida y organizada por docentes y oftalmólogos, que por medio de la evidencia directa, más que la clase magistral sino recreando los por menores y derroteros posibles en cirugía, proveyendo de personal muchísimo más calificado para soluciones de diversas complejidades que suplan la necesidad del ejercicio actual de la profesión.

1. METODOLOGÍA

Para el objetivo actual se desempeñan 4 aspectos para el desarrollo del emulador ocular, que es la representación del modelo matemático, físico y químico de este órgano:

1. Planteamiento del Problema.
2. Fase de Fundamentación.

3. Implementación de tecnología.

4. Integración Funcional.

1. *Planteamiento del Problema*

El Hospital Militar Central plantea la necesidad de una ayuda pedagógica mas eficaz de practica de cirugía ocular por medio un sistema robótico que provea de la experiencia mas cercana posible a los estudiantes de oftalmología, visualizando las tecnologías actuales tomar como derrotero las prácticas por medio de **Dumie** plástico que ocasionaba constante daños en el material quirúrgico y que no proveía la sensibilidad real de un ojo y ni la responsabilidad por el daño del mismo por carecer de una interfaz que pudiese sensar el grado de acercamiento del estudiante al ideal del área, o en su defecto un ojo muerto de animal, bien ovino o porcino el cual no provee de una sensibilidad real y genera una polémica por el uso de estos especímenes. Por medio de estadísticas provistas por el hospital militar se demostró que es necesario, por la cantidad de casos frente a la cantidad de especialista y a su vez la cantidad de cirugías realizadas.

2. *Fase de Fundamentación Teórica*

La adquisición del conocimiento sobre el funcionamiento de un aparato en un ambiente diferente al original con los mismos parámetros, en este caso desde el punto de vista médico, variables físicas y químicas los mas cercanas posibles a la del órgano por desarrollar y su fisiología totalmente programada desde un ordenador con las fórmulas respectivas de cada caso en particular tanto en su morfología como en su patología a solucionar por medio quirúrgico, este desarrollado en una matriz ajustable controlada con todos los insumos específicos y su medidas calculadas estequiometricamente para la ejecución de todos los procesos químicos para el desarrollo del órgano en esta matriz y este órgano artificial conectado a una base para sensar la profundidad del corte del órgano, grado de inclinación y aviso de el margen de error en la incisión.

Tomando en cuenta el reto anterior se trabaja en los siguientes puntos:

2.1 Conocer la anatomía y fisiología ocular para por medio del modelamiento físico y la organogenia desarrollada en el proceso natural , químico y funcional; y análisis de las variables físicas, químicas y biológicas experimentadas en la cirugía ocular para la obtención de materiales biocompatibles para la creación del emulador (Alman & Rhodes, 2004).

2.2 Estudio de nanosensorica y biosensorica para el análisis de incisión de estos materiales dentro del globo ocular para denotar el margen de error en la cirugía en cada membrana a penetrar y la base a soportar el sistema.

2.3 Conocimientos del manejo de fluidos para la infusión respectiva de los diferentes polímeros.

2.4 Estudio de diseño y modelamiento de piezas para la estructura matricial y estudio de metrología instrumental tridimensional para conformación anatómica programable.

2.5 Estudio de programación y diseño de interfaz usuario-emulador, cómoda, confiable, eficaz, veloz, que permita una buena interacción entre sus contrapartes.

Comprender la anatomía y fisiología del ojo y sus diferentes patologías, iniciando desde la catarata nucleoescleral, catarata traumática y como punto de partida a los diversos tejidos que lo componen , encontrando que su conformación básica radica en la estratificación de elementos bioquímicos y cada orgánelo por función de difusión facilitada, ósmosis y reacciones tanto covalentes, como iónica accionan los procesos respectivos de la visión y es precisamente la generación de sustratos por construcción de células primarias y la acción de precursores de tipo hormonal los que permiten la organización respectiva de cada capa, creando desde este punto el cristalino en cargado del enfoque por medio de la conexión con el 3 y 4 par craneano por medio de los cuerpos ciliares para su cohesión para el enfoque requerido conforme el caso, conformado inicialmente por mezcla de diferentes tipos de colágeno y estratificado en las diferentes etapas de la gestación. La cornea un epitelio estratificado con 7 capas diversas en la

inclusión de colágenos de diversos tipos y uniones entre capas que permiten su regeneración con la inclusión de sistema de reconstrucción y escalamiento similar al de la piel, en este mismo concepto pero con la variación en el orden de sustratos la base química se recrea la esclera. El humor vítreo en su estructura química contiene porcentajes de colágeno, agua y visco elástico que equilibran la refracción en un coeficiente óptimo para la asimilación cerebral de la velocidad lumínica, comprobado refractométricamente al igual que los dos anteriores. El iris como una estructura encargada de la regulación de la entrada de la luz a la retina siendo una agrupación muscular con pigmentación de tipo fenotípico. La contextura vascularizada y encargada de la irrigación sanguínea y nerviosa la úvea, a su vez un manto protector superior del ojo llamado tena. Conociendo las propiedades químicas y físicas normales y su organogenia procedemos al estudio patológico .

En el estudio de nanosensorica encontramos por medio de polimeros y su interaccion con residuos de tipo metálico, magneticos mezclados y su interacción con el ambiente en condiciones naturales físicas naturales y manipulación con agentes químicos similares a los presentes en el cuerpo (International atomic energy agency, 2002) asi como el estudio de las capacidades reologicas de los materiales para permitir el paso de elementos y su configuración cuya finalidad es actuar como lo hace el organo con estímulos iniciales.

Se estudian materiales resistentes a ácidos y a bases a mezclas y micro moldes en capas con movimiento proveído por micro motores con movimiento externo y su expansión para lo cual requiere estándares de diseño por medio de construcción por diseño asistido por computador y prueba sistemática de materiales, la gestación de los biopolimeros como los materiales primarios y su conformación por capas en tipo embrionario como el desarrollo organogénico de las mismas, requiriendo hacer un extruzado de las piezas una a una.

Java es un lenguaje de programación el cual se usa para programas punteros, como herramientas, juegos o aplicaciones de negocios. Características de java son la eficacia, la seguridad de la tecnología, la versatilidad, la portabilidad de plataformas; cuenta con varias aplicaciones desde portátiles hasta centros de datos (Deitel & Deitel, 2008). El estudio de java esta dado a Programación Orientada a Objetos, donde se facilite el ingreso de datos, el manejo de variables de sensado, activación del sistema y flujo de información (Heffelfinger, 2011). Se enfatiza en un sistema multihilo, con mejorador de graficos java Swing, el manejo de interfaz por jDialog para manejo de variables, todo desde la IDE

El conocimiento de la fisica hidraulica y el modelamiento necesario con el cual se pueda hacer el estruzado necesario de las materias primas de los polimeros y permitan sus reacciones necesarias y equilibradas dando lugar a todas y cada una de las estructuras del ojo:

Tomamos las características basicas de cada fluido teniendo en cuenta las siguientes características como, viscosidad, comprensible e incomprensible, laminar y turbulento (Fernandez, 1999). Para el análisis de las presiones del sistema una de las principales herramientas a utilizar es el Teorema de Bernoulli (Wylie & Streeter, 1996) para generar el modelamiento respectivo.

Los fluidos utilizados líquidos y gases en su etapa inicial y posteriormente en su mezcla previa al vaciado caben dentro de las características como:

Un fluido como “una sustancia que se deforma continuamente (se escurre), cuando está sometido a un esfuerzo de corte. De acuerdo a esto se tienen en cuenta las siguientes características como, viscosidad, comprensible e incomprensible, laminar y turbulento (Fernandez, 1999). Para el análisis de las presiones del sistema una de las principales herramientas a utilizar es el Teorema de Bernoulli (Wylie & Streeter, 1996). Estas características nos permitirán la selección de sistemas neumaticos para el movimiento de la matriz en para calibracion e hidraulicos como medio compensatorio en los momentos en que las cavidades de la matriz requieran ser compensadas en su movimiento con la resistencia que puede dar fluidos como aceites y dependiendo al grado de complejidad ya estructurado el ojo en las capas mas externas, su peso requiera una compensacion mayor luego los flujos de materiales mas densos para soportar la estructura.

2. RESULTADOS

La creación del primer modelo homologado de cristalino por medio de dendroide de hidrogel modificando su estructura polimérica por medio de radiación gama para variar su núcleo para rigidizar y mantener su elasticidad variando la poliacrilamida construyendo un núcleo diversificado de alta resistencia y por medio de creación de estratos en tres capas como el tipo embrionario permite un mayor enfoque (Soriano Corral, Morales, & Acuña, 2011). Paralelamente al estudio realizado por May Griffith, con la absorción obtenida en el hidrogel estabilizando el tamaño en un 80% de agua y con mezcla de colágeno de VII y I con V y XII obtenido por visco elástico de cirugía ocular, se recrea una película altamente resistente a proteínas y elástica, la cual permite la formación de capas con capacidad reológica muy alta y la posibilidad de porosidad absorbente y adaptable para implante logrando una córnea cercana a la implantable en prótesis quirúrgica al generar una estructura crosslinking (Devlin, 1997). En su estructura colagénica se redistribuye de forma aleatoria creando una estructura ampliamente elástica de forma de red intrincada con la necesidad interna de irrigación creada por canales estratificados generando un manto interno listo para habilitar el sistema uveal. Se adelantan estudios para la invasión del hidrogel inicial con nano partículas de plata para la aplicación de una fuente para su ensanchamiento y disminución de tamaño altamente enriquecido de colágeno para fortalecer su estructura, en fase de construcción. En el primer ejemplar de hidrogel en su fractura del núcleo por aplastamiento provee de un riquísimo liquido que se disuelve fácilmente excepto si se mantiene en encapsulamiento, lo que nos provee de un coloide casi liquido probado refractivamente, capaz de emular el humor vítreo y aceptado como emulos del tejido humano con coeficientes de 5% de visco elástico quirúrgico 10% colágeno y 80% de agua(Fig 1 y Fig 2).



Fig 1, Cristalino



Fig 2, Catarata

La tena y la cámara pre-anterior del cristalino se crean por medio de reducción de cianoacrilato pero hasta el momento no se han recreado sistemas de membrana con suficiente grosor ya que estas necesitan experimentación directa para sensibilización del proceso. (Ver Fig 3.)



Fig 3, Humor Vítreo

Las mezclas respectivas de polímeros inteligentes de nitrógeno proveen gran versatilidad en su respuesta a medio físicos y químicos y una asimilación en encapsulamiento y formación de los entramados y estratificación respectivo diseñando así tres tipos de membranas emuladas como el cristalino, cornea y tena, en el caso de la esclera se usa la misma mezcla de la cornea pero combinando los materiales sin estratificación de ellos; en la parte de maquinado, se realizaron las piezas respectivas con los análisis de movilidad y opción de mecanismo diferente a electromecánico dándose paso a tecnológica magnética levitaría y a neumática haciendo mucho mas seguro y accesible a áreas de cirugía, las piezas; la prueba de sensado se realiza por medio de la interfaz y adaptación a variables de objetos simultáneamente trabajada por medio de programación en java y la creación de modelos de sensores diseñados por nosotros mismos ya que por sus dimensiones es requerido la precisión accesible por medio la creación por estruzado, la formulacion para este modulo conforme al material, dado que la diferencia magnetica y su proximidad hacia areas como la base, genera vectores con los cuales se puede denotar la proximidad fuerzas y exposicion de las areas, como funcionan los sistemas tipo capsense.

Se estructura dendroide por medio de sol-gel, con la cual se remite a menores temperaturas de polimerización y más aproximación de tal forma que permita su enriquecimiento respectivo en niveles altos de hidratación dando como resultado órgano-geles(sistemas biocompatibles) en estado de xerogel por medio de composición de d,l lactide e hidroxiapatita, con adaptación de partículas conductoras se logró la movilidad y restablecimiento de membranas por enriquecimiento por pulso eléctrico creando así la regeneración del tejido respectivo. Se descarta la poliacrilamida por su neuro-tóxicidad, por sobre hidratación del gel se genera respectivamente los sistemas vítreos requeridos. El xerogel variando respectivamente los materiales se genera la estratificación de poliuretanos, necesaria con la cual se puede alcanzar los índices secuenciales al lotraficon con lo cual se puede reestructurar la cornea respectivamente.

Con el sistema de simulación de fluidos FluidSim(P,H), se logra poner a prueba variables como la presión, sistemas de control de la misma, desplazamiento de los cilindros y de acuerdo a esto, se opta por los mejores componentes para tener el correcto funcionamiento del sistema basado en las características del fluido. (Ver Fig. 4)

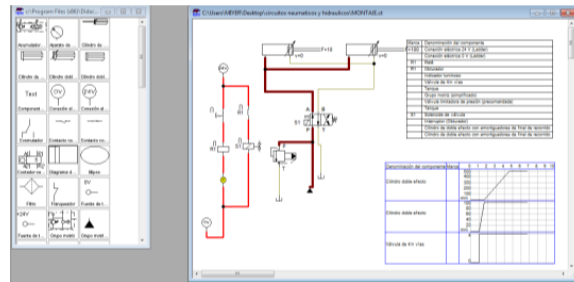


Fig 4, Simulación del sistema neumático con diagrama de comportamiento y lista de componentes

En nanosensorica se establecieron capas de gel de nitruro de galio con los cuales por su nivel de conductividad se provee de un campo eléctrico y magnético susceptible de medición y generación de alarmas conociendo por medio de este los ángulos de inserción y grado de penetración del material quirúrgico por medio de la formulación básica de la partícula cargada, en este caso el visco elástico en su inserción y el material quirúrgico al ser metálico y al accionar con las barreras eléctricamente cargadas permite la inserción de partículas a nivel nanométrico (Xander Jozef, 2010) y por medio de la interfaz proveyendo la datación exacta en ese punto, desde el punto de vista de movilidad se emplea un acelerómetro de la forma que denotamos el movimiento en tres dimensiones y su desplazamiento respectivo informando así la trayectoria del corte y su grado de perturbación respectivo, el cual se encuentra en etapa de experimentación.

Se escogen los sensores de freescale dada la presión respectiva haciendo las conversiones en calidad de kpascales, así mismo el sistema de posicionamiento por variable electromagnética reduciendo la escala de GPS, da el cuadrante y la aproximación de punto de corte respectivo en ángulo de inserción. Por medio de sensor de radiación infrarroja, haciendo el cálculo de los milivoltios generados en el lapso respectivo, se obtiene de forma sencilla las variables de cirugía en este caso reduciendo los sensores conforme la diferencia de potencial en el sensor radiacion infrarroja. Se descarta el giroscopio como metodología de posicionamiento dado que no se usaría el instrumental para la respectiva cirugía y no generando una costumbre en peso y espacio. Se recrea la interfaz en java cuya finalidad es ofrecer las

opciones de tejido o patología o daño por emular, además de la reconstrucción de tejido por medio de materiales inteligentes en nanotecnología en xerogeles.

Se adelantan estudios de micro máquinas y desarrollo de elementos por implementación sistemática de elementos por asistencia computacional, la simulación de elementos finitos es pieza clave en los estimativos y alcances del maquinado haciendo la simulación de elementos finitos previa de la mecánica y robotización respectiva de la matriz y trabajo con la interfaz por medio de programación dedicada a objetos con los cuales se recrea una mirada en el pc, en la cual el médico docente pueda hacer el ingreso de los datos respectivos con los cuales basado en los parámetros reales de pacientes, se desarrolla el módulo de cirugía experimental, en la cual se ha realizado el interfaz por medio de la tarjeta vhd1 recreando así la movilidad en pantalla del objeto y tomando los datos respectivos de movimiento por medio de matlab dando los datos respectivos de movimiento por medio de los sensores y haciendo la transducción para el sistema confiriendo así la información sobre el procedimiento a realizar y su lapso respectivo.

Para la visualización de la interfaz, se optó por utilizar librerías en java que permitan el fácil acceso a la información del sistema, así como la manipulación de este. Los procesos simultáneos son creados a partir de diferentes métodos de variables que utilizan multihilos, con el fin de optimizar procesos durante la creación, el uso y la finalización del emulador. La información recolectada en el sistema es protegida mediante métodos privados creados en las diferentes clases utilizadas.(Ver Fig. 5)

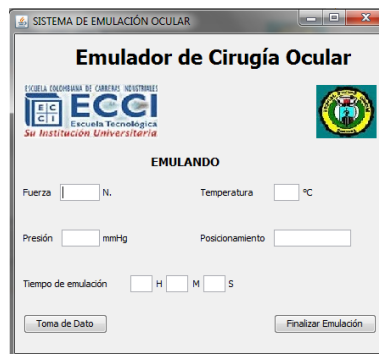


Fig 5. Ventana proceso de emulación

La matriz se estructura por medio de modelamiento de piezas por programa de simulación de elementos finitos e interfaz computacional para diseño asistido obteniendo como resultado la inclusión de 144 piezas de 22gr piezas se contención, 10gr pieza de movimiento o facilitadora, pistones de nivel vertical y posicionamiento horizontal, requiriendo una fuerza mínima con material metal cerámico que soporte la corrosión respectiva por la fusión paulatina de cada una de las membranas por ajuste de dimensiones.(Ver Fig. 6 y Fig. 7)

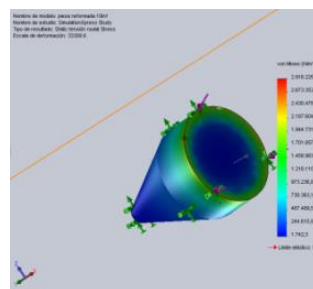


Fig. 6. Rotor para móvil tapa

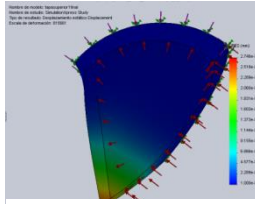


Fig 7. Tapa superior ajustable

3. DISCUSIÓN

El desarrollo del emulador de cirugía ocular tomando como base los polímeros inteligentes podría permitir un avance en la evolución no solamente de procesos pedagógicos, sino las posibilidades de generación de prótesis funcionales, con índices de biocompatibilidad absoluta.

4. CONCLUSIONES

La emulación de las membranas del ojo y su ensamblaje y su acercamiento respectivo en cada uno de sus variables fisicoquímicas, permite un acercamiento próximo a la creación de prótesis las cuales por encima de la practica de la cirugía experimental puede anteceder al reemplazo de partes del ojo humano y en espera del aval del equipo médico del Hospital Militar Central de Bogotá para su experimentación.

Es necesario la implementación de la guía para poder crear la interfaz computacional robótica y la necesidad de nanosensorica superficial para evitar los elementos invasivos en el ojo, se trabaja con la quinasa y la conducción de los canales oculares para vascularización con nitruro de galio.

Se requiere para mayor avance y expansión del proyecto la fusión de grupo multidisciplinarios para abarcar más temario de la composición respectiva de las fases de la investigación en curso.

Estableciendo lo que se ha mostrado con el trabajo, qué limitaciones y ventajas existen, cuál es la aplicación principal de los resultados y qué recomendaciones se pueden dar para trabajos posteriores sobre el tema.

REFERENCIAS

- Alman, E. S., & Rhodes, J. A. (2004). *Mathematical Models in Biology Introduction*. NewYork: Cambridge university press.
- Deitel, H. M., & Deitel, J. (2008). *Como programar java*. Pearson.
- Devlin, T. M. (1997). *Textbook of biochemistry : with clinical correlations*. Philadelphia: John Wiley & sons inc.
- Fernandez, B. (1999). *Introducción a la mecánica de los fluidos*. Alfaomega.
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2006). *Tratado de Fisiología Médica*. Madrid: Elsevier.
- Heffelfinger, D. R. (2011). *Java ee6 development with netbeans*. Birmingham.
- International atomic energy agency. (2002). *Radiation synthesis and modification of polymers for biomedical applications*. Vienna: IAEA.
- Ramzis, V. K., & Contran, S. (2000). *Patología estructural y funcional (sexta ed.)*. Filadelfia: Mc Graw Hill interamericana.
- Soriano Corral, F., Morales, G., & Acuña, P. (2011). incorporación de nanopartículas de plata en poliestireno de alto impacto: efecto sobre la cinética de polimerización y la estructura morfológica. *revista iberoamericana de polímeros*, 116-124.
- Wylie, E. B., & Streeter, V. I. (1996). *Mecanica de los fluidos*. Michigan: Macgraw hill.
- Xander Jozef, A. J. (2010). *magnetic particle actuation for functional biosensors*. Eindhoven.

Authorization and Disclaimer

Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.